Notitie

Van	Werkgroep standaardisatie stresstest wateroverlast
Aan	Stichting RIONED, STOWA en het ministerie van I&W
Betreft	Standaardisatie neerslaggebeurtenissen stresstest wateroverlast
Datum notitie	14 juni 2018

Inleiding

In 2018 wordt voor het thema wateroverlast gewerkt aan de standaardisatie van verschillende deelaspecten van de stresstest wateroverlast. Het ministerie van I&W, STOWA en Stichting RIONED pakken dit gezamenlijk op. Het eerste onderdeel waarvoor een standaardisatie wordt uitgewerkt, is het onderdeel neerslaggebeurtenis(sen).

De gestandaardiseerde neerslaggebeurtenis(sen) zijn uitgewerkt in een werkgroep met medewerkers van gemeenten en waterschappen. Het KNMI en de TU Delft hebben een bijdrage geleverd aan de bijeenkomsten met de werkgroep. Daarnaast heeft het KNMI actief meegewerkt aan de redeneerlijn en de gehanteerde intensiteiten en herhalingstijden gecontroleerd.

Deze notitie beschrijft het voorlopig resultaat van de werkgroep. Op basis van deze notitie is een voorstel voor de standaardisatie van neerslaggebeurtenissen worden gedaan aan de stuurgroep Ruimtelijke Adaptatie. Ook zullen onderdelen van deze notitie terugkomen in een handleiding stresstest wateroverlast die ter ondersteuning van gemeenten en waterschappen zal worden ontwikkeld.

Ambities DPRA: stresstest-risicodialoog-uitvoeringsprogramma

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie is, in het verlengde van de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie uit 2014, de doelstelling geformuleerd om het waterrobuust en klimaatbestendig inrichten van de leefomgeving te versnellen en te intensiveren. Hierbij wordt gewerkt langs zeven ambities. De eerste drie ambities zijn:

- Het in beeld brengen van de kwetsbaarheid;
- Het voeren van een risicodialoog en het opstellen van een strategie;
- Het opstellen van een uitvoeringsagenda.

De doelstelling van de gestandaardiseerde stresstest is volgens het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie tweeledig:

- Het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de leefomgeving voor wateroverlast, droogte, hitte en overstromingen (vitaal en kwetsbare functies). Het beeld van de kwetsbaarheid dat uit de stresstest naar voren komt, vormt de basis voor de gebiedsgerichte risicodialoog;
- Het vergroten van de vergelijkbaarheid tussen gebieden en het vormen van een landelijk beeld van omvang van de “opgaven”. Met het standaardiseren van onderdelen van de stresstest neemt de vergelijkbaarheid van de resultaten toe.

De kenmerken van de gestandaardiseerde stresstest zijn (Deltaplan RA 2018):

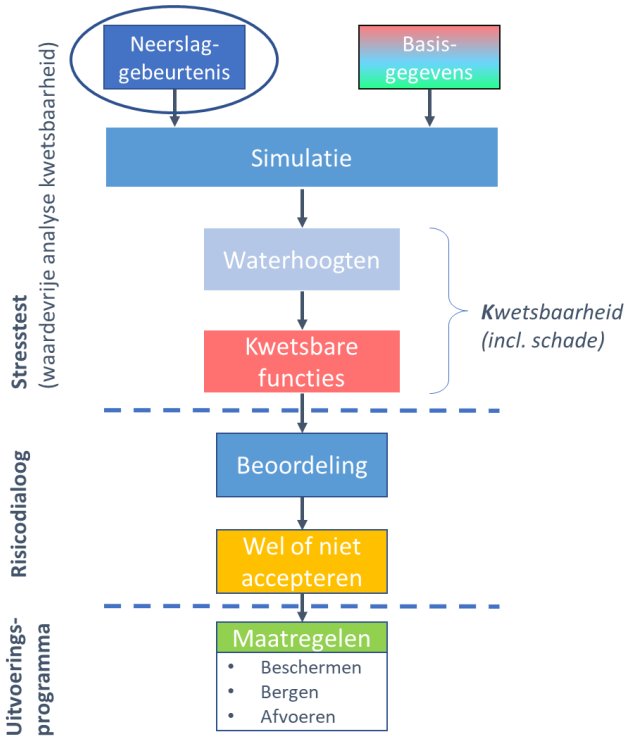
- gebiedsdekkend, zowel in stedelijk als landelijk gebied;
- gericht op de kwetsbaarheid voor wateroverlast (door zowel hoosbuien als langdurige regen), hittestress, droogte en overstromingen;
- specifieke aandacht voor vitale en kwetsbare functies;
- aandacht voor andere ontwikkelingen die de kwetsbaarheid vergroten (zoals bodemdaling, veranderende grondwaterstand).

Om het gevoel van urgentie voor klimaatadaptatie te versterken is een eenvoudige gestandaardiseerde stresstest uitgevoerd (stresstest light). Deze stresstest light geeft een eerste indruk van de kwetsbaarheden en heeft als doel: agendering en bewustwording. De stresstest light is gebaseerd op de beelden uit de Klimaateffectatlas[1].

Op 25 januari 2018 stelde de stuurgroep Ruimtelijke Adaptatie de handreiking stresstest light vast. Ook is een verbeteragenda uitgewerkt met adviezen voor standaardisatie en het verbeteren van de stresstest. De standaardisatie neerslaggebeurtenissen van de stresstest wateroverlast is de eerste stap uit de verbeteragenda voor de stresstest wateroverlast.

Stresstest wateroverlast

De stresstest wateroverlast bestaat uit een aantal onderdelen. Figuur 1 schetst illustratief de onderdelen van de stresstest en de relatie met de risicodialoog en uitvoeringsagenda, waarin concrete maatregelen worden geformuleerd.



Figuur 1. Schematisatie van de onderdelen van de stresstest, risicodialoog en uitvoeringsagenda.

[1] https://ruimtelijkeadaptatie.nl/stresstest/handreiking/

Het Deltaplan RA geeft expliciet aan dat de stresstest zich moet richten op stedelijk en landelijk gebied. De samenhang tussen de deelsystemen van de bebouwde kom (riolering en maaiveld) en het regionaal systeem (waterlopen en maaiveld) kan een belangrijke schakel zijn bij het functioneren van de deelsystemen bij extreme gebeurtenissen.

Uit een eerdere inventarisatie (STOWA, Stichting RIONED, 2017) blijkt dat gemeenten en waterschappen aangeven dat de standaardisatie van de stresstest wateroverlast zich met name zou moeten richten op afspraken over input/invoer (o.a. gebruik basisgegevens), vergelijkbare uitgangspunten voor de simulatie en eventueel uitvoer (wijze waarop kwetsbaarheid wordt uitgedrukt). Dat betekent dat er geen behoefte bestaat aan een standaard instrument voor de uitvoering van de simulatie (standaardmodel).

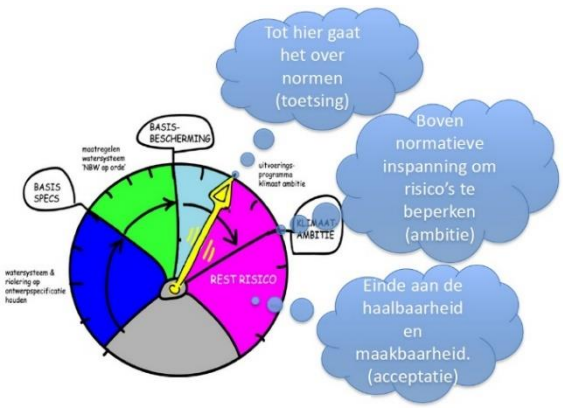
Bijlage 2 bevat een korte beschrijving van de verschillende onderdelen van de stresstest wateroverlast en de gegevens en uitgangspunten die daarbij een rol spelen.

Ambitie DPRA vs. huidige praktijk fysieke projecten
De stresstest vormt de input voor de risicodialoog. In de praktijk zijn stresstest, risico-dialoog en uitvoeringsagenda niet altijd te onderscheiden als afzonderlijke stappen. Bij bouwprojecten, groot onderhoud van infrastructuur of rioolvervanging kunnen op momenten dat die zich voordoen relatief eenvoudig klimaatadaptieve maatregelen worden genomen. De stresstest, risicodialoog en het uitvoeringsprogramma worden dan gecombineerd toegepast in het ontwerp / planproces van een project.

Op de lange termijn dragen de stresstest, risicodialoog en uitvoeringsagenda bij aan een doelgerichte en samenhangende aanpak, waarmee de negatieve gevolgen van klimaatverandering kunnen worden beperkt.

Stresstest is boven normatief
De ambities van het DPRA zijn bedoeld om de negatieve gevolgen van klimaatverandering inzichtelijk te maken en vervolgens te komen tot een bewuste afweging over het al dan niet accepteren van wateroverlast / schade en een aanpak om met negatieve gevolgen om te gaan. Wie welke maatregelen uitvoert, wordt gezamenlijk met gebiedspartners (inwoners, bedrijven, overheden) bepaald op basis van een risicodialoog en uitvoeringsagenda.

De stresstest wateroverlast richt zich op de gevolgen van (alle vormen van) wateroverlast bij extreme omstandigheden. In de stresstest wordt het "systeem" onder druk (stress) gezet, zodat inzicht ontstaat in a) het functioneren van het systeem onder extreme omstandigheden, b) in hoeverre onderdelen van het systeem zullen falen en c) welke gevolgen dat falen heeft.



Figuur 2: Ilustratie (ontwerp)normen, klimaatambities en restrisico's (wetterskip Fryslan)

De afgeleide standaard neerslaggebeurtenissen voor de stresstest wateroverlast zijn uitsluitend bedoeld om de kwetsbaarheid van gebieden en objecten in beeld te brengen en niet als (ontwerp)norm om systemen op te dimensioneren. De maatregelen die in gebieden zullen worden genomen, komen voort uit de gezamenlijke "klimaatambitie" in gebieden. De DPRA-ambities zijn dus niet bedoeld om aan te geven tot waar de zorgplichten van de overheden liggen of om te komen tot nieuwe (ontwerp)normen.

Met de uitvoering van de stresstest blijven vooralsnog de NBW-normen[2] en ontwerpnormen voor riolering bestaan. Dat betekent dat bestaande normen en de boven normatieve aanpak van de stresstest dus naast elkaar bestaan. Beide met een eigen specifieke doelstelling.

Varianten neerslaggebeurtenissen

Om de kwetsbaarheid van een gebied in beeld te brengen, is het van belang zowel het stedelijk als het landelijk gebied mee te nemen in de simulatie. De afvoercapaciteit van de riolering en de mogelijkheden van afstromend regenwater via het maaiveld kunnen worden beïnvloed door het regionaal watersysteem. De mate van beïnvloeding is gebiedsafhankelijk (wel of geen polder, drooglegging, vlak of hellend gebied).

Gezien het verschil in karakter van het stedelijk en landelijk gebied vraagt het testen van de kwetsbaarheid van gebieden om neerslaggebeurtenissen met verschillende intensiteit, duur en gebiedsgrootte.

Werkelijk opgetreden buien of theoretische buien?
Voor de standaardisatie van de stresstest wateroverlast is het van belang om neerslaggebeurtenissen te selecteren, waarmee de kwetsbaarheid van zowel het stedelijk gebied als de verschillende systemen in het landelijk gebied in beeld wordt gebracht.

Er zijn twee varianten van neerslaggebeurtenissen, die gebruikt kunnen worden voor de gestandaardiseerde stresstest wateroverlast, te weten:
1. Werkelijk opgetreden buien[3]
2. Theoretische piek- en blokbuien

Een *werkelijk opgetreden bui* is daadwerkelijk opgetreden ergens in Nederland (of daarbuiten). Bij de stresstest wordt deze bui toegepast op het te onderzoeken gebied.

Theoretische piek- en blokbuien hebben een theoretische intensiteit en hebben een bepaalde ruimtelijke schaal. Binnen de categorie theoretische buien maken wij onderscheid tussen piekbuien en blokbuien. Piekbuien hebben een hoge intensiteit en korte duur (een of twee uur). Blokbuien beslaan een groot gebied en zijn geschikt om de gevoeligheid van het watersysteem in het landelijke gebied te testen. Daarbij is duur van de bui aanzienlijk langer (meerdere dagen), dan in geval van een piekbui.

Tabel 1 geeft een overzicht van de voor- en nadelen van het toepassen werkelijke en theoretische neerslaggebeurtenissen in de praktijk.

---

[2] De NBW-normen zijn in gebiedsprocessen afgeleid en gedifferentieerd naar de belangrijkste functies. De normen zijn vastgelegd in de provinciale milieu- of omgevingsverordening geeft aan tot waar het waterschap verantwoordelijk en aansprakelijk is voor het optreden van schade door wateroverlast door inundatie van het watersysteem.

[3] Een derde variant kan zijn het verhogen van werkelijke buien met een afgeleide factor voor toekomstige klimaateffecten.

Tabel 1. Voor- en nadelen van werkelijke en theoretische piek- en blokbuien

	Voordelen	Nadelen
Werkelijke buien	• Voorstelbaar, want echt gebeurd • Ruimtelijke schaal is bekend • Geen discussie over de eigenschappen van de bui, want deze zijn bekend.	• Niet direct getrapt toepasbaar
Theoretische piek- en blokbuien	• Eenvoudig en korte rekentijd • Getrapt toepasbaar (inzicht kantelpunt per wijk/gebied)	• Spreekt minder tot de verbeelding, want theoretisch en niet echt gebeurd • Theoretische gebiedsgrootte

Praktijkvoorbeelden

Gemeenten en waterschappen voeren al verschillende vormen van stresstesten uit. Tabel 2 geeft voorbeelden van extreme buien die de afgelopen jaren zijn opgetreden en in de praktijk worden toegepast bij lokale impactanalyses en stresstesten. Tabel 3 geeft voorbeelden van theoretische buien die in de praktijk bij stresstesten worden toegepast.

Tabel 2. Voorbeelden van werkelijke buien die worden toegepast in lokale en regionale stresstesten

Duur	Kort	Lang
Werkelijke bui	**Bui Herwijnen (2011)** 93 mm in 70 min. **Bui Kopenhagen (2011)** 150 mm in 120 min. **Bui Amsterdam (2014)** 90 mm in 120 min. **Bui Münster (2014)** 220 mm in 90 min.	**Bui Achterhoek (2010)** 163 mm in 26 uur. De 24-uursom overschreed 100 mm in een gebied van 2100 km^2.

Tabel 3. Voorbeelden van theoretische piek- en blokbuien die in de praktijk worden toegepast.

Duur	1 uur	2 uur	48 uur
Theoretische bui	• 60, 90 en 120 mm.[4] • 60 mm.[5]	• 35, 55 en 80 mm.[6] • 100 mm.[7] • 120 mm.[6]	70, 100 en 130 mm.[7]

De werkgroep kiest bij de standaardisatie van neerslaggebeurtenissen voor het toepassen van theoretische buien, omdat deze direct getrapt toepasbaar zijn en eenvoudig zijn toe te passen.

[4] o.a. klimaatatlas Amstel-, Gooi- en Vechtgebied (15 gemeenten w.o. Amsterdam en waterschap AGV).
[5] o.a. klimaatatlas Waterpanel Noord, Provincie Zeeland en gemeente Zutphen.
[6] 'Brede methodiek wateroverlast' van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
[7] o.a. klimaatatlas Provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap van Rijnland, gemeente Alkmaar, en gemeente Purmerend.

Herhalingstijden in een veranderd klimaat

De afgelopen jaren zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de kans van voorkomen van extreme neerslaggebeurtenissen in het huidige en toekomstige klimaat. Hieronder volgt een korte samenvatting van de beschikbare neerslagstatistieken die zijn gebruikt bij het afleiden van de standaard neerslaggebeurtenissen (neerslaghoeveelheid en herhalingstijd) voor de stresstest wateroverlast.

Herhalingstijden: van specifieke locatie naar gebieden
De kans op het voorkomen van een extreme neerslaghoeveelheden wordt uitgedrukt in herhalingstijd voor een specifieke plek. In De Bilt valt bijvoorbeeld eens per tien jaar in twaalf uur tijd minstens 46 millimeter neerslag. Een neerslaghoeveelheid van 46 millimeter in twaalf uur tijd heeft dus een herhalingstijd van tien jaar voor dit specifieke KNMI-meetstation. De herhalingstijd voor een specifiek punt betekent echter niet dat deze ook geldt voor een groter gebied.

Onderzoek van radarbeelden over de periode van 2008 tot en met 2016 laat zien dat een uursom van minimaal 60 mm (herhalingstijd circa 100 jaar) op een vierkante kilometer meer dan 70 keer per jaar ergens in Nederland valt. Een bui van meer dan 80 mm valt gemiddeld een kleine 10 keer per jaar. (Bron: KNMI[8]).

Actualisatie meteogegevens voor het waterbeheer (2015)[9]
In dit onderzoek uit 2015 is de langjarige neerslagreeks voor KNMI-meetstation De Bilt gebruikt, waarbij rekening is gehouden met de klimaattrend in Nederland. Voor verschillende herhalingstijden zijn voor neerslaggebeurtenissen met een duur van 2 uur tot 8 dagen de bijbehorende neerslaghoeveelheden afgeleid voor het huidige klimaat (referentiejaar 2014) en voor het toekomstige klimaat op basis van de KNMI'14-klimaatscenario's.

Neerslagstatistieken voor korte duren (2018)[10]
In dit onderzoek uit 2018 zijn de neerslagstatistieken voor korte neerslaggebeurtenissen met duren van 10 minuten tot 2 uur herzien. Deze nieuwe neerslagstatistieken zijn gebaseerd op de 10-minuten neerslagreeksen uit de periode van 2003 tot 2016 van 30 KNMI-meetstations. Deze statistieken gaan tot een neerslagduur van 12 uur en zijn representatief voor het huidige klimaat (d.w.z. het afgelopen decennium). Er zijn voor deze statistieken nog geen neerslaghoeveelheden afgeleid voor het toekomstige klimaat op basis van de KNMI'14-klimaatscenario's. De klimaattrend in de neerslag in Nederland die nu al gaande is zal over 5 a 10 jaar niet meer (volledig) representatief zijn voor het dan geldende klimaat. De referentie statistieken voor het 'huidige klimaat' behoeft elke 5 a 10 jaar een actualisatie.

Uit de neerslagstatistieken blijkt dat bij een vaste herhalingstijd met toenemende duur de neerslaghoeveelheden geleidelijk minder snel toenemen. Met andere woorden, statistisch bezien is de gemiddelde neerslagintensiteit (in mm/uur) het grootst voor de kortste duren, en met de toename van de neerslagduur neemt de gemiddelde neerslagintensiteit af. Het is om die reden lastig om één herhalingstijd te koppelen aan een werkelijk opgetreden neerslaggebeurtenis. Deze kan verschillen met de tijdsduur van de neerslaggebeurtenis.

[8] Bijdrage KNMI RIONEDdag 2017
http://www.rioneddag2017.nl/013-extreme-neerslag-komt-veel-vaker-voor/
[9] Actualisatie meteogegevens voor waterbeheer 2015 (STOWA 2015, door KNMI en HKV Lijn in Water)
[10] Nieuwe neerslagstatistiek voor korte tijdsduren, extreme buien zijn extremer geworden (STOWA 2018, door KNMI en HKV Lijn in Watwr)

Uitbreiding neerslagstatistiek voor korte duren voor RWS-WVL (2018)[11]
Op basis van de neerslagstatistieken voor korte duren (2018) heeft het KNMI in opdracht van Rijkswaterstaat neerslagstatistieken uitgerekend voor de zogenaamde 'worst-case' scenario's voor de jaren 2030, 2050 en 2085. Het KNMI gaat hier uit van een plausibele bovengrens consistent met de KNMI'14 klimaatscenario's (temperatuurstijging van 3,5 graden in 2085).

Update neerslagstatistieken voor lange duren en uitbreiding voor korte duren (voorjaar 2019)
Voor de neerslagduren vanaf 24 uur (lange duren) wordt in opdracht van STOWA een onderzoek gestart door KNMI en HKV Lijn in Water. In het onderzoek worden consistent met de statistiek voor korte duren uit 2018 neerslaghoeveelheden bij verschillende duren en herhalingstijden afgeleid voor het huidige klimaat. Ook wordt een doorkijk gegeven voor het toekomstige klimaat o.b.v. de KNMI'14 klimaatscenario's (2030-2050-2085), zowel voor de lange als de korte duren. Het onderzoek zal begin 2019 zijn afgerond.

In bijlage 3 zijn de belangrijkste resultaten van bovenstaande onderzoeken samengevat.

De stand van de wetenschap over het voorkomen van extreme neerslaggebeurtenissen (kansverdeling) in de toekomst is relatief jong. Met andere woorden: de onzekerheden over het voorkomen van extreme neerslaggebeurtenissen (aard en omvang) in Nederland in de toekomst is relatief groot. Bij het voorstel voor het standaardiseren van extreme neerslaggebeurtenissen van de stresstest wateroverlast is de werkgroep uitgegaan van de op dit moment beschikbare onderzoeksresultaten.

[11] Update neerslagstatistiek korte duren voor RWS-WVL o.b.v. STOWA (KNMI 2018)

Voorstel gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen

De werkgroep hanteert de volgende redeneerlijn voor de standaardisatie van neerslaggebeurtenissen:

- een getrapte aanpak om verschillende maten van stress in beeld te brengen, uitgaande van herhalingstijden van 100, 250 en 1000 jaar;
- onderscheid in korte (1 en 2 uur) en lange neerslaggebeurtenissen (48 uur);
- de standaard neerslaggebeurtenissen zijn representatief voor 2050, in verband met de lange levensduur en afschrijvingstermijnen van mogelijke maatregelen;
- voor de neerslaggebeurtenissen met een lange duur (48 uur) en een herhalingstijd van 100 jaar wordt onderscheid gemaakt tussen een gemiddeld gevuld of vol (grond)watersysteem (initiële condities);
- bij deze standaard neerslaggebeurtenissen worden de bijbehorende herhalingstijd aangegeven onder het huidige klimaat en het toekomstige klimaat in 2030 en 2085.

Getrapte intensiteit neerslaggebeurtenis

De standaardisatie voorziet in een set van neerslaggebeurtenissen met toenemende intensiteit. Het voordeel van deze getrapte aanpak met verschillende intensiteiten is dat verschillende typen knelpunten (o.a. hydraulisch, falen specifieke voorzieningen, bergingscapaciteit) zichtbaar worden gemaakt. Hiermee ontstaat een groter handelingsperspectief voor preventieve en curatieve maatregelen (calamiteitenzorg).

Duur neerslaggebeurtenis

Om de kwetsbaarheid van een gebied in beeld te brengen, is het van belang zowel het stedelijk als het landelijk gebied mee te nemen in de simulatie. De afvoercapaciteit van de riolering kan worden beïnvloed door het regionaal watersysteem. De mate van beïnvloeding is gebiedsafhankelijk (wel of geen polder, drooglegging, vlak of hellend gebied).

Gezien het verschil in karakter van het stedelijk en landelijk gebied vraagt het testen van de kwetsbaarheid van gebieden om neerslaggebeurtenissen met verschillende intensiteit en duur en gebiedsgrootte. Het systeem in de sterk verharde bebouwde omgeving (dorpen en steden) heeft een korte reactietijd. Hetzelfde geldt voor hellende gebieden (o.a. Limburg) en kleine regionale systemen met beperkte berging (in bodem en watersysteem). Neerslag wordt niet of nauwelijks in de bodem opgenomen en stroomt snel af naar laag gelegen delen. Hiervoor zijn vooral de kortdurende en lokale extreme situaties maatgevend. Het landelijk gebied heeft een langere reactietijd bij neerslaggebeurtenissen. Hier zijn ook de meer langdurige neerslaggebeurtenissen van belang.

Bij korte neerslaggebeurtenissen kiest de werkgroep voor neerslaggebeurtenissen van zowel 1 uur als 2 uur, omdat beide neerslagduren in veel gevallen een ander faalmechanisme opleveren (riolering-maaiveld-watersysteem). Bij een neerslagduur van 1 uur speelt het oppervlaktewatersysteem in dicht bebouwd stedelijk gebied niet altijd een rol (er ontstaat overlast voordat het water het watersysteem bereikt). De stroming over maaiveld en de interactie tussen de riolering en het maaiveld staan centraal. Als de gebeurtenis langer duurt, gaat de interactie tussen riolering en het oppervlaktewatersysteem een steeds belangrijkere rol spelen.

Voor het landelijk gebied kiest de werkgroep om een neerslaggebeurtenis van 48 uur te hanteren. Hierbij staan de afstroming over maaiveld, hoge grondwaterstanden en interactie tussen het watersysteem en het maaiveld centraal.

De intensiteit gedurende een neerslaggebeurtenis van 1, 2 en 48 uur wordt als constant en uniform over het gebied verondersteld. Dat is een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid, maar de werkgroep is van mening dat dit volstaat als standaard, omdat de stresstest wordt uitgevoerd met zowel korte als lange neerslaggebeurtenissen.

Intensiteit klimaat 2050

De standaard neerslaggebeurtenissen zijn representatief voor het jaar 2050. Er is gekozen voor de mijlpaal van 2050, omdat:

- De grote afschrijvingstermijnen en lange levensduur van de maatregelen waarover in de fase van de risicodialoog en het uitvoeringsprogramma een afweging wordt gemaakt. Met andere woorden: als het resultaat van de kwetsbaarheidsanalyse uit de stresstest wordt gebruikt bij investeringsbeslissingen dan is het van belang om bij de dimensionering en het (ruimtelijk) ontwerp rekening te houden met het klimaat dat representatief is voor de levensduur;
- Conform de mijlpaal die in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt gehanteerd.

De intensiteit van de neerslaggebeurtenissen is gebaseerd op de herhalingstijden in het huidige klimaat, de daaruit volgende intensiteiten en de door het KNMI / HKV Lijn in Water (STOWA 2015 en KNMI 2018) gehanteerde factoren voor de vertaling van het huidige klimaat naar het klimaat van 2050. Bij een neerslaggebeurtenis met een duur van 1 en 2 uur bedraagt de factor voor de toename van intensiteiten voor het klimaat in 2050 t.o.v. 2014 21% (KNMI, 2018). Bij een neerslaggebeurtenis met een duur van 48 uur bedraagt de factor voor de toename van intensiteiten voor het klimaat in 2050 t.o.v. 2014 15% (STOWA, 2015). Tabel 4 geeft een overzicht van de intensiteiten in het huidig klimaat en het klimaat in 2050. De intensiteiten voor het klimaat van 2050 zijn naar boven afgerond op decimalen.

Tabel 4. Neerslaghoeveelheden voor de standaard neerslaggebeurtenissen met herhalingstijden van 100, 250 en 1000 jaar voor het huidige klimaat en het klimaat in 2050 volgens het worst-case scenario consistent met KNMI'14. (Bron: STOWA, 2015 & 2018, KNMI 2018 en tussentijdse berekeningen KNMI)

Schaal	Duur	Herhalingstijd huidig klimaat [jaar]	Hoeveelheid huidig klimaat [mm]	Hoeveelheid klimaat 2050 [mm]	Factor
Lokaal	1 uur	100	60	**70**	21%
		250	75	**90**	21%
	2 uur	1000	130	**160**	21%
Regionaal	48 uur *	100	100 *(115)*	**120** *(135)*	15%
		250	115 *(140)*	**130** *(165)*	15%
		1000	135 *(190)*	**160** *(220)*	15%

** De herhalingstijden en hoeveelheden van de neerslaggebeurtenissen met een duur van 48 uur zijn gebaseerd op onderzoek uit 2015. In het voorjaar 2019 komen nieuwe onderzoeksresultaten van het KNMI en HKV Lijn in Water beschikbaar op basis waarvan de hoeveelheden zullen worden herzien. De dikgedrukte hoeveelheden zijn gebaseerd op onderzoek uit 2015 (duur 48 uur). Tussen haakjes en cursief staan de hoeveelheden die zijn gebaseerd op tussentijdse berekeningen van het KNMI (Jules Beersma). De verwachting is dat de resultaten van het onderzoek in 2019 in dezelfde orde grootte liggen.*

Gebiedsgrootte
Neerslaggebeurtenissen worden gekenmerkt door ruimtelijke spreiding in intensiteiten. Daarvoor kan gecompenseerd worden met (gebieds)reductiefactoren. De werkgroep stelt voor om vanuit eenduidigheid te kiezen voor een vereenvoudiging bij de standaardisatie van neerslaggebeurtenissen en niet te kiezen voor het toepassen van reductiefactoren.

Dat betekent dat de standaard neerslaggebeurtenis valt over het gehele gebied met de beschreven intensiteit. De consequentie is dat de kans op wateroverlast van met name natuurlijke stroomgebieden / polders groter dan 100 km^2 voor korte neerslagduren wordt overschat, omdat de neerslaggebeurtenissen in werkelijkheid een kleinere schaal hebben.

Gebiedsreductiefactoren
De neerslaghoeveelheden in tabel 4 zijn afkomstig uit de zogenoemde puntstatistiek. Dat wil zeggen dat de herhalingstijden voor deze hoeveelheden en duren representatief zijn voor een punt of wel voor een individuele locatie, zoals een meetstation. Bij de vertaling van een punt naar een gebied treedt de zogenoemde gebiedsreductie op, dat wil zeggen dat bij een vaste herhalingstijd en duur de hoeveelheid neerslag gemiddeld over een gebied kleiner is dan in een punt in dat gebied. Met andere woorden: als een bui over een gebied trekt dat groter is dan die bui zal de gemiddelde neerslag over dat gebied kleiner zijn dan in een punt in het pad van de bui. Deze gebiedsreductie is voor Nederland voor verschillende gebiedsgroottes afgeleid uit de neerslagradar. Hoe korter de neerslagduur en hoe groter het gebied hoe groter de gebiedsreductiefactor. Voor een neerslagduur van 1 uur is bij een gebiedsgrootte van 10 km^2 de gebiedsreductiefactor 0,90 (ofwel gemiddeld over het gebied van 10 km^2 valt er in een uur 10% minder regen dan in willekeurig punt), en bij een gebiedsgrootte van 100 km^2 is bedraagt deze factor 0,75 (bijna 25% minder dus). Bij een neerslagduur van 48 uur zijn de gebiedsreductiefactoren aanzienlijk kleiner, respectievelijk ongeveer 0,98 en 0,96 voor gebiedsgroottes van respectievelijk 10 en 100 km^2.

Initiële condities
De kans op wateroverlast in het regionaal watersysteem in het landelijk gebied wordt naast de intensiteit ook bepaald door de mate waarin het systeem gevuld is bij aanvang van de gebeurtenis (initiële condities). Wanneer het grondwaterpeil en de waterstanden van het oppervlaktewatersysteem (of de afvoer) hoog zijn, dan is de impact van een gebeurtenis groter, dan wanneer er meer bergingsruime beschikbaar is in het grond- en oppervlaktewatersysteem. De werkgroep definieert twee situaties:

- Gemiddelde grondwaterstand en waterpeil/afvoer (GG, gemiddeld belast systeem)
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand en waterpeil/afvoer (GHG, vol systeem)

De werkgroep stelt voor om bij lange neerslaggebeurtenissen met een herhalingstijd van 250 en 1000 jaar te kiezen voor een initiële condities met een gemiddelde grondwaterstand, waterpeil en afvoer (GG). Deze gebeurtenissen komen vooralsnog met name in de zomerperiode voor, wanneer de kans op een vol systeem erg klein is.
Neerslaggebeurtenissen met een lange duur en herhalingstijd van 100 jaar zijn minder extreem en de kans is groter dat deze ook in het najaar of het voorjaar voorkomen, wanneer het vaak natter is. Daarom hanteert de werkgroep hierbij als initiële conditie, zowel de gemiddelde als de gemiddeld hoogste situatie.

Voor het stedelijk gebied past de werkgroep geen initiële condities toe, omdat het effect hiervan bij korte (extreme) neerslaggebeurtenissen beperkt is.

Overzicht gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen

Tabel 2 geeft een overzicht van de 7 gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen voor de stresstest wateroverlast voor korte en lange duur. Voor iedere neerslaggebeurtenis zijn weergegeven de schaal, duur, hoeveelheid, initiële conditie en de herhalingstijden voor het huidige klimaat en het klimaat volgens een worst-case scenario consistent met de KNMI'14 scenario's voor 2030, 2050 en 2085.

Tabel 5. Overzicht gestandaardiseerde neerslag gebeurtenissen.

Schaal	Duur	Hoeveelheid	Herhalingstijd [jaar]				Initiële condities
		[mm]	huidig klimaat	2030	2050	2085	
Lokaal	1 uur	**70**	200	150	100	60	
		90	500	400	250	150	
	2 uur	**160**	2000	1500	1000	600	
Regionaal	48 uur *	**120** *(135)*	250 *(200)*	200 *(150)*	100	50 *(60)*	GG
		120 *(135)*	250 *(200)*	200 *(150)*	100	50 *(60)*	GHG
		130 *(165)*	750 *(500)*	500 *(400)*	250	100 *(150)*	GG
		160 *(220)*	3500 *(2000)*	2000 *(1500)*	1000	350 *(600)*	GG

** De herhalingstijden en hoeveelheden van de neerslaggebeurtenissen met een duur van 48 uur zijn gebaseerd op onderzoek uit 2015. In het voorjaar 2019 komen nieuwe onderzoeksresultaten van het KNMI en HKV Lijn in Water beschikbaar op basis waarvan de hoeveelheden en herhalingstijden zullen worden herzien. Tussen haakjes en cursief staan de hoeveelheden die zijn gebaseerd op tussentijdse berekeningen van het KNMI (Jules Beersma). De verwachting is dat de eindresultaten van het onderzoek in 2019 in dezelfde orde grootte liggen.*

Gebruik ook werkelijke buien bij een stresstest

De werkgroep acht het zinvol om bij het uitvoeren van een stresstest ook werkelijke buien te gebruiken. Deze worden niet landelijk gestandaardiseerd, maar de toepassing ervan kan wel in een handleiding worden opgenomen en aanbevolen. Het voordeel van werkelijke buien is dat deze feitelijk hebben plaats gevonden en daarmee herkenbaar zijn en boven elke discussie staan. Bij communicatie met inwoners en bedrijven kan dat meerwaarde hebben. Daarnaast is de exacte intensiteit en gebiedsgrootte bekend.

Werkelijke buien kunnen op verschillende manieren bij een stresstest worden ingezet:

- Als verificatie van de modelsimulatie: een neerslaggebeurtenis die daadwerkelijk in het gebied is opgetreden kan worden gebruikt om de resultaten van de simulatie te vergelijken met metingen en geregistreerde knelpunten. Een echte praktijktoets dus van het modelinstrumentarium.
- Als extreme gebeurtenis die elders in NL (of in het buitenland) heeft plaatsgevonden. Hierbij kunnen bijvoorbeeld de volgende buien worden gebruikt:
    - Herwijnen (2011): 93 mm in 70 minuten
    - Achterhoek / Hupsel (2010): 163 mm in 26 uur. 24-uursom overschreed 100 mm in gebied van 2100 km^2.

Bijlage 1. Werkgroep standaardisatie stresstest wateroverlast

Werkgroep stresstest wateroverlast

- Daniel Goedbloed (Gemeente Amsterdam / Waternet)
- Ron Kaptijn (Gemeente Diemen)
- Jorg Pieneman (Gemeente Rotterdam)
- Mark Heideveld (Gemeente Zwolle)
- Marcel Boomgaard / Maarten Poort (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
- Dolf Kern (Hoogheemraadschap van Rijnland)
- Joost Heijkers (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
- Kees Peerdeman (Waterschap Brabantse Delta)
- Frank Heijens (Waterschap Limburg)
- Hugo Gastkemper / Harry van Luijtelaar (Stichting RIONED)
- Joost Buntsma / Michelle Talsma (STOWA)
- Annemiek Roeling (Deltaprogramma RA / Ministerie I&W)
- Gert Dekker / Tobias Nootenboom (Ambient, voorzitter / secretaris)

Bijlage 2. Onderdelen stresstest wateroverlast

Input stresstest wateroverlast

Neerslaggebeurtenis(sen)
De neerslaggebeurtenis is een maat voor de hoeveelheid "stress" die op het systeem van de leefomgeving wordt toegepast. Voor neerslaggebeurtenis(sen) zijn verschillende varianten van denkbaar, zoals historische buien (bijvoorbeeld Herwijnen) of theoretische (blok)buien met een vaste intensiteit. Ook de ruimtelijke schaal is hierbij van belang.

Basisgegevens
Naast de neerslaggebeurtenis(sen) vormen de basisgegevens de input voor de simulatie van de waterhoogte in de leefomgeving. De basisgegevens bestaan uit o.a. maaiveldhoogte, gebouweigenschappen en landgebruik.

Simulatie stresstest

Simulatie
In de simulatie wordt op basis van de neerslaggebeurtenis en de basisgegevens de waterhoogte in de leefomgeving gesimuleerd. Voor de simulatie kunnen verschillende uitgangspunten worden gehanteerd (o.a. de keuze voor integrale simulatie riolering-maaiveld-oppervlaktewater of in aparte compartimenten).

Output stresstest

Waterhoogten
De uitkomst van de simulatie zijn waterhoogten in de leefomgeving. De nauwkeurigheid van de waterhoogtekaart wordt bepaald door de kwaliteit van de basisgegevens die zijn gebruikt en de uitgangspunten die bij de simulatie zijn gehanteerd.

Kwetsbare functies
De kwetsbaarheid is een maat voor het gevolg dat het voorkomen van waterhoogten heeft in de leefomgeving. Het landgebruik en het voorkomen bepaalde functies bepaalt de mate van kwetsbaarheid (o.a. schade als gevolg van water in gebouwen, stremming belangrijke toegangswegen, gewasschade of het uitvallen vitale en kwetsbare functies).

In het deltaprogramma worden voor overstromingen een aantal nationale vitale en kwetsbare functies onderscheiden (tabel 1). Voor lokale en regionale wateroverlast zijn in aanvulling van de nationale functies ook andere functies van belang.

Tabel 6. Overzicht nationale vitale en kwetsbare functies volgens het Deltaprogramma (Bron: Aanpak nationale vitale en kwetsbare functie, 3e voortgangsrapportage DPRA).

Vitale en kwetsbare functies	Verantwoordelijk ministerie
1. Energie: (a) elektriciteit; (b) aardgas, (c) olie	Ministerie van Economische Zaken (EZ)
2. Telecom/ICT: (a) basisvoorzieningen voor communicatie t.b.v. respons bij een overstroming (b) publiek netwerk	Ministerie van Veiligheid en Justitie (VenJ) (a) en EZ (b)
3. Waterketen: (a) drinkwater; (b) afvalwater	Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM)
4. Gezondheid	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS)
5. Keren en beheren oppervlaktewater: gemalen	IenM
6. Transport: hoofdinfrastructuur[2]	IenM
7. Chemisch en Nucleair: (a) chemie; (b) nucleair; (c) infectieuze stoffen incl. genetisch gemodificeerde organismen (ggo's)	IenM (a), Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)[3] (b), VWS en IenM (c)

Bijlage 3. Herhalingstijden in een veranderend klimaat

Actualisatie meteogegeven voor het waterbeheer (2015)
In dit onderzoek uit 2015 zijn de langjarige meetreeksen van neerslag en verdamping voor KNMI-meetstation De Bilt gecorrigeerd voor een klimaattrend op basis van de KNMI-klimaatscenario's uit 2014. Op basis hiervan zijn intensiteiten bij verschillende herhalingstijden afgeleid voor neerslaggebeurtenissen met een duur van 2 uur tot 8 dagen. De tabellen 6 t/m 9 geven de resultaten weer die zijn gebruikt voor het afleiden van de standaard neerslaggebeurtenissen.

Tabel 7: Neerslaghoeveelheden bij verschillende herhalingstijden van de neerslag te De Bilt (in mm) op jaarbasis voor het klimaat rond 2014 voor neerslagduren tussen 2 uur en 8 dagen.

Herhalingstijd (jaar)	Neerslagduur							
	2 uur	4 uur	8 uur	12 uur	24 uur	2 dagen	4 dagen	8 dagen
0.5	14.6	17.6	21.4	24.2	30.0	37.9	49.1	65.6
1	19.0	22.2	26.4	29.5	36.0	45.1	58.2	77.9
2	23.6	27.1	31.7	35.1	42.4	52.6	67.4	89.7
5	30.1	34.1	39.2	43.0	51.4	63.0	79.8	104.8
10	35.5	39.7	45.3	49.5	58.5	71.2	89.3	115.9
20	41.1	45.7	51.8	56.2	66.1	79.7	99.0	126.5
25	43.0	47.7	53.9	58.5	68.6	82.5	102.1	129.9
50	49.2	54.2	60.9	65.8	76.7	91.5	112.0	140.1
100	55.7	61.1	68.3	73.6	85.1	100.9	122.0	150.0
200	62.6	68.4	76.1	81.8	94.1	110.6	132.2	159.6
500	72.5	78.8	87.1	93.3	106.6	124.0	145.9	171.9
1000	80.5	87.2	96.1	102.6	116.6	134.6	156.5	180.8

Tabel 8. Gemiddelde relatieve verandering (in %) van de neerslaghoeveelheden te De Bilt op jaarbasis voor de neerslagduren 4 tot 24 uur ten opzichte van die voor het klimaat rond 2014 per KNMI'14 (sub)scenario.

Klimaatscenario		Neerslagduur											
		4 uur			8 uur			12 uur			24 uur		
	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper	
2030		-0.2	3.5	6.4	0.1	3.7	6.2	0.1	3.6	5.9	0.4	3.7	5.6
2050	GL	0.1	3.7	7.3	0.4	3.7	7.1	0.5	3.7	6.8	0.9	3.7	6.5
	GH	-1.7	3.2	8.2	-0.9	3.7	8.4	-0.6	3.9	8.3	0.0	4.2	8.3
	WL	0.3	9.2	17.0	0.9	9.5	16.7	1.1	9.5	16.4	1.5	9.5	15.9
	WH	-1.1	7.1	16.2	-0.7	7.0	15.4	-0.5	6.7	14.9	-0.1	6.5	14.0
2085	GL	0.5	6.3	12.5	1.0	6.6	12.6	1.3	6.7	12.6	1.8	6.8	12.5
	GH	0.1	6.9	13.4	0.9	7.4	13.6	1.2	7.6	13.5	1.6	7.7	13.2
	WL	2.0	17.8	34.2	2.7	17.6	33.1	3.0	17.4	32.2	3.7	16.9	30.5
	WH	2.7	18.8	34.2	3.3	18.5	33.0	3.6	18.2	32.1	4.1	17.5	30.2

Tabel 9: Relatieve verandering (in %) in de neerslaghoeveelheden bij verschillende herhalingstijden van de neerslag te De Bilt op jaarbasis voor het WL scenario voor het klimaat rond 2085 ten opzichte van het klimaat rond 2014, voor vier neerslagduren van 2 tot 12 uur.

Herhalingstijd (jaar)	Neerslagduur											
	2 uur			4 uur			8 uur			12 uur		
	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper
0.5	2.1	13.7	24	3.4	14.2	24.4	4.2	14.0	24.3	4.1	14.0	23.6
1	1.6	14.7	28.4	2.7	15.3	28.4	3.4	15.5	27.7	3.7	15.3	26.8
2	1.7	16.1	31.4	2.6	16.6	30.6	3.2	16.4	30.0	3.4	16.2	29.1
5	1.3	17.6	34.2	2.1	17.3	32.8	3.1	17.3	32.1	3.3	17.0	31.2
10	1.1	17.7	35.2	2.0	17.9	34.5	2.6	17.7	33.1	3.0	17.4	32.1
20	1.2	18.5	36.7	1.8	18.4	35.4	2.5	18.0	34.0	3.0	17.8	33.3
25	1.2	18.6	37.0	1.9	18.4	35.8	2.6	18.2	34.5	2.9	17.9	33.5
50	1.0	18.7	37.6	1.7	18.6	36.5	2.3	18.4	35.1	2.7	18.2	34.3
100	0.9	19.2	38.4	1.6	19.0	37.2	2.2	18.6	35.7	2.6	18.3	34.8
200	1.0	19.5	39.0	1.6	19.2	37.9	2.2	18.9	36.4	2.4	18.6	35.3
500	0.8	19.6	39.6	1.5	19.4	38.3	2.2	19.2	37.1	2.5	18.9	36.0
1000	0.9	19.8	40.0	1.5	19.6	38.8	2.1	19.4	37.5	2.4	19.1	36.5
Gemiddeld	1	18	35	2	18	34	3	18	33	3	17	32

Tabel 10: Als Tabel 8, maar voor vier neerslagduren van 24 uur tot 8 dagen

Herhalingstijd (jaar)	Neerslagduur											
	24 uur			2 dagen			4 dagen			8 dagen		
	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper	lower	centr	upper
0.5	5.0	14.0	23.0	5.8	13.7	21.9	6.5	13.0	20.0	6.9	11.6	17.2
1	4.7	15.3	25.8	5.3	14.6	24.2	5.7	13.6	21.8	6.0	11.9	18.9
2	4.2	15.8	27.6	4.9	15.2	25.9	5.3	13.9	23.3	5.6	12.4	20.2
5	3.9	16.3	29.4	4.4	15.7	27.3	4.8	14.4	24.7	5.1	12.7	21.3
10	3.8	16.9	30.6	4.2	16.0	28.4	4.6	14.7	25.5	4.7	12.9	21.9
20	3.5	17.1	31.3	4.0	16.3	29.2	4.3	14.9	26.2	4.6	13.0	22.5
25	3.5	17.2	31.6	4.0	16.4	29.5	4.3	15.0	26.4	4.5	13.0	22.6
50	3.3	17.5	32.3	3.8	16.6	30.1	4.2	15.2	27.0	4.4	13.1	23.0
100	3.3	17.9	33.0	3.7	16.7	30.4	4.0	15.3	27.5	4.2	13.3	23.3
200	3.1	17.9	33.4	3.5	16.9	30.9	3.9	15.4	27.8	4.1	13.3	23.6
500	3.0	18.1	34.0	3.4	17.1	31.5	3.8	15.6	28.2	3.9	13.4	23.9
1000	2.9	18.4	34.4	3.3	17.2	31.8	3.6	15.7	28.5	3.8	13.4	24.1
Gemiddeld	4	17	31	4	16	28	5	15	26	5	13	22

Neerslagstatistieken voor korte duren (2018)

Voor het huidige klimaat (2014) hebben het KNMI en HKV-Lijn in Water in opdracht van STOWA (2018) de neerslaghoeveelheden voor neerslagduren van 10, 15, 30, 60 minuten en 2, 4, 8 en 12 uur berekent voor verschillende herhalingstijden. Tabel 10 geeft een samenvatting van de resultaten.

Tabel 11. Neerslaghoeveelheden (in mm) voor huidig klimaat ("2014") o.b.v. STOWA (2018).

Herhalings-tijd *T* [jaar]	Neerslagduur							
	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min 2 uur	4 uur	8 uur	12 uur
10	18	20	25	31	37	43	49	53
20	20	24	30	37	44	51	58	62
25	21	25	32	40	47	54	61	65
50	25	29	38	48	57	65	73	77
100	29	35	46	58	68	78	86	90
200	33	41	55	70	83	94	103	107
250	35	43	58	75	89	100	109	113
500	41	51	70	91	108	121	130	133
1000	48	60	85	111	132	148	157	159

Update neerslagstatistiek voor korte duren voor RWS-WVL (2018)

Op basis van de KNMI 2014 klimaatscenario's[12] heeft het KNMI in opdracht van Rijkswaterstaat de 'worst-case' scenario's uitgerekend voor de jaren 2030, 2050 en 2085 (tabellen 11 t/m 13). Een worst-case scenario is altijd subjectief in die zin dat er niet een harde bovengrens aan te geven is van (veranderingen in) de intensiteit, of dat deze bovengrens zo hoog ligt dat deze praktisch gezien van geen toegevoegde waarde heeft. Daarmee is het ook moeilijk aan te geven wat het slechtst denkbare scenario is.

Het KNMI gaat hier uit van een plausibele bovengrens die nog past binnen de KNMI'14 klimaatscenario's.

Tabel 12. 'Worst-case scenario' neerslaghoeveelheden (in mm) voor het klimaat rond "2030".

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

[12] http://www.klimaatscenarios.nl/

Tabel 13. 'Worst-case scenario' neerslaghoeveelheden (in mm) voor het klimaat rond "2050".

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"	21%	21%	21%	21%	21%	20%	18%	17%
10	21	24	31	38	45	51	58	62
20	25	29	37	45	53	61	69	73
25	26	30	39	48	57	65	72	77
50	30	36	46	58	68	78	86	90
100	35	42	55	70	83	93	102	106
200	40	49	67	85	101	113	122	125
250	42	52	71	90	107	120	129	132
500	49	62	85	110	131	145	154	157
1000	58	73	103	134	160	177	185	186

Tabel 14. 'Worst-case scenario' neerslaghoeveelheden (in mm) voor het klimaat rond "2085".

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"	41%	41%	41%	41%	41%	38%	35%	34%
10	25	28	36	44	52	59	67	71
20	29	33	43	53	62	71	79	83
25	30	35	45	56	66	75	83	87
50	35	41	54	67	80	90	98	102
100	41	49	65	81	97	108	117	121
200	47	57	78	99	117	130	139	143
250	49	61	82	105	125	138	148	151
500	58	72	99	128	152	168	177	179
1000	67	85	120	156	186	204	212	212