



Toolbox

**Wateroverlast en Klimaatverandering
Regio Achterhoek⁺**





Inhoud

Inhoud

1	Inleiding	4	4	Module C – Extreme neerslag	30	
1.1	Aanleiding	4		4.1	Waarom deze module?	30
1.2	Waarom een toolbox?	4		4.2	Hevige en extreme neerslag	31
1.3	Voor wie zijn de modules en hoe er mee te werken, solo of samen?	5		4.3	Aanpak	34
1.4	Toelichting van de modules en onderlinge samenhang	6		4.4	Aandachtspunten voor keuze rekenmodellen	35
1.5	Hoe zijn de modules tot stand gekomen?	8		4.5	Beknopt overzicht van functionaliteiten van tools en modelsoftware	36
2	Module A – Adaptatiestrategie	9		4.6	Simulatie neerslagspreiding in tijd en plaats voor validatie rekenmodel	37
2.1	Waarom deze module?	9		4.7	Kosten modelsoftware, modellering en berekening vs. goede invoerdata	37
2.2	Weten, willen, werken	10		4.8	Database voor waarnemingen bij extreme situaties	38
2.3	Inbedding adaptatiestrategie in kern-instrumenten van de Omgevingswet	11		4.9	Benchmark rekenmodellen	38
2.4	Inhoud van een adaptatiestrategie in het kort	11		4.10	Enkele voorbeelden van (in de regio) uitgevoerde berekeningsresultaten	39
2.5	Agendapunten	12		4.11	Meer informatie en inspiratie	41
2.6	Handelingsperspectief	17		5	Module D – Hitte & Droogte	42
2.7	Positionering	17		5.1	Waarom deze module – relatie met andere modules	42
2.8	Communicatie	18		5.2	Hitte: verschillende soorten temperatuur	42
2.9	Meer informatie	18		5.3	Feitje over gemeten luchttemperaturen in Nederland, Achterhoek in het bijzonder	48
3	Module B – Klimaatparagraaf	19		5.4	Maatregelen tegen hittestress, geen standaard beste oplossing	49
3.1	Waarom deze module?	19		5.5	Effecten van maatregelen tegen hittestress	49
3.2	Inbedding adaptatiestrategie in de kern-instrumenten van de Omgevingswet	19		5.6	Vergroten waterbergend vermogen van bodem in bebouwd gebied	56
3.3	Maatregelen in samenhang met de ruimtelijke context	20		5.7	Meer informatie en inspiratie	57
3.4	Kwetsbaarheden en opgaven met methode van de Natuurlijke Alliantie	20		6	Module E – Schadegevoeligheid	58
3.5	Extreme neerslag	22		6.1	Waarom deze module – relatie met andere modules	58
3.6	Hitte	23		6.2	Gevolgen van regenwateroverlast	58
3.7	Droogte	25		6.3	Hitte	60
3.8	Waterkwaliteit	26		6.4	Droogte	63
3.9	Omgevingskwaliteit, combinatie van adaptatiemaatregelen	26		6.5	Diverse klimaateffecten	64
3.10	Meer informatie en inspiratie	28		6.6	Methode voor bepaling minder-meerkosten BAW 2011	65



7	Module F – Vitaal & Kwetsbaar	67
8	Module G – Maatregelen tijdens het optreden van regenwateroverlast	73
9	Module H – Communicatie	77
9.1	Waarom deze module?	77
9.2	Inleiding	77
9.3	Aanpak	78
9.4	Meer informatie en inspiratie	86
10	Colofon	87

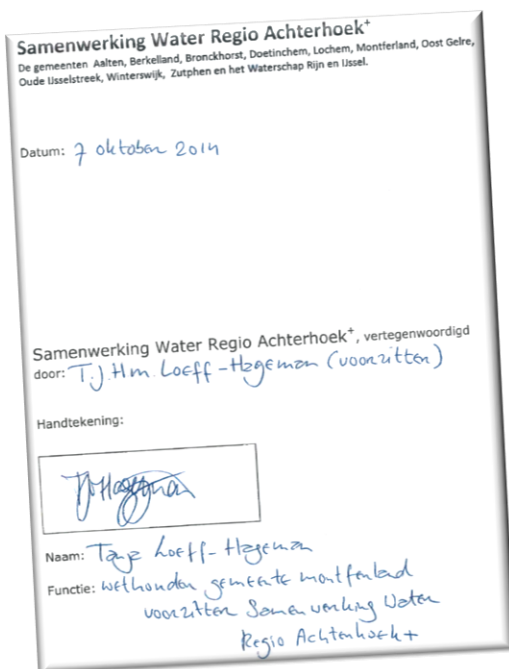
Bijlagen

Bijlage A – Een selectie uit de berichtgeving over (bijna) opgetreden regenwateroverlast in periode vanaf 2010	91
Bijlage B – Voorbeeld van ‘enquête wateroverlast’ van Gemeente Berkelland	95

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Wateroverlast en (de gevolgen van) klimaatverandering zijn actuele onderwerpen. Naast het herhaaldelijk optreden van wateroverlast in de regio Achterhoek+, de frequente berichten in de media over nieuwe weerrecords en het optreden van ernstige wateroverlast in binnen- en (nabije) buitenland, heeft het samenwerkingsverband Water Regio Achterhoek+ in oktober 2014 de 'Intentieovereenkomst Ruimtelijke Adaptatie' ondertekend (zie afbeelding), is in juni 2015 door de samenwerkende overheden de bestuursovereenkomst Zoetwater-voorzieningen Hoge Zandgronden 2016-2021 regio Oost ondertekend en was er ook op de klimaatop 2016 in Parijs aandacht voor klimaatadaptatie.



Toolbox Wateroverlast en Klimaatverandering Achterhoek+
16.143/3, 23 juni 2017

Ook al weten we vanaf vandaag de uitstoot van broeikasgassen wereldwijd drastisch te verminderen, dan nog zal de ingezette klimaatverandering zich de komende decennia voortzetten. Waarmee absoluut niet is gezegd dat klimaatmitigatie 'toch geen zin meer heeft'! Los daarvan, moeten we stad en omgeving dus gereed maken voor de verwachte klimaatverandering, zodat deze leefbaar, gezond en (economisch) vitaal blijft. Zoals inmiddels bekend mag worden verondersteld, moeten we naast nattere winters en extreme neerslag (wateroverlast), ook rekening gaan houden met het optreden van langduriger perioden zonder neerslag (droogte) en warmere perioden (hittestress) in de zomer.

De gevolgen van klimaatverandering kunnen verstrekend zijn en raken vele domeinen, zoals ruimtelijke ordening, wonen, werken, duurzaamheid, natuur, landbouw, veiligheid, openbare ruimte, mobiliteit, economie, recreatie, zorg en welzijn. De klimaatverandering stelt ons voor nieuwe opgaven die vraagt om nieuwe oplossingen in een integrale aanpak, met een (nieuwe) samenwerking tussen de verschillende domeinen.

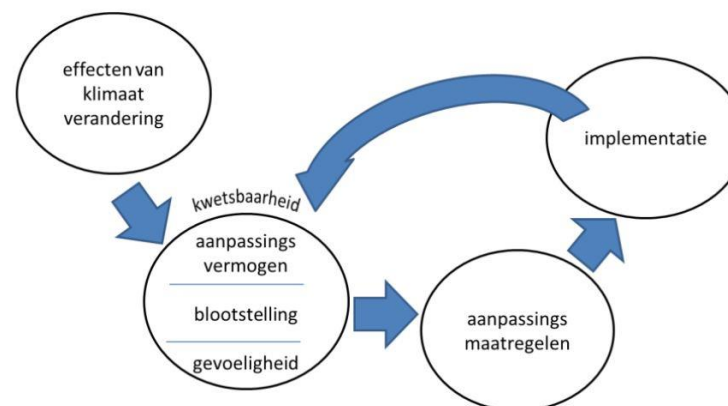
Het Regionaal Feitenonderzoek Achterhoek+ (februari 2013) geeft aan dat samenwerking bij de aanpak van regenwateroverlast in stedelijk gebied één van de belangrijke winstkansen voor de regio is vanuit het Bestuursakkoord water (2011), zowel voor kosten, kwaliteit als klantgerichtheid (minder voor kwetsbaarheid in personele zin).



Bron: www.helpdeskwater.nl, door Beeldleveranciers

1.2 Waarom een toolbox?

Een belangrijk deel van de directe gevolgen van klimaatverandering in bebouwd gebied zijn gerelateerd aan water (neerslag, droogte en hitte). Een belangrijke basis voor het gesprek met andere domeinen (en organisaties) is een goed beeld van de kwetsbaarheden en klimaatopgaven (weten), waarna een gezamenlijke strategie en ambitie (willen) en oplossingsrichtingen (werken) zijn te bepalen.





Het samenwerkingsverband regio Achterhoek+ bestaat uit tien gemeenten en het waterschap, waartussen de kennis over en de ervaringen en omgang met regenwateroverlast en de gevolgen van klimaatverandering verschillen. Afhankelijk van opgetreden (neerslag)gebeurtenissen en fysieke omgeving zal ook per gebied de urgentie en prioriteit voor het 'weten, willen en werken' aan klimaatadaptatie verschillen.

Daarom is een toolbox uitgewerkt met een modulaire opzet. Deze acht modules zijn:

1. Module A – Adaptatiestrategie
2. Module B – Klimaatparagraaf
3. Module C – Extreme neerslag
4. Module D – Hitte & Droogte
5. Module E – Schadegevoeligheid
6. Module F – Vitale en kwetsbare infra en objecten
7. Module G – Maatregelen tijdens het optreden van regenwateroverlast
8. Module H – Communicatie.

Oppervlaktewaterkwaliteit en volksgezondheid

De gevolgen van klimaatverandering voor de oppervlaktewaterkwaliteit komen nu verspreid in de modules B, D, E aan bod, vanwege de samenhang met deze modules. Ook de risico's voor de volksgezondheid komen in meerdere modules terug (C, D, E en H), aangezien deze gerelateerd zijn aan hitte en het optreden van water op straat.

Er is niet voorzien in een aparte module voor oppervlaktewaterkwaliteit. Als meerdere gemeenten en waterschap dat zouden willen, kan hiervoor een aanvullende module worden opgesteld, waarin de aandachtspunten voor het thema waterkwaliteit, mogelijk in combinatie met volksgezondheid, verder worden uitgewerkt en beschreven.

1.3 Voor wie zijn de modules en hoe er mee te werken, solo of samen?

Klimaatverandering heeft gevolgen op vele aspecten van de samenleving, zoals natuur, recreatie, gezondheid, water, etc.. De toolbox is gericht op de water-gerelateerde gevolgen van klimaatverandering in bebouwd gebied: met name extreme neerslag, maar ook hitte en droogte.

Daarbij wordt opgemerkt dat veranderingen van de gemiddelde windsnelheid door het jaar heen en tijdens winterstormen binnen de natuurlijke variabiliteit vallen. Bovendien hebben de gevolgen daarvan weinig relatie met het water- en rioolbeheer. Hoewel in de toekomst hagel en onweer wel heviger zullen worden, zijn de gevolgen daarvan niet in de modules meegenomen omdat deze ook weinig tot geen relatie hebben met het water- en rioleringsbeheer.

De toolbox is primair gericht op de water- en rioolbeheerders. De modules geven praktische informatie en handvatten voor het uitwerken van het betreffende onderwerp voor de eigen situatie.

Als een gemeente of het waterschap bijvoorbeeld aan de slag wil met communicatie over de gevolgen van klimaatverandering of het vooraf opstellen van een persbericht voor gebruik bij het optreden van regenwateroverlast, biedt module H daarvoor een plan van aanpak.

De uitwerking van deze modules is niet alleen een 'waterfeestje'

Voor klimaatadaptatie is een integrale benadering nodig, waarbij zowel collega's van andere vakdisciplines, maar ook bewoners, ondernemers, scholen, architecten- en adviesbureaus, woningbouwcorporaties, tuincentra, etc. bij betrokken moeten worden.

Met name de module A Adaptatiestrategie en module F Vitale en kwetsbare infrastructuur zijn modules die bij voorkeur in samenwerking in de regio worden uitgewerkt. De andere thema's kunnen desgewenst per gemeente individueel worden uitgewerkt. Als een gemeente (of het waterschap) een module in een bepaald jaar voor het eigen beheergebied wil gaan uitwerken, kan deze de interesse voor een gezamenlijke uitwerking daarvan vooraf navragen



bij de andere organisaties in het Samenwerkingsverband Water Regio Achterhoek+. Solo of samen; het is in ieder geval nuttig om het resultaat van uitgewerkte modules te delen met de collega's in de regio en, ter overweging, ook buiten de regio te delen (zoals bijvoorbeeld ook samenwerkingsverband Twents Waternet dat doet).

Intermezzo

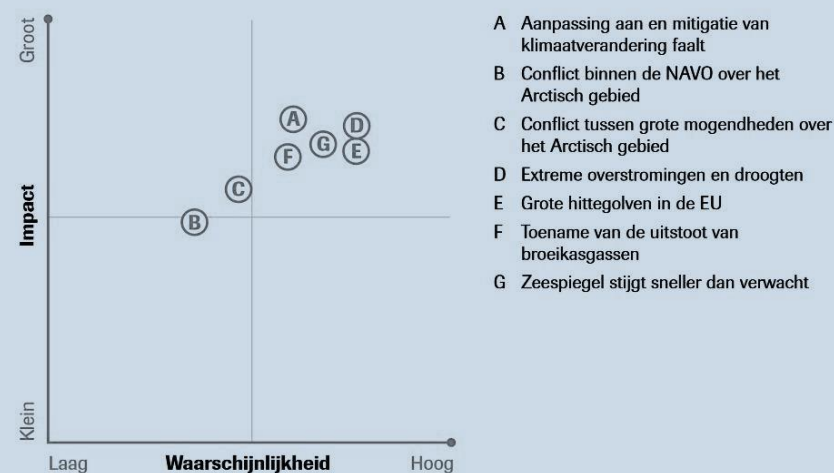
Steeds meer (inter)nationale instanties, zoals het World Economic Forum, nemen de dreiging door overstroming/extreme neerslag, maar ook hitte en droogte zeer serieus.

Dichter bij huis heeft het instituut Clingendael de dreigingen voor 2021 in beeld gebracht. Wat betreft hitte, droogte en ook overstromingen lijkt het dreigingsniveau voor de EU in de toekomst toe te nemen. Deze verwachtingen zijn gebaseerd op waarneembare trends. Het is echter ook mogelijk dat 'onverwachte' gebeurtenissen zich zullen voordoen.

Onderstaande afbeelding geeft een beeld van deze 'schokken'; extreme overstromingen en droogten (D) en grote hittegolven in de EU (E) hebben een hoge waarschijnlijkheid en tegelijk een grote impact.

1.4

Figuur A Mogelijke schokken dreigingsbeeld klimaatverandering (N=21)



Toelichting van de modules en onderlinge samenhang

De modules geven praktische informatie en handvatten om mee aan de slag te gaan. De meeste aandacht gaat daarbij uit naar regenwateroverlast in bebouwd gebied, maar ook de gevolgen van klimaatverandering voor met name hitte en droogte in bebouwd gebied worden meegenomen. Het resultaat levert een beter beeld op van 'wat er nodig is en hoe dat aan te pakken'. Voor de toolbox zijn de praktijkervaringen in de regio en daarbuiten verzameld. Deze ervaringen zijn in de betreffende modules opgenomen.

Module A – Adaptatiestrategie

Deze module geeft handvatten voor een (regionale) adaptatiestrategie, gericht op het stedelijk gebied. Hierin worden de volgende onderdelen van een adaptatiestrategie toegelicht:

1. de agendapunten: wat zijn de opgaven,
2. het handelingsperspectief en de fasering: welke aanpak te volgen, stapsgewijs anticiperen
3. de positionering: hoe zien taken, rollen en organisatie er uit
4. en de communicatie, opgenomen in module H.

Module B – Klimaatparagraaf

Module B beschrijft de aandachtspunten voor borging van ruimtelijke adaptatie in een ruimtelijk/omgevingsplan. Dit kan in een afzonderlijke 'klimaatparagraaf' of – bij voorkeur – als integraal onderdeel van het totale plan. Navolgend kader geeft een toelichting op de inbedding van de adaptatiestrategie en de klimaatparagraaf in de omgevingsvisie of het omgevingsplan.

Module C – Extreme neerslag

Module C is gericht op het in beeld brengen van de zogenaamde 'blootstelling': in welke mate ontstaat water op straat, welke waterniveaus treden op en hoe lang. de module geeft informatie over:

- met welke hoeveelheden en intensiteiten neerslag rekening te houden, welke typen buien waarvoor te gebruiken,



- met welke typen rekenmodellen de effecten van extreme neerslag zijn te berekenen,
- en de functionaliteit van de verschillende soorten rekentools.

Module D – Hitte & Droogte

Deze module geeft handen en voeten aan het containerbegrip 'hittestress' en de verschillende soorten temperatuur die hiervoor in beeld gebracht kunnen worden. Verder worden rekenmodellen toegelicht voor simulatie van verschillende soorten temperatuur én de effecten van 'hitte-maatregelen', en een methode om hitte-gerelateerde gezondheidsrisico's in beeld te brengen. De module beschrijft daarnaast manieren om de gevolgen van droogte in beeld te brengen met de (beperkt) beschikbare tools hiervoor.

Module E – Schadegevoeligheid

De schadegevoeligheid wordt meestal uitgedrukt in euro's directe schade, aantallen ongevallen of sterfte, productieverlies in euro's, kwaliteitsverlies van groen, etc. bij een bepaalde blootstelling. Dit kan zowel met behulp van rekenmodellen als door verzameling van (meet)gegevens. Module E beschrijft een aantal tools hiervoor, voor zowel wateroverlast, hitte en droogte.

Module F – Vitale en kwetsbare infra en objecten

Een aparte categorie van schade door wateroverlast, hitte of droogte zijn de indirecte effecten door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur en objecten, de zogenaamde cascade-effecten. De gevolgen hiervan kunnen (zeer) groot zijn. Module F biedt een handreiking om regionaal inzicht te krijgen in de indirecte effecten van wateroverlast, zowel voor gemeenten en waterschap als voor andere stakeholders. Met dit inzicht kunnen vervolgens, samen met bijvoorbeeld energie-, gas- en drinkwaterbedrijven, stappen worden gezet om deze cascade-effecten te voorkomen.

Module G – Maatregelen tijdens optreden regenwateroverlast

Deze module geeft een overzicht van 'best practices'; maatregelen die genomen kunnen worden vlak voor, tijdens en na een hoosbui. Deze module kan voor de eigen organisatie worden uitgewerkt, waarbij het resultaat daarvan ook heel nuttig kan zijn om te delen met andere gemeenten in de regio, bijvoorbeeld via het Technisch Overleg Riolerings of het Vakberaad Water.

Module H – Communicatie

Effectief communiceren vraagt een praktische uitwerking. Er zijn verschillende doelgroepen die gemeente en/of waterschap op verschillende momenten en met een verschillend doel wil bereiken. Deze module beschrijft een plan van aanpak voor elke doelgroep. Uitwerking van (onderdelen van) deze module ondersteunt de uniformiteit in de regio in (het moment van) de boodschap, een goede voorbereiding voor reactie na een hevige bui met wateroverlast en samenwerking met andere partners/organisaties.

Inbedding van de Adaptatiestrategie en de Klimaatparagraaf in de kern-instrumenten van de Omgevingswet

Volgens planning treedt in 2019 de Omgevingswet in werking. Deze wet vervangt een groot aantal huidige wetten en regelgeving. De wet is gericht op:

- het bereiken en in stand houden van een veilige en gezonde fysieke leefomgeving en een goede omgevingskwaliteit,
- en deze fysieke leefomgeving doelmatig te beheren, te gebruiken en te ontwikkelen voor maatschappelijke behoeften.

Eén van de verbeterdoelen van de wet is de fysieke leefomgeving meer in samenhang te benaderen. Daar valt ook klimaatadaptatie onder. Dit dient immers de bescherming van de veiligheid en gezondheid van de mens en zijn omgevingskwaliteit. De Omgevingswet kent zes zogenaamde 'kern-instrumenten', waaronder de omgevingsvisie, het programma, decentrale regelgeving en de omgevingsvergunning.

Een **adaptatiestrategie** kan integraal onderdeel zijn van de Omgevingsvisie of is te beschouwen als een programma in de zin van de Omgevingswet, als een uitwerking van de omgevingsvisie, met beleidsvoornemens en doelstellingen voor een of meer aspecten van de fysieke leefomgeving en maatregelen om die te bereiken en te behouden.



De omgevingsvisie is een strategische visie voor de lange termijn voor de gehele fysieke leefomgeving. Deze visie gaat in op de samenhang tussen ruimte, water, milieu, natuur, landschap, verkeer en vervoer, infrastructuur en cultureel erfgoed. De omgevingsvisie is richtinggevend voor het omgevingsplan en de omgevingsverordening van gemeenten. De omgevingsvisie vervangt alle strategische beleidsinstrumenten die over de fysieke leefomgeving gaan, zoals de structuurvisie, het milieubeleidsplan, het strategische deel van het waterplan en het verkeers- en vervoerplan. Een regionale adaptatiestrategie kan ook als een programma worden beschouwd, een nadere uitwerking van de omgevingsvisie. Het gemeentelijk rioleringsplan is een voorbeeld van een (niet-verplicht) programma, dat door het college wordt vastgesteld. Hoewel er wel inspraak op mogelijk is, zijn deze programma's zelfbindend, dus niet bindend voor bewoners of bedrijven.

De **klimaatparagraaf** kan een afzonderlijk onderdeel zijn in de Omgevingsvisie of een integraal onderdeel van het omgevingsplan, als uitwerking van een uitwerking van de omgevingsvisie. Het omgevingsplan vervangt alle bestaande bestemmingsplannen en beheersverordeningen in een gemeente, maar kent daarbij een veel bredere reikwijdte. Hierin kan een gemeente alle regels opnemen over de fysieke leefomgeving en de activiteiten die daar gevolgen voor kunnen hebben. Zo wordt in het omgevingsplan niet meer gesproken over bestemmingen, maar onderscheid gemaakt in functies en locaties. Functiekenmerken drukken een bepaalde rol, taak of dienstbaarheid uit van een onderdeel van de fysieke leefomgeving. Locaties betreffen fysieke locaties. Zo kunnen functie- en locatie-specifieke regels worden gesteld die vergelijkbaar zijn met de huidige planologische regels rond bestemmingen. Maar dit biedt ook andere mogelijkheden voor bijvoorbeeld regels t.a.v. groenvoorzieningen, schaduwwerking of kleurgebruik (cool roofs) ter beperking van hittestress. Dit biedt een goed planologisch-juridisch kader voor klimaatadaptatie.

1.5 Hoe zijn de modules tot stand gekomen?

Centrale onderdeel van de totstandkoming van de toolbox was de werkbijeenkomst op 8 september 2016 met beleidsmedewerkers en beheerders riolering van alle gemeenten en medewerkers van het waterschap.

Voorafgaand aan deze werkbijeenkomst is een inventarisatie uitgevoerd naar (o.a.) opgetreden weersextremen afgelopen jaren, ervaringen, aanpak, 'best practices', beleid, normen, uitgevoerde

onderzoeken, gebruikte methoden en modellen en kwetsbaarheden (kaarten kwetsbaarheden wateroverlast, hitte, droogte), met name in de regio, maar ook daarbuiten.

Tijdens de werkbijeenkomst zijn de bevindingen van de inventarisatie op hoofdlijnen gepresenteerd en kort besproken. Vervolgens zijn in groepen de ervaringen wensen en behoeften besproken rond de volgende onderwerpen:

1. Maatregelen voor, tijdens en na wateroverlast, delen van 'best practices', en aandachtspunten uit de praktijk voor de klimaat-/watertoets;
2. Welke doelen en maatstaven worden gebruikt, welke extreme neerslag/situaties te gebruiken, en ervaringen met het gebruik van modellen en methoden voor bepaling van de gevolgen van extreme neerslag, droogte en hitte;
3. Belang van een communicatiestrategie, minder-meerkosten volgens het Bestuursakkoord Water en de nut een noodzaak van een Regionale Adaptatie Strategie.

Van de werk bijeenkomst is geen afzonderlijk verslag opgesteld, maar verwerkt in de modules tot één eindresultaat, zodat hierin alles bij elkaar is terug te vinden. In de betreffende modules (met name A, C, G en H) wordt ook gerefereerd aan de resultaten van werkbijeenkomst. De informatie uit de voorafgaande inventarisatie is eveneens in de modules of de bijlagen opgenomen.

Een eerste concept van de modules is besproken met de werkgroep. Na verdere uitwerking zijn de modules in concept voorgelegd aan alle deelnemers van het Vakberaad Water voor reactie en aanvulling met voorbeelden uit de eigen praktijk om te delen met collega's in de regio.

Deze modules zullen in een aparte bijeenkomst van het Vakberaad Water worden besproken. Daarbij wordt ook in overleg bepaald hoe hier samen uitwerking aan de geven en met welke modules eerst aan de slag te gaan.



2 Module A – Adaptatiestrategie

2.1 Waarom deze module?

De mate waarin en snelheid waarmee ons klimaat verandert en de gevolgen daarvan zijn onzeker. Wat we zeker weten is dát ons klimaat verandert en dát dit effecten heeft op onder meer het optreden van regenwateroverlast, grondwateroverlast, uitzakkende waterpeilen, verminderde waterkwaliteit en de werking van riolering en afvalwaterzuivering. Een aantal van deze effecten zijn de afgelopen jaren al in de regio Achterhoek+ ervaren.

De tabel hiernaast geeft aan wanneer een aantal weersextremen de afgelopen jaren is opgetreden in de Achterhoek (niet uitputtend). Ter vergelijking zijn daaronder de landelijke hittegolven gegeven (per definitie op basis van maximale temperatuur in De Bilt). Daarbij wordt opgemerkt dat het 's zomers in de regio doorgaans warmer is dan in De Bilt. Het langjarig gemiddelde (1981-2010) geeft ook een groter aantal zomerse en tropische voor de regio aan.

Voor het anticiperen op klimaatverandering is (nog) geen overkoepelende strategie. De aanpak door gemeenten en waterschap bestaat doorgaans uit maatregelgerichte acties, met name in stedelijk gebied.

Gemeenten Lochem, Zutphen en Arnhem hebben met 'Op weg naar een klimaatactieve regio' (2015) al wel een verkenning uitgevoerd naar de knelpunten en kansen van klimaatverandering voor het stedelijk gebied, om invulling te geven aan de klimaatactieve stad. Hiermee hebben zij een eerste stap gezet naar een adaptatiestrategie. Het afvalwaterteam Etten gaat in 2017 een adaptatiestrategie opstellen.

Deze module geeft handvatten voor een (regionale) adaptatiestrategie, gericht op het stedelijk gebied. De uitwerking van deze module geeft inzicht in de opgaven als gevolg van klimaatverandering, sturing aan de aanpak daarvan en duidelijkheid over de eigen positie daarin. Deze strategie biedt daarmee een kader voor een programmatische aanpak en geeft richting aan de beleidsdoelen voor 2020 (richtjaar uit Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie) en aan de inzet van middelen.

wateroverlast	droogte	hitte
	jul-06	
22-jun-08		
18-22 jan 2008		
14-jul-10		
	begin aug-10	
23-aug-10		
26-aug-10		
7-jun-11		
6-jun-11		
28-jun-11		
	mei-13	
23-mei-12		
20-jun-13		
	jul-13	21-27 juli 2013 hittegolf
	aug-13	hittegolf Achterhoek
24-dec-13		
20-jun-13		
		juli 2014 bijna hittegolf
28-jul-14		
10-aug-14		
	jul-15	30 juni-5 juli 2015 hittegolf: station Hupsel 36,8 graden
14-aug-15		
30-mei-16	mei-16	
26-jun-16		

Hittegolven landelijk					
begin datum	eind datum	duur in dagen	tropische dagen	max.temp.	datum max.temp.
22-aug-01	26-aug-01	5	3	31.1	25-aug-01
31-jul-03	13-aug-03	14	7	35.0	7-aug-03
2-aug-04	11-aug-04	10	3	32.5	9-aug-04
18-jun-05	24-jun-05	7	3	32.8	20-jun-05
30-jun-06	6-jul-06	7	3	32.0	4-jul-06
15-jul-06	30-jul-06	16	8	35.7	19-jul-06
21-jul-13	27-jul-13	7	3	32.6	22-jul-13
30-jun-15	5-jul-15	6	3	33.1	1-jul-15



Mitigatie en adaptatie (bron: Nationale Adaptatie Strategie 2016)

Mitigatie is het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen om ervoor te zorgen dat de temperatuurstijging beperkt blijft. Tijdens de klimaatconferentie in Parijs (2015) zijn emissiedoelstellingen voor de lange termijn geformuleerd, met als doel de opwarming van de aarde te beperken tot ruim beneden 2 graden ten opzichte van het pre-industriële niveau, met 1,5 graad als streefwaarde.

Naast mitigatie zal ook aanpassing aan klimaatverandering nodig zijn (adaptatie). **Hierbij gaat het om het verminderen van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering, het verkleinen van de uiteindelijke effecten en het benutten van de kansen die een veranderend klimaat biedt.** Daarbij is het noodzakelijk om maatregelen op het juiste moment en de juiste plaats uit te voeren.

In het klimaatakkoord van Parijs heeft klimaatadaptatie een duidelijke plek gekregen. Hoe beperkter de reductie van broeikasgasemissies, hoe meer de temperatuur op aarde zal stijgen en hoe groter de noodzaak zal zijn tot adaptatie. Adaptatie en mitigatie vullen elkaar aan en beide aanpakken zijn noodzakelijk, waarbij sommige maatregelen ook beide processen ondersteunen. Een voorbeeld hiervan is het zodanig inrichten van steden dat de energievraag verlaagd wordt en de hittebestendigheid toeneemt (synergie).

Effecten van klimaatverandering zullen nog lang voelbaar zijn, ook nadat de emissies sterk gereduceerd zijn.

2.2 Weten, willen, werken

In het [Deltaprogramma 2015](#) staat als ambitie voor 2050: een klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting van Nederland. Daarbij is afgesproken dat overheden zich inspannen zodat in 2020 het klimaatbestendig en waterrobuust inrichten een structureel onderdeel is van hun beleid en handelen.

Eind 2016 heeft de ministerraad ingestemd met de [Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016](#) (NAS). Rijk, provincies en gemeenten geven samen met de waterschappen een regionale en lokale uitwerking aan de ambitie.

In het Deltaprogramma 2015 zijn de drie te doorlopen stappen verwoord:

1. Weten:

Analyse van de klimaatbestendigheid en waterrobuustheid van het (plan)gebied en de functies, zowel de bedreigingen als de kansen, voor de huidige en toekomstige situatie (incl. verwachte klimaatverandering). De vier hoofdbedreigingen zijn overstroming (meerlaagse veiligheid), neerslag, hitte en droogte.

2. Willen:

Vertaling van de bedreigingen en kansen uit de analyse in een gedragen ambitie en adaptatiestrategie. De overheden formuleren hiervoor concrete doelen in de tijd;

3. Werken:

Iedere overheid geeft aan hoe deze ambitie beleidsmatig en juridisch doorwerkt in het eigen beleid, ruimtelijke plannen en verordeningen, businesscases, uitvoering, beheer en groot onderhoud.

Weten

Analyse van uw gebied



Kwetsbaarheid >

Willen

Formuleren van uw ambitie



Doelen en opgaven >

Werken

Beleed en uitvoering



Borgen >



Kansen >



Strategieën >



Realiseren >



De [handreiking Ruimtelijke Adaptatie](https://ruimtelijkeadaptatie.nl/handreiking/handreiking/) is een praktisch hulpmiddel voor klimaatadaptief werken bij bijvoorbeeld het beheer van de openbare ruimte, de locatiekeuze van nieuwe bebouwing of infrastructuur, vergunningverlening of investeringsbesluiten. De stappen onder 'Weten' gaan in op de analyse van wat er op een gebied afkomt, de stappen onder 'Willen' helpen bij het formuleren van ambities en doelen. De stappen onder 'Werken' geven suggesties hoe ruimtelijke adaptatie geborgd en uiteindelijk gerealiseerd kan worden via beleid en regelgeving, waarbij veel aandacht uitgaat naar meekoppelen.

Voor veel aspecten van waterrobuust en klimaatbestendig handelen zijn geen vastgestelde normen of toetsingswaarden beschikbaar. Betrokken partijen zullen zelf gebiedsgerichte, lokale doelen en ambities moeten formuleren. De handreiking helpt daarbij. De volgorde voor het doorlopen van de stappen 'weten, willen en werken' is geen vast gegeven. Soms begint men bij het formuleren van een ambitie, soms start men met een probleemanalyse. Of soms is het opstellen van een structuurvisie of plan de directe aanleiding (bron: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/handreiking/handreiking/>).

2.3 Inbedding adaptatiestrategie in kern-instrumenten van de Omgevingswet

Een adaptatiestrategie kan integraal onderdeel zijn van de Omgevingsvisie of is te beschouwen als een programma in de zin van de Omgevingswet, als een uitwerking van de omgevingsvisie, met beleidsvoornemens en doelstellingen voor een of meer aspecten van de fysieke leefomgeving en maatregelen om die te bereiken en te behouden.

De omgevingsvisie is een strategische visie voor de lange termijn voor de gehele fysieke leefomgeving. Deze visie gaat in op de samenhang tussen ruimte, water, milieu, natuur, landschap, verkeer en vervoer, infrastructuur en cultureel erfgoed. De omgevingsvisie is richtinggevend voor het omgevingsplan en de omgevingsverordening van gemeenten. De omgevingsvisie vervangt alle strategische beleidsinstrumenten die over de fysieke leefomgeving gaan, zoals de

structuurvisie, het milieubeleidsplan, het strategische deel van het waterplan en het verkeers- en vervoerplan.

Een adaptatiestrategie kan ook als een programma worden beschouwd, een nadere uitwerking van de omgevingsvisie. Het gemeentelijk rioleringsplan is een voorbeeld van een (niet-verplicht) programma, dat door het college wordt vastgesteld. Hoewel er wel inspraak op mogelijk is, zijn deze programma's zelfbindend, dus niet bindend voor bewoners of bedrijven.

2.4 Inhoud van een adaptatiestrategie in het kort

Een adaptatiestrategie gaat over:

1. **Agendapunten ('weten')** – § 2.5
Wat zijn de opgaven.
2. **Handelingsperspectief ('willen')** – § 2.6
Welke aanpak te volgen (geen concrete maatregelen), met aandacht voor:
 - inhoudelijke samenhang tussen aanpak overlast, droogte, waterkwaliteit, hitte,
 - ruimtelijke samenhang tussen aanpak in stedelijk en landelijk gebied,
 - integrale benadering vraagstukken vanuit stedelijk watersysteem, waterketen en ruimtelijke ordening (nu vooral taakgericht georganiseerd),
 - fasering door stapsgewijs meebewegen i.v.m. onzekerheden klimaatverandering en ruimtelijke ontwikkeling (niet op basis van ideaal eindbeeld).
3. **Positionering ('werken')** – § 2.7
Taken, rollen en organisatie door gemeenten, waterschap en andere partners.
4. **Communicatie** – § 2.8
Communicatie is van belang bij elke stap en elke activiteit. Hoe gaan we communiceren voor het vergroten van het bewustzijn van de klimaateffecten, het bieden van handelingsperspectief en duidelijkheid over de eigen positionering.



Hieronder wordt voornamelijk een toelichting gegeven op de bepaling van de agendapunten (opgaven). De overige drie onderdelen van de adaptatiestrategie worden kort toegelicht.

2.5 Agendapunten

De klimaatverandering heeft uiteenlopende gevolgen; voor veiligheid, gezondheid, infrastructuur, energie/netwerken, landbouw, natuur, recreatie en water. Hieronder wordt eerst ingegaan op de gevolgen voor de waterhuishouding zelf en daarna kort op de gevolgen buiten de waterhuishouding, waarbij water wel een rol speelt. Deze gevolgen kunnen agendapunten voor de adaptatiestrategie zijn.

Gevolgen voor de waterhuishouding

In het 'Project A3' (onderdeel van programma Wakker) zijn de gevolgen van neerslag, droogte en hitte voor de waterhuishouding kwalitatief in beeld gebracht. De pijlen in de tabel rechtsboven geven de grootte van het verwachte *directe* klimaateffect aan voor verschillende aspecten van waterketen en –systeem (groen is huidige situatie). Hoe groter de pijl, hoe groter het verwachte effect. Als er geen pijl is aangegeven, wordt geen verandering verwacht.

Combinatie van deze effecten geeft een inschatting van het totale effect in een bepaalde situatie. Zo neemt de vuillast van overstromingen door neerslag en droogte toe, bovenop het effect van droogte op de waterkwaliteit, waardoor het uiteindelijke effect op de oppervlaktewaterkwaliteit groter is. En de werking van de RWZI zal bij zomerse hoge temperaturen iets verslechteren, terwijl het aandeel van het effluent in het oppervlaktewater toeneemt.

	droogte	temperatuur	neerslag
Werking RWZI*		←	←
Geuroverlast RWZI		←	
Overstort, vuillast + freq.	←	←	←
Kans op overstroming			←
Wateroverlast			←
Zuurstofgehalte opp.water	←	←	
Aandeel effluent in opp.w.	←		
Grondwaterpeil	←		
Oppervlaktewaterkwaliteit	←	←	
Aanwezig. plaagsoorten		←	
Nutriëntvrachten			←
(Blauw-) algen / botulisme	←	←	
Visstand	←	←	

Kwalitatieve oorzaak en gevolg relaties

Interactie afvalwaterketen / watersysteem (Project A3, Wakker)

Gevolgen buiten de waterhuishouding

Daarnaast zijn er natuurlijk ook gevolgen buiten de waterhuishouding, bijvoorbeeld het effect van droogte op brandgevaar het groen in bebouwd gebied, of het effect van hitte op de omgevingskwaliteit en gezondheid van de inwoners.

Uit de werkbijeenkomst op 8 september 2016 volgde het algemene beeld dat de rioolbeheerder en waterbeheerder zich geen 'probleemeigenaar' voelen van de gevolgen van droogte en hitte, voor zover dit buiten de waterhuishouding valt. Het was ook niet bekend wie zich dan wel eigenaar van die problemen voelt.



Integrale uitwerking van agendapunten voor adaptatiestrategie

Zeker in vergelijking met de gevolgen van extreme neerslag, is er nog weinig aandacht voor de gevolgen van droogte en hitte voor de waterhuishouding. Hier is meer aandacht voor nodig. Hierbij wordt **benadrukt dat het van belang is om de adaptatiestrategie integraal uit te werken, vanwege de samenhang tussen de thema's**. Met goed gekozen maatregelen kunnen meerdere (klimaat)opgaven of ruimtelijke opgaven worden ingevuld, terwijl een te smalle aanpak kan leiden tot maatregelen die voor één opgave heel effectief zijn, maar andere opgaven juist vergroten. Dus hoewel urgentie en 'probleemeigenaarschap' van hitte en droogte over het algemeen minder wordt gevoeld, is het van belang om ook deze opgaven bij de adaptatiestrategie mee te nemen.

In het ontwerp en inrichting van de stedelijke omgeving kan meer rekening worden gehouden met de verwachte toename van droogte en hitte en de gevolgen daarvan. Zo moet misschien een andere invulling worden gegeven aan de zogenaamde 'watercompensatie' voor toename van verhard oppervlak, zodat er minder kleine kwetsbare oppervlaktewateren ontstaan. En de inrichting van bestaande vijvers, singels en waterlopen moet worden aangepast of op termijn zelfs opgeheven, om stinkend en ongezond stilstaand water of droogvallende watergangen in stedelijke gebied te voorkomen.

De agendapunten voor de adaptatiestrategie worden gevormd door een combinatie van 'opgaven' als gevolg van de volgende 'klimaatdreigingen' (oorzaken):

1. extreme neerslag,
2. droogte,
3. hitte,
4. waterkwaliteit,
5. en eventueel brandgevaar,

en de schadegevoeligheid voor deze dreigingen (gevolg).

Daarbij zijn duidelijke, werkbare definities van de gevolgen van de 'klimaatdreigingen' nodig. Zonder een scherp beeld van de relevante opgave (oorzaak-gevolg) is een goede afweging en keuze voor doelmatige maatregelen niet mogelijk.

Brandgevaar en waterkwaliteit zijn te beschouwen als een gevolg van (de combinatie van) droogte en hitte. Vanwege de nauwe relatie met het waterbeheer, wordt vaak aan beide klimaateffecten afzonderlijk aandacht besteed. Hieronder wordt verder niet ingegaan op de effect van brandgevaar en waterkwaliteit in de zin van 'klimaatdreigingen' (zoals neerslag, droogte en hitte). Bij het opstellen van de adaptatiestrategie is het evenwel goed om ook gevolgen voor brandgevaar en waterkwaliteit in beeld te brengen. In 'Module B Klimaatparagraaf' wordt de methode van de 'Natuurlijke Alliantie' toegelicht, waarbij in het gegeven voorbeeld ook de kwetsbaarheden voor brandgevaar beeld zijn gebracht.

Hieronder volgt een toelichting op achtereenvolgens de effecten van extreme neerslag en ander klimaateffecten, zoals droogte en hitte.

Deze effecten worden nader toegelicht in:

- 'Module C Extreme neerslag'
- en 'Module D Hitte & Droogte'.

En de schadegevoeligheid wordt toegelicht in:

- 'Module E Schadegevoeligheid'
- en in het bijzonder voor vitale en kwetsbare infrastructuur in:
- 'Module F Vitaal & Kwetsbaar'.



Effecten van extreme neerslag

Op hoofdlijnen hanteren de gemeenten dezelfde soort definities voor regenwateroverlast. Bij de invulling daarvan hanteert vrijwel elke gemeente een andere definitie (zie onderstaande samenvatting).

De gemeente spreekt van regen- of afvalwateroverlast als:	Bronckhorst	Oude IJsselstreek	Berkelland	Winterswijk	Montferland	Aalten	Oost Gelre	Doetinchem	Lochem	Zutphen
afvalwater uit gemengd rioolstelsel langer dan ... uur op straat staat én dit stinkt en/of visuele verontreinigingen bevat (volksgezondheidsrisico)		bij T=2-bui >0,5u: overlast		bij T=2-bui 0,25-0,5u: hinder 0,5-2u: ernstige hinder >2u: schade	bui 07,08: 0,5 en >10cm overlast	bestaand bij bui 07,08 nieuw bij bui 10 >4u: overlast nieuw bij bui 10: geen WOS		bij T=2-bui 0,5 en >10cm overlast	2	2
water langer dan ... uur hinder oplevert voor het verkeer (gemotoriseerd, fietsers en voetgangers)		bij T=2-bui >0,5u: overlast				bestaand bij bui 07,08 nieuw bij bui 10 >4u: overlast	bij T=2-bui? >4u: overlast			
water verkeersaders en doorgaande (ontsluitings)wegen en tunnels langer dan ... uur blokkeert		bij T=10-bui >2u: schade		schade	bij T=10-bui: overlast / schade	bestaand bij bui 07,08 nieuw bij bui 10 >2u: overlast	bij T=2-bui? >1u: overlast	bij T=2-bui overlast		
putdeksels omhoog komen en gevaar opleveren		overlast		ernstige hinder						
(afval)water langer dan ... uur in een tuin staat en dit afkomstig is uit het rioleringsstelsel						bestaand bij bui 07,08 nieuw bij bui 10 >4u: overlast	bij T=2-bui? >4u: overlast			
water vanaf straat huizen of gebouwen instroomt		bij T=10-bui schade		schade	bij T=10-bui: schade			overlast	drempel >10cm	drempel >10cm
afvalwater overloopt uit toiletten op de begane grond										
optreden van waterstanden boven maaiveld, waarbij hinder of schade wordt ondervonden		bij T=2-bui >1u: schade		bij bui 08,10 en/of 100mm in 1u? foto's						
gevaar voor de volksgezondheid										
jaar van vaststellen GRP =>	2009	2012	2013	2013	2015	2015	2015	2016	2016	2016

Tijdens de werkbijeenkomst op 8 september 2016 is besproken of er niet een eenduidige, regio-brede definitie van regenwateroverlast is gewenst, zodat het niet uitmaakt voor bewoners of ondernemers of zij hun woning/bedrijfspan in gemeente A of B hebben staan. De onderlinge verschillen in definitie kunnen de indruk wekken dat deze arbitrair zijn. Uit de discussie volgde dat in praktijk een ruime interpretatie van deze definities wordt gehanteerd en per geval wordt bekeken of al dan niet sprake is van regenwateroverlast (ruimte voor maatwerk).

Vrijwel alle gemeenten geven expliciet in het GRP aan dat zij alleen maatregelen voor aanpak van de regenwateroverlast nemen, als deze doelmatig worden geacht. Het optreden van wateroverlast (of schade) volgens bovenstaande definities betekent dus niet automatisch dat de betreffende gemeente in alle gevallen maatregelen hiervoor móet nemen.

Voor de gevolgen van regenwateroverlast bij extreme neerslag kan onderscheid worden gemaakt in comfort/kwaliteit, schade, veiligheid en gezondheid. In de meeste definities van regenwateroverlast komen deze aspecten terug in de vorm van een bepaalde waterhoogte veelal in combinatie met een bepaalde duur daarvan. Het is niet voor alle gemeenten duidelijk welke kans van optreden daarbij hoort. In de meeste gevallen wordt van een neerslaggebeurtenis met een bepaalde herhalingsstijd gesproken, waarbij niet is aangegeven voor welk klimaat/planjaar wordt gerekend. Ook in de communicatie is het eenduidiger om niet over herhalingsstijden te spreken, maar over een bepaalde neerslagsom in een bepaalde tijdsduur, bijvoorbeeld 60 mm in 15 minuten of 100 mm in 60 minuten.

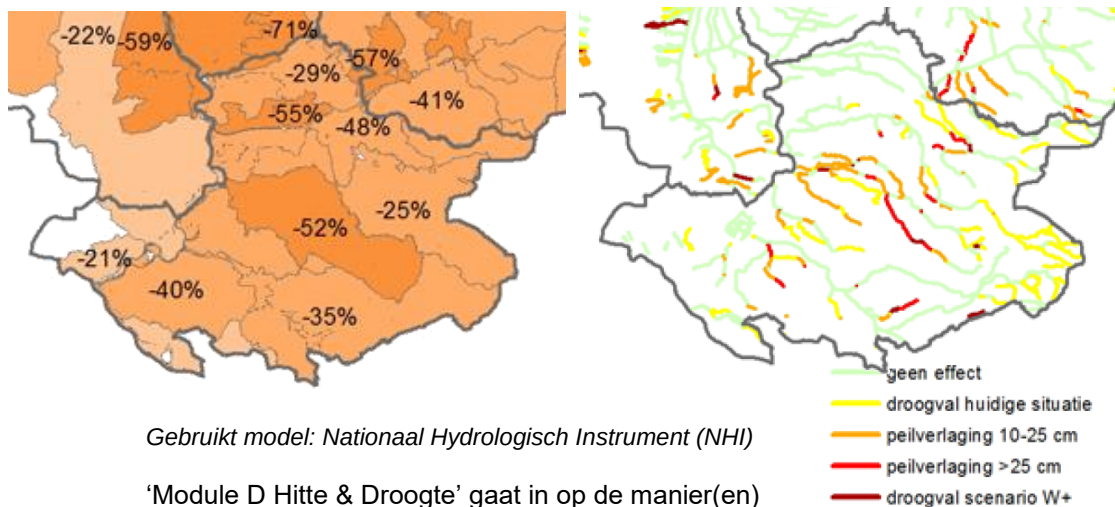
'Module C Extreme neerslag' gaat verder in op de toepassing van verschillende typen rekenmodellen waarmee de gevolgen van extreme neerslag kan worden berekend in de vorm van waterhoogtes en duur, herkomst en stromingsrichting (= oorzaak).

'Module E Schadegevoeligheid' beschrijft een aantal manieren waarop de schade door deze waterhoogtes kan worden bepaald (= gevolg). Deze schade kan bestaan uit directe materiële schade, blokkade van hoofdwegen, risico's voor de volksgezondheid of uitval van vitale netwerken.

Effecten van droogte

Voor zover bekend hebben gemeenten of regio geen definities of streefwaarden t.a.v. (de gevolgen van) droogte in bebouwd gebied. Een algemene omschrijving van de effecten van droogte is een afname van het bodemvochtgehalte, daling van grondwaterstand en oppervlaktewaterpeil en afname van de waterafvoer.

Onderstaande kaartbeelden uit het onderzoek Zoetwatervoorziening Oost Nederland (oktober 20120) laat de afname zien van de gemiddelde zomerafvoer (links) en peildaling (rechts) als gevolg van klimaatverandering bij W+ in gemiddeld jaar. Hieruit blijkt dat op stroomgebiedsniveau de directe gevolgen van droogte voor het regionaal watersysteem in de Achterhoek groot zijn.



Gebruikt model: Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI)

'Module D Hitte & Droogte' gaat in op de manier(en) waarop de zogenaamde 'blootstelling' aan droogte in beeld kan worden gebracht: hoe ver zakken de waterpeilen in singels en vijvers en wat zijn de gevolgen voor de afvoer van waterlopen door stedelijk gebied (=oorzaak).

'Module E Schadegevoeligheid' gaat in op de mogelijke schade (= gevolg) door droogte. Deze bestaat in bebouwd gebied voornamelijk uit:

- vermindering waterkwaliteit (lage waterstand, opwarming water, minder zuurstof),
- toename irrigatiebehoefte groen, afname weerstand groen,
- versterking hittestress,
- vermindering kwaliteit leefomgeving en bedreiging voor volks- en diergezondheid (droogvallende wateren, verdorring, stankoverlast, drijfvlagen, botulisme),
- verstopping droogvallende drainagebuizen die normaal onder grondwaterniveau liggen (door oxidatie),
- uitval van elektriciteitsnetwerken (in samenloop met hitte).

Als in samenwerking tussen gemeenten en waterschap de bovenstaande effecten/schade concreet worden gemaakt, kan ook gericht het probleem in beeld worden gebracht en doelmatiger maatregelen worden opgesteld met een betere afweging voor maatregelenkeuzes. De verdere uitwerking voor het in beeld brengen van het probleem en uitwerking van maatregelen kan per gemeente individueel of in (lokale) samenwerking gebeuren. Nut en noodzaak hiervan hangt ook af van de eventuele onderlinge samenhang van het watersysteem tussen gemeenten.

Effecten van hitte

Voor zover bekend hebben gemeenten of regio ook – net als voor droogte – geen definities of streefwaarden voor (de gevolgen van) hitte(stress) in bebouwd gebied.

Er zijn diverse tools om hittestress in beeld te brengen, die onderling verschillen in nauwkeurigheid, effect wat in beeld wordt gebracht en de mogelijkheid om het effect van maatregelen te bepalen. Zo zijn er tools die een globale schatting geven van het verschil in temperatuur met de landelijke omgeving op een tropische dag om 15.00 uur. Dit is vooral relevant voor het effect op de kwaliteit van de leefomgeving (bijv. de gevoelstemperatuur in een winkelgebied) en eventueel de luchtkwaliteit overdag. Deze tools hebben veelal beperkte mogelijkheid om het effect van maatregelen te bepalen.

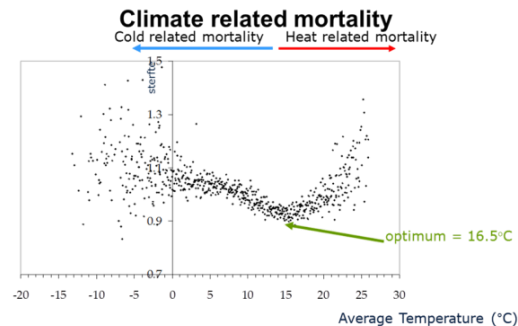


Er zijn ook tools die de toename van het aantal warme nachten boven een bepaalde temperatuur kunnen bepalen. Dit is vooral relevant voor het effect op de gezondheid (met name ouderen en kwetsbaren) en de arbeidsproductiviteit (verminderde nachtrust). Deze tools hebben eveneens doorgaans beperkte mogelijkheid om het effect van maatregelen te bepalen.

Beide soorten tools geven wel een eerste indicatie voor de ernst en omvang van het probleem. Met diverse andere tools kunnen ook de effecten van maatregelen op hittestress, zoals een half-verharde in plaats van volledig verharde parkeerplaats, in beeld worden gebracht.

'Module D Hitte & Droogte' gaat verder in op de manieren waarop de zogenaamde 'blootstelling' hieraan in beeld kan worden gebracht: waar treden hitte-eilanden op in stedelijk gebied, op welke momenten van de dag en hoe sterk is dat effect?

De hittestress die in beeld wordt gebracht, moet natuurlijk aansluiten bij een bekende relatie tussen temperatuur en effect. Als bijvoorbeeld de relatie tussen mortaliteit en gemiddelde dagtemperatuur bekend is, is het niet handig om een kaart met temperatuurverschil met landelijke omgeving of aantal warme nachten te maken. Daarbij wordt opgemerkt dat de mortaliteit niet alleen mensen betreft die al zo zwak zijn dat ze toch kort daarna zouden zijn gestorven, maar ook bovenmatige sterfte: 5% zou zonder hitte niet binnen drie maanden zijn gestorven.



De mogelijke schade in bebouwd gebied bestaat uit:

- hinder van overmatige warmte; slecht slapen tot oververhitting lichaam en hitteberoerte, waarbij de volgende indeling kan worden gemaakt:
 - comfortabel: 18-23°C *beleefde temperatuur* in onderzoek ook wel 'PET' genoemd (Physiologically Equivalent Temperature)
 - lichte hittestress: 23-29°C

- matige hittestress: 29-35°C
- sterke hittestress: 35-41°C
- extreme hittestress: > 41°C,
- economische schade: effect op gezondheid (door bijvoorbeeld meer ziekenhuisopnamen) en verminderde arbeidsproductiviteit,
- vermindering van de oppervlaktewaterkwaliteit.

Net als bij droogte, kan in samenwerking tussen gemeenten en waterschap de bovenstaande effecten/schade concreet worden gemaakt, waardoor ook gericht het probleem in beeld is te brengen en doelmatiger maatregelen kunnen worden opgesteld met een betere afweging voor maatregelenkeuzes. De verdere uitwerking van het in beeld brengen van het probleem en uitwerking van maatregelen kan per gemeente individueel of in (lokale) samenwerking gebeuren. Anders dan bij droogte, is bij hitte geen systeemsamenhang tussen woonkernen of gemeenten te verwachten, alleen indirect door de invloed van droogte op hittestress. Samenwerking hier zal zich met name richten op benutten van elkaars kennis en ervaring.

'Module D Hitte en Droogte' gaat uitgebreid in op de verschillende manieren waarop de zogenaamde 'blootstelling' aan hitte in beeld kan worden gebracht en enkele rekenmodellen waarmee de effecten van maatregelen zijn te bepalen.

Effecten van slechte waterkwaliteit

De vermindering van de waterkwaliteit is als een gecombineerd effect van extreme neerslag, droogte en hitte te zien. De verminderde waterkwaliteit is een direct effect hiervan. Een slechte waterkwaliteit heeft echter ook diverse effecten, waardoor waterkwaliteit niet alleen als gevolg te zien, maar ook als een 'dreiging' (oorzaak).

Mogelijke gevolgen van een slechte waterkwaliteit zijn onder meer:

- verminderde beeldkwaliteit
- vissterfte
- botulisme
- risico voor vee (veerdrenking)
- en risico voor de volksgezondheid.



Omdat de aanpak van deze problemen nauw kan samenhangen met adaptatiemaatregelen voor bijvoorbeeld regenwater- of grondwateroverlast, is het verstandig om de effecten van een slechte waterkwaliteit afzonderlijk in beeld te brengen.

2.6 Handelingsperspectief

Waar sprake is van een volledig eigen (wettelijke) taak (zie hierna, onder '3. Positionering') is er een duidelijk handelingsperspectief. Gemeenten en waterschap beschikken over uitgewerkte aanpak, inclusief doelen, maatstaven of normen en methoden voor meten en rekenen voor toetsing.

Waar sprake is van gezamenlijke verantwoordelijkheden, is het handelingsperspectief nog niet of beperkt uitgewerkt. Er zijn verschillende speelvelden in het stedelijk (en landelijk) gebied, met elk hun eigen partijen en opgaven. **Er ontbreekt een duidelijk beeld van de samenhang tussen de effecten op en aanpak van wateroverlast, droogte, hitte en waterkwaliteit.** Ook een integraal beleid over een 'duurzame' inrichting van de openbare ruimte ontbreekt bij de meeste gemeenten. Op de raakvlakken groeit dit naar elkaar, maar hier is nog ruimte voor verbeterde samenwerking tussen beheerders in waterketen, watersysteem, ruimtelijke ordening, groen, wegen en beheerders/eigenaren van particulier terrein.

De uitwerking van een handelingsperspectief vraagt om een gezamenlijk analyse van de klimaateffecten in stedelijk gebied (incl. mogelijke samenhang daartussen) en een integrale benadering van waterketen, watersysteem, ruimtelijke ordening, groen, wegen en particulier terrein (woningen en bedrijven). Deze integrale benadering vraagt om een partnerpositie in te nemen, voorbij de eigen taken (zie hieronder bij 'Positionering').

Het handelingsperspectief beschrijft de te volgen aanpak. Hiervoor is een breed scala van mogelijke maatregelen denkbaar. Naast natuurlijk de **technische instrumenten**, zoals fysieke (inrichtings)maatregelen en maatregelen in het beheer en onderhoud, zijn er **juridische, financiële, en communicatieve instrumenten**.

Voor het uitwerken van de aanpak moet naast de mogelijke maatregelen, ook worden geïnventariseerd:

- welke belangrijke ontwikkelingen en veranderingen komen er aan; waar zitten de komende decennia de grote investeringen, in vervanging, renovatie, nieuwbouw, economische ontwikkeling, deel-economie, doe-democratie energietransitie, tijdbesteding, recreatie, etc.
- welke daarvan hebben negatieve effecten en behoeven bijsturing,
- en welke ontwikkelingen bieden grote kansen om echt iets te veranderen voor een klimaatbestendiger inrichting en beheer, en wanneer doen die kansen zich voor.

Het handelingsperspectief is niet een compleet uitgewerkt maatregelenprogramma, maar beschrijft welke combinatie van bovenstaande instrumenten op welke wijze, voor welke doelgroep, wanneer en door wie wordt toegepast. Bijvoorbeeld; aan welke technische maatregelen wordt gedacht die zijn gericht op particulariseren (groene of witte daken, ontsteden van tuinen, verlaging van grasveld in tuin, infiltratie van regenwater, afkoppelen regenwater naar openbaar terrein, dryproof maken van laaggelegen panden, etc.), en met welke combinatie van instrumenten wordt medewerking bereikt (uitnodigend, gelijktijdig met maatregelen in straat, in gesprek, door gemeente, met vergoeding/subsidie, verplicht, op eigen kosten, controle, etc.), en wanneer wordt dit ingezet (bijvoorbeeld eerst via vraag om mee te doen, maar met vooruitzicht dat dit over 5 of 10 jaar verplicht kan worden gesteld).

2.7 Positionering

Op hoofdlijnen kunnen drie 'posities' van gemeenten en waterschap worden onderscheiden:

1. Vraagstukken waar zij volledig een eigen (wettelijke) taak in hebben.
Hiervoor geldt geen keuzevrijheid in het al dan niet invullen van deze taak. Echter, de invloed is groot op de te volgen aanpak, te nemen maatregelen en veelal ook de fasering hiervan.
2. Vraagstukken waar zij een gezamenlijke verantwoordelijkheid hebben.



In stedelijk gebied zijn gemeente en waterschap vaak partners met een gezamenlijke verantwoordelijkheid. De agendapunten (1) en handelingsperspectief (2) geven richting aan de wijze van samenwerking en de vertaling in maatregelen.

3. Vraagstukken waar zij geen (formele) verantwoordelijkheid in hebben.

Een voorbeeld hiervan is grondwateroverlast op particulier terrein. Hierbij kunnen gemeente en/of waterschap hun eigen rol kiezen. Deze rol kan op verschillende manieren worden ingevuld: van passief tot actief; van informeren/voorlichten, toetsen tot adviseren, stimuleren en verplichten.

In de adaptatiestrategie worden deze posities per opgave ingevuld en uitgewerkt. Door dit gezamenlijk te doen, kan elkaars kennis en inzicht over deze posities beter worden benut en wordt dubbel werk voorkomen.

2.8 Communicatie

Module H biedt een praktische uitwerking voor een communicatiestrategie.

Deze is voor een belangrijk deel gericht op het 'zenden' van een duidelijke communicatieboodschap rond het optreden van regenwateroverlast. Daarnaast wordt ook het in beeld brengen van betrokkenen en de communicatie voor het opbouwen van een netwerk van actoren besproken.

2.9 Meer informatie

- [Nationale adaptatiestrategie](#)
- [Deltaprogramma 2017](#), met een overzicht van activiteiten en voortgang naar aanleiding van de Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie sinds Deltaprogramma 2015
- [Kennisportaal ruimtelijke adaptatie](#)



3 Module B – Klimaatparagraaf

3.1 Waarom deze module?

Klimaatadaptatie is, anders dan water, nog geen standaard onderwerp bij ruimtelijke ontwikkelingen. Het waterspoor is geborgd via de (wettelijke) watertoets. Als resultaat van het watertoetsproces wordt in bestemmingsplannen, en straks de omgevingsplannen, een 'waterparagraaf' opgenomen. Door de klimaatverandering zijn extreme neerslag, hitte en droogte aspecten waarvoor aandacht in ruimtelijke plannen noodzakelijk is voor een leefbare en gezonde omgeving. In lijn met de Omgevingswet, is de 'waterparagraaf' breder te trekken, naar een 'klimaatparagraaf'. Wat staat er in zo'n 'klimaatparagraaf'? Wat zijn aandachtspunten bij nieuwe ontwikkelingen? Welke omgevingskwaliteit streef je na?

Resultaat van de uitwerking van deze module is een klimaatparagraaf als afzonderlijke paragraaf of – **bij voorkeur – als een integraal onderdeel van de omgevingsvisie of van het omgevingsplan**, als uitwerking van de omgevingsvisie. Deze klimaatparagraaf geeft een visie op en een overzicht van aandachtspunten om nieuwe ontwikkelingen integraal en klimaatbestendig in te richten. Doel is verantwoorde keuzes te kunnen maken bij toekomstige inrichting van de openbare ruimte, waarbij rekening wordt gehouden met alle aspecten van klimaatverandering: extreme neerslag, droogte en hitte en zo kansen te benutten en bedreigingen te voorkomen.

De uitwerking van deze module kan goed regionaal door gemeenten en waterschap worden opgepakt, in samenwerking met RO, groen en milieu. De gebiedsgerichte uitwerking en toepassing daarvan kan vervolgens per gemeente gebeuren, zowel bij eigen plannen en projecten als bij projecten van derden (bijv. projectontwikkelaars, stedenbouwkundigen en architecten- en adviesbureaus).

3.2 Inbedding adaptatiestrategie in de kern-instrumenten van de Omgevingswet

Zoals hiervoor aangegeven, kan de klimaatparagraaf een afzonderlijke paragraaf of integraal onderdeel zijn van de omgevingsvisie of het omgevingsplan.

De omgevingsvisie is een strategische visie voor de lange termijn voor de gehele fysieke leefomgeving. Deze visie gaat in op de samenhang tussen ruimte, water, milieu, natuur, landschap, verkeer en vervoer, infrastructuur en cultureel erfgoed. De omgevingsvisie is richtinggevend voor het omgevingsplan en de omgevingsverordening van gemeenten. De omgevingsvisie vervangt alle strategische beleidsinstrumenten die over de fysieke leefomgeving gaan, zoals de structuurvisie, het milieubeleidsplan, het strategische deel van het waterplan en het verkeers- en vervoerplan.

Het omgevingsplan vervangt alle bestaande bestemmingsplannen en beheersverordeningen in een gemeente, maar kent daarbij een veel bredere reikwijdte. Hierin kan een gemeente alle regels opnemen over de fysieke leefomgeving en de activiteiten die daar gevolgen voor kunnen hebben. Zo wordt in het omgevingsplan niet meer gesproken over bestemmingen, maar onderscheid gemaakt in functies en locaties. Functiekenmerken drukken een bepaalde rol, taak of dienstbaarheid uit van een onderdeel van de fysieke leefomgeving. Locaties betreffen fysieke locaties. Zo kunnen functie- en locatie-specifieke regels worden gesteld die vergelijkbaar zijn met de huidige planologische regels rond bestemmingen. Maar dit biedt ook andere mogelijkheden voor bijvoorbeeld regels t.a.v. groenvoorzieningen, schaduwwerking of kleurgebruik (cool roofs) ter beperking van hittestress. Dit biedt een goed planologisch-juridisch kader voor klimaatadaptatie.



3.3 Maatregelen in samenhang met de ruimtelijke context

Er is een heel scala van (ruimtelijke) inrichtingsmaatregelen mogelijk. Van deze 'bouwstenen' voor een klimaatbestendige inrichting zijn vele websites, boekwerken en rapporten te vinden (zie ook verderop onder 'Meer informatie/inspiratie'. Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet, worden de mogelijkheden voor een waterrobuuste en klimaatadaptieve omgeving vergroot en kunnen ook (beheer)activiteiten onderdeel zijn van een omgevingsvisie of –plan.

Een klimaatparagraaf is dan meer een stapeling van deze bouwstenen, zoals wadi's, waterpleinen, groene daken, verlaagde tuinen of infiltratievoorzieningen, maar brengt de noodzakelijke maatregelen op een goede manier in samenhang met de ruimtelijke context.

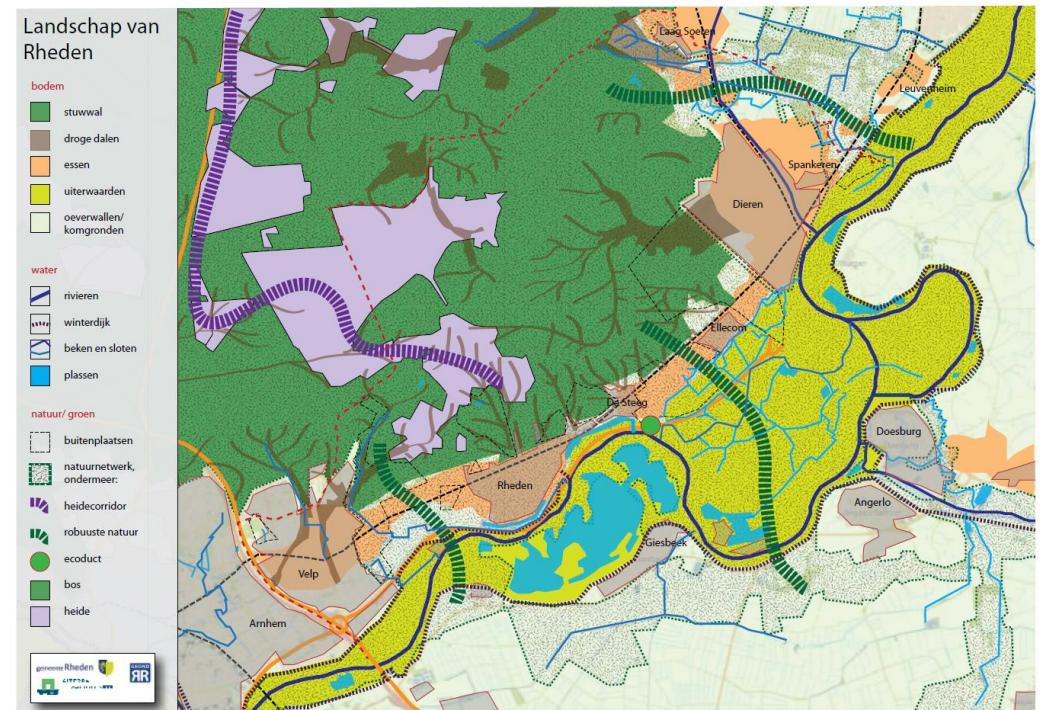
Hieronder is de methodiek van de Natuurlijke Alliantie beschreven. Deze methode gaat uit van de eenheid van bodem, water en groen. De bodemopbouw, de aanwezigheid van water en stromingspatronen en de ligging en typen groen bepalen samen in grote mate de effecten van klimaatverandering. Deze methodiek is bij uitstek geschikt om, samen met alle betrokken disciplines bij een nieuw omgevingsplan voor (delen van) de gemeente, de kwetsbaarheden en klimaatopgaven in beeld te brengen en deze mee te nemen bij de uitwerking van het ruimtelijke plan. Op deze manier wordt dit geen afzonderlijke 'klimaatparagraaf', maar een integraal onderdeel van het totale plan. Deze methode nodigt uit tot het benutten van de landschappelijke kenmerken, oftewel het 'DNA van het gebied', voor klimaatopgaven (én andere stedelijke opgaven) en biedt een goede basis om ruimtelijke inrichtingsmaatregelen in de juiste context met de landschappelijke omgeving te plaatsen.

3.4 Kwetsbaarheden en opgaven met methode van de Natuurlijke Alliantie

De hierboven genoemde methode van de [Natuurlijke Alliantie](#) is recent toegepast in Gemeente Rheden voor bepaling van de kwetsbaarheden en klimaatopgaven ('Inventarisatie gevolgen

klimaatveranderingen Rheden, Agenda ruimtelijke klimaatadaptatie', april 2016).

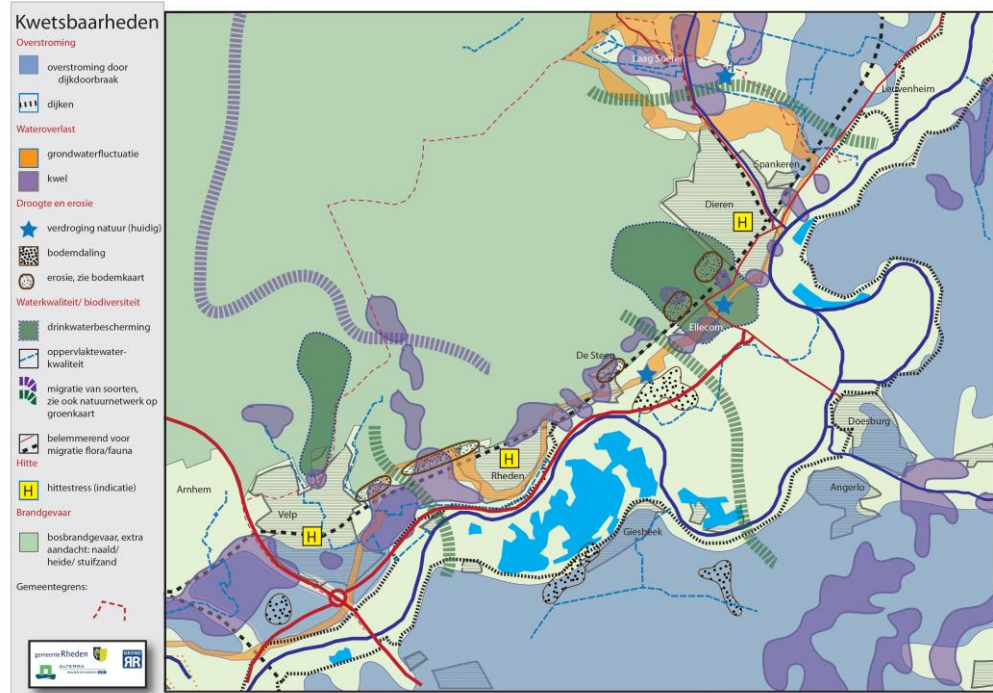
De effecten van klimaatveranderingen zijn sterk afhankelijk van het onderliggende landschap. Daarom is **het landschap het leidende principe en uitgangspunt voor de klimaatparagraaf**. Als voorbeeld is onderstaande landschapskaart van Rheden weergegeven. Deze kaart is een combinatie van meerdere 'sectorale' kaarten: bodem en ondergrond, grondwater, oppervlaktewater, natuur en groen en landschap.



Voorbeeld van een integratiekaart van het landschap, voor Gemeente Rheden



Vervolgens zijn de verwachte klimaatveranderingen en de betekenis daarvan voor Rheden, gecombineerd met de basiskaarten van bodem, water en groen. Dit resulteerde in onderstaande kwetsbaarhedenkaart.



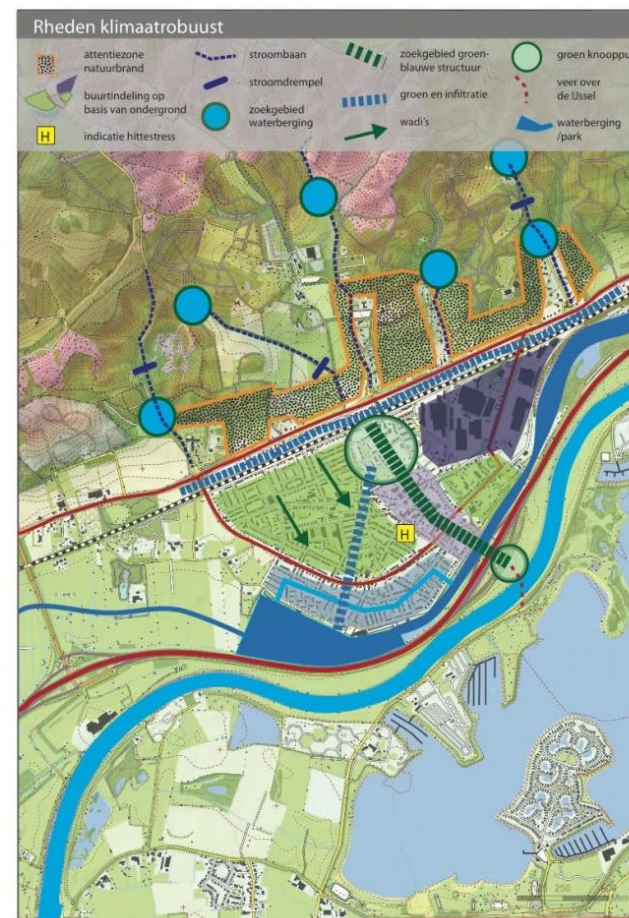
Voorbeeld van kwetsbaarhedenkaart, voor Gemeente Rheden

Met deze kaart zijn de volgende kwetsbaarheden in samenhang in beeld gebracht:

- overstroming,
- (grond)wateroverlast
- droogte en erosie
- verdroging natuur
- drinkwaterbescherming
- oppervlaktewaterkwaliteit
- paden en barrières voor migratie van soorten
- hittestress
- (bos)brandgevaar.

Deze kwetsbaarheden beperken zich niet tot wateroverlast, hitte en droogte, wat de samenhang in de ruimtelijke betekenis van deze kwetsbaarheden versterkt.

Aan de hand van deze kwetsbaarhedenkaart zijn per kern de klimaatopgaven geïnterpreteerd. Onderstaande kaart geeft de klimaatopgaven voor de kern Rheden aan.



Voorbeeld van kaart met de klimaatopgaven, per kern voor Gemeente Rheden



Een ander voorbeeld van de methode van de Natuurlijke Alliantie, maar dan meer gericht op bebouwd gebied, is het [onderzoek klimaatbestendigheid Haarlem](#) en de [bijbehorende, uitgebreide kaartenatlas](#) (zie hyperlinks).

In 2014 is voor de Stedendriehoek, inclusief Lochem en Zutphen op een globaler schaal een [Ruimtelijke klimaatagenda regio Stedendriehoek](#) (zie hyperlink) opgesteld, inclusief (o.a.) regionale kaarten voor bodem, water, groen, integratiekaart van het landschap en kwetsbaarhedenkaart.

Hieronder volgt per thema (neerslag, hitte, droogte, waterkwaliteit en omgevingskwaliteit) een toelichting op mogelijke inrichtingsmaatregelen en een aantal aandachtspunten daarbij.

Voor onderbouwing van de klimaatopgaven zijn verschillende methoden in de modules C, D en E beschreven. Het functioneren van de bebouwde omgeving bij extreme neerslag en de blootstelling aan regenwateroverlast, worden toegelicht in 'Module C Extreme neerslag'. 'Module D Hitte & Droogte' beschrijft methoden voor het in beeld brengen van de blootstelling aan hitte en droogte. En 'Module E Schadegevoeligheid' reikt een aantal methoden aan waarmee vervolgens de schadegevoeligheid voor regenwateroverlast, hitte en droogte kan worden bepaald.

3.5 Extreme neerslag

Dit thema komt voor een groot deel aan bod in de huidige watertoetsen. In aanvulling daarop is aandacht nodig voor een klimaatbestendige maaiveldinrichting (maaiveldpeilen groen, wegen, bebouwing, tuinen), rekening houdend met vertragen en geleiden van waterstroming over het maaiveld naar locaties waar dit geen of beperkte schade veroorzaakt.

Aandachtspunten voor de ruimtelijke inrichting

Het verminderen van de schadegevoeligheid voor wateroverlast door ruimtelijke (maaiveld)inrichting kan bijvoorbeeld door (niet uitputtend):

- bij nieuwbouw dwingende eisen voor minimum bouwpeilen en minimale vloerpeilen, tenminste 15 tot 20 cm of meer boven straatpeil of 'dry proof' bouwen (afhankelijk van mate van blootstelling aan regenwateroverlast)
- bij uitbreidingen straatprofiel en maaiveld zo inrichten dat afvoer over straat mogelijk is, naar locaties met lage schadegevoeligheid voor waterberging
- waterdoorlatende of waterpasserende verharding tegen wateroverlast en hitte (kennis delen over waar wel/niet toepassen van waterdoorlatende/-passerende bestrating en beheeraspecten daarvan)
- bij bestaande bebouwing het straatpeil verlagen ten opzichte van vloerpeilen, zo mogelijk afvoer over straat mogelijk maken naar locaties met lage schadegevoeligheid voor waterberging
- drempels bij woningen en winkels, of rand gevel waterdicht maken ('dry proof')
- extra aandacht voor winkelstraten; vaak is daar weinig waterberging in het straatprofiel en ligt het vloerpeil gelijk aan straatpeil
- verhoogde toegangs drempels voor verdiepte constructies; souterrains, kelders, parkeergarages, tunnels, laadkuilen en showrooms
- kruipruimteloos bouwen; vooral aan flanken van hellingen, gebieden met slechte bodemdoorlatendheid, hoge grondwaterstanden of schijngrondwaterspiegels, waarvoor een verhoogd risico op grondwateroverlast geldt
- laat laaggelegen locaties waar regenwater accumuleert onbebouwd, bestem deze voor functies die geen of weinig schade ondervinden van wateroverlast; hetzelfde geldt voor locaties aan de flanken van hellingen of stuwwallen, op de overgang tussen hellend en minder hellend terrein
- plaatsing van schadegevoelige functies, kwetsbare objecten en vitale infrastructuur op locaties die geen of lage blootstelling hebben aan (regen)wateroverlast



- bij vervanging van bomen en herinrichting van groenvoorzieningen, maaiveld verlagen, toestroming mogelijk maken voor tijdelijke opvang van afstromend regenwater en groensoorten toepassen die tegen (tijdelijke) 'natte voeten' kunnen (en voldoende droogtebestendig zijn)
- aan elkaar geschakelde groenstroken inrichten als 'groene beken' voor opvang en afvoer van extreme neerslag
- afstromend regenwater benutten voor aanvulling (grond)watervoorraad.

3.6 Hitte

Het koelend effect van groen

Begroeide oppervlakken en hun verdampingsprocessen hebben een koelend effect. Bomen zorgen door hun schaduw voor lagere oppervlaktetemperaturen en daardoor ook voor een lagere luchttemperatuur. Bij een lager percentage bebouwing en andere verharde oppervlakken, treedt er meer verdamping op vanuit de bodem en via het groen, wat zorgt voor een lagere luchttemperatuur.

Albedo, emissiviteit en warmteabsorptie

De eigenschappen van oppervlaktematerialen hebben invloed op de oppervlaktetemperatuur en dus de luchttemperatuur in de stad:

- albedo: het reflecterende vermogen van zonlicht,
- emissiviteit: bepaalt de hoeveelheid uitgezonden langgolvlige straling van het oppervlak en dus daarmee de oppervlaktetemperatuur,
- warmte-absorberend vermogen.

Meer informatie is te vinden in [Groenblauwe netwerken](#), waar ook een tabel is te vinden met albedowaarden en emissiviteitswaarden van verschillende materialen.

Verharding en bouwmaterialen van het stedelijk gebied hebben over het algemeen een lager albedo dan begroeide oppervlakken. De materialen van het stedelijk gebied reflecteren minder en absorberen meer zonlicht wat uiteraard tot hogere oppervlakte- en luchttemperaturen leidt.

De meeste bouwmaterialen, behalve metaal, hebben hoge emissiviteitscoëfficiënten. Dit betekent dat deze materialen al bij een geringe opwarming warmte gaan uitstralen. Metalen gaan pas warmte uitstralen bij veel hogere temperaturen; metalen worden, vergeleken met bijvoorbeeld steenachtige materialen, dus tot hogere temperaturen opgewarmd. De emissiviteit wordt bepaald door het oppervlak (of de afwerking) van het materiaal. Een metaal dat gelakt is, heeft de emissiviteitswaarde van de lak [EPA, 2008].

De meeste stedelijke bouwmaterialen hebben ook een groter warmte-absorberend vermogen dan een natuurlijke omgeving; dit levert eveneens een bijdrage aan de stedelijke opwarming. Over het algemeen absorbeert een stedelijke omgeving twee keer zoveel warmte als het landelijk gebied [EPA, UHI Basics, 2008].

Sky view factor en interne reflectie

De stedenbouw en de geometrie van de bebouwing heeft eveneens invloed op de ontwikkeling van Urban Heat Islands (UHI). Hoogbouw die dicht op elkaar staat en een soort stedelijke canyons vormt, geeft overdag schaduw maar belemmert 's nachts de afkoeling. Dit wordt omschreven met het begrip sky view factor. De sky view factor geeft aan welk percentage van de hemelkoepel zichtbaar is van een punt op het oppervlak. Een hoge sky view factor zoals in het open veld maakt reflectie van korte golfstraling van het zonlicht makkelijk doordat er geen interne reflectie is. De nachtelijke uitstraling van de lange golfstraling van de nachtelijke warmteafgifte van gebouwen wordt in een stedelijke canyon met lage sky view factor belemmerd. [EPA, 2008]

Relatie UHI met de eigenschappen van een stad of wijk

De eigenschappen van een stad of wijk lijken meer bepalend te zijn voor het optreden van een 'Urban Heat Island' (UHI) dan de geografische ligging. Zowel de oppervlaktetemperatuur overdag als maximum UHI-intensiteit in de nacht vertonen een significante relatie met de gemiddelde gebouwhoogte en (lineaire) relaties met het stedelijk landgebruik, zoals de populatiedichtheid en het aandeel bebouwd oppervlak, verhard oppervlak en groenoppervlak (UHI_{max} is



het temperatuurverschil tussen bebouwd gebied en landelijke omgeving, welk verschil maximaal is in de nacht).

In onderstaande tabel zijn de gevonden relaties aangegeven (bron: Eindrapport Climate Proof Cities 2010 - 2014, Climate Proof Cities consortium, oktober 2014).

Tabel 1.4 Samenvattend overzicht van de invloed van wijk eigenschappen op het UHI_{max} (luchttemperatuur) (bron: Steeneveld et al., 2011)

Factor	Effect of gemiddelde UHI_{max} zomermaanden
Antropogene warmte	+0.5 °C gemiddeld over Rotterdam (38 W/m ²) +2.0 °C industriegebied (200 W/m ²)
Populatiedichtheid*	+0,1 °C tot +0.3 °C per 1000 inw toename/km ²
Bebouwd oppervlak	+0,4 °C tot +0.6 °C per 10% toename
Verhard oppervlak	+0,2 °C tot +0.4 °C per 10% toename
Stedelijk groen	-0,3 °C tot -0.6 °C per 10% toename
Open water	geen significatie correlatie
Sky View Factor	geen significatie correlatie
Albedo	geen significatie correlatie
Gebouwhoogte	+0.08-+0.19 °C per toename van 1 m

Hieruit volgt bijvoorbeeld dat een vermindering van het aandeel verharding met 10% (bijvoorbeeld via Operatie Steenbreek) en gelijktijdig een vergroting van het aandeel groen met 10% kan leiden tot een verlaging van de gemiddelde UHI_{max} met circa 0,5 tot 1°C.

Het stedelijk hitte-eilandeffect (UHI)

Steden zijn over het algemeen warmer dan het buitengebied. Door de dichte bebouwing en de eigenschappen van het stedelijk materiaal wordt warmte beter vastgehouden in steden en treedt het zogenaamde hitte-eilandeffect op. Men kan drie typen van het stedelijk hitte-eilandeffect (UHI) onderscheiden:

- Het **oppervlakte UHI**, het verschil in oppervlaktetemperatuur tussen stad en omringende platteland.
- Het **atmosferische UHI**, het verschil in luchttemperatuur tussen stad en omringende platteland. Het atmosferische UHI kan worden onderverdeeld in:
 - UHI van de atmosferisch grenslaag boven de stad ('Urban Boundary Layer UHI') waarvan de intensiteit afhangt van de geografische ligging van de stad, algemene configuratie en morfologie.
 - **UHI op leefniveau** ('Urban Canopy Layer UHI'), waar de aanwezigheid van gebouwen, straatoppervlak, bomen en water een direct merkbaar effect heeft op het klimaat op leefniveau (microklimaat).

Het oppervlakte UHI is zowel overdag als na zonsondergang aanwezig. Het maximum wordt overdag bereikt, wanneer oppervlakken de zonnestraling absorberen. Na zonsondergang zijn de verschillen kleiner, maar kunnen nog aanzienlijk zijn.

Het atmosferische UHI is overdag gering of afwezig. Het maximum wordt na zonsondergang bereikt, doordat het platteland sneller afkoelt dan de stad.

In de discussies over het stadsklimaat gaat het veelal om het atmosferische UHI van de Urban Canopy Layer (op leefniveau), vanwege het effect op het leefklimaat.

Bron: Eindrapport Climate Proof Cities 2010 - 2014, Climate Proof Cities consortium, oktober 2014)



Aandachtspunten voor de ruimtelijke inrichting

Het verminderen van de schadegevoeligheid voor hitte door ruimtelijke (maaiveld)inrichting kan bijvoorbeeld door (niet uitputtend):

- behoud of verhoging van het aandeel groen in de bebouwde omgeving, met name aan de zijde van de overheersende windrichting in de zomer; niet alleen grote groene ruimtes dragen bij aan een verlaging van de luchttemperatuur, maar ook het geaccumuleerde effect van alle kleine private en openbare groene ruimtes hebben een positief effect
- beschouwing van de mogelijkheden voor aanleg van 'coolspots' rond de bebouwing, die voor tenminste 90% groen zijn (gras, akkerland of bos); deze hebben het meeste effect aan de loefzijde van de stad, zodat de wind de koele lucht de bebouwing in blaast
- keuze voor bomen die:
 - o bladverliezend zijn, zodat sterke zomerzon wordt geweerd en zwakke winterzon wordt benut
 - o met een brede kruin, die voor veel beschaduwing zorgen van verblijfslocaties, gevels en parkeerplaatsen (energiebesparing airco's!)
 - o waarvan de kruinen niet samen het straatprofiel aan de bovenkant volledig afsluiten, zodat voldoende ventilatie/luchtstroom mogelijk is
 - o tegen droge perioden bestand zijn, met een lage irrigatiebehoefte
- materiaalkeuze en zonoriëntatie gebouwen
- voldoende recreatie/zwemwater in het buitengebied
- koele luchtstromen, liefst via natuurlijke groene lijnen (droge dalen, beekdalen, aaneengeschaalde groenstroken op koele windrichtingen)
- waterdoorlatende of waterpasserende verharding tegen wateroverlast en hitte (kennis delen over waar wel/niet toepassen van waterdoorlatende/-passerende bestrating en beheeraspecten daarvan).
- bij nieuwbouw: oriëntatie van woningen; een oriëntatie van de gevelopeningen op het oosten-westen zal tot meer oververhitting leiden dan een oriëntatie op het noorden-zuiden

- bij nieuwbouw: isolatie van woningen altijd in combinatie met zonwering en ventilatie (moderne woningen, die beter zijn geïsoleerd en vaak uitgevoerd zonder buitenzonnewering, warmen sneller op dan oudere woningen: moderne woningen hebben ongeveer drie keer zoveel overschrijdingsuren, dat wil zeggen een binnentemperatuur hoger dan de drempelwaarden voor thermisch comfort)
- bij uitbreidingen: de ratio tussen de gebouwhoogte en de straatbreedte (H/W) vertoont een optimum bij een H/W-verhouding gelijk aan 1 (bij $H/W < 1$ is er goede ventilatie/luchtstroming, maar weinig schaduw; bij $H/W > 1$ is er meer schaduw, maar bij de grond geen menging meer van de lucht).

3.7 Droogte

De effecten van klimaatveranderingen zijn sterk afhankelijk van het onderliggende landschap (zie ook hierboven, de methode van de Natuurlijke Alliantie). Effecten van aanhoudende droogte treden bijvoorbeeld eerder op in zandgebieden dan in kleigebieden, omdat regenwater beter in kleibodems wordt vastgehouden dan in zand. Een tweede voorbeeld is erosie door afstromend regenwater, dat alleen voorkomt als er hellingen zijn.

Aandachtspunten voor de ruimtelijke inrichting

Het verminderen van de schadegevoeligheid voor droogte door ruimtelijke (maaiveld)inrichting kan bijvoorbeeld door (niet uitputtend):

- wat is de bodemopbouw, zijn er mogelijkheden voor natuurlijke voorraadvorming in de ondergrond, op slecht doorlatende lagen
- zorg voor gebiedsdekkend beeld van de bodemdoorlatendheid, zodat de mogelijkheden voor infiltratie inzichtelijk zijn
- functies droogtebestendig maken, meebewegen
- watervoorraad aanleggen, ook in de bodem/ondergrond (uit onderzoek in landelijk gebied blijkt dat een hoger percentage organische stof leidt tot een groter watervasthoudend vermogen van de ondergrond; door verhardingen en bladafvoer in bebouwd gebied is de aanvulling van de bodem met organische stof sterk verminderd, wat leidt tot 'verwoestijning' van de stadsbodem)
- water hergebruiken, laten circuleren



- voorzien in aanvoer van schoon water
- rekening houden met risico's voor bebouwd gebied door (bos)brandgevaar.

3.8 Waterkwaliteit

De stedelijke opwarming heeft ook invloed op de waterkwaliteit. Regenwater dat op hete zomerse dagen van opgewarmde daken en wegen afkomt, kan van enkele graden tot wel 17°C warmer worden. Het oppervlaktewater waar het instroomt, wordt eveneens warmer. De watertemperatuur heeft invloed op alle processen in het water. De ongewenste algenpopulatie neemt door de opwarming toe en kan leiden tot vissterfte en botulisme. Botulisme is een vergiftiging veroorzaakt door bacteriën waar vooral vissen en vogels aan kunnen sterven. Bepaalde stoffen kunnen ook een gevaar voor de mens vormen.

Aandachtspunten voor de ruimtelijke inrichting

Het verminderen van de negatieve gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit door ruimtelijke (maaiveld)inrichting kan bijvoorbeeld door (niet uitputtend):

- zorg dat waterpartijen van voldoende diepte en omvang (waterinhoud) zijn, vermijd ondiep water dat snel opwarmt, geïsoleerde vijvers en (bijna) droogvallende watergangen
- volgt de trits: verontreiniging voorkomen, scheiden van schoon en vuil, zuiveren van vervuild water
- robuust watersysteem door zoneren en cascaderen (scheiden van schoon en vuil)
- kwaliteit verhogen door combinatie met groen en zuiverend moeras
- mogelijkheden voor goed beheer en onderhoud, eventueel ook voor verversen/doorspoelen.

3.9 Omgevingskwaliteit, combinatie van adaptatiemaatregelen

De omgevingskwaliteit verbetert door maatregelen te zoeken die bijdragen aan meerdere doelen, bijvoorbeeld het tegengaan van hittestress, het bestrijden van droogte en het opvangen van water.

Op de website [Groenblauwe netwerken](http://Groenblauwe.netwerken) is een ontwerptool te vinden (zie hyperlink) waar maatregelen zijn te selecteren die meerdere aan te vinken doelen dienen (in onderstaande afbeelding met selectie van doelen: voorkomen van wateroverlast, tegengaan van verdroging en beperken van hitte(stress)). Er worden 17 mogelijke maatregelen gepresenteerd. Er kunnen meer of minder verschillende doelen met elkaar worden gecombineerd. Verdere selectie is mogelijk op schaal, dichtheid bebouwing, kosten t.o.v. regulier, bodem en ondergrond, ligging/helling terrein en situatie.



Achter elke tegel van mogelijke maatregelen zit een beschrijving daarvan. Hieronder bijvoorbeeld de maatregel 'Parkeerplaatsen met groen', met aan de rechterzijde de mogelijkheid om praktijkvoorbeelden, waar dit is toegepast, aan de klikken en naar door de linken.

The screenshot shows the website 'www.groenblauwenetwerken.com/measures/car-parks-with-green-areas/'. The main header is 'GROENBLAUWE NETWERKEN voor duurzame en klimaatbestendige steden'. Below the header is a navigation bar with links: 'Algemene informatie', 'Thema's', 'Maatregelen', 'Voorbeeldprojecten', 'Ontwerptool', 'Colofon', and 'Contact'. The main content area is titled 'Parkeerplaatsen met groen' and features a large image of a car park with greenery. To the right of the image is a sidebar titled 'Gerelateerde projecten' with a list of projects: 'Boerderij 't Geertje, Zoeterwoude', 'EVA-Lanxmeer: Levend Lab', 'EVA-Lanxmeer: Resultaten', 'Hof van Heden, Hoogvliet, Rotterdam', 'Rijkswaterstaatkantoor in Terneuzen', 'Singapore', and 'Solar City, Linz, Oostenrijk'. Below the image is a legend with categories: 'Water', 'Hitte', 'Biodiversiteit', 'Luchtkwaliteit', 'Sociaal-maatschappelijke en economische waarde', 'Multifunctioneel ruimtegebruik', and 'Kosten'. A text box on the right explains that less intensively used parking spaces can be paved with half-hard and planted with trees, which can help reduce temperatures and improve air quality.

Een andere tool voor selectie van maatregelen die één of meerdere doelen dienen, is de [Klimaatadaptatie app](http://www.klimaatadaptatie.app) (in het Engels). Onderstaande afbeelding geeft bijvoorbeeld de selectie van maatregelen die de doelen regenwateroverlast (pluvial flooding), hitte (heat) en droogte (drought) dienen. Verdere selectie is mogelijk op soort landgebruik, dominante bodemsoort, helling terrein, schaal en projecttype (nieuwbouw, herontwikkeling of bestaande situatie).

The screenshot shows the 'www.climateapp.nl' website. The main header is 'Klimaatadaptatie app'. Below the header is a navigation bar with links: 'Algemene informatie', 'Thema's', 'Maatregelen', 'Voorbeeldprojecten', 'Ontwerptool', 'Colofon', and 'Contact'. The main content area is titled 'ADAPTATION SOLUTIONS' and features a grid of 12 adaptation solutions. Each solution is represented by an icon, a title, and a percentage indicating its effectiveness. The solutions are: 'Emergency supplies and utilities' (100%), 'Reduced paved surfaces' (100%), 'Use of groundcover and shrubbery (instead of unplanted surface)' (100%), 'Canal' (80%), 'Green roofs (extensive)' (80%), 'Green roofs (intensive)' (80%), 'Improve soil infiltration capacity' (80%), 'Infiltration fields and strips with above-ground storage' (80%), 'Network of waterways' (80%), 'Porous pavements' (80%), 'Rainwater retention ponds, with or without infiltration possibilities' (80%), and 'Wadi (Bioswales/Infiltrating filter swales)' (80%). The grid is organized into three columns and four rows. The first column contains 'Emergency supplies and utilities', 'Canal', 'Improve soil infiltration capacity', and 'Porous pavements'. The second column contains 'Reduced paved surfaces', 'Green roofs (extensive)', 'Infiltration fields and strips with above-ground storage', and 'Rainwater retention ponds, with or without infiltration possibilities'. The third column contains 'Use of groundcover and shrubbery (instead of unplanted surface)', 'Green roofs (intensive)', 'Network of waterways', and 'Wadi (Bioswales/Infiltrating filter swales)'. The percentages are shown in a red bar at the bottom of each solution's icon.



Achter elke tegel van mogelijke maatregelen zit een beschrijving daarvan. Hieronder bijvoorbeeld de maatregel 'infiltratievelden en greppels met bovengrondse berging', met een of meerdere foto's en aan de rechterzijde een indicatie van de voordelen/bijdragen van de betreffende maatregel aan de geselecteerde doelen.

ADAPTATION SOLUTIONS

FILTERS

- Adaptation target
- Land use
- Dominant soil type
- Surface level and slope
- Scale
- Project type
 - New development
 - Redevelopment
 - Improving existing situation

19 Adaptation solutions

CLIMATE INFORMATION

ABOUT

Bosch Slabbers
Deltares
Sweco
Witteveen+Bos
KNMI

Emergency supplies and utilities 100%

Reduced paved surfaces 100%

Use of groundcover and shrubbery (instead of unplanted surface) 100%

Canal 80%

Green roofs (extensive) 80%

Green roofs (intensive) 80%

Improve soil infiltration capacity 80%

Infiltration fields and strips with above-ground storage 80%

Network of waterways 80%

Infiltration fields and strips with above-ground storage

PROPERTIES

Definition and primary function

Infiltration fields and strips with above-ground storage combine infiltration and water storage. This way peak runoff is reduced.

Co-benefits

Infiltration fields and strips can be combined with green areas in the public space.

Details

None

Adaptation target

- Pluvial flooding
- Drought
- Heat
- Coastal and fluvial flooding
- Groundwater

3.10 Meer informatie en inspiratie

Een overzicht van een aantal (gratis beschikbare) hulpmiddelen, methoden en maatregelen op het Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie is [hier \(zie link\)](#) te vinden.

Specifieke hulpmiddelen voor 'weten, willen en werken' zijn:

- [Handreiking stresstest](#)
- [Handboek meekoppelen](#) (niet meer beschikbaar in Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie, per [e-mail](#) op te vragen bij Broks-Messelaar Consultancy)
- [Handboek proeftuinen](#)
- [Leidraad](#) voor benutten van het natuurlijke landschap; water, bodem en groen (in Oost-Nederland voornamelijk het [landschapstype dekzand](#)).

Vele voorbeelden van (fysieke) maatregelen zijn te vinden op:

- [Groenblauwe netwerken](#), met vele maatregelen gerelateerd aan water, hitte, droogte, biodiversiteit stadslandbouw, luchtkwaliteit energie en sociaal-maatschappelijke en economische waarde, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- [Klimaatadaptatie app](#) (in het Engels) met maatregelen tegen overstroming, regenwateroverlast, grondwateroverlast, droogte en hitte bij nieuwe ontwikkelingen of inbreidingen, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- EPA (Environmental Protection Agency); Reducing Urban Heat Islands - Compendium of Strategies; United States Environmental Protection Agency, 2008.

Informatie over juridische maatregel:

- Bouwpeil in bestemmingsplannen op [website](#) van Stichting RIONED (alleen beschikbaar voor begunstigers)

Informatie over financiële maatregelen/ constructies

- Toolbox Financieringsconstructies op de [website](#) van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- VNG-model [Kostenonderbouwing riolering](#); een model voor onderbouwde toerekening van kosten die niet alleen aan de riolering zijn toe te rekenen, zoals straatvegen of baggeren (aanvulling op bijlage 1 van de Leidraad Riolering module D1200)



Rioolheffing). Dit is vooral van belang voor de verbrede gemeentelijke watertaken (hemelwater en grondwater) in relatie tot overlast/schade en de onderbouwing van toedeling van kosten van adaptatiemaatregelen.

Daarnaast zijn vele praktijkvoorbeelden en informatie over uitgevoerde (fysieke) adaptatiemaatregelen te vinden op:

- op het [Kennisportaal ruimtelijke adaptatie](#) in Nederland,
- en op de [ClimateScan](#) in binnen- en buitenland.

Op beide websites kunnen gemeenten en waterschap ook hun eigen projecten doorgeven (Kennisportaal) of zelf invoeren (ClimateScan).

Diverse kaarten:

- <http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/klimaateffectatlas>
- hittekaart
- kaarten met droogvallende beken uit ZON-project
- landschapskaart
- kwetsbaarhedenkaart.

Tips

Uit Landelijke [Leergemeenschap Water en Ruimte](#):

- Stel bij waterbergingsbanken de eis dat een ontwikkelaar eerst op de bouwlocatie zelf naar oplossingen zoekt en biedt hem pas bergingsruimte aan als er geen geschikte lokale oplossingen zijn. Anders kan het beeld ontstaan dat ontwikkelaars hun probleem eenvoudig kunnen afkopen.
- Staar je niet blind op de uitkomsten van een stresstest, maar blijf per gebied kritisch kijken welke onderwerpen (al dan niet op basis van andere stresstesten) de hoogste prioriteit hebben.
- Ga na of je water van hevige buien lokaal kunt gebruiken om op andere tijdstippen problemen met droogte of hitte te beperken.
- Gebruik de uitkomsten van een hitte-stresstest om verharding te beperken en meer groen in stedelijk gebied te creëren.
- Beplanting zorgt niet alleen voor een temperatuurverlaging tijdens warme perioden, maar bevordert ook de gezondheid en het welbevinden van mensen. Stel als regel dat bij een toename van bebouwd oppervlak een bepaald percentage groen moet worden gerealiseerd.



4 Module C – Extreme neerslag

4.1 Waarom deze module?

Tot enkele jaren geleden werd de riolering ontworpen op een standaard bui die met een gemiddelde herhalingstijd van 1 keer per 2 jaar ($T=2$) kan optreden, waarbij net geen water op straat optreedt, met een hydraulische modelberekeningen zoals beschreven in de Leidraad Riolering module C2100.

De relatie tussen herhalingstijd en kans van optreden

De herhalingstijd geeft de gemiddelde tijd tussen twee overschrijdingen aan. Als de herhalingstijd van een bepaalde bui gelijk is aan 2 jaar, betekent dit dat over een lange periode bezien, de gemiddelde tijd tussen een grotere hoeveelheid neerslag (met bepaalde buiduur) gemiddeld 2 jaar bedraagt. De kans op tenminste 1 overschrijding van deze 'T=2 bui' in 1 jaar is bij benadering gelijk aan $1 - \exp(-1/T)$, oftewel $1 - e^{-1/2} \approx 0,39$. De kans op tenminste 1 overschrijding van deze 'T=2 bui' in 10 jaar is gelijk aan $1 - \exp(-10/T) \approx 0,99$ (dus vrijwel 100% zeker).

Met de recente ervaringen van hevige neerslag en wateroverlast en de wetenschap van de verwachte klimaatverandering in de toekomst, wordt de noodzaak groter om *daarnaast* de effecten van hevige of extreme neerslag en mogelijke maatregelen ter beperking van de schade te onderzoeken.

Deze module geeft informatie over:

- met welke hoeveelheden en intensiteiten neerslag rekening te houden en welke typen buien hiervoor zijn te gebruiken,
 - met welke typen rekenmodellen de effecten van extreme neerslag zijn te berekenen,
 - en de functionaliteit van de verschillende soorten rekentools.
- Dit zijn praktische aandachtspunten bij een 'impacttest extreme neerslag', een herberekening van de riolering, het (laten) opstellen van een nieuw basisrioleringsplan of uitvoeren van stresstest.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van toegepaste typen modelberekeningen en buien in het onderzoek naar hydraulische knelpunten voor recent opgestelde basisrioleringsplannen in de regio Achterhoek+. Hieruit blijkt dat de meeste gemeenten in de regio al veel doen om de gevolgen van klimaatverandering en extreme neerslag op regenwateroverlast beter in beeld te krijgen.

	Bronckhorst	Oude IJsselstreek	Berkelland	Winterswijk	Montferland	Aalten	Oost Gelre	Doetinchem	Lochem	Zutphen
Welke bui in recente BRP's	bui 08, 09 en 10	Riolering: bui 07, 08 Retentievijver: bui T=10+10% en T=100+10%	Riolering: bui 08, 10 Zonder riolering: bui T=100+10%	bui 08, 10	bui 07, 08, 10	Bestaande stelsels: bui 08 Nieuwe stelsels: bui 09,10	bui 08	bui 05 t/m 08	bui 08, 09 en 10	bui 08
Welk model gebruikt	InfoWorks 1D?	Sobek 1D, bakmodel Gronam, Wodan123 (GIS maaiveld-analyse)	Riolering: Sobek 1D Klimaat-ontwikkeling: Sobek 1D en GIS (maaiveld-analyse)	InfoWorks 1D	Sobek 1D	Sobek 1D	InfoWorks 1D?	InfoWorks 1D	Sobek 1D	InfoWorks 1D
Nieuwe BRP's / plan toekomst			In vakliteratuur: pleidooi voor 100 mm in 1 uur. => Geen ontwerp eis, wel opgave voor inrichting openbare ruimte om overlast en schade te beperken.			Dinxperlo pilot 2D modellering	Aanvulling met extreme buien met afvoer over straat. In vakliteratuur: pleidooi voor 100 mm in 1 uur. => Geen ontwerp eis, wel opgave voor inrichting openbare ruimte	In kaart brengen mogelijke wateroverlast situaties bij verschillende regenbuien door rioleringsmodel te koppelen aan AHN.	In vakliteratuur: pleidooi voor 100 mm in 1 uur. => Geen ontwerp eis, wel opgave voor inrichting openbare ruimte om overlast en schade te beperken.	Economisch gevoelige gebieden: bui09 Nieuwe BRP met toekomstige zwaardere buien.

Recent gebruikte toetsingsbuien en rekenmodellen in de regio



Er worden nieuwe modellen gebruikt die ook de bovengrondse afstroming van regenwater in beeld brengen, van globale indicaties van stromingsbanen (GIS maaiveldanalyse) tot 'state of the art' modellen. En enkele gemeenten maken ook onderscheid tussen doelen ten aanzien van de kans op regenwateroverlast voor bestaande bebouwing en nieuwbouw. Bij nieuwbouw kan immers heel doelmatig (tegen relatief lage kosten) een hoog, 'toekomstbestendig' beschermingsniveau worden bereikt, waar deze maatregelen in bestaand gebied niet mogelijk zijn (hoger bouwpeil), hoge kosten met zich meebrengen of pas op (lange) termijn mogelijk zijn vanwege de levensduur van bestaande voorzieningen (bijvoorbeeld verlagen van groen en vervangen van de bomen daarin, door bomen die tegen een tijdelijk hoog waterpeil kunnen).

Een impacttest extreme neerslag kan als apart onderzoek voor het hele gemeentelijke grondgebied worden uitgevoerd, of onderdeel zijn van stresstest, een herberekening of een nieuw op te stellen basisrioleringsplan.

Hieronder volgt informatie voor het uitvoeren van een impacttest extreme neerslag; over de toe te passen rekenmodellen, te simuleren extreme buien en een aantal aanvullende aandachtspunten die niet (direct) binnen de scope van de rekenmodellen vallen.

4.2 Hevige en extreme neerslag

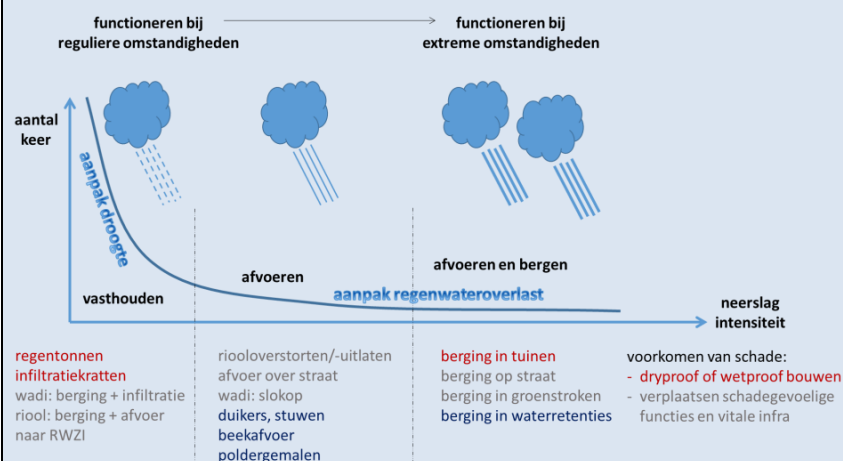
Voordat wordt ingegaan op de aandachtspunten bij de aanpak voor hevige en extreme neerslag, wordt eerst ingegaan op het bredere kader, ontleend aan de concept notitie 'Wateroverlast in bebouwd gebied; een nadere inhoudelijke analyse' opgesteld door Jeroen Langeveld en Kees Broks, in opdracht van Bert Palsma STOWA (maart 2017).

Verbinding met andere opgaven in de bebouwde omgeving

Het anticiperen op de gevolgen van extremer neerslag door klimaatverandering is niet de enige opgave voor het bebouwd gebied. De gevolgen van droogte en hitte (incl. waterkwaliteit) staan nu nog weliswaar minder in de (publieke) belangstelling; voor de toekomst zijn dit ook belangrijke klimaatopgaven. Daarom, en omdat ruimte in bebouwd gebied schaars is, moet bij het nemen van beheer- en inrichtingsmaatregelen voor de aanpak van regenwateroverlast, zo veel mogelijk synergie met deze en andere stedelijke opgaven worden gezocht. Daarbij mogen maatregelen tegen wateroverlast de andere klimaatopgaven, bijvoorbeeld droogte, niet vergroten.

Vasthouden, bergen, afvoeren

De trist 'vasthouden, bergen, afvoeren' moet ook in dit licht worden gezien. Voor het tegengaan van droogte moet zoveel mogelijk water worden vastgehouden en verwerkt op de plek waar het valt. Bijvoorbeeld een regenton of infiltratiekrat in de tuin of een wadi in de straat. Deze maatregelen kunnen een groot deel van de jaarlijkse neerslagsom verwerken, bij het 'regulier' functioneren van het systeem. Bij hevige neerslag functioneert het systeem anders en moet eerst op elk niveau de afvoercapaciteit zoveel mogelijk worden benut. Als de afvoercapaciteit ontoereikend is, moet de 'nood' berging (op straat, in tuinen, in retenties) worden benut voor het tijdelijk opvangen van het wateroverschot om zo wateroverlast en schade te voorkomen. Dit is geïllustreerd in onderstaande afbeelding.



Vasthouden, afvoeren en bergen' in relatie tot het functioneren bij reguliere en extreme omstandigheden



Voorbeeld: een retentievoorziening in het stedelijk watersysteem moet pas worden benut op het moment dat het oppervlakwater de aanvoer vanuit de bebouwde omgeving niet meer aan kan, zodat de grotere aanvoer vanuit de riolering (of van het maaiveld) tijdelijk in deze retentie kan worden opgevangen. Deze retentie moet niet eerder vanuit het watersysteem al zijn gevuld. Dus eerst afvoer maximaal benutten, dan bergen. En zodra dat kan moet deze berging zo snel mogelijk worden geledigd om voorbereid te zijn op een volgende gebeurtenis. Daarbij kan neerslagverwachting worden gebruikt om de lediging van de berging te optimaliseren of het water vast te houden als dat kan.

Samenhang tussen de niveaus

Bovenstaande afbeelding geeft een aantal maatregelen als voorbeeld, die effectief zijn bij reguliere tot extreme omstandigheden. De tekstkleur geeft een beeld van het niveau waarop deze maatregelen wordt genomen, van perceel (rood), via riolering en openbare ruimte (grijs) tot regionaal watersysteem (blauw). Op elk schaalniveau zijn maatregelen noodzakelijk; de klimaatopgaven zijn niet alleen op perceelniveau, of alleen met riolering en ruimtelijke inrichting of alleen in het watersysteem op te lossen! Dit moet door maatregelen in alle drie de compartimenten gebeuren, waarbij de effecten van de gecombineerde maatregelen op de verschillende niveaus in samenhang moet worden beschouwd. Zo heeft de vergroting van de afvoercapaciteit van riooloverstorten natuurlijk weinig zin als de afvoer- en bergingscapaciteit van de ontvangende waterlopen beperkt zijn. Hiervoor zijn een lokale analyse en aanpak op maat noodzakelijk. Er zijn geen algemene goede of slechte maatregelen, geen standaard beste oplossing. Bij het bepalen van maatregelen speelt de doelmatigheidsafweging een grote rol. Daarvoor is inzicht nodig in de mogelijke gevolgen van verschillende vormen van wateroverlast, waarbij geldt dat ook lokale wateroverlast kan leiden tot grote schade en (lokale) maatschappelijke ontwrichting. De wateroverlast in het VUmc in 2015 (overigens niet gerelateerd aan neerslag) is hier een sprekend voorbeeld van.

Bron: concept notitie 'Wateroverlast in bebouwd gebied; een nadere inhoudelijke analyse' opgesteld door Jeroen Langeveld en Kees Broks, in opdracht van Bert Palsma STOWA (maart 2017).

Hevige neerslag

Voor hevige neerslag (bijvoorbeeld standaard buien 8, 9 of 10) blijft het van belang om deze neerslag zo veel mogelijk via het rioolstelsel te verwerken. Om er voor te zorgen dat het aantal keren per jaar dat water op straat optreedt, niet flink toeneemt in de toekomst, moeten nieuwe rioolstelsels, overstorten, ontvangende watergangen en daarin liggende duikers, en bij renovatie van bestaande stelsels, ruim worden gedimensioneerd. **De standaard buien 9 en 10 voor ontwerp van de riolering** (berekening waarbij net geen van water op straat optreedt) moeten daarom adequaat en ruim worden toegepast.

Extreme neerslag, impacttest

Naast hevige neerslag, maken we onderscheid in extreme neerslag. Over het algemeen is het niet doelmatig om het rioolstelsel te dimensioneren op de verwerking van deze extreme neerslag. De neerslag moet tijdelijk op straat worden geborgen en/of via het maaiveld naar locaties worden afgevoerd waar dit zo min mogelijk schade tot gevolg heeft.

Hiervoor kan een zogenaamde '**impacttest extreme neerslag**' worden uitgevoerd. Deze impacttest laat zien wat er gebeurt als er bijvoorbeeld 100 mm neerslag in 1 uur valt. Anders dan het ontwerp van riolering met bui 9 of 10, is deze impacttest niet bedoeld als toetsing van de rioleringscapaciteit, maar in eerste instantie om inzicht te krijgen in de werking en gevolgen van extreme neerslag.

Bereken en beredeneer wat er gebeurt: waar komt het water het eerst op straat, waar komt dit vandaan, waar stroomt het naar toe, welke gevolgen kan dat hebben en waar ontstaat grote schade? Doe dit in samenhang met het oppervlaktewatersysteem! Vervolgens kan worden bekeken in hoeverre en op welke (middellange of lange) termijn het doelmatig is om hier maatregelen voor te treffen.

Bekijk wat er voor nodig is om de grootste schade bij de meest extreme/maatgevende gebeurtenis te voorkomen. Hiermee wordt voorkomen dat met het nemen van maatregelen de situatie stapsgewijs met 10 of 20% wordt verbeterd (met gerede kans dat er nadien toch weer schade optreedt), maar dat het meteen 10x wordt



verbeterd (de verwachting is dat de kans op het optreden van extremen ook met een factor 10 zal toenemen!). Doorgaans zal voor de uitvoering van maatregelen worden meegekoppeld met bovengrondse maatregelen, zoals herprofilering of reconstructie van wegen of groen.

Met de kennis over de verwachte veranderingen van extreme neerslag als gevolg van klimaatverandering, is het goed om onderscheid te maken in drie typen extreme neerslag:

1. **Kortdurende extreme neerslag (<1 uur);** veelal zeer lokale neerslag met zeer hoge neerslagintensiteiten (convectieve buien / wolkbreuken).

De statistiek van dit type buien kent een relatief grote onzekerheid. Anders gezegd: er is grote kans dat de bekerende kans op basis van de historische meetreeks in De Bilt niet representatief is voor andere plekken in Nederland. Voor de neerslagstatistiek wordt doorgaans uitgegaan van de neerslagreeks van De Bilt, m.n. vanwege de lengte van die meetreeks (vanaf 1906). Met name bij kortdurende intensieve buien is de ruimtelijke variatie zeer groot: al op korte afstand kunnen de verschillen in neerslagintensiteit zeer groot zijn. Voor dit type buien is de historische neerslag op 2 dm² maar beperkt representatief voor heel Nederland (landoppervlak bijna 34.000 km²). Bovendien is bekend dat De Bilt een vrij nat station is qua jaarlijkse hoeveelheden, maar niet wat extreme waarden betreft. Hierdoor kan voor een willekeurige plek in Nederland de kans van optreden van met name kortdurende extreme neerslag worden onderschat.

De verwachte toename van de neerslagintensiteit als gevolg van klimaatverandering is voor kortdurende extreme neerslag (< 1 uur) het grootst, namelijk 9 tot 14% per °C stijging van de luchttemperatuur.

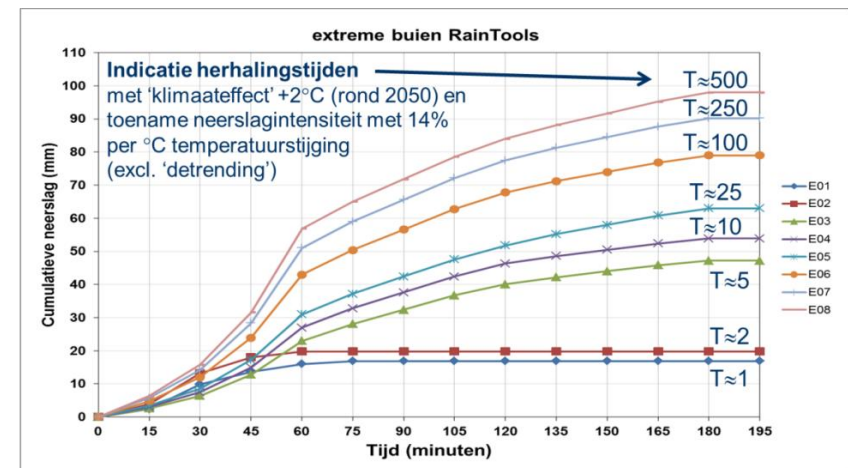
Voor inzicht in de gevolgen en aanpak van kortdurende extreme neerslag kan daarom beter een 'what-if' benadering worden gevolgd. Hiervoor wordt een selectie van recente extreme neerslagwaarnemingen in Nederland doorgerekend en bekeken wat er zou gebeuren als die neerslag op het betreffende dorp of stad zou zijn gevallen.

De maatregelen voor aanpak van wateroverlast als gevolg van dit type neerslaggebeurtenissen zullen met name op de plek moeten worden genomen waar de neerslag valt. Dus **op straat, in groenstroken én op particulier terrein**. Vanwege de korte buiduur zijn maatregelen aan riolering (of watersysteem) namelijk niet effectief.

2. **Extreme neerslag met een duur van 1 tot 3 uur;** dit zijn buien die een minder grote ruimtelijke spreiding in neerslagintensiteit hebben dan de kortdurende extreme buien. Hierdoor is de 'pakkans' door de neerslagmeter in De Bilt groter voor dit type buien groter. De onzekerheid rond de kans van optreden hiervan is dus minder groot.

Voor de toename van de neerslagintensiteit van extreme buien met een duur van 1 tot 3 uur kan vooralsnog een geschatte toename van 9% per °C stijging van de luchttemperatuur worden aangehouden. Het KNMI onderzoekt op dit moment het effect van klimaatverandering op extreme buien met een buiduur van 1 uur, de hypothese is dat deze vaker in Nederland voorkomen door een verandering in ruimtelijke spreiding.

Voor inzicht in de gevolgen en aanpak van extreme neerslag met een duur van 1 tot 3 uur kunnen de volgende set van buien worden gebruikt (zie onderstaande afbeelding).



Bron: RainTools, Stichting RIONED, februari 2016



De grote hoeveelheden neerslag van deze extreme buien kan niet alleen door de riolering worden verwerkt. Hiervoor zijn dus de inrichting/hoogteligging (waar stroomt het naar toe) en de bestemming/gebruik (schadegevoeligheid) van het maaiveld van belang. De inrichting op maaiveld dient vooral voor tijdelijke opvang van het overschot aan neerslag. **De afvoercapaciteit van riolering én ontvangend oppervlaktewater zijn van belang om de tijdsduur van water op straat te beperken.**

3. **Langer durende extreme neerslag (24 uur tot 9 dagen);** dit type neerslag is veelal maatgevend voor het watersysteem. Er kan sprake zijn van meerdere extreme buien die in een periode van 1 tot enkele dagen vallen. Uit het onderzoek 'Systeemkennis Inundatie en Actualisatie Toetsing Normering' (2017) van WRIJ blijkt dat per stroomgebied de maatgevende periode erg verschillend is. Dit kan variëren van 9 dagen tot veel korter; meestal wel in deze categorie van 24 uur tot 9 dagen. Daarbij wordt opgemerkt dat voor stedelijke watersystemen vaak een veel kortere maatgevende neerslagperiode geldt van gemiddeld 6 uur. De ruimtelijke spreiding van dit type buien is groter dan van korter durende buien. Voor bepaling van de kans van optreden kan een gebiedsreductiefactor worden toegepast. In augustus 2010 viel echter een grote hoeveelheid neerslag over een ongewoon groot gebied. Zoals hiervoor aangegeven, ziet het KNMI aanwijzingen dat klimaatverandering ook gevolgen lijkt te hebben voor de ruimtelijke verdeling van extreme neerslag en onderzoekt of dit inderdaad het geval is. Als zou blijken dat ook de omvang van het gebied met langdurende extreme neerslag toeneemt, zal dat grote gevolgen hebben voor de totale belasting van het watersysteem en de kans op het grootschalig optreden van wateroverlast met bijbehorende schade.
- Voor de toename van de neerslagintensiteit van extreme neerslag met een duur van 1 tot 9 dagen is een toename van circa 7% per °C stijging van de luchttemperatuur te verwachten.
- Voor inzicht in de gevolgen en aanpak van extreme neerslag met een duur van 1 tot 9 dagen kan gebruik worden gemaakt van de stochastische buien of neerslagreeksen van www.meteobase.nl

(STOWA, Actualisatie neerslagstatistieken voor waterbeheer, rapportnummer 2015-10, 2015).

Voor deze gebeurtenissen zijn vooral de **bergings- en afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem** van belang. Door het inrichten van noodwaterberging /overloopgebieden in het landelijk gebied, kan schade in het bebouwd gebied als gevolg van opstuwing in de riolering door hoge waterstanden worden beperkt. Voor bijvoorbeeld stedelijke retentie (compensatie voor versnelde afvoer bij verharding ten opzichte van landelijke gebied) geldt een *ontwerp* buiduur tussen de 24 en 48 uur. Na deze periode is het omslagpunt bereikt waarop de (vertraagde/gebufferde) toevoer/neerslagaanvoer in het watersysteem weer kleiner wordt dan wat er volgens de richtlijn afgevoerd moet kunnen worden; vanaf dat moment kunnen de peilen in het watersysteem weer afnemen.

Historische neerslag

Naast de hevige en extreme neerslag, is het simuleren van een historische zware neerslag een 'must' voor controle/validatie van het rekenmodel. Van deze historische neerslag moet zo veel mogelijk informatie worden verzameld over neerslag (intensiteit, duur, ruimtelijke spreiding!), gemeten waterhoogtes in rioolstelsel en evt. in oppervlaktewater, onderhoudstoestand van de ontvangende watergangen, locaties van optreden water op straat (diepte en m.n. duur), foto's en bij voorkeur video's van de opgetreden water op staat /wateroverlast. 'Module G Maatregelen tijdens het optreden van regenwateroverlast' gaat hier verder op in. In bijlage A is een selectie opgenomen uit de berichtgeving over (bijna) opgetreden regenwateroverlast in de regio Achterhoek+, in periode vanaf 2010.

4.3 Aanpak

In hoofdzaak maken we onderscheid in rekenmodellen voor de riolering (1), voor de afstroming (en infiltratie) op maaiveld (2) en voor het oppervlaktewatersysteem (3). Deze worden hieronder eerst kort toegelicht, waarna wordt ingegaan op de aandachtspunten bij de keuze van een type rekenmodel.



1. Rioleringsmodel

Voor het ontwerp en de hydraulische toetsing van riolering, volgens de Leidraad Riolering module C2100, volstaat een rioleringsmodel. Dit is een hydraulisch rekenmodel dat doorgaans bestaat uit een 1D-stromingsmodel voor de riolering en een inloopmodel voor verschillende typen afvoerend oppervlak. Hiermee kunnen gematigde en hevige neerslag worden doorgerekend, waarbij het rioolstelsel gevuld raakt en riooloverstorten in werking treden, maar waarmee niet het optreden van water op straat kan worden berekend.

2. Maaiveldmodel

Voor de effecten van extreme neerslag is altijd een maaiveldmodel nodig om te kunnen bepalen wat er gebeurt als:

- het (riool)water vanuit de rioolputten en/of straatkolken de straat op stroomt, wat ook van belang is voor gezondheidsrisico's,
- of het water niet snel genoeg de kolken en aansluitleidingen in kan, waardoor (regen)water op straat ontstaat.

Opgemerkt wordt dat voor het laatste een rekenmodel nodig is, waarbij ook de kolken met een beperkte capaciteit of weerstand voor de rioolinloop zijn gemodelleerd.

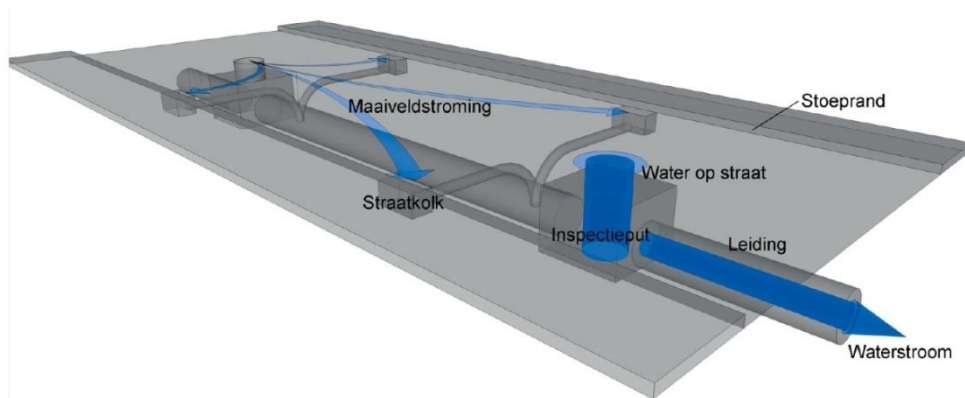
3. Watersysteemmodel

Als niet onder alle omstandigheden sprake is van een vrije uitstroming vanuit de riooloverstorten of –uitlaten op het oppervlaktewater, of 'negatieve overstortingen' (vanuit oppervlaktewater de riolering in) optreden, zal ook een deel van het ontvangend watersysteem direct achter deze overstorten/uitlaten in het rekenmodel moeten worden meegenomen. Dit is een hydrologische rekenmodel dat doorgaans bestaat uit een 1D-stromingsmodel voor de waterlopen, met een inloopmodel voor percelen of deelgebieden die afwateren en ontwateren op de waterlopen. Deze modellering is inclusief afmetingen van de waterlopen, weerstand afhankelijk van onderhoudstoestand, diameter en hoogteligging van duikers, tot aan een locatie waar opgetreden waterstanden bekend zijn, bijvoorbeeld een meetpunt in een A-watergang of tot een stuw, of tot een locatie waar op basis van expert judgement verondersteld mag worden dat dit geen invloed meer heeft op de opstuwing aan de rand van het rioolstelsel.

4.4 **Aandachtspunten voor keuze rekenmodellen**

Er zijn verschillende typen rekenmodellen mogelijk, waarbij voor elk type een aantal aandachtspunten geldt:

- **Maaiveld**
 - bepaling van stroombanen en/of waterhoogte
 - simulatie van 2D maaiveldstroming (hydraulica) of op basis van maaiveldhoogtes (GIS-analyse)
 - schematiseringsmogelijkheden infiltratie-/afstromingsmodel, afstroming van onverhard oppervlak
 - mogelijkheid voor simulatie van variabele (historische) neerslag (in tijd en/of plaats)
- **Koppeling riolering – maaiveld**
 - 1D/1D- simulatie: 1D rioolstroming / 1D maaiveldstroming
 - 1D/2D- simulatie: 1D rioolstroming / 2D maaiveldstroming, met rioolinloop vanaf het maaiveld rechtstreeks op de rioolputten
 - 2D inloopmodel, met de rioolinloop via kolken en aansluitleidingen op de riolering, incl. uitstroming vanuit de riolering, ook wel als 2D+ model aangeduid
- **Riolering**
 - mogelijkheid voor simulatie van variabele (historische) neerslag, variabel in tijd en/of plaats
- **Koppeling riolering – oppervlaktewater (+ evt. grondwater)**
 - simulatie van interactie (hydraulica) tussen van riolering en oppervlaktewater, incl. hydraulica in oppervlaktewater (opstuwing duikers e.d.), verdrongen overlaten en opstuwing/instroming rioolstelsel
 - eventuele interactie met grondwater, met name relevant bij hoge grondwaterstanden
- **Andere aandachtspunten zijn:**
 - rekensnelheid in combinatie met omvang stelsel/gebied (capaciteit modelschematisering)
 - mogelijkheden voor simulatie van bijzondere maatregelen, zoals wadi's, IT-riolen, diepinfiltratie, groenblauwe daken of real time control.



Figuur 20.4 Schematische weergave 1D/2D+-model.

Afbeelding: schematische weergave van het (nieuwe) rekenen met een 1D/2D+ model, waarbij het over het maaiveld afstromende water via de kolken de riolering instroomt en als het riool overbelast is, het rioolwater via de kolken op het maaiveld terecht komt (bron: Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied, RIONED reeks 18, 2014)

4.5 Beknopt overzicht van functionaliteiten van tools en modelsoftware

Hieronder is **weliswaar informatief, maar indicatief en niet uitputtend** aangegeven welke van bovengenoemde functionaliteiten wordt geboden door de diverse 'tools' en modelsoftware die in rioleringsland worden gebruikt.

WOLK, Wodan

WOLK (Tauw) en Wodan (Sweco) zijn voorbeelden van GIS-analyse tools die een indicatie van de locaties die door hun hoogteligging gevoelig zijn voor wateroverlast en inzicht geven in de bovengrondse afstroomrichtingen. Het zijn geen rioleringsberekening en er is dan ook geen interactie met de riolering; de GIS-analyse wordt gedaan alsof er geen riolering is. De mogelijkheden voor variatie van neerslagintensiteit in tijd en ruimte zijn beperkt. De resultaten zijn minder betrouwbaar voor hoge neerslagintensiteit en grote afstroming over maaiveld (geen hydraulica op maaiveld). De analyse geeft

beperkt inzicht in effect van bovengrondse maatregelen (verandering maaiveldhoogte).

Sobek 1D/2D Flow

Sobek 1D Flow (Urban + Rural) berekent 1D stroming door netwerken (riolen, watergangen) incl. interactie tussen riolering en oppervlaktewater. Sobek 2D Flow (Overland flow) berekent 2D stroming (hydraulica) over maaiveld, incl. interactie met riolering en oppervlaktewater in Sobek 1D. Er is koppeling met grondwater. De rekentijd van 2D-modellen neemt flink toe, ook door de koppeling tussen het 1D en 2D-model. De mogelijkheid voor 2D inloop in het rioleringsmodel via straatkolken en kolkaansluitingen is beperkt. Variatie van neerslag in tijd en ruimte is mogelijk. De effecten van vele soorten maatregelen zijn te berekenen, ook bijzondere maatregelen op particuliere percelen, zoals groene daken. Sobek 1D/2D Flow is ontwikkeld / wordt beheerd door Deltares.

D-HYDRO Suite (1D/2D/3D) zal op korte termijn beschikbaar komen als volledige vervanger van o.a. Delft3D, DufLOW en SOBEK-Rural/Urban/River voor toepassing op de Nederlandse markt. D-HYDRO is het resultaat van vijf jaar onderzoek door Deltares, de ministeries van Infrastructuur en Milieu en van Economische Zaken, STOWA en Nederlandse ingenieursbureaus. De internationale naam van de D-HYDRO Suite is Delft3D Flexible Mesh Suite (Delft3D FM).

3Di

3Di integreert het 2D maaiveldstromingsmodel met het 1D riolerings- en waterlopenmodel, de grondwaterstroming en bodemvocht in één matrix van vergelijkingen, die worden opgelost. Het berekent de stroming over maaiveld (hydraulica), de interactie tussen maaiveld, riolering, oppervlaktewater en grondwater. Berekening van instroming in de riolering en evt. uitstroming uit de riolering via de straatkolken is mogelijk. Variatie van neerslag in tijd en ruimte is mogelijk. En de effecten van vele soorten maatregelen zijn te berekenen. Voor zover bekend zijn bijzondere maatregelen op particuliere percelen zoals groene daken (nog) niet mogelijk. 3Di is/wordt ontwikkeld door de TU Delft, Deltares, Nelen & Schuurmans i.s.m. Stelling Hydraulics.



InfoWorks ICM SE (Sewer Edition)

InfoWorks ICM SE (Sewer Edition) is een 1D rioleringsmodel, *zonder* koppeling met 2D maaiveldstromingsmodel. Dit is de opvolger van InfoWorks CS (Collection Systems) met 1D stromingsmodel en InfoWorks CS 2D (met koppeling 1D/2D stromingsmodel). In InfoWorks ICM SE is variatie van neerslag in tijd en ruimte mogelijk. De effecten van vele soorten maatregelen zijn te berekenen, inclusief de zogenaamde 'Low Impact Development (LID) Controls' voor veel toegepaste 'groene maatregelen', zoals doorlatende verharding, groene daken, verlaagde groenstroken, infiltratiegreppels en wadi's (gelijk aan de LID's in het Storm Water Management Model 5.1). Koppeling met oppervlaktewater is beperkt mogelijk. Er is geen koppeling met grondwater. InfoWorks ICM SE is ontwikkeld door Innovyze.

InfoWorks ICM (ICM = Integrated Catchment Management)

InfoWorks ICM koppelt een 1D en 2D(+) stromingsmodel, met interactie tussen maaiveld, riolering en oppervlaktewater. Er is geen koppeling met grondwater.

De rekentijd van 2D-modellen neemt toe, ook door de koppeling tussen het 1D en 2D-model. InfoWorks ICM heeft de mogelijkheid voor rioolloop en uitstroming via kolken en aansluitingenleidingen. Variatie van neerslag in tijd en ruimte is mogelijk. De effecten van vele soorten maatregelen zijn te berekenen, inclusief de zogenaamde 'Low Impact Development (LID) Controls' voor veel toegepaste 'groene maatregelen' (zie ook InfoWorks ICM SE (Sewer Edition)). InfoWorks ICM SE is ontwikkeld door Innovyze.

CityFlood

CityFlood koppelt een 1D rioleringsmodel met een 2D(+) maaiveld stromingsmodel ('PriceXD') via een standaard uitwisselingsformat. Hierdoor is het mogelijk om het 2D model met andere 1D modelsoftware te koppelen, bijvoorbeeld met Sobek 1D. Met name door deze koppeling tussen het 1D en 2D-model neemt de rekentijd van deze 1D/2D-modellen toe. Voor zover bekend, is er geen koppeling met oppervlaktewater of grondwater mogelijk. Berekening van instroming in de riolering en evt. uitstroming uit de riolering via de straatkolken is mogelijk. Variatie van neerslag in tijd en ruimte is

mogelijk. Het is onbekend in hoeverre de effecten van veel voorkomende bovengrondse maatregelen gemakkelijk in het 2D stromingsmodel gemodelleerd kunnen worden. CityFlood is ontwikkeld door HydroLogic i.s.m. Prof. Roland K. Price en NEO (Netherlands Geomatics & Earth Observation).

Het bovenstaande is **weliswaar informatief, maar indicatief en niet uitputtend.**

4.6 Simulatie neerslagspreiding in tijd en plaats voor validatie rekenmodel

Afhankelijk van de ruimtelijke spreiding van de historische neerslaggebeurtenis, zal het rekenmodel de mogelijkheid moeten hebben voor het simuleren van een ruimtelijke neerslagspreiding om een betrouwbare controle/validatie van het rekenmodel te doen. Rioleringsmodellen zoals Sobek en InfoWorks ICM kunnen dit, al dan niet met een pre-processor. Een aantal maaiveldmodellen kan dit echter niet, zowel geen neerslagvariatie in ruimte als in tijd. Bij GIS-analyses voor de afstroming over maaiveld moet worden bedacht dat de resultaten hiervan minder betrouwbaar zijn naarmate de neerslag extremer is. Bij de keuze van het rekenmodel moet hier goed op worden gelet.

4.7 Kosten modelsoftware, modellering en berekening vs. goede invoerdata

De kosten van GIS-analyses zijn weliswaar een stuk lager, maar bieden beperkte mogelijkheid om effecten van maatregelen te bepalen. Met een 1D/2D stromingsmodel zijn bovengrondse verbeteringsmaatregelen goed te onderbouwen. De kosten van dit type modelberekeningen zijn hoger dan voor alleen een 1D stromingsmodel. Dit komt met name door de benodigde invoergegevens voor het 2D(+) stromingsmodel. De kosten om deze gegevens op orde te krijgen, kunnen een veelvoud zijn van de kosten voor het gebruik van de modelsoftware en het uitvoeren van de modelberekeningen. Vooral waar het gaat om locaties met potentieel grote schade of vitale en kwetsbare infrastructuur, is een 1D/2D+



modelberekening nodig voor een betrouwbaar inzicht in de risico's en betere bepaling van de benodigde (bovengrondse) verbeteringsmaatregelen. Anders dan bij 1D-modellen, moet daarvoor ook de hoogteligging van toegangen, drempels e.d. nauwkeurig zijn bepaald.

Net als voor 1D/2D-modelberekeningen, is het ook voor GIS-analyses en 1D-modelberekeningen van belang dat de invoergegevens compleet en correct zijn. In de praktijk zitten er fouten in de gegevens van het rioolbeheersysteem/-kaart en de legger. Het is de vraag of het compleet foutloos maken van alle beheergegevens wel doelmatig is. Daarom is een goede controle van de berekeningsresultaten en validatie van het rekenmodel noodzakelijk. Dat kan aan de hand van meetgegevens, bijvoorbeeld van telemetriesystemen. Maar ook die meetgegevens zijn niet altijd compleet en correct. Daarom is het voor beheerders en toezichthouders van belang om goed te inventariseren én vast te leggen waar in de praktijk overlast optreedt, waar het water vandaan komt, waar het naar toe stroomt, hoe de situatie bij de ontvangende watergangen en duikers is, etc.. 'Module G – Maatregelen tijdens het optreden van regenwateroverlast' geeft hiervoor praktische handvatten. En in bijlage A is een selectie opgenomen uit de berichtgeving over (bijna) opgetreden regenwateroverlast in de regio Achterhoek+, in periode vanaf 2010.

4.8 Database voor waarnemingen bij extreme situaties

Voor het vastleggen van alle waarnemingen bij opgetreden en toekomstige extreme situaties, zou een database (voor ieder toegankelijk voor invoer, beheerd door hydrologen van Waterschap Rijn en IJssel), kunnen worden opgezet. Door een dergelijke database gezamenlijk op te bouwen, kan hier gezamenlijk van worden geleerd wat er gebeurt en hoe het systeem werkt (óók van buurgemeenten) en wordt dezelfde systematiek gebruikt om te bezien of sprake is van overmacht, of de volgende keer dingen beter kunnen en of er mogelijkheden zijn om met kosteneffectieve aanpassingen veel schade te kunnen voorkomen. Hieronder volgt een eerste opzet voor de gegevens die in een dergelijke database verzameld kunnen worden.

Feiten

- naam locatie, datum etc.
- oppervlak van de maximaal opgetreden inundatie
- duur van de inundatie
- schatting van de schade in euro's

Analyse

- totale hoeveelheid gevallen neerslag
- maximale neerslagintensiteit voor verschillende tijdsduren
- kans van optreden van deze neerslag, in huidige en toekomstige klimaat (2050 en 2100)
- initiële condities: hoge of lage grondwaterstand, wel of niet gemaaid, etc.).

Oordeelsvorming

- mogelijke oorzaken van de overlast
- was er sprake van overmacht, mogelijke verbeteracties, ideeën voor kosteneffectieve maatregelen?

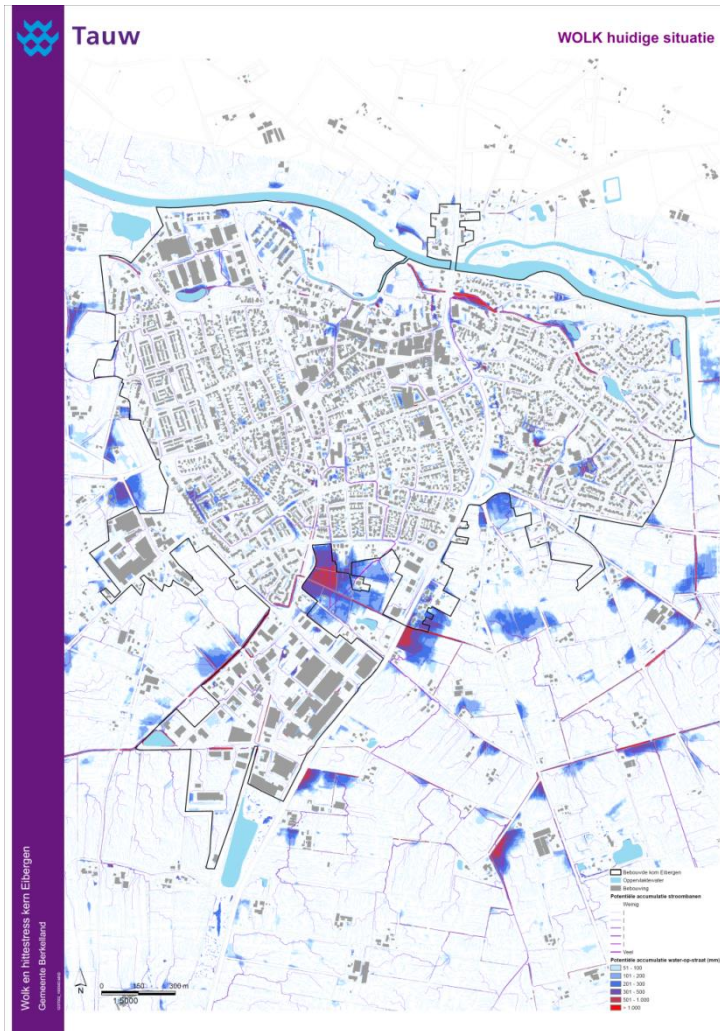
4.9 Benchmark rekenmodellen

Het hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden heeft een vergelijking van rekenmodellen voor wateroverlast door inundatie vanuit oppervlaktewater uitgevoerd op basis van de regenwateroverlast in Kockengen in juli 2014. De vergeleken modellen zijn vooral gericht op een goede simulatie van het functioneren van / de effecten op het oppervlaktewatersysteem (polder), niet van de riolering.

STOWA en Stichting RIONED laten op korte termijn een benchmark rioleringsmodellen uitvoeren in relatie tot regenwateroverlast, waarin verschillende rekenmodellen op diverse criteria worden beoordeeld. Dit gebeurt waarschijnlijk aan de hand van de opgetreden wateroverlast in Noord Brabant in juni 2016.

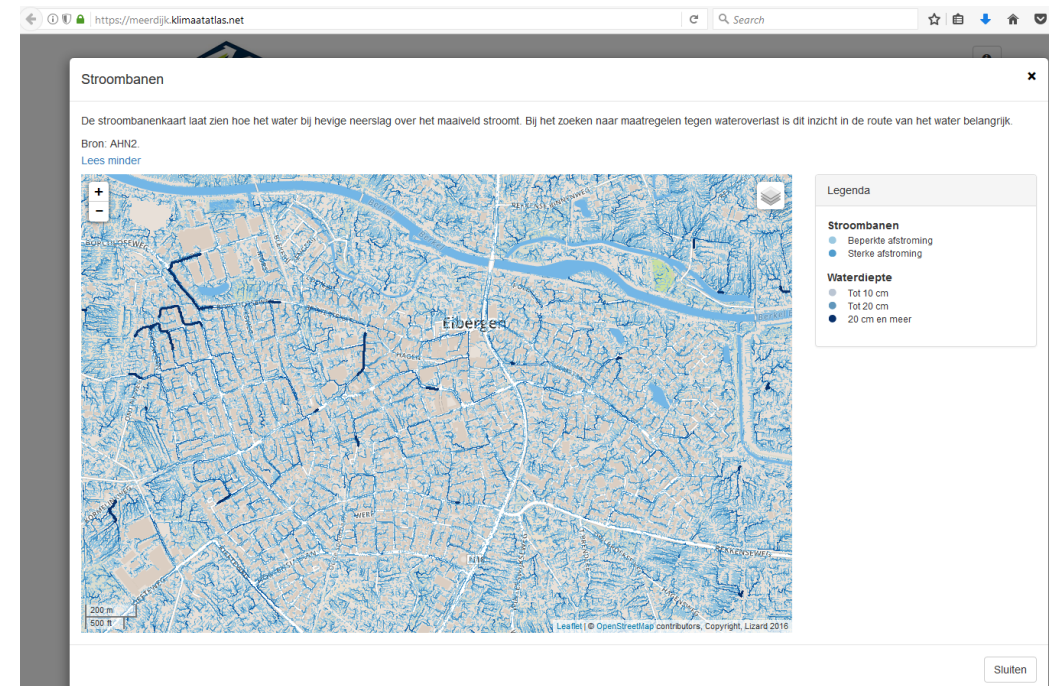


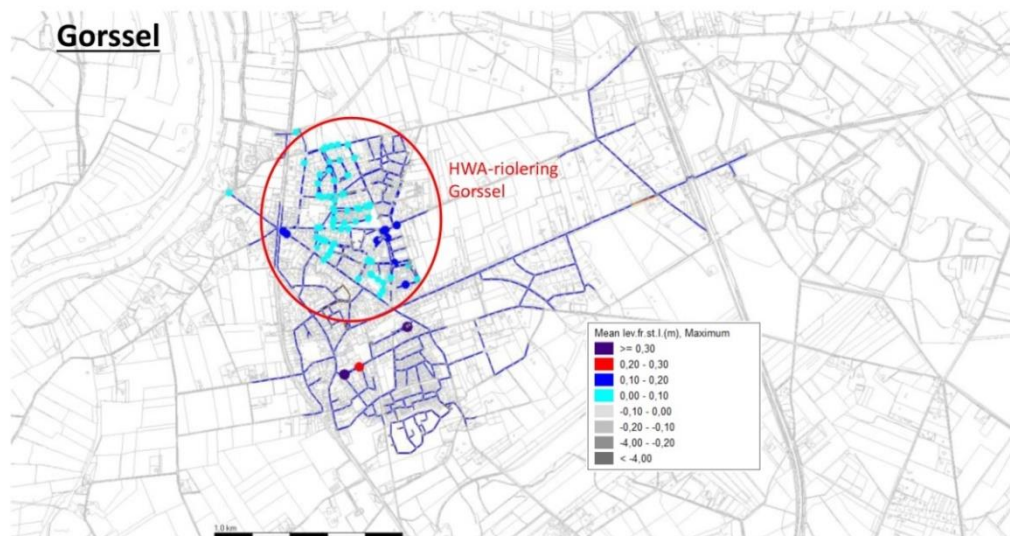
4.10 Enkele voorbeelden van (in de regio) uitgevoerde berekeningsresultaten



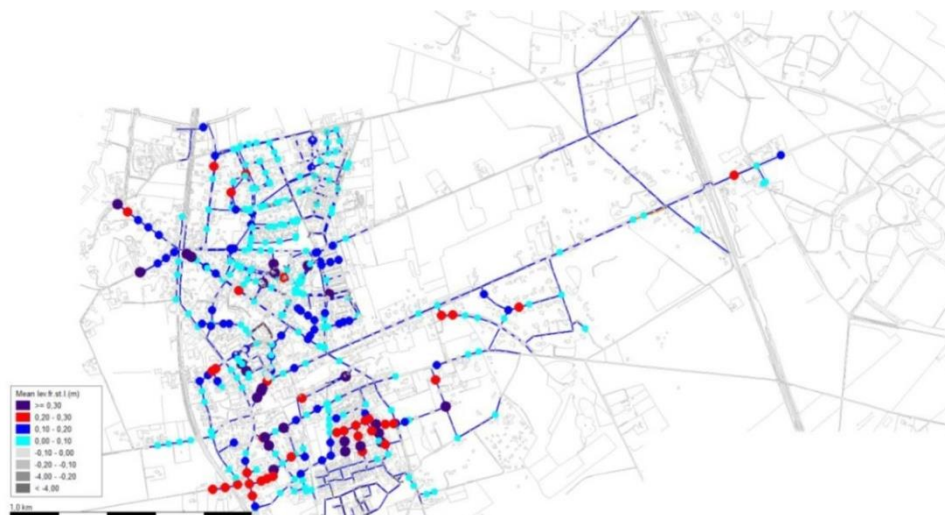
Water Overlast LandschapsKaart (WOLK) van de huidige situatie in Eibergen, met daarop aangegeven de mogelijke stroombanen en mogelijke accumulatie van water op straat

Een vergelijkbare 'stroombanenkaart' voor de eigen gemeente of per bebouwde kern is te vinden via het voorbeeld van de [klimaatatlas voor Gemeente Meerdijk](https://meerdijk.klimaatatlas.net), via de 'tegel' Hittestress, door vervolgens ver uit te zoomen en het beeld te verplaatsen naar de Achterhoek en eigen gemeente. Ter vergelijking, onderstaande afbeelding voor de kern Eibergen. Deze kaart geeft de stroombanen weer, niet de mogelijke accumulatie van water op straat.





Figuur 5.11 Maximale stijghoogte tijdens bui 8 (in m t.o.v. maaiveld)



Figuur 5.12 Maximale stijghoogte tijdens bui 10 (in m t.o.v. maaiveld)

Water op straat weergave van hydraulische berekeningen met een Sobek 1D stromingsmodel van de riolering, voor de huidige situatie in Gorssel, met daarop aangegeven de theoretische stijging van de waterhoogte in de berging op straat boven de inspectieputten (bron: Basisrioleringsplan Lochem, augustus 2015)



Figuur 20.2 Resultaat 1D/0D berekening



Figuur 20.3 Resultaat 1D/2D+-berekening

Afbeelding: voorbeeld van mogelijke verschillen in berekeningsresultaat bij gebruik van verschillende modelprincipes (bron: Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied, RIONED reeks 18, 2014)



4.11 Meer informatie en inspiratie

Deze module gaat niet in op de veelheid van mogelijke technische, juridische, financiële en communicatie maatregelen. Hier zijn vele websites, boeken en rapporten over verschenen. Voorbeelden van (fysieke) maatregelen zijn te vinden op:

- [Groenblauwe netwerken](#), met vele maatregelen gerelateerd aan water, hitte, droogte, biodiversiteit stadslandbouw, luchtkwaliteit energie en sociaal-maatschappelijke en economische waarde, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- [Klimaatadaptatie app \(in het Engels\)](#) met maatregelen tegen overstroming, regenwateroverlast, grondwateroverlast, droogte en hitte bij nieuwe ontwikkelingen of inbreidingen, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- [Heat Island Compendium](#) (in het Engels), reducing Urban Heat Islands, Compendium of Strategies, EPA (Environmental Protection Agency, oktober 2008.

Op twee websites zijn via een kaart ook vele voorbeelden van en informatie over uitgevoerde adaptatiemaatregelen te vinden, namelijk:

- op het [Kennisportaal ruimtelijke adaptatie](#) in Nederland,
- en op de [ClimateScan](#) in binnen- en buitenland.

Op beide websites kunnen gemeenten en waterschap ook hun eigen projecten (respectievelijk) doorgeven of zelf invoeren.



5 Module D – Hitte & Droogte

5.1 Waarom deze module – relatie met andere modules

Deze module D draagt bij aan het in beeld brengen van de zogenaamde 'blootstelling' aan respectievelijk hitte en droogte. Hoe ver zakken oppervlaktewaterpeilen uit, waar treden welke hitte-eilanden op en in welke mate? Dit wordt meestal uitgedrukt in cm's of m³s water, mNAP of °C.

De gevolgen daarvan verschillen per locatie en mogelijk ook in tijd. De kwetsbaarheid wordt bepaald door de blootstelling enerzijds en de schadegevoeligheid anderzijds. De schadegevoeligheid wordt meestal uitgedrukt in euro's directe schade, aantallen ongevallen of sterfte, productieverlies in euro's, kwaliteitsverlies van groen, etc. bij een bepaalde blootstelling. De mogelijkheden hiervoor worden in 'Module E Schadegevoeligheid' toegelicht. 'Module F Vitaal & Kwetsbaar' gaat specifiek in op de vaak verstrekkende gevolgen van vooral wateroverlast, maar ook hitte en droogte voor vitale infrastructuur en kwetsbare objecten.

In deze module worden de mogelijkheden besproken om hitte en droogte in beeld te brengen.

5.2 Hitte: verschillende soorten temperatuur

Hittestress is de mate van hinder die wordt ondervonden door overmatige warmte tijdens een periode met uitzonderlijk warm weer. Voordat 'hittestress' met kaarten in beeld wordt gebracht, is het goed om te weten dat er verschillende soorten temperatuur zijn:

De van oudsher bekende:

1. oppervlaktetemperatuur
2. **luchttemperatuur**, met onderscheid in maximum (dag), minimum (nacht) en gemiddelde temperatuur (24-uur)

De door het KNMI, Meteo Consult en ook internationaal veelgebruikte:

3. hitte-index
4. gevoelstemperatuur

En relatief nieuwe definities, die beter rekening houden met de persoonlijke beleving van de temperatuur:

5. **beleefde temperatuur**.

Bedenk van te voren goed welke van deze temperaturen in beeld moet worden gebracht en waarom. Het gewenste soort temperatuur hangt veelal samen met het beoogde effect (gevolg) dat in beeld moet worden gebracht, bijvoorbeeld kans op ziekte/sterfte, verlies van arbeidsproductiviteit of omgevingscomfort.

Net zoals bij riolering (en oppervlaktewater) met verschillende berekeningen het functioneren voor verschillende doelen in beeld wordt gebracht (bijv. berekening verloren berging bij droogweerafvoer, ontwerp riolering met standaard buien, extreme neerslag voor bovengrondse afstroming en neerslagreeks voor overstortingen), zullen de gevolgen van klimaatverandering voor hittestress met verschillende soorten temperatuur in beeld gebracht moeten worden. Er is niet één temperatuur waarmee het complete fenomeen hittestress in beeld is te brengen. Net als met rioleringsberekeningen, hangt dit samen met het doel, het effect wat je in beeld wilt brengen. Op basis van welke soorten temperatuur het beleid en doelen t.a.v. hittestress op te stellen, is een keuze die de gemeente moet maken. Deze module levert de informatie en gereedschappen waar je uit kan kiezen en waar op te letten, alvorens deze keuze te maken en beleid en doelen t.a.v. hittestress op te stellen.



Hieronder volgen de verschillende soorten temperatuur met een toelichting daarbij.

1. Oppervlaktetemperatuur

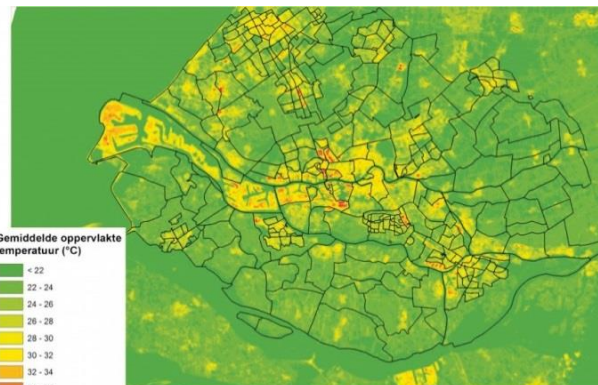
De oppervlaktetemperatuur geeft een beeld van de temperatuur van alle oppervlakken: gras, daken, wegen, parkeerplaatsen, bomen, etc. De oppervlaktetemperatuur verschilt van de luchttemperatuur, maar is daar wel aan gekoppeld.

De oppervlaktetemperatuur is relatief eenvoudig in beeld te brengen met infraroodcamera's vanuit vliegtuigen of met satellieten. Satellietbeelden zijn geschikt voor de schaal van wijk of stad. De resolutie van satellietbeelden is (nog) te klein om de temperatuur van kleine grasvelden, daken of wegen (kleiner dan ca. 60 m) afzonderlijk te onderscheiden. Daarvoor kunnen opnames vanuit vliegtuigjes worden gemaakt. De warmtebeelden vanuit vliegtuigjes zijn mogelijk ook bekend van zogenaamde 'warmtescans', om inwoners te laten zien hoeveel warmte hun woning verliest in koude perioden.

Hieronder twee voorbeeld van oppervlaktetemperatuurkaarten vanuit vliegtuig (links) en satelliet (rechts).



Oppervlaktetemperatuur in een wijk in Gouda, vanuit een vliegtuig op een koude avond in januari



Gemiddelde oppervlaktetemperatuur overdag voor zomerdag in Rotterdam, afgeleid uit 15 Landsatbeelden

2. Luchttemperatuur

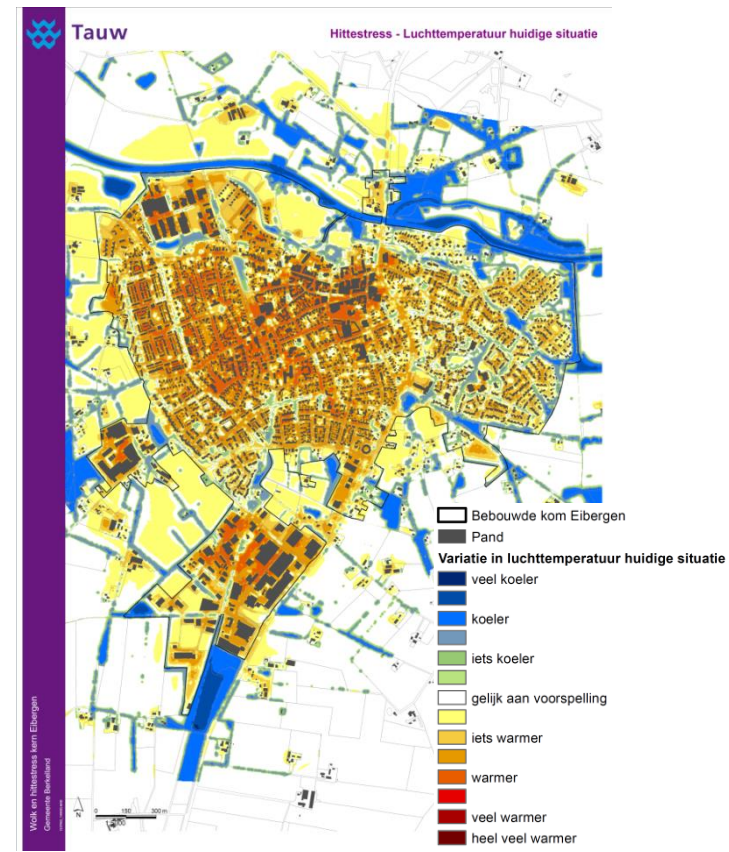
Als het KNMI het over 'temperatuur' heeft, dan wordt daar de luchttemperatuur mee bedoeld. Voor het in kaart brengen van hittestress worden de volgende drie temperaturen veelal gebruikt:

1. maximum dagtemperatuur,
2. minimum nachttemperatuur,
3. gemiddelde dagtemperatuur (24-uurs gemiddelde).

2a. Maximum dagtemperatuur, aantal zomerse of tropische dagen

Een tool om de effecten van hitte in beeld te brengen is met een zogenaamde 'hittestresskaart'. Deze kaart geeft het verschil in temperatuur t.o.v. de landelijke omgeving aan, tijdens een hittegolf rond 15:00 uur (zie onderstaand voorbeeld voor de huidige situatie in Eibergen, Berkelland).

De kaart geeft een indicatie van de relatief warmste locaties en kan



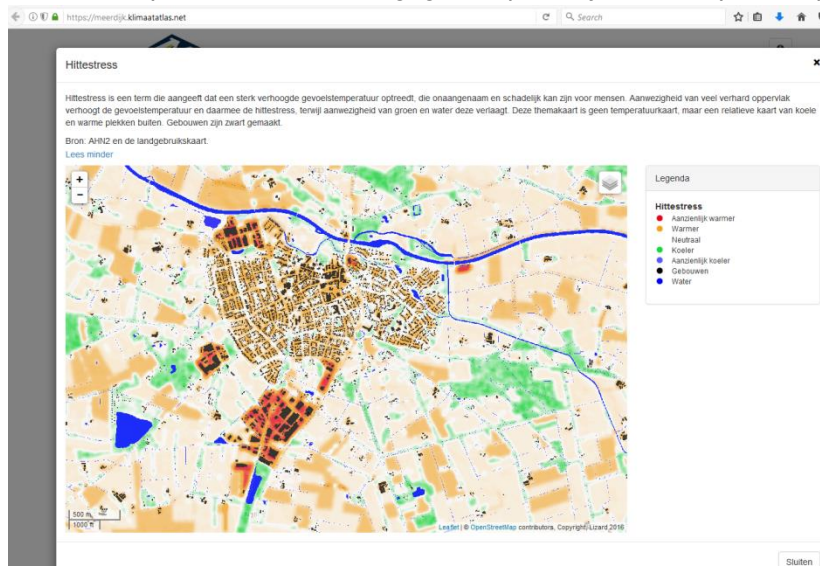


een handige 'praatplaat' zijn om het probleem bespreekbaar te maken en kansen in de stad te zien.

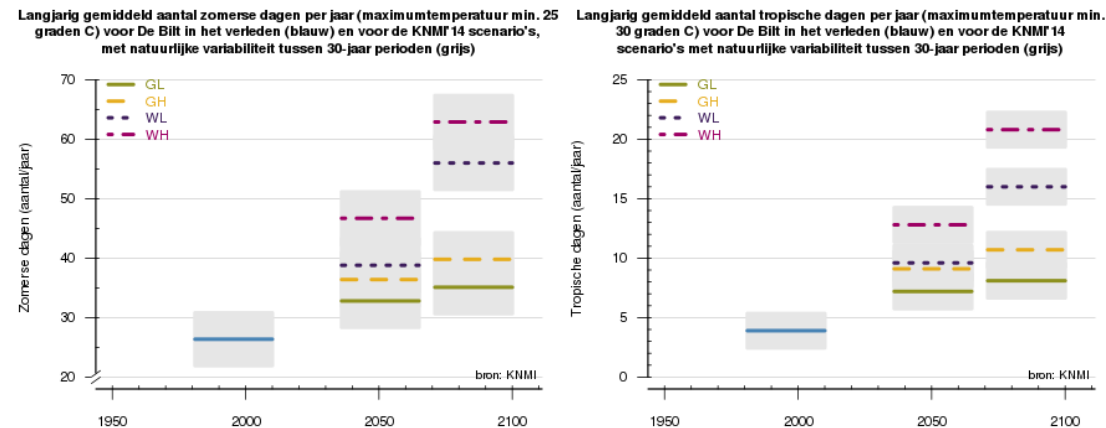
De modelberekeningen zijn gebaseerd op bodemgebruik, instraling zon, grond, daken en muren en de lokale effecten van oppervlaktewaterwater en groen. Inzicht in de effecten van maatregelen is beperkt tot bovengenoemde zaken waar het model op is gebaseerd, zoals het vergroenen van de stad (maar niet bijv. kleur van daken en gevels of windcorridors) en het effect daarvan op de middagtemperatuur.

De kaart geeft geen temperaturen in °C aan, waardoor het lastig is om een koppeling te leggen met de gevolgen van deze maximum dagtemperatuur.

Een vergelijkbare 'hittestresskaart' voor de eigen gemeente of per bebouwde kern is te vinden via het voorbeeld van de [klimaatatlas voor Gemeente Meerdijk](https://meerdijk.klimaatatlas.net), via de 'tegel' Hittestress, door vervolgens ver uit te zoomen en het beeld te verplaatsen naar de Achterhoek en eigen gemeente. Ter vergelijking, onderstaande afbeelding voor de kern Eibergen, met vergelijkbare 'hot spots' en 'cool spots' als in bovenstaande kaart. In de toelichting wordt gesproken over gevoelstemperatuur (wat niet klopt, zie onder 4.), maar dat is (ook) niet wat op de kaart wordt aangegeven (namelijk luchttemperatuur).



Daarnaast kan de toename van het aantal zomer dagen ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) en tropische dagen ($\geq 30^{\circ}\text{C}$) in beeld worden gebracht. Hieronder is de verwachte toename voor De Bilt aangegeven (zomerse dagen: links;



tropische dagen rechts, bron: KNMI).

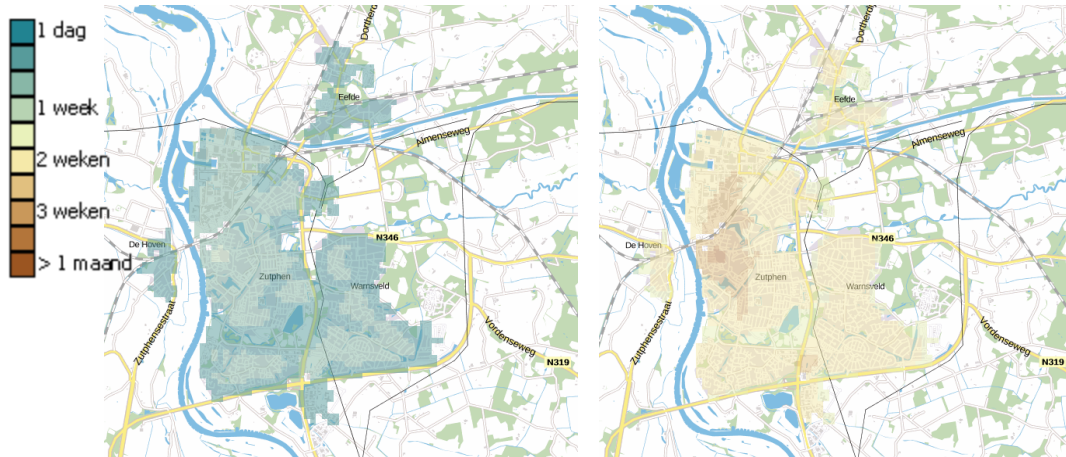
Het aantal dagen boven een bepaalde luchttemperatuur heeft een relatie met het comfort in de buitenruimte, bijvoorbeeld in woonstraten, tuinen, winkelgebieden en op bedrijventerreinen. Voor mensen die in de buitenruimte werken, heeft dit ook een directe relatie met de arbeidsproductiviteit en de gezondheid (risico op oververhitting).



2b. Minimum nachttemperatuur, aantal tropische nachten

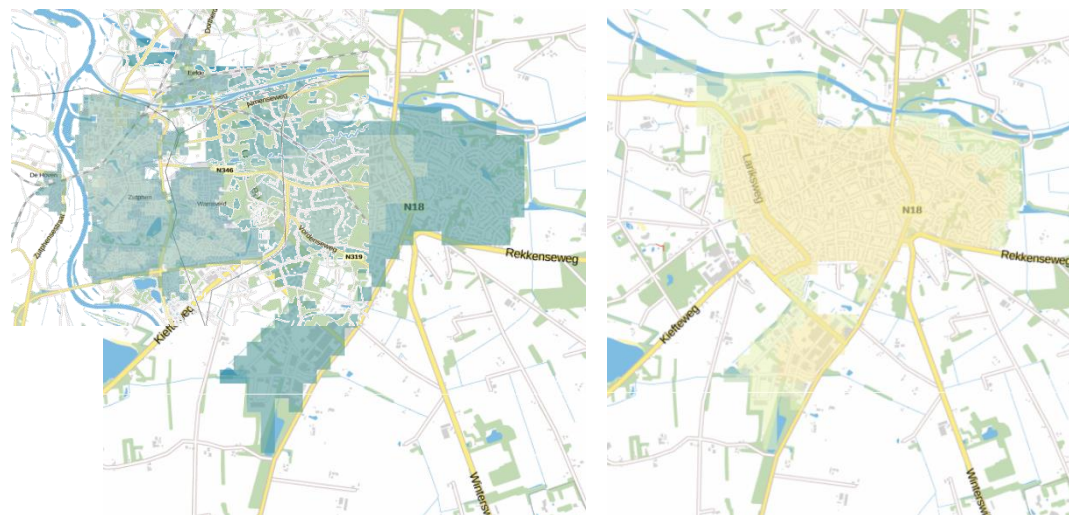
In onderstaande afbeeldingen is het effect van klimaatverandering te zien op het aantal tropische nachten met een minimumtemperatuur boven 20°C in huidige situatie (links) en in klimaatscenario W+2050 (rechts).

Aantal nachten boven 20 graden



Aantal nachten met minimumtemperatuur boven de 20°C in Zutphen e.o.
(bron: [Klimaat-effectatlas](#))

Ter vergelijking met hittestresskaarten van Eibergen op basis van de luchttemperatuur in de huidige situatie (voorgaande kaart onder 2a.) en de 'gevoelstemperatuur' in de huidige situatie en in 2050 (navolgende kaarten onder 5.), zijn hierna ook de kaarten voor Eibergen met het aantal nachten met een minimumtemperatuur boven de 20°C in de huidige situatie (links) en in klimaatscenario W+2050 (rechts) weergegeven.



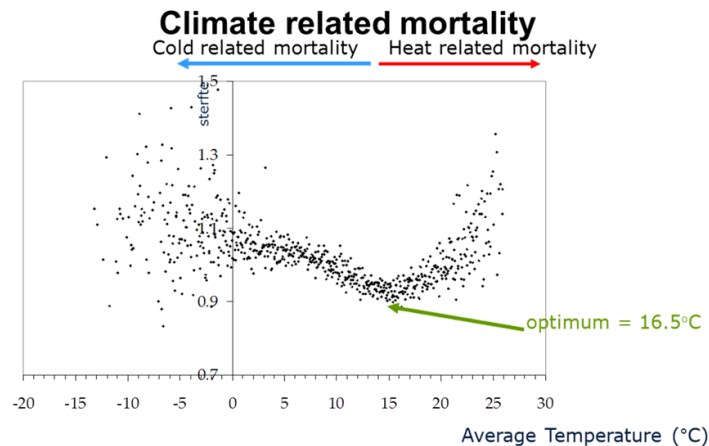
Aantal nachten met minimumtemperatuur boven de 20°C in Eibergen (bron: [Klimaat-effectatlas](#))

Het aantal nachten boven een bepaalde temperatuur heeft een relatie met zowel de gezondheid/sterfte (zie ook onderstaande relatie met mortaliteit) als de arbeidsproductiviteit.



2c. Gemiddelde dagtemperatuur

Hitte heeft diverse gevolgen. Het meest vergaande gevolg is sterfte. Onderstaande afbeelding geeft het effect op mortaliteit als relatie tussen de gemiddelde dagtemperatuur en oversterfte in Nederland (Bron: Heat strain in elderly during heat waves in The Netherlands, presentatie Hein Daanen, 2011, naar Huynen et al, 2001).



Dit is een serieus probleem: de sterfte tijdens een hittegolf kan met 12% toenemen, ofwel 40 extra doden per dag (Huynen et al., 2001). Het [CBS](#) geeft aan dat het aantal geschatte extra overledenen per graad temperatuurstijging 23 tot 39 bedraagt (31 ± 8) bedraagt. Meer cijfers over doden tijdens recente hitteperioden zijn opgenomen in 'Module E, Schadegevoeligheid'.

Naar aanleiding hiervan is een nationaal hitteplan opgesteld door o.a. RIVM en sindsdien (2007) treedt bij aankomende hittegolven het hitteplan in werking. De maatregelen tegen sterfte als gevolg van hitte richten zich primair op gedrag (drinken, kleding) en koeling van gebouwen (ventilatie, zonweringen, cool roofs). Er is alleen een indirecte relatie met de waterhuishouding via groenvoorzieningen en verdamping, voor verlaging van de luchttemperatuur.

Wat uit voorgaande afbeelding ook duidelijk volgt, is dat veel mensen overlijden bij koude. Waar bij hitte dit effect vooral optreedt in de eerste paar dagen van een hittegolf, treedt voortijdige sterfte bij koude gedurende de hele periode op, waardoor uiteindelijk meer mensen door koude overlijden. Daarbij wordt opgemerkt dat de oorzaken van dit overlijden wel heel anders zijn (griep) dan bij hitte. **Maatregelen tegen hitte mogen dus niet leiden tot verlaging van de temperatuur in koude perioden!**

3. Hitte-index (KNMI)

De temperatuur van de lucht is één van de indicatoren die aangeeft hoe warmte wordt ervaren. Daarnaast spelen ook een rol:

- relatieve vochtigheid van de lucht
het menselijk lichaam voert warmte af door transpiratie; bij hogere luchtvochtigheid verloopt dat proces moeilijker
- straling van de zon
directe zonnestraling draagt bij aan verhoging van de warmtestress op het menselijk lichaam
- wind
de wind veroorzaakt juist een verkoelend effect.
(bron: KNMI)

Hitte-index volgens Steadman (KNMI)

Temp	Relatieve luchtvochtigheid in procenten										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
50 °C	44	49	56	61							
45 °C	40	43	46	52	59	61					
40 °C	36	38	40	43	46	51	56				
35 °C	32	33	34	35	37	39	42	45	50		
30 °C	27	28	28	29	30	31	31	32	34	36	38
25 °C	23	23	24	24	25	25	25	25	26	26	26
20 °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Groot gevaar Gevaar Voorzichtigheid geboden Blijf alert

De hitte-index volgens de formule van Robert Steadman, beschrijft de warmteoverdracht tussen lichaam en omgeving. Deze hitte-index geldt voor zonnig weer en wordt bepaald op basis van de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid (zie tabel). Dit is een momentopname. De gevolgen van hitte zijn echter gekoppeld aan de duur van de hitte. Bij aanhoudende hitte speelt vooral de nachtelijke temperatuur een rol. Als het 's nachts niet meer of onvoldoende afkoelt, neemt de hittestress flink toe.



4. Gevoelstemperatuur (KNMI)

Voorgaande temperaturen waren gerelateerd aan hitte. De **gevoelstemperatuur heeft betrekking op de ervaring van koude**. Als het koud is en hard waait, is de gevoelstemperatuur lager dan de luchttemperatuur. Dat verschil is een maat voor extra warmteverlies. Het KNMI berekent de gevoelstemperatuur uit een combinatie van de luchttemperatuur en de gemiddelde windsnelheid. De gevoelstemperatuur geldt voor een gezond, volwassen, in de schaduw (geen zonstraling) wandelend persoon van gemiddelde lengte. Anders dan bij de hitte-index, speelt de luchtvochtigheid bij koude een ondergeschikte rol en wordt buiten beschouwing gelaten. Het KNMI berekent de gevoelstemperatuur op basis van de JAG/TI methode (zie onderstaande tabel voor resultaat).

Bij een gevoelstemperatuur onder de -10 °C kunnen na enkele uren verschijnselen van onderkoeling optreden. Een gevoelstemperatuur onder de -15 °C kan al na een uur koude-letsel opleveren.

Windsnelheid			Buitentemperatuur in graden Celsius								
km/uur	m/s	Beaufort	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
5	1,4	1	10	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36
10	2,8	2	9	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39
15	4,2	3	8	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41
20	5,6	4	7	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43
25	7,0	4	7	0	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45
30	8,3	5	7	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46
35	9,7	5	6	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47
40	11,1	6	6	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-47
45	12,5	6	6	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48
50	13,9	7	5	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49
55	15,3	7	5	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50
60	16,7	7	5	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50
65	18,1	8	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51
70	19,5	8	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51
75	20,8	9	5	-2	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52
80	22,2	9	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52

5. Beleeftde temperatuur

In de hiervoor besproken hitte-index volgens de formule van Robert Steadman, ontbreekt een aantal belangrijke parameters voor de persoonlijke beleving van temperatuur, zoals wind en zoninstraling. Ook in de gevoelstemperatuur volgens de JAG/TI methode worden aspecten zoals luchtvochtigheid en zoninstraling buiten beschouwing gelaten, terwijl die wel een (kleine) rol spelen. En natuurlijk hebben ook de hoeveelheid kleding en de inspanning van iemand invloed op de beleeftde temperatuur.

De beleeftde temperatuur is een combinatie van luchttemperatuur, luchtvochtigheid, stralingstemperatuur en wind, maar ook van psychologische en culturele factoren. Dit wordt thermisch comfort genoemd. De afgelopen jaren is hier (inter)nationaal veel onderzoek naar gedaan en is een woud van indices ontstaan. Hier tussen zijn twee veelbelovende parameters:

- de UTCI (Universal Thermal Climate Index),
- en de PET (Physiological Equivalent Temperature).

UTCI, achtergrondinformatie

De UTCI (Universal Thermal Climate Index) bestaat uit meerdere modellen en deelindices en houdt naast wind en relatieve vochtigheid, ook rekening met zoninstraling, fysiologische reacties van de mens (met een 'physiological model') en kleding (met een 'clothing model'). Samen met blootstellingstijd, gemiddelde wandelsnelheid van 4 km/uur, een omgevingsfactor (industrieterrein, bos, stad, strand) en nog vele andere berekeningsinvoer, komt er een Equivalente Temperatuur uit. Die temperatuur is de werkelijk beleeftde temperatuur en wordt in een schaal van extreme koudestress tot extreme hittestress weergegeven.

De praktische bruikbaarheid van de UTCI voor de adaptatiestrategie lijkt voorsnóg beperkt, de volledigheid ervan voert te ver voor dit doel. Evenwel zijn in ook het nationaal hitteplan veel elementen die van groot belang zijn voor hittestress, terug te vinden in de UTCI (kledingadvies, vochtinname, etc.)



Physiological Equivalent Temperature (PET)

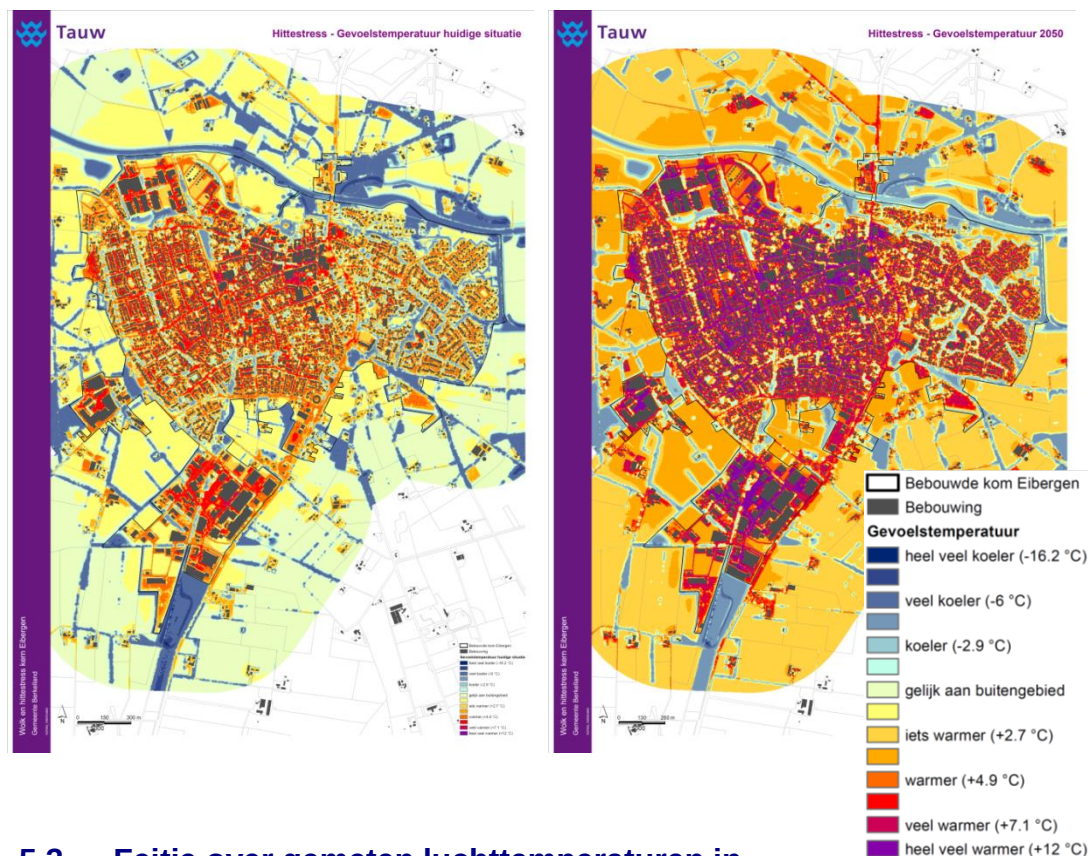
De PET (Physiological Equivalent Temperature) houdt rekening met de vier meest belangrijke factoren voor de beleefde temperatuur, namelijk: de luchttemperatuur, de luchtvochtigheid, de luchtstroming en de gemiddelde stralingstemperatuur (in Engels: Mean Radiant Temperature, MRT).

In de PET worden wel de omgevingsfactoren en meteorologische omstandigheden meegenomen, maar niet de persoonlijke/menselijke factoren (kleding, inspanning, etc.). **Voor ruimtelijke adaptatie heeft deze beleefde temperatuur PET een praktischer waarde** dan de hierboven genoemde UTCI.

De temperatuurschaal is geschikt om uitdrukking te geven aan de beleving van zowel warmte als koude. De beleving van de PET is in onderstaande tabel aangegeven.

PET	Thermal perception	Grade of physiological stress
	Very cold	Extreme cold stress
4		
	Cold	Strong cold stress
8		
	Cool	Moderate cold stress
13		
	Slightly cool	Slight cold stress
18		
	Comfortable	No thermal stress
23		
	Slightly warm	Slight heat stress
29		
	Warm	Moderate heat stress
35		
	Hot	Strong heat stress
41		
	Very hot	Extreme heat stress

Hieronder zijn op twee kaarten de 'gevoelstemperatuur' (eigenlijk 'beleefde temperatuur') aangegeven voor Eibergen, Berkelland, in de huidige situatie en de situatie rond 2050. Het is onduidelijk welk type 'beleefde temperatuur' hier is berekend.



5.3 Feitje over gemeten luchttemperaturen in Nederland, Achterhoek in het bijzonder

De hoogste én de laagste ooit gemeten (lucht)temperaturen in Nederland zijn beide in de regio Achterhoek⁺ gemeten.

De hoogste temperatuur is 38,6 °C, geregistreerd in Warnsveld op 23 augustus 1944. De laagste temperatuur is -27,4 °C, geregistreerd in Winterswijk op 27 januari 1942.



5.4 Maatregelen tegen hittestress, geen standaard beste oplossing

Zoals uit het voorgaande blijkt, wordt hitte en de beleving door een aantal omgevingsfactoren bepaald (individuele factoren, zoals lichamelijke inspanning, kleding of vochtinname laten we buiten beschouwing):

- schaduw
- weerkaatsing
- verdamping
- luchtvochtigheid
- en wind.

Er is geen algemeen geldende ranglijst van maatregelen te geven die altijd goed of beter zijn dan andere maatregelen. Effectieve maatregelen tegen hittestress hebben altijd een relatie met een of meerdere van bovenstaande factoren. Een veel voorkomende maatregel is vergroening van de bebouwde omgeving. Groen zorgt immers voor verkoeling door 1) met name schaduwwerking, 2) een hoger weerkaatsing van zonstraling, in vergelijking met donkere wegverharding of water en 3) verdamping.

De aanleg van groene daken zorgt bijvoorbeeld voor meer weerkaatsing, minder opwarming van het gebouw door schaduwwerking en verkoeling van de omgeving door verdamping (mits op grote schaal toegepast). Door vergroening van daken zal op jaarbasis veel meer neerslag verdampen en minder water van het dak worden afgevoerd. Voor bijvoorbeeld Zutphen kan vergroening van daken daarom een goede maatregel tegen hittestress zijn. Maar voor Winterswijk betekent het op grote schaal vergroenen van daken dat er minder dakwater kan worden geïnfiltreerd, wat leidt tot versterking van het droogteprobleem. Hier zijn lichtgekleurde daken, met een hoog albedo, een betere klimaatmaatregel. Dit voorbeeld illustreert dat het belangrijk is om de gevolgen van klimaatverandering en de werkingsprincipes en effecten van maatregelen tegen wateroverlast, hitte én droogte in samenhang goed te begrijpen. Er zijn geen algemene goede of slechte maatregelen, geen standaard beste oplossing. Voor de maatregelkeuzes en invulling daarvan is een lokale analyse en

aanpak op maat noodzakelijk. Hierover moet met elkaar slim over worden nagedacht, in samenwerking met de collega's van andere vakgebieden en met andere betrokken partijen.

5.5 Effecten van maatregelen tegen hittestress

In vergelijking met het rekenen aan wateroverlast, staat het rekenen door gemeenten aan hitte in bebouwd gebied in de kinderschoenen. Relatief recent zijn meer kennis over en rekentools voor hitte in de stad ontwikkeld. Gemeenten hebben over het algemeen nog weinig of geen ervaring met het rekenen aan hitte.



Om in de regio ervaring hiermee op te doen en die uit te wisselen, zouden één of twee gemeenten een onderzoek met deze rekenmodellen kunnen laten uitvoeren door een onderzoeker of stagiair (in samenwerking met onderwijsinstelling). Dit kan bijvoorbeeld een onderzoek zijn aan veelvoorkomende inrichtingsvraagstukken, zoals het (hittebestendig) inrichten van een parkeerplaats, woonstraat of buurtplein). Zo'n onderzoek zou ook aangemeld kunnen worden als [Impactproject Ruimtelijke Adaptatie](#), waardoor gebruik kan worden gemaakt van expertise van kennisinstituten en de resultaten en ervaringen breder kunnen worden gedeeld.

Er zijn diverse rekenmodellen waarmee nauwkeuriger de effecten van meer verschillende maatregelen, zoals groene daken, waterpleinen, half-verharde parkeerplaatsen en parken, kunnen worden berekend én vooral onderling met elkaar kan worden vergeleken.

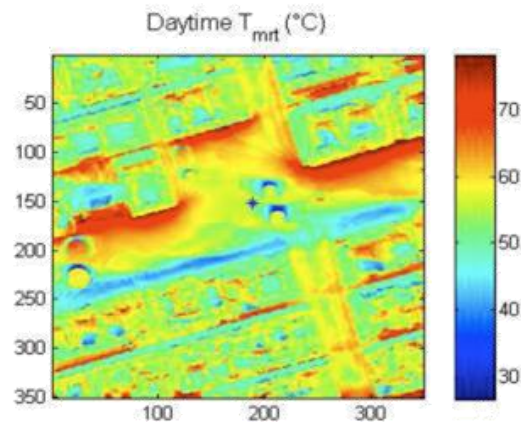
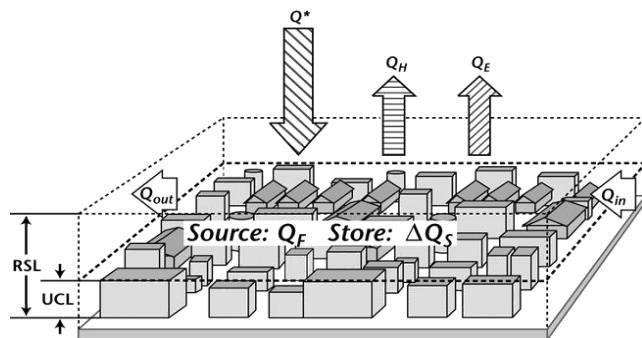
Hieronder volgen drie rekenmodellen (waarvan de software – onder voorwaarden – vrij beschikbaar is).



SOLWEIG

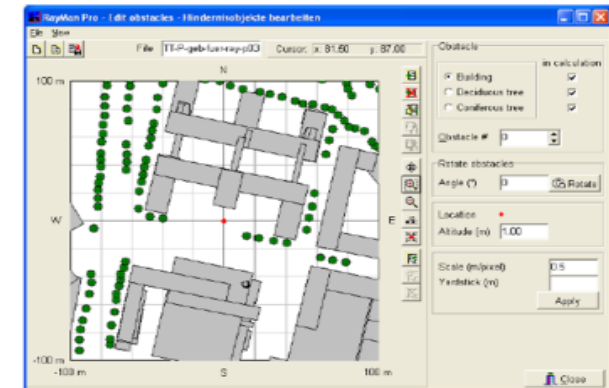
Dit is een model voor simulatie van de oppervlakte energie balans. Uitkomsten zijn mogelijk in oppervlakte-temperatuur, schaduwpatronen en de totale gemiddelde temperatuur van alle warmte-/stralings-bronnen rond een bepaald punt (persoon). Met het model is de invloed van het stedelijk ontwerp op de omgevingstemperatuur te onderzoeken. Het is ook mogelijk om grote oppervlakken met bomen toe te voegen. Het is echter niet mogelijk om de effecten van wind/luchtstromingen of van weerkaatsingen van inkomende stralingswarmte te simuleren.

Voor het simuleren van het effect op comfort is dit model minder geschikt, omdat de effecten van wind en luchtvochtigheid niet worden gesimuleerd.



Rayman

Dit model richt zich op de parameters die het menselijk comfort bepalen, zoals de PET (zie hierboven) en de voorspelde gemiddelde waardering (Predicted Mean Vote-index, PMV). De PMV is een rekengrootheid die de gemiddelde waardering van een groep personen over de thermische beleving van hun omgeving voorspelt, aan de hand van een zevenpuntsschaal: + 3 heet / + 2 warm / + 1 enigszins warm / 0 neutraal / - 1 enigszins koel / - 2 koel / - 3 koud.





ENVI-met

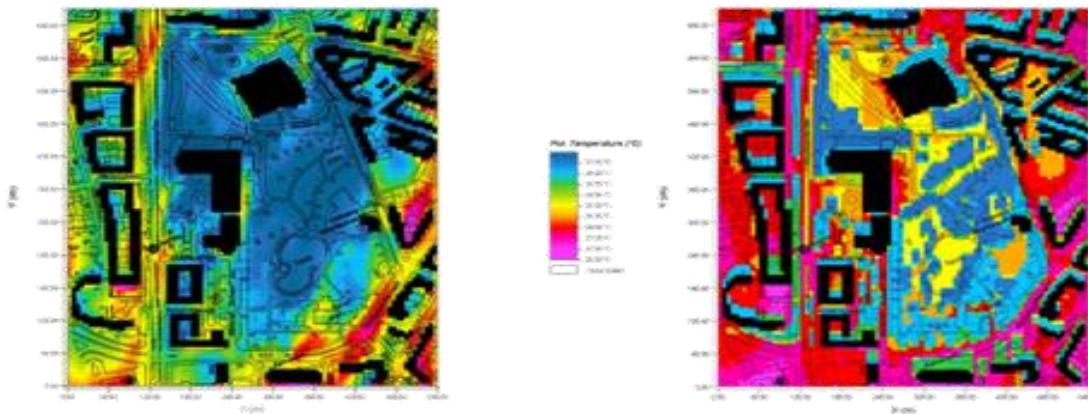
Dit programma berekent alle vier de belangrijke factoren voor de beleefde temperatuur:

1. luchttemperatuur
2. luchtvochtigheid
3. luchtstroming
4. en gemiddelde stralingstemperatuur.

De resultaten kunnen worden uitgedrukt in:

- de gemiddelde stralingstemperatuur (Mean Radiant Temperature, MRT)
- de beleefde temperatuur (Physiological Equivalent Temperature, PET) of uitgedrukt in UTCI
- en de voorspelde gemiddelde waardering (Predicted Mean Vote-index, PMC), een maat voor de subjectieve waardering van de temperatuur door de waarnemer, inclusief het te verwachten aantal ontevreden waarnemers (Predicted Percentage Dissatisfied, PPD).

Nadeel kan zijn dat het niet mogelijk is om uurwaarden van (gemeten) meteorologische gegevens in te voeren, waardoor het niet goed mogelijk blijkt te zijn om de precieze temperatuur op een specifieke dag te simuleren.



Voorbeelden grafische presentatie van de effecten van verschillende inrichting (ENVI-met model)

Met het model is het ook mogelijk om de uitwisseling van water en warmte met de bodem, inclusief wateropname door vegetatie mee te nemen. Dit kan vooral in tijden van droogte relevant zijn, waardoor de verkoelende werking van vegetatie en bodem(verdamping) afnemen. Het model kan tot microschaal van 0,5 tot 10 m schematiseren, met simulaties van 1 tot 2 dagen met kleine tijdstappen. Hierdoor is **ENVI-met heel geschikt voor vergelijking van het effect van verschillende adaptatiemaatregelen in bebouwd gebied op de beleefde temperatuur.**





UCAM

Tot slot volgt hieronder een toelichting op de methode UCAM (Urban Climate Assessment & Management), waarmee globaal de gebieden met hitte-gerelateerde gezondheidsrisico's in beeld gebracht kunnen worden. De methode is ontwikkeld door Witteveen+Bos, Wageningen Universiteit en KNMI.

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat een goede indicator voor gezondheidseffecten van hitte, in gematigde klimaatzones zoals Nederland, de etmaalgemiddelde temperatuur is. Gezondheidseffecten door hoge temperaturen treden op bij een etmaalgemiddelde temperatuur hoger dan 21,5°C. Om de invloed van de stedelijke omgeving te beoordelen bekijkt de UCAM-methode daarom het etmaal-gemiddelde hitte-eiland effect.

DE METHODE



DE CASUS



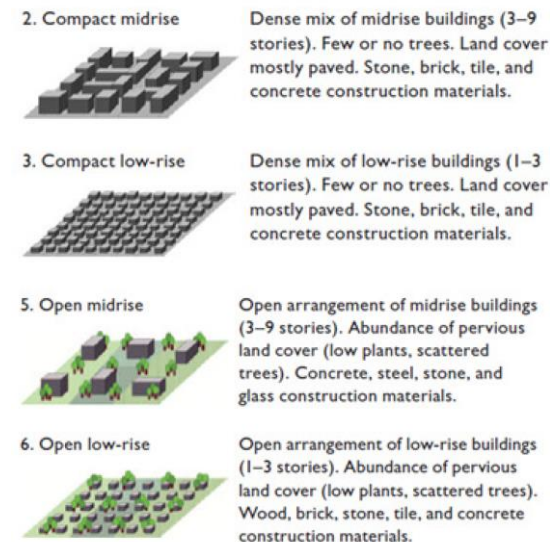
De methodiek kwantificeert de hitteproblematiek door een wijk in te delen in vier type klimaatzones (zie afbeelding hiernaast) en de volgende parameters:

- percentage groen in de wijk (%)
- productie van warmte door menselijk gebruik (antropogene warmte) (W/m^2)
- albedo van daken, muren en wegen (%).

De invloed van water is (nog) niet kwantitatief mee te nemen in de hitte-analyse.

Het resultaat wordt uitgedrukt in een hitte-index per (deel van de) wijk, volgens onderstaande afbeelding.

categorie	hitte-index	omschrijving/duiding*	
0.	0 - 0,29	comfortabel	geen invloed, geen extra risico's van de gebouwde omgeving
I.	0,3 - 0,57	acceptabel	beperkt extra risico door bebouwingsinvloed (acceptabel tot 25 dagen per jaar)
II.	0,58 - 0,86	risicovol	extra risico voor gevoelige doelgroepen (vergelijkbaar met overschrijding informatiedrempel ozon)
III.	0,87 - 1,0	onacceptabel	extra risico voor gehele bevolking (vergelijkbaar met overschrijding alarmdrempel ozon)



De UCAM-methodiek is voor bedrijventerrein De Huet, Doetinchem, door Witteveen+Bos uitgevoerd (juli 2015). De afbeelding hiernaast toont de indeling in deelgebieden oost, midden en west, op basis van de omgevingskenmerken (relevante parameters voor methodiek).

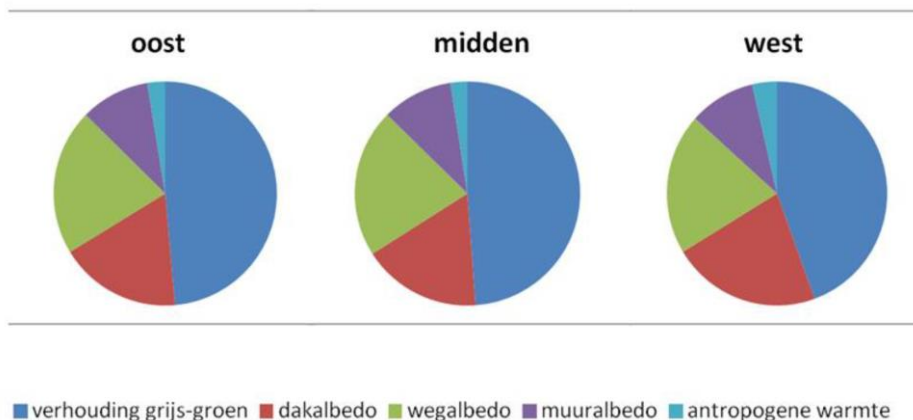




Op basis van het wijktype en de parameters is het etmaalgemiddelde 'schadelijke temperatuur' (boven 21,5°C) van de deelgebieden bepaald en wat de bijdrage daarin is van de bebouwing (zie onderstaande tabel).

deelgebied	UHI (°C)	% van de temperatuur boven 21,5 °C verklaard door gebouwde omgeving
oost	2,75	46 %
midden	2,94	48 %
west	1,90	37 %

Uit de methodiek blijkt hier vooral de verhouding grijs-groen in de deelgebieden doorslaggevend te zijn voor het UHI-effect (zie volgende afbeelding).



De etmaalgemiddelde UHI wordt vertaald in de hitte-index (onderstaande tabel), die de potentiële gezondheidsrisico's aangeeft. Daarbij zijn kwetsbare bevolkingsgroepen en de mogelijke bescherming daarvan verder niet beschouwd (bedrijventerrein).

deelgebied	UHI (°C)	hitte-index	categorie	duiding
oost	2,75	0,87	III	onacceptabel extra risico voor gehele bevolking (vergelijkbaar met overschrijding alarmdrempel ozon)
midden	2,94	0,89	III	onacceptabel extra risico voor gehele bevolking (vergelijkbaar met overschrijding alarmdrempel ozon)
west	1,90	0,57	I	acceptabel beperkt extra risico door bebouwingsinvloed (acceptabel tot 25 dagen per jaar)

De etmaalgemiddelde UHI is ook te bepalen voor de verschillende klimaatscenario's, in onderstaande tabel uitgedrukt ten opzichte van de risico's in ruraal gebied (=100).

klimaatscenario (De Bilt)	cumulatief risico per jaar ('91-'10)	cumulatief risico per jaar (o.b.v. '31-'50)	cumulatief risico per jaar (o.b.v. '31-'50)	cumulatief risico per jaar (o.b.v. '31-'50)	cumulatief risico per jaar (o.b.v. '31-'50)
		G _L	G _H	W _L	W _H
ruraal	100	111	128	136	164
oost	272	292	319	336	392
midden	283	303	333	350	408
west	217	236	261	275	322

Met de UCAM-methodiek kan vervolgens globaal het effect van adaptieve maatregelen worden bepaald op het niveau van deelgebieden of wijken, voor zover deze ook in de methodiek worden meegenomen, zoals verhoging van het percentage groen of een combinatie van maatregelen zoals x% extra groen + y% hogere albedo.

Droogte

De mogelijkheden om droogte in beeld te brengen zijn nog beperkt, zeker in vergelijking met de tools die beschikbaar zijn voor wateroverlast en hitte. Voor de berekening van droogte zijn geen tools bekend, anders dan met hydrologische modellen van het (grond)watersysteem, zoals het Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI). Daar komt bij dat de klimaatreeksen van het KNMI (nog) niet geschikt zijn voor het doorrekenen van de klimaateffecten van droogte, omdat alleen de neerslagintensiteit op basis van historische neerslagpatronen is getransformeerd en hier geen verandering van de tussenliggende perioden zonder neerslag zit.

Mogelijk is ook het IMAGO grondwatermodel van de Achterhoek (van WRIJ, Vitens en Provincie Gelderland) te gebruiken voor bepaling van de gevolgen van de verschillende klimaatscenario's voor de GLG (Laagste), GVG (Voorjaars) en GHG (Hoogste). Voor gebruik van het grondwatermodel voor dit doel kunnen grondwaterpeilbuisgegevens in de stedelijke en landelijke omgeving vanuit de hele regio worden gebruikt voor validatie van het model.



Een andere mogelijkheid om huidige/ recente droogte in beeld te brengen, is het gebruik van satellietwaarnemingen. Hiermee kan informatie over bodemvocht worden weergegeven. Diverse leveranciers bieden dergelijke producten aan (zie STOWA [publicatie 2016-17](#), Verkenning remote sensing producten voor het waterbeheer, blz.13).

De belangrijkste beschikbare bron voor de gevolgen van droogte in de regio is het hoofdrapport 'Zoetwatervoorziening Oost Nederland, Gevolgen van droogte voor het waterbeheer' (Tauw, oktober 2012). Deze gevolgen kunnen op verschillende manieren in beeld worden gebracht, namelijk:

1. verminderde zomerafvoer van waterlopen
2. toename van het areaal met droogvallende waterlopen
3. daling of stijging van de grondwaterstanden
4. verandering van de kwel of wegzijging.

Oppervlaktewaterkwaliteit en ruimtelijke kwaliteit

De verminderde zomerafvoer van waterlopen (1) en de toename van het areaal met droogvallende waterlopen (2) geven een indicatie voor de locaties waar knelpunten kunnen (gaan) optreden voor de waterkwaliteit en de ruimtelijke kwaliteit van de bebouwde omgeving. Afname van de waterafvoer en uitzakken van waterpeilen vergroot de effecten van verontreinigingsbronnen (bodemslib, overstortingen, afspoeling van honden- en vogelpoep), versterkt de opwarming van het oppervlaktewater en vergroot de kans op algenbloei, vissterfte, botulisme, etc.. De droogte valt bovendien veelal samen met perioden van hoge gemiddelde (lucht)temperaturen (veel verdamping), wat de negatieve effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit vergroot. Singels en vijvers met bijvoorbeeld een vies laagje water, algenbloei, droogvallende taluds of stinkende sliblaag hebben ook een negatief effect op de ruimtelijke kwaliteit. Voor de waterkwaliteit en de omgevingskwaliteit heeft volledige droogval van waterlopen de voorkeur boven ondiepe waterstanden en natte bodems. Dit vraagt om (tijdige) inrichtingsmaatregelen die hier rekening mee houden en aangepast (peil)beheer van het oppervlaktewater in de bebouwde omgeving.

Kwaliteit van het groen en hitte

De daling van grondwaterstanden (3) en vermindering van de kwel (4) geven een indicatie voor de locaties waar knelpunten kunnen (gaan) optreden voor de groenvoorzieningen. Bij een geleidelijke verandering van de grondwaterstanden is de verwachting dat de wortels van veel groenvoorzieningen zich daar tot op zekere hoogte op kunnen aanpassen. Bij toename van het aantal keren dat grote droogte optreedt, kan dit de weerstand van groenvoorzieningen aantasten en het groen bevattelijker maken voor ziektes. Daarnaast kunnen de gemiddeld hogere temperaturen en verschuiving van bloeitijden de kwaliteit van het groen aantasten, bijvoorbeeld als gevolg van uitheemse ziekten en plagen. Warmte-minnende soorten doen het de laatste 20 jaar beter in Nederland.

Door toename van het vochttekort in de bodem neemt de verdamping vanuit de bodem en via het groen af (de huidmondjes van het blad sluiten zoveel mogelijk), waardoor hittestress toeneemt.

Bij groot vochttekort, zoals in augustus 2003, beginnen planten en bodem eerder aan hun winterrust. Dat doen ze door rijpe vruchten, bast en blaadjes te laten vallen ('vroege herfst'). Het groen verzwakt hierdoor wel iets, maar het zou veel erger zijn zonder vroege herfst. Dan zouden planten en bomen water naar de blaadjes blijven sturen en van binnen uitdrogen en dood gaan. Naast de afname van de verdamping, zal de vroegtijdige bladval leiden tot minder schaduwwerking, waardoor de hittestress in de bebouwde omgeving flink kan toenemen.

Grondwateroverlast

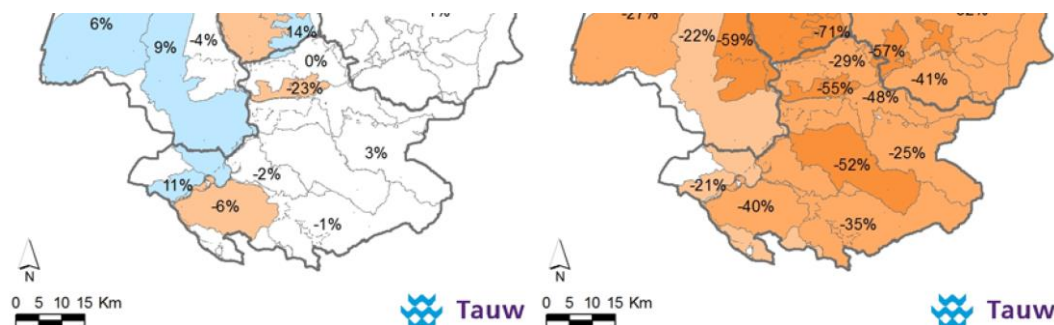
Het thema grondwateroverlast past niet bij droogte, maar sluit wel aan op de hieronder in beeld gebrachte gevolgen van klimaatverandering voor de grondwaterstand. De toename van de gemiddeld hoogste/representatieve grondwaterstand (GHG / GRG) of de gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG) kunnen samen met de verwachte toename van neerslagintensiteiten in de winter, leiden tot een toename van grondwateroverlast. De stijging van grondwaterstanden (3) geeft een indicatie voor de locaties waar knelpunten kunnen toenemen of gaan optreden.



Hieronder volgt een toelichting op vier manieren om droogte in beeld te brengen.

1. Verminderde zomerafvoer van waterlopen

Onderstaande afbeelding geeft de verwachte vermindering van de zomerafvoer aan voor het jaar 2050 in het klimaatscenario G en klimaatscenario W+ (volgens KNMI klimaatscenario's 2006). Bij het klimaatscenario G blijft de afname beperkt tot circa 6% in het zuidwesten van de regio, bij het klimaatscenario W+ is de afname veel groter, van 25% tot 55%!



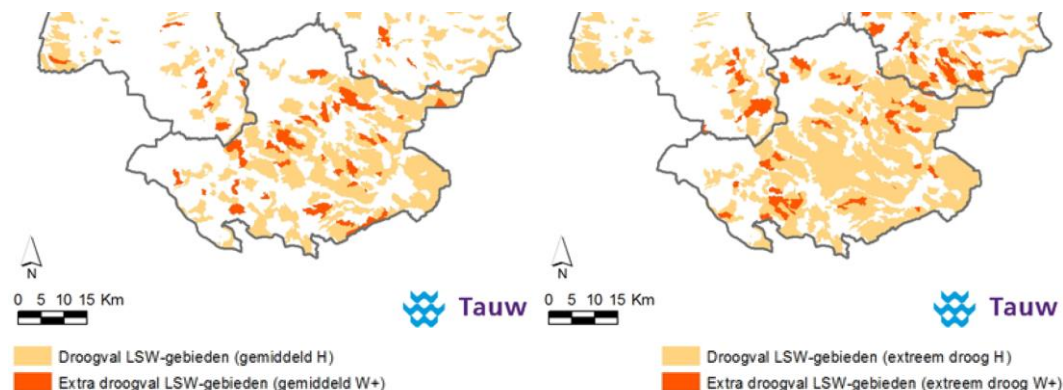
Verandering zomerafvoer in gemiddeld jaar bij klimaatscenario G 2050 (links) en W+ 2050 (rechts)

2. Toename van het areaal met droogvallende waterlopen

Onderstaande afbeelding geeft een indicatie van de verwachte toename van het areaal met droogvallende waterlopen in het klimaatscenario W+ voor 2050 (rode gebieden) ten opzichte van de huidige situatie (lichtbruine gebieden) voor een gemiddeld droog jaar (linker afbeelding) en een extreem droog jaar (rechter afbeelding). Daarbij wordt opgemerkt dat het proces van droogval met het gebruikte NHI-model beperkt kan worden gesimuleerd. Als uitgangspunt is gesteld dat bij een waterdiepte van minder dan 10 cm droogval optreedt.

In de regio Achterhoek+ treedt tussen de beekdalen in de huidige situatie al veel droogval op (lichtbruine gebieden). Wat opvalt is dat voor een gemiddeld droog jaar de toename van het areaal met

droogvallende waterlopen groter is dan in een extreem droog jaar (waar al veel van deze waterlopen ook al in de huidige situatie droogvallen).



Toename van het areaal met droogvallende waterlopen bij klimaatscenario W+ 2050 (rode gebieden) t.o.v. huidige situatie (lichtbruine gebieden) voor gemiddeld droog jaar (links) en extreem droog jaar (rechts)

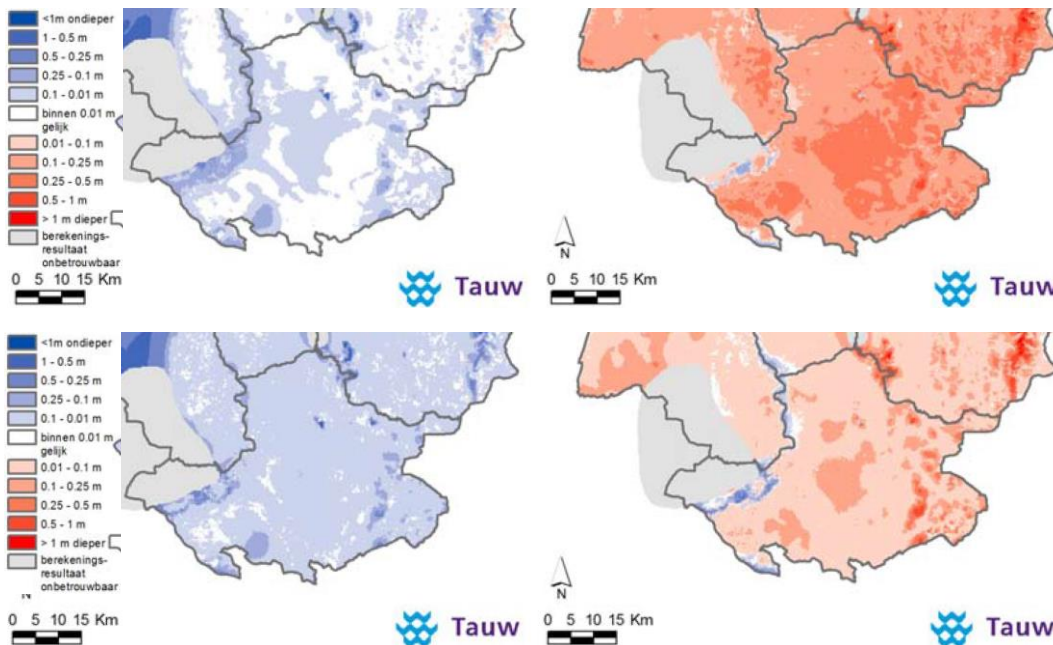
Bij klimaatscenario W+ 2100 neemt het potentiële verdampingsoverschot in de zomer met een factor 2 toe ten opzichte van 2050 en wordt daarmee circa 4 keer zo groot als in het huidige klimaat. De basisafvoeren in de vrij afwaterende gebieden zullen verder afnemen, met als gevolg peildalingen en droogval die langduriger en grootschaliger zijn dan in 2050. Waarschijnlijk treedt hierbij geen verdubbeling op van de klimaateffecten in 2050 omdat de actuele verdamping in uitgedroogde stroomgebieden belangrijk afneemt. Dit effect is al te zien in een extreem droog jaar in 2050.

3. Daling of stijging van de grondwaterstanden

De afbeeldingen hieronder geven de berekende effecten op de GLG en de GVG bij klimaatscenario's G en W+ voor het jaar 2050. De effecten op de GHG zijn in het algemeen 1 tot 5 cm groter (=natter) dan op de GVG.



Bij klimaatscenario G (2050) wordt het winterseizoen circa 4% natter en neemt ook het neerslagoverschot op jaarbasis toe. Hierdoor wordt de GVG in vrijwel de hele regio 1 tot 10 cm hoger (afbeelding linksonder). De verandering voor de GLG is nog kleiner. Bij het W+ 2050 scenario zijn de gevolgen voor de GLG en GVG een stuk groter. De daling van de GLG is in grote delen van de regio groter dan 25 cm.

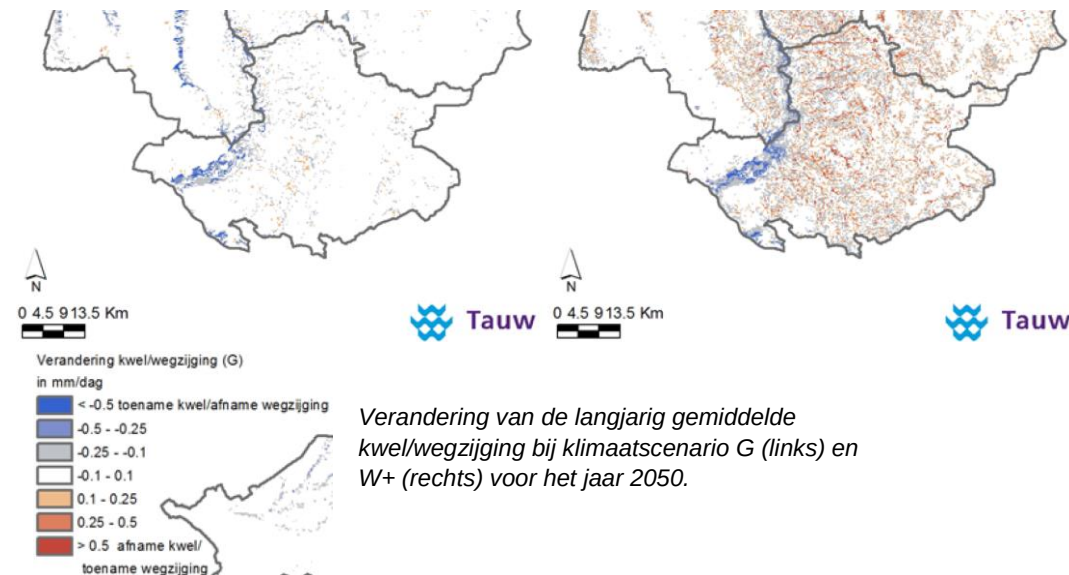


Verandering van de GLG (boven) en GVG (onder) bij klimaatscenario G 2050 (links) en W+ 2050 (rechts)

4. Verandering van de kwel of wegzijging

Met het NHI kan de langjarig gemiddelde kwel door de deklaag worden berekend. Het model heeft echter onvoldoende detailniveau om te beoordelen of deze kwel de wortelzone kan bereiken. Op basis van een drempelwaarde van 0,5 mm/dag wordt een indicatie verkregen over de beschikbaarheid van kwelwater in de wortelzone.

De afbeelding hieronder geeft de berekende verandering van de langjarig gemiddelde kwel/wegzijging aan. Bij klimaatscenario G 2050 (linker afbeelding) treedt zowel een beperkte toename van kwel / afname van wegzijging (met 0,1 tot 0,25 mm/dag) als een beperkte afname van kwel / toename van wegzijging (met 0,1 tot 0,25 mm/dag) op. Bij klimaatscenario W+ 2050 (rechter afbeelding) neemt de kwel naar de drainerende beekdalsystemen af als gevolg van het lagere (gemiddelde) neerslagoverschot. Volgens de modelberekeningen treedt er echter geen omslag van kwel naar wegzijging op in deze lokale watersystemen.



Verandering van de langjarig gemiddelde kwel/wegzijging bij klimaatscenario G (links) en W+ (rechts) voor het jaar 2050.

5.6 Vergroten waterbergend vermogen van bodem in bebouwd gebied

Hitte is te bestrijden door verkoeling. Dat kan in stedelijk gebied door groen. Zoals hierboven ook beschreven onder 'Kwaliteit van het groen en hitte' verdwijnt de stedelijke koeling als er onvoldoende water is om het groen blijvend groen te laten zijn. In gebieden met diep grondwater, waar dit door de klimaatverandering verder weg



zakt, zal tijdens droogte alleen geïnfiltreerd regenwater als bodemvocht voorradig zijn.

Vergroot serieus de sponswerking van de stedelijke bodem en infiltreer regenwater en sla dat in de bodem op. Bijvoorbeeld door gebruik te maken van ondergrondse, natuurlijke bassins, waar niet-doorlatende lagen zijn. En onderzoek grondig de mogelijkheden voor bodem-verbeterende maatregelen in bebouwd gebied. In het landelijke gebied worden [onderzoek](#) en pilots uitgevoerd naar het waterbergend vermogen van de bodem in relatie tot (o.a.) het gehalte organische stof. Wellicht nog meer dan in landelijke gebied, is in bebouwd gebied sprake van 'verwoestijning' van de bodem door verstening en gebrek aan aanvoer van organische stoffen.

5.7 Meer informatie en inspiratie

Deze module gaat niet in op de veelheid van mogelijke technische, juridische, financiële en communicatie maatregelen. Hier zijn vele websites, boeken en rapporten over verschenen. Voorbeelden van (fysieke) maatregelen zijn te vinden op:

- [Groenblauwe netwerken](#), met vele maatregelen gerelateerd aan water, hitte, droogte, biodiversiteit, stadslandbouw, luchtkwaliteit energie en sociaal-maatschappelijke en economische waarde, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- [Klimaatadaptatie app \(in het Engels\)](#) met maatregelen tegen overstroming, regenwateroverlast, grondwateroverlast, droogte en hitte bij nieuwe ontwikkelingen of inbreidingen, incl. selectiemogelijkheden voor lokale fysieke omstandigheden.
- [Heat Island Compendium](#) (in het Engels), reducing Urban Heat Islands, Compendium of Strategies, EPA (Environmental Protection Agency, oktober 2008.

Op twee websites zijn via een kaart ook vele voorbeelden van en informatie over uitgevoerde adaptatiemaatregelen te vinden, namelijk:

- op het [Kennisportaal ruimtelijke adaptatie](#) in Nederland,
- en op de [ClimateScan](#) in binnen- en buitenland.

Op beide websites kunnen gemeenten en waterschap ook hun eigen projecten (respectievelijk) doorgeven of zelf invoeren.



6 Module E – Schadegevoeligheid

6.1 Waarom deze module – relatie met andere modules

De gevolgen van neerslag, hitte en droogte verschillen per locatie en mogelijk ook in tijd. De kwetsbaarheid wordt bepaald door de blootstelling enerzijds en de schadegevoeligheid anderzijds. Deze module bespreekt de mogelijkheden om de schadegevoeligheid in beeld te brengen. Dit kan zowel met behulp van rekenmodellen als door de verzameling van (meet)gegevens. Deze schadegevoeligheid wordt meestal uitgedrukt in euro's directe schade, aantallen ziekmeldingen, ongevallen of sterfte, productieverlies in euro's, kwaliteitsverlies van groen, etc. bij een bepaalde blootstelling. In veel gevallen zal het bepalen van de potentiële (financiële) schade (de baten) alleen interessant zijn als de uit te voeren maatregelen om deze schade te voorkomen, heel kostbaar zijn, waardoor een uitgebreider onderbouwing van de investeringen nodig is.

De schadegevoeligheid geeft samen met de zogenaamde 'blootstelling' volgens 'Module C Extreme neerslag' en 'Module D Hitte & Droogte', een indicatie van de kwetsbaarheid van de betreffende omgeving. Hiermee kunnen benodigde investeringen voor adaptatiemaatregelen beter worden onderbouwd.

6.2 Gevolgen van regenwateroverlast

Het grootste deel van de (verzekerde en geclaimde) schade door water in Nederland is het gevolg van lekkende kranen, CV-ketels, badkamerafvoeren, etc. Een relatief klein deel van de (verzekerde) schade is het gevolg van extreme neerslag. Daarvan ontstaat de meeste schade door lekkende dakgoten, verstopte afvoeren of openstaande ramen van gebouwen. Een kleiner deel wordt veroorzaakt door water dat de gebouwen intreedt vanaf straat of via

lozingstoestellen (toilet) op de begane grond. De laatste jaren zijn echter meer schadebedragen in de top 10 van de grootste gebeurtenissen voor schadeverzekeraars gedrongen. Het verbond van Verzekeraars verwacht dat de uit te keren schadebedragen als gevolg van klimaatverandering met 139% (dus niet met 39%) zal toenemen. Het inzicht in de oorzaken van de geclaimde schade bij extreme neerslag is vooralsnog gering.

Waterschadeschatter (€)

De waterschadeschatter is een online model om schade door inundatie in te schatten, ontwikkeld in opdracht van STOWA door Nelen & Schuurmans, die deze online tool tevens beheren. (<http://www.stowaportaalwateroverlast.nl/>).



Het resultaat van de schade berekeningen is in tabel en op kaart in Google Maps weer te geven.

Aandachtspunten bij de huidige versie voor het bebouwde gebied zijn:

- schade aan souterrains/kelders wordt niet meegenomen omdat deze vaak niet bekend zijn,
- schade door hoge grondwaterstanden wordt niet meegenomen,
- directe en indirecte schade aan huizen, hoofdwegen, verdeelkasten, transformatorhuisjes, etc. worden niet goed meegenomen (vaak onderschatting),
- vitale infrastructuur (elektra, gemalen) zit er niet gedetailleerd in,
- de waterschadeschatter geeft geen schade aan auto's, slachtoffers / verdrinking.

Voor een betrouwbaarder bepaling van in schade in bebouwd gebied is veel gedetailleerde informatie nodig over de fysieke omgeving.

Het is mogelijk om zelf gedetailleerder landgebruikstypen in bebouwd gebied te specificeren en daar eigen schadefuncties aan te koppelen, maar het probleem is dat beschikbare (verzekerde)



schadebedragen geen goed beeld geven van de totale materiële en immateriële schade als gevolg van regenwateroverlast dat van maaiveld of via lozingstoestellen op de begane grond de gebouwen indringt.

De ontwikkelaar wil de waterschadeschatter verder ontwikkelen (zie kader), ook om deze beter geschikt te maken voor bebouwd gebied, met nadere verfijning van stedelijke functies en bijbehorende schadefuncties. Stichting RIONED en STOWA hebben hier (nog) geen concrete plannen voor. Mogelijk dat dit een impuls krijgt vanuit de onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad van het Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK-KBS).

Achtergrondinformatie

Wensen voor inhoudelijke verbeteringen zijn:

- nauwkeuriger bepaling schade in stedelijk gebied
- vitale infrastructuur gedetailleerder er in (elektra gemalen)
- optimaliseren benutting waterberging in polders met RTC op basis van Waterschadeschatter
- visualisatie verbeteren (kaart)
- bekijken resultaten mogelijk maken
- updates landbouw en prijspeil
- grondwateroverlast bij een herhalingsstijd groter dan 10 jaar
- nadere verfijning van stedelijke functies en bijbehorende schades
- schade bij extreme kortdurende neerslag
- meer/hogere waterdieptes
- makkelijker kunnen variëren in landgebruik
- ook inundatiediepte kunnen opgeven, naast waterdiepte in NAP
- geografisch de resultaten laten zien
- standaard ook meer dan 40 cm inundatie goed doorrekenen.

Economische illustratie (€)

De 'Economische illustratie' is een project van Amsterdam Rainproof om inzicht te krijgen en geven in de mogelijke kwantitatieve en kwalitatieve schade, effectiviteit van maatregelen, investerings- en beheerkosten bij het meekoppelen van rainproof maatregelen bij fysieke veranderingstrajecten in Amsterdam.

De methode is er op gericht om tot een stadsbrede schade indicatie te komen als gevolg van een bui van 60 mm in 1 uur. Het resultaat is een kwalitatief inzicht in de verdeling van schade, baten en kosten voor zes belangengroepen:

- bewoners,
- bedrijven,
- woningcorporaties,
- overige vastgoedeigenaren,
- gemeente,
- en netbeheerders.

Voor de methode is een apart schademodel ontwikkeld door Tauw, naast de Waterschadeschatter.



Schade aan de volksgezondheid

Naast lichamelijke gezondheidsklachten hebben de psychische effecten van regenwateroverlast vanaf openbaar terrein naar de eigen woning vermoedelijk ook een belangrijke negatieve invloed op de gezondheid. De grootste kans op het optreden van regenwateroverlast is tijdens de zomermaanden. Getroffen bewoners kunnen spanning op hun vakantie ervaren, en volgen het Nederlandse weerbericht, vanwege de vrees dat bij terugkomst de boel weer blank heeft gestaan. Of bewoners durven zelfs niet meer op vakantie te gaan. Het woongenot kan ingrijpend worden aangetast. Uit onderzoek naar vergelijkbare gezondheidseffecten van overstromingen blijkt dat bij herhaling de gezondheidsklachten langer aanhouden.

Ook kan ernstige stress worden ervaren nadat wateroverlast is opgetreden, met bouwers voor herstelwerkzaamheden in de woning, met verzekeraars voor uitkering van de schade en met de overheid (gemeente en evt. waterschap) om herhaling te voorkomen. Deze stress kan in belangrijke mate bijdragen aan lichamelijke gezondheidsklachten. Een goede begeleiding en ondersteuning na opgetreden wateroverlast kan een groot deel van deze klachten en daarmee samenhangende kosten voorkomen.

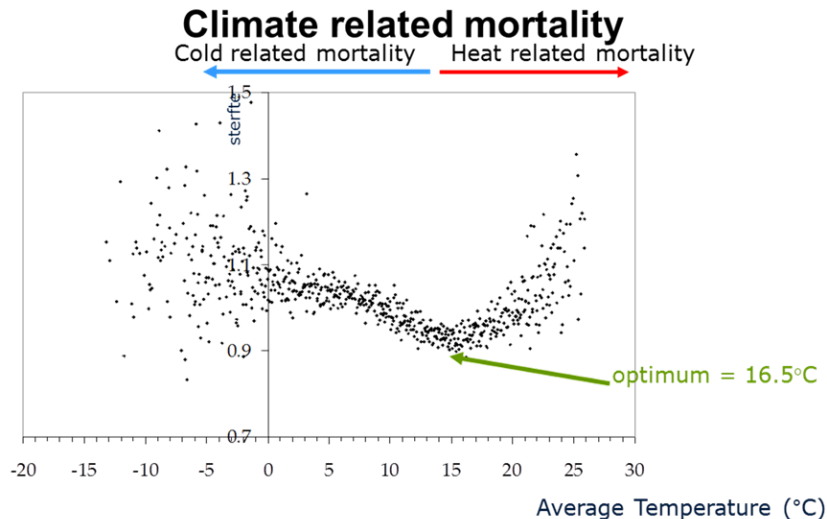


6.3 Hitte

Gemiddelde dagtemperatuur

Mortaliteit (overlijden)

Hitte heeft diverse gevolgen. Het meest vergaande gevolg is sterfte. Onderstaande afbeelding geeft het effect op de mortaliteit als relatie tussen de gemiddelde dagtemperatuur en oversterfte in Nederland (Bron: Heat strain in elderly during heat waves in The Netherlands, presentatie Hein Daanen, 2011, naar Huynen et al, 2001).



Dat het een serieus probleem is, blijkt wel uit de volgende cijfers.

- De sterfte tijdens een hittegolf kan met 12% toenemen, ofwel 40 extra doden per dag (Huynen et al., 2001).
- Het [CBS](#) geeft aan dat het aantal geschatte extra overledenen per graad temperatuurstijging 23 tot 39 bedraagt (31 ± 8).
- 2003: Tijdens de hittegolf in 2003 zijn in Nederland 1.400 tot 2.200 mensen vroegtijdig overleden (Garssen et al., 2005, zie ook artikel in [Stadswerk, zie link](#)). Niet alleen in Nederland, maar ook in andere landen in West-Europa, vooral in Frankrijk (Parijs).
- 2006: De hittegolf in juli 2006 leidde in Nederland tot 1.000 meer doden dan gemiddeld in een juli maand (UNISDR, 2007, zie ook artikel in [Trouw, zie link](#)).
- 2010: In de periode van 23 juni tot 12 juli 2010 overleden in Nederland 500 meer mensen dan normaal in deze periode (zie artikel van [CBS, zie link](#)).

Naar aanleiding hiervan is een nationaal hitteplan opgesteld door o.a. RIVM en sindsdien (2007) treedt bij aankomende hittegolven het hitteplan in werking. De maatregelen tegen sterfte als gevolg van hitte richten zich primair op gedrag (drinken, kleding) en koeling van gebouwen (ventilatie, zonwerkingen, cool roofs). Er is alleen een indirecte relatie met de waterhuishouding via groenvoorzieningen en verdamping voor verlaging van de luchttemperatuur.

Wat uit voorgaande afbeelding ook duidelijk volgt, is dat veel mensen overlijden bij koude. Waar bij hitte dit effect vooral optreedt in de eerste paar dagen van een hittegolf, duurt voortijdige sterfte bij koude gedurende de hele periode voort, waardoor uiteindelijk meer mensen door koude overlijden. Daarbij wordt opgemerkt dat de oorzaken van dit overlijden wel heel anders zijn (griep) dan bij hitte. Maatregelen tegen hitte mogen dus niet leiden tot verlaging van de temperatuur in koude perioden!

Morbiditeit (ziekenhuisopname)

Voor het Verenigd Koninkrijk is aangetoond dat per °C boven 18°C de ziekenhuisopname met 0,36% stijgt. Het is een aanname dat deze relatie ook voor Nederland is te gebruiken. Echter, uit verschillende studies over toename van ziekenhuisopnames tijdens hittegolven blijkt een grote bandbreedte (WHO, 2009). Deze aanname is dus

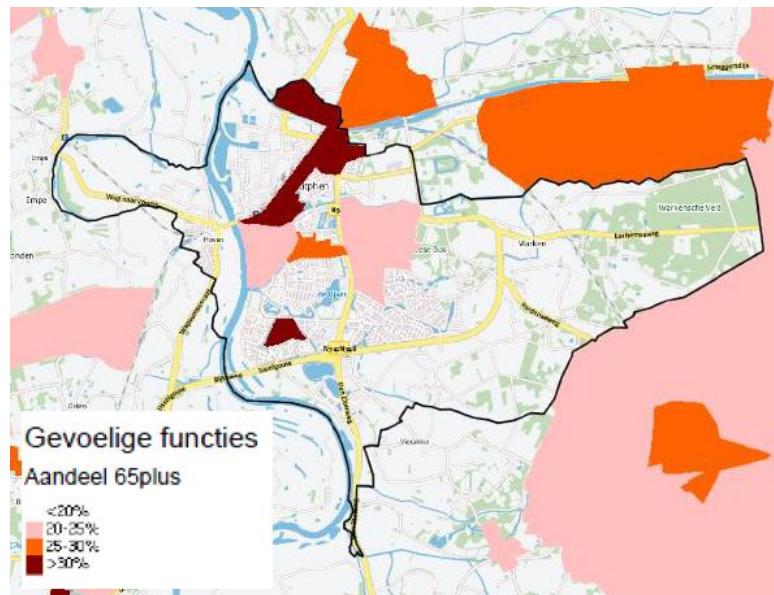


onzeker. In Nederland is het aantal ziekenhuisopnames per dag circa 11.000 (2.838 per 10.000 inwoners, bron CBS). De gemiddelde kosten van een ziekenhuisopname in 2010 waren € 4.975 (Ernst and Young, 2011). Uit combinatie van deze gegevens met de gemiddelde dagtemperaturen nu en onder de verschillende klimaatscenario's, volgen de extra kosten van morbiditeit.

Bron: 'Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied', Deltares, rapport 1205463-000-BGS-0003, maart 2012.

Nachten temperatuur

Het aantal nachten boven een bepaalde luchttemperatuur heeft een relatie met zowel de gezondheid (zie ook voorgaande relatie mortaliteit) als de arbeidsproductiviteit. Voor de relatie met gezondheid/sterfte kunnen kaarten met het aantal nachten met minimumtemperatuur boven de 20°C (bron: Klimaat-effectatlas) worden gecombineerd met onderstaande kaarten met het aantal inwoners ouder dan 65 jaar.



Aandeel van de bevolking ouder dan 65 jaar (bron: [Klimaat-effectatlas](#))

Hoge nachttemperaturen hebben ook invloed op het slaapcomfort. Dit uit zich in vaker ontwaken, langere waakperiodes en meer beweging tijdens de slaap. Waarschijnlijk geldt dit voor alle bevolkingsgroepen/-leeftijden, maar tot nu toe is vooral onderzoek gedaan naar het effect op de nachtrust van ouderen.

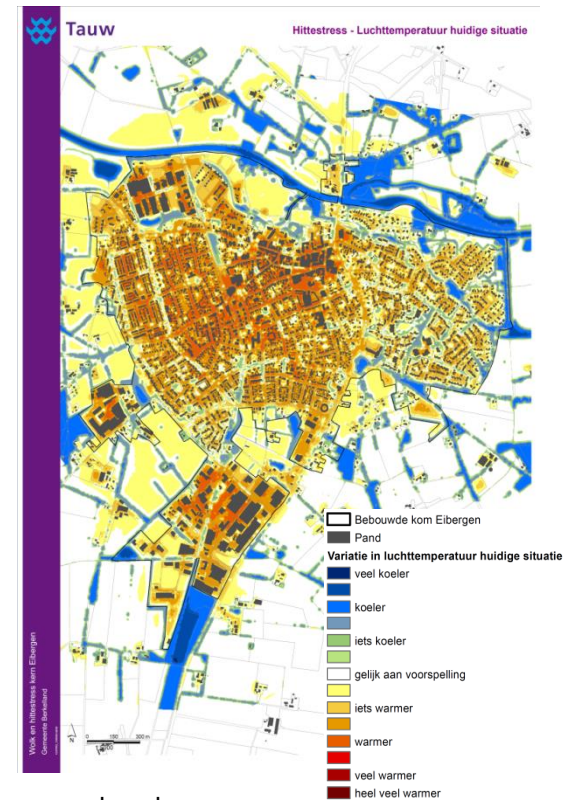
Maximale dagtemperatuur

Een andere tool om de effecten van hitte in beeld te brengen is met een zogenaamde 'hittestresskaart'. Deze kaart geeft het verschil in temperatuur t.o.v. de landelijke omgeving aan, tijdens een hittegolf rond 15:00 uur (zie voorbeeld voor huidige situatie in Eibergen, Berkelland).

De kaart geeft een indicatie van de relatief kwetsbare locaties en kan een handige 'praatplaat' zijn om het probleem bespreekbaar te maken en kansen in de stad te zien.

De modelberekeningen zijn gebaseerd op bodemgebruik, instraling zon, grond, daken en muren en de lokale effecten van oppervlaktewaterwater en groen. Inzicht in de effecten van maatregelen is beperkt tot bovengenoemde zaken waar het model op is gebaseerd, zoals het vergroenen van de stad (maar niet bijv. kleur van daken en gevels of windcorridors) en het effect daarvan op de middagtemperatuur.

De maximale dagtemperatuur is een indicatie voor het verlies aan arbeidsproductiviteit. FNV Bondgenoten geeft in 2006 aan dat circa 1,5 miljoen werknemers in Nederland te maken heeft met extreme hitte. Het betreft dus een groot deel van werknemers in alle





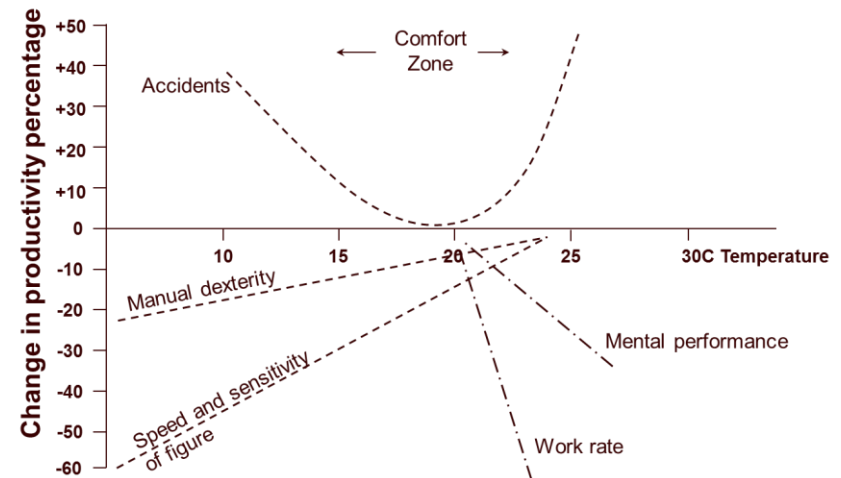
bedrijfstakingen, ook gevestigd in steden. Een van de belangrijkste aanpassingen is de reductie van het werktempo en het terugbrengen van de werktijd. Er is nog weinig 'gecontroleerd onderzoek' naar het productiviteitsverlies. In een onderzoek is geconstateerd dat oudere werknemers de werktijd terugbrachten tot 25% van de rusttijd om zo in thermisch acceptabele condities te blijven. Dit illustreert de impact op arbeidsproductiviteit.

Bronnen: 1) De invloed van hitte op de gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam, TNO, rapport TNO-DV 2010 D248, september 2010, 2) Kennismontage Hitte en Klimaat in de Stad, Kennis voor Klimaat, rapport TNO-060-UT-2011-01053, mei 2011.

Een analyse van de resultaten van een aantal objectieve onderzoeken naar de relatie tussen productiviteit en temperatuur in kantoren, leverde de volgende gemiddelde relatie (zie onderstaande afbeelding).

Bron: Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment, O. Seppänen, W. Fisk, Q. Lei, juli 2006.

Hieronder is een vergelijkbare relatie tussen de arbeidsproductiviteit ('Work rate' in afbeelding) en de (lucht)temperatuur aangegeven, waarbij het optimum rond 20°C ligt.

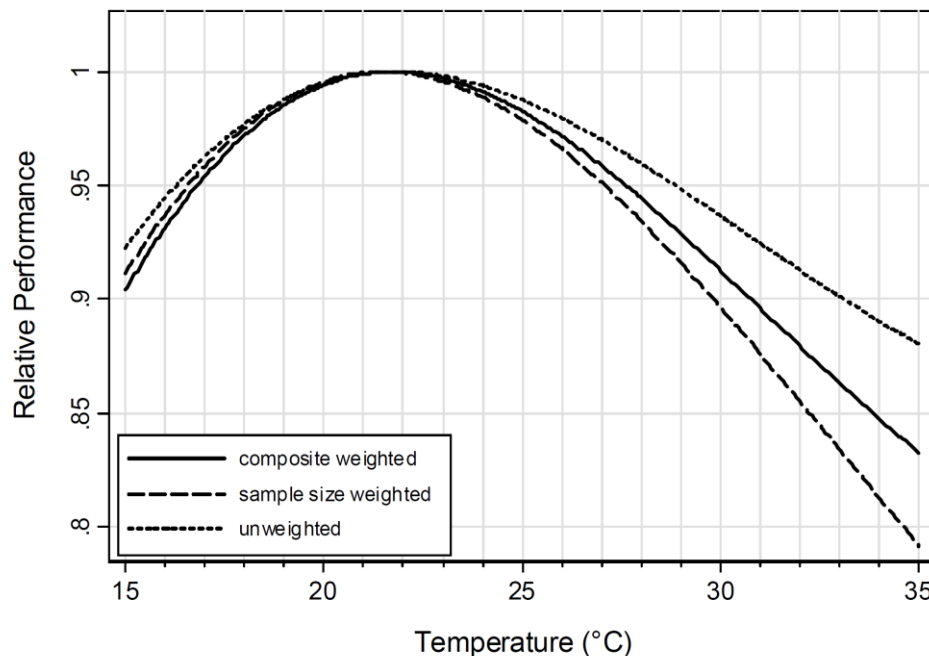


Source: Wyon 1986, CIBSE, 1999

Uit beide afbeeldingen volgt een indicatieve vermindering van de arbeidsproductiviteit met 1 tot 2% per °C boven de circa 20°C.

Naast verminderde arbeidsproductiviteit, neemt door concentratieverlies bij hoge temperaturen de kans toe op letsel/schade door ongevallen. Voor bepaalde beroepen is dit bijzonder gevaarlijk, ook voor de omgeving. De publicatie 'Hittestress op de werkplek' van de Gezondheidsraad (november 2008) geeft aan dat de waakzaamheid afneemt bij temperaturen vanaf 27°C WBGT ('Wet bulb globe temperature'), terwijl boven 23°C WBGT het aantal onveilige handelingen toeneemt. Veranderingen in het mentale functioneren treden eerder op dan fysieke effecten. WBGT-index is een maat voor de omgevingswarmte, samengesteld uit drie temperatuurmetingen voor luchttemperatuur (droge bol temperatuur), voor luchtvochtigheid en luchtsnelheid (natuurlijke natte bol temperatuur), en voor stralingswarmte (zwarte bol temperatuur).

Op de [website](#) van Arbobondgenoten is de FNV hittestress calculator te vinden.





6.4 Droogte

De mogelijke schade in bebouwd gebied bestaat uit:

- vermindering waterkwaliteit (lage waterstand, opwarming water, minder zuurstof),
- toename irrigatiebehoefte groen, afname weerstand groen,
- versterking hittestress, met vergroting van gevolgschade
- vermindering kwaliteit leefomgeving (droogvallende wateren, verdorring, stankoverlast, drijfslagen),
- verstopping droogvallende drainagebuizen die normaal onder grondwatervlakte liggen,
- uitval van elektriciteitsnetwerken (in samenloop met hitte).

Schades zoals maaiveldafval, grondwateronderlast (funderingsschade) en zakkingschade aan infrastructuur zijn voor de regio Achterhoek⁺ van ondergeschikt belang.

Hieronder volgt een toelichting op een aantal manieren waarop de schade door droogte kan worden bepaald. Er is relatief weinig informatie beschikbaar over de schade door droogte in de bebouwde omgeving, anders dan funderingsschade. onderstaande informatie is grotendeels gebaseerd op de publicatie 'Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied', Deltares, rapport 1205463-000-BGS-0003, maart 2012.

Afname weerstand groen

Uitval van bomen en struiken is in potentie de grootste schadepost bij droogte. Als voor stedelijk groen de droogteschade vergelijkbaar is met de landbouw bij het W+ scenario in 2050, zal de droogteschade voor stedelijk groen in de vorm van uitval met circa 10% toenemen. Nationaal gezien betekent dit al gauw om enkele miljoenen euro's per jaar. Deze schade is te verminderen door nu al bij de beplantingskeuze rekening te houden met de gewijzigde groeiplaatsomstandigheden, door bijvoorbeeld aanplant van soorten die nu al in Nederland groeien, maar afkomstig zijn uit zuidelijker streken. Ook grasstroken kunnen lager worden aangelegd, waardoor het regenwater hier in kan stromen en in de bodem kan infiltreren. Zo wordt de aanvulling van het bodemvocht vergroot en de kans op

verdorde grasvelden en daarmee verminderde ruimtelijke kwaliteit verkleind.

Ziekten en plagen kunnen een grote schadepost worden. De voorspelbaarheid daarvan is lastig en mogelijk niet volledig toe te schrijven aan klimaatverandering. Herhaaldelijk optreden van droogte en vroegtijdige bladval heeft ook effect op de weerstand van bomen.

Tegenover zo'n verschuiving naar meer droogtebestendige soorten, staat de behoefte aan groen dat meer verdampt om de hitte in de stad te temperen. Meer verdamping onder warme omstandigheden betekent niet alleen een grotere behoefte aan water maar ook een grotere uitval ingeval dat water ontbreekt. Uit dit voorbeeld blijkt het **belang van een samenhangende adaptatiestrategie, die de effecten en aanpak van extreme neerslag, hitte en droogte (incl. brandgevaar en waterkwaliteit) integraal beschouwt.**

Toename irrigatiebehoefte

De kosten van het extra watergebruik door particulieren is gering. Gemeenten maken wel extra kosten voor de irrigatie van groen. Waarschijnlijk vallen de kosten hiervan onder de reguliere beheerskosten en daardoor niet afzonderlijk bekend. Door irrigatie zal een groot deel van bovengenoemde schade door uitval kunnen worden voorkomen.

Verstopping droogvallende drainagebuizen

In gebieden waar ijzerhoudend grondwater wordt aangevoerd naar de drainage betekent een langduriger of frequentere grondwaterdaling tot nabij of zelfs onder de drain dat zich meer ijzeroxiden kunnen afzetten rond de drain en dat wortels in kunnen groeien. Dit bekort de levensduur van de buisdrainage en/of noodzaakt tot een hogere onderhoudsfrequentie.

Uitval van elektriciteitsnetwerken

Bij ondergronds elektriciteitstransport komt warmte vrij. Wanneer hoge voltage kabels boven de grondwaterspiegel komen te liggen, kan onvoldoende warmte worden afgegeven en wordt soms om oververhitting te voorkomen het transport beperkt. Dit kan leiden tot stroomtekort in gebieden tijdens lage grondwaterstanden.



Ook hitte (meestal in combinatie met droogte) kan leiden tot [stroomuitval](#). Dit is bijvoorbeeld in 2015 meerdere malen gebeurd, onder andere in [Amsterdam](#).

6.5 Diverse klimaateffecten

CliCo tool (€)

Met de CliCo tool (Climate Costs) kan **indicatief** worden berekend welke schadekosten kunnen worden voorkomen als een stad aan klimaatadaptatie doet. De tool geeft een indicatie van de door klimaatverandering veroorzaakte schadekosten als gevolg van een overstroming, wateroverlast, droogte en hitte. De tool is ontwikkeld door CAS (Climate Adaptation Services).

De tool is toegepast in o.a. gemeenten Amersfoort (zie afbeelding boven), Haarlem en voor de Stedendriehoek (zie afbeeldingen hieronder).

Bijzonderheden:

- de kans op gebeurtenissen als wateroverlast, hittegolven, droogte en overstromingen wordt onder andere afgeleid uit de [Klimaateffectatlas](#),
- aan de hand van deze categorieën wordt een overzicht gemaakt van de schades die op lokale schaal optreden,
- schades zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd (kans x gevolg), schadefuncties zijn afgeleid uit onderzoek binnen- en buitenland,
- onzekerheden in berekeningen voor situatie na 2050,
- per schadeobject is een hoge en lage schatting van de kostenindicatie gegeven, gebaseerd op beschikbare literatuur.

	Schade door klimaatverandering 2013-2050	Schade bij event
Waterveiligheid	€ 0 - € 13.800.000	€ 2.071.000.000
Wateroverlast	€ 34.300.000	t = 25 bui € 78.800.000 t = 100 bui € 184.400.000
Droogte	€ 5.500.000 - € 42.100.000	x
Hittestress	€ 21.000.000 - € 54.600.000	x
Totaal	€ 60.800.000 - € 144.800.000	

Klik op de klimaateffecten waterveiligheid, wateroverlast, droogte of hittestress voor gedetailleerde informatie.

De kaart rechts kan gebruikt worden om samenvattende gegevens te bekijken voor de drie voornaamste landschapstypen in de gemeente (in ontwikkelingsfase)

Gemeente	Ondergrens schatting	Bovengrens schatting
Apeldoorn	€ 34.000.000	€ 150.000.000
Brummen	€ 4.000.000	€ 44.000.000
Deventer	€ 21.000.000	€ 116.000.000
Epe	€ 6.000.000	€ 48.000.000
Lochem	€ 17.250.000	€ 112.000.000
Voorst	€ 7.000.000	€ 68.000.000
Zutphen	€ 11.000.000	€ 46.000.000
Totaal	€ 100.250.000	€ 584.000.000

Tabel 1: Indicatie van de kosten door klimaatverandering in de periode 2014-2050 per gemeente in de Stedendriehoek

Alliantie	Ondergrens
Natuurlijk	€ 28.000.000
Sociaal	€ 59.000.000
Occupatie/Netwerk	€ 14.000.000

Tabel 2: Indicatie van de kosten door klimaatverandering over de drie alliantie met onder- en bovengrenzen



6.6 Methode voor bepaling minder-meerkosten BAW 2011

Voor de landelijke monitoring van de voortgang van de afspraken volgens het Bestuursakkoord Water 2011 (BAW 2011) moeten tot 2020 de bereikte (structurele) besparingen en behaalde minder-meerkosten in beeld worden gebracht. Tot 2020 is de tijd beperkt om nog besparingen op investeringen te behalen, maar ook na 2020 zijn deze besparingen (minder-meerkosten) belangrijk.

In het landelijk Feitenonderzoek doelmatig waterketenbeheer (maart 2010) wordt voor de riolering een besparing mogelijk geacht van 25% van de jaarlijkse kosten als gevolg van investeringen voor 'nieuwe opgaven', waaronder klimaatadaptatie.

Het rapport 'Feiten en samenwerkingskansen in de regio Achterhoek+' (februari 2013) beschrijft mogelijke besparingen in de afvalwaterketen en winstkansen door samenwerking tussen gemeenten en waterschap in de regio. Eén van de van vijf belangrijke samenwerkingskansen is het omgaan met wateroverlast en klimaatverandering, door met name benutting van elkaars kennis, ervaringen en capaciteit in het samenwerkingsverband.

Uit dat onderzoek in 2012-2013 volgde de indruk dat de klimaatopgaven voor de regio over het algemeen nog niet goed in beeld waren. Dit werd onder andere veroorzaakt doordat de inzichten in de omvang van de verwachte klimaatverandering destijds zeer recent waren (door KNMI in 2014 geactualiseerd en bijgesteld) en de benodigde ontwerpmethoden, gegevens en rekeninstrumenten nog in ontwikkeling zijn (zie 'Module C Extreme neerslag' voor toelichting op rekenmodellen). Het huidige beeld is dat een groot aantal gemeenten hier mee aan de slag is gegaan, met zowel de toepassing van hevige en extreme buien als met het in beeld brengen van de gevolgen daarvan voor de afstroming over en wateroverlast op het maaiveld (zie 'Module C Extreme neerslag'). Deze andere manier van rekenen aan wateroverlast brengt kosten met zich mee voor het gebruik en rekenen met de modellen maar vooral voor het goed op orde krijgen en hebben van alle benodigde invoergegevens, vooral op maaiveld.

Kostenbesparing door vermeden schade

De kostenbesparing kan worden uitgedrukt als de vermeden maatschappelijk (gevolg)schade, door beschouwing van de zwakke schakels in de hele keten van neerslag, berging, afstroming, inloop, infiltratie en afvoer van verschillende typen extreme gebeurtenis ('waar gaat het wanneer fout') en door kwalitatieve inschatting van de (gevolg)schade bij het falen van deze zwakke schakels voor objecten, ruimtelijke functies, vitale netwerken en kwetsbare infrastructuur ('wat zijn de gevolgen daarvan').

Deze module E beschrijft een aantal methoden waarmee de schade van zowel wateroverlast, hitte en droogte in beeld gebracht kunnen worden. Bijvoorbeeld met de CliCo tool is bepaald dat de totale 'klimaat schade' voor Lochem en Zutphen naar schatting tenminste € 28 miljoen bedraagt, gesommeerd over de periode 2013 tot en met 2050.

De vermeden schade over een periode van 50 of 100 jaar is te vergroten door alle kansen voor verbetering te benutten, ook als deze verder gaan dan een (minimale) norm of ontwerpgebeurtenis. Door consequent **'verder kijken dan de norm'** en de doelmatigheid van de extra investeringen daarvan af te wegen, worden de kansen voor het realiseren van een hoger beschermingsniveau benut. Vaak kan voor relatief weinig meerkosten of door keuze voor een ander type maatregel, een substantieel hoger 'veiligheidsniveau' worden bereikt (bijvoorbeeld een waterdichte rand in gevels op laaggelegen locaties, in plaats van aanpassing van riolering en maaiveldprofiel).

Het in beeld brengen van 'de kosten van niets doen' (vermeden schade) betekent geenszins dat hiermee een keuze wordt voorgesteld tussen investeringen voor klimaatadaptatie of schade accepteren! In de praktijk zijn veel voorbeelden dicht bij huis en verder weg te vinden, waar na het optreden van grote schade alsnog grote investeringen worden gedaan om het systeem 'op orde' te krijgen en herhaling te voorkomen. Dit zien we bijvoorbeeld na de regenwateroverlast in Kopenhagen (juli 2011) of dicht bij huis in Laren (Noord-Holland, juli 2014). In Kopenhagen is er eerst naar schatting € 1 miljard schade waarna er nu € 1 miljard wordt geïnvesteerd. En in Laren (NH) zien we grote investeringen door gemeente en (verplicht) ook door inwoners en bedrijven om binnen



een termijn van 5 jaar het systeem zo snel mogelijk 'op orde' te krijgen. Hier is niet alleen eerst schade opgetreden (waarna er alsnog wordt geïnvesteerd) maar we zien ook dat de termijn waarbinnen de maatregelen genomen moeten worden, het meekoppelen onmogelijk maakt en extra kostenverhogend werkt. Hier gaat de volgende methode voor berekening van kostenbesparingen op in.

Kostenbesparing door de juiste dingen op het juiste moment

Naast vermeden schade is vooral een kostenbesparing te behalen door de juiste dingen op het juiste moment te doen. Dit betekent:

- De opgaven voor aanpak regenwateroverlast goed in beeld te brengen, voor extreme neerslag, maar bij voorkeur ook voor hitte, droogte en vitale infrastructuur en kwetsbare objecten.
- Alle kansen benutten door maximaal meekoppelen met andere ingrepen in de fysieke leefomgeving, zowel op publiek als particulier terrein. Dit kan betekenen dat het langer duurt voordat overall een klimaatbestendiger inrichting is bereikt, dus dat een tijdelijk risico moet worden geaccepteerd. Tenzij de blootstelling en/of schadegevoeligheid groot is, wegen de minderkosten door meekoppelen doorgaans op tegen dit tijdelijke risico.
- Benut de kansen voor eenvoudige maatregelen met relatief weinig kosten, zoals een verhoogd bouwpeil bij nieuwbouw of bomen in verlaagde groenvoorziening planten die tegen natte voeten en droogte kunnen. Benut deze kansen vooral als deze eenmalig zijn, dus deze maatregel niet alsnog over 10 of 20 jaar uitgevoerd kunnen worden (een infiltratiekrat ingraven of tuin deels verlagen kan ook over 20 of 30 jaar).
- Een goede dimensionering. Dit betekent dat er rekening wordt gehouden met het klimaat zoals verwacht aan het einde van de levensduur van de betreffende infrastructuur of maatregelen. Zo moet bij een uitbreiding/nieuwbouw rekening worden gehouden met een levensduur (veel) groter dan 100 jaar en bij het planten van een boom of aanleg/vervanging van riolering met 60 jaar of meer. Naarmate de levensduur toeneemt, neemt de onzekerheid over de te verwachten klimaatverandering toe, zeker voor grote herhalingstijden. Bij de dimensionering moet dan rekening worden gehouden met een flinke onzekerheidsfactor, dus ruim worden gedimensioneerd! Nu inzetten op (korte termijn) kostenbesparing

door een krappe dimensionering ('net genoeg') kan op termijn leiden tot de noodzaak voor veel duurdere maatregelen.

Schatting kostenbesparing aanpak regenwateroverlast op basis van algemene kengetallen

Het totaal van de investeringen in de afvalwaterketen in de periode 2010 tot en met 2020 (11 jaar) bedraagt zo'n € 287 miljoen, oftewel € 26 miljoen gemiddeld per jaar. Daarvan wordt € 167 miljoen in de riolering geïnvesteerd; € 15 miljoen per jaar (bron: Feiten en samenwerkingskansen in de regio Achterhoek+, februari 2013). Naar schatting de helft van deze investeringen houdt verband met het tegengaan van regenwateroverlast (op basis van momentopname Benchmark Riolering 2016, voor regio Achterhoek+), dus € 7,5 miljoen per jaar.

Conform het landelijk Feitenonderzoek doelmatig waterketenbeheer (maart 2010) wordt hierop een besparing van 25% aangehouden en deze besparing wordt berekend over 70% van de rioleringskosten (over 30% van de investeringen is niet meer doelmatigheidswinst te behalen).

De doelmatigheidsbesparing voor aanpak regenwateroverlast bedraagt daarmee 18% van de investeringen (25% van 70%), ofwel naar schatting € 1,3 miljoen structureel per jaar in de regio.

Dit bedrag is exclusief bijkomende kosten bij activering en afschrijving van deze investeringen (rente).

Zoals ook het landelijk feitenonderzoek stelt, is voor het bereiken van deze besparing een bundeling van kennis en capaciteit van kleine gemeenten een voorwaarde, door hier samen met andere gemeenten en waterschap aan te werken. En door de juiste dingen op het juiste moment te doen.

Opmerking: het gaat hierboven om de 'minder-meerkosten'. Mogelijke 'nevenbaten' van maatregelen tegen wateroverlast, hitte en droogte kunnen een meerwaarde bieden voor andere maatschappelijke thema's, zoals een beter ruimtelijke kwaliteit, belevingswaarde, gebruikswaarde of voor natuur/biodiversiteit en duurzaamheid.



7 Module F – Vitaal & Kwetsbaar

Waarom deze module?

De gemeentelijke watertaken gaan niet alleen over de zorgplicht stedelijk afvalwater door middel van openbare vuilwaterriolen, maar ook over de doelmatige verwerking van 'ingezameld' hemelwater en grondwater. Een bijzonder schadegevoelige categorie zijn de zogenaamde vitale infrastructuur en kwetsbare objecten, omdat uitval daarvan verstrekende gevolgen voor de maatschappij en omgeving kan hebben. Ook nationaal wordt hiervoor een aparte aanpak gevolgd. Voor onder andere gemeenten, waterschappen en netwerkbeheerders betekent dit dat het van belang is de risico's en kwetsbaarheid van de eigen infrastructuur en objecten te kennen en af te wegen of aanvullende maatregelen nodig zijn. Voor de afweging van de doelmatigheid van adaptatiemaatregelen is het dus ook van belang om inzicht te hebben in de gevolgen van water op straat op kwetsbare objecten en vitale infrastructuur. Voor het inventariseren van vitale infrastructuur en kwetsbare objecten is deze module F opgezet.

De mogelijke gevolgen van water op straat voor vitale en kwetsbare objecten of functies zijn meestal onbekend, omdat er geen goed beeld is van de locatie en aard van deze objecten. De gevolgen van falen kunnen groot zijn, namelijk:

- uitval van stroomvoorziening, met als gevolg mogelijke uitval van (afhankelijk van locatie):
 - o rioolgemalen, met grote risico's voor de volksgezondheid tot gevolg,
 - o afvalwaterzuivering, met grote risico's voor oppervlaktewater en volks- en diergezondheid,
 - o waterbeheergemalen, met grote gevolgen voor de ernst en duur van de wateroverlast,

- o gasvoorziening, met maatschappelijke ontwrichting tot gevolg, zeker in koude perioden,
- o en vele andere gevolgen zoals uitval van apparatuur in ziekenhuizen, sluiting van winkels en bedrijven, etc.;
- uitval van communicatienetwerken, met maatschappelijke ontwrichting en grote economische schade tot gevolg;
- slechte toegankelijkheid van het (hoofd)wegennet;
- slechte bereikbaarheid van ziekenhuizen en zorginstellingen;
- problemen met de drinkwatervoorziening;
- wateroverlast op locaties met opslag van gevaarlijke stoffen, met grote risico's voor volks- en diergezondheid en het milieu.

Door indirecte effecten, ook wel 'cascade-effecten' genoemd, is het mogelijk dat gebieden worden getroffen waar geen directe wateroverlast optreedt. Er zijn verschillende stakeholders en het is moeilijk om aan goede data te komen. Veel data van bijvoorbeeld energiebedrijven bevatten gevoelige informatie en worden daarom niet vrijgegeven. We stellen voor dit onderwerp regiobreed in een workshop met stakeholders op te pakken.

Het resultaat van de uitwerking van deze module is een kaart van de regio waarop is aangegeven:

- welke maximale diepte het water bereikt,
- op welke locaties hierdoor het gasnetwerk, het wegennetwerk, het elektriciteitsnetwerk, drinkwatervoorziening of de communicatie kan uitvallen (vitale infrastructuur),
- op welke locaties problemen kunnen ontstaan met het functioneren van (riool)gemalen, ziekenhuizen, zorginstellingen en locaties met opslag van gevaarlijke stoffen (kwetsbare objecten),
- welke cascade-effecten dit veroorzaakt voor de omgeving.

Met dit inzicht kunnen vervolgens samen met de betreffende netwerkbeheerders of terreineigenaren stappen worden gezet om grote risico's voor volks- en diergezondheid, milieu en economie en mogelijke cascade-effecten te voorkomen.



Regionale aanpak in Achterhoek+

De Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie (september 2014) bevat afspraken om 13 nationale vitale en kwetsbare functies beter bestand te maken tegen overstromingen met als doel uiterlijk in 2050 een waterrobuuste inrichting van Nederland te realiseren. Meer informatie over de voortgang van de uitvoering van deze afspraken is te vinden via het [Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie](#).

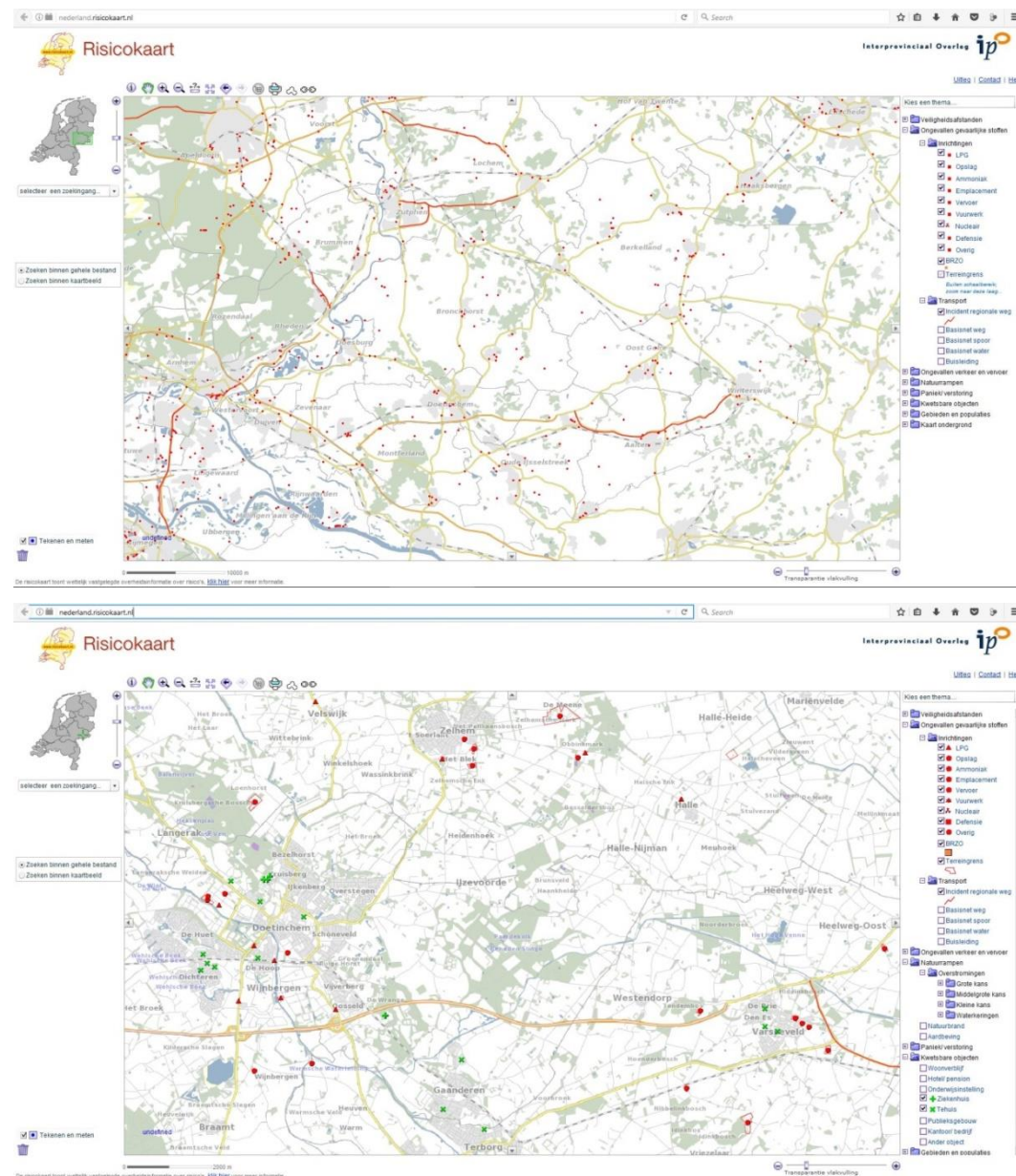
Om deze nationale aanpak tot een succes te maken, zijn ook regionale overheden nodig. Zij zorgen immers voor de doorwerking in de ruimtelijke ordening (bestemmingsplannen) en voor vergunningverlening en handhaving van de sectorale wetgeving. Verder is het aan regionale overheden om een eigen ambitie te bepalen voor het waterrobuust maken van hun vitale en kwetsbare functies. De afbakening op grote lijnen tussen nationale en regionale vitale en kwetsbare functies moet voor een aantal functies nog verder worden uitgewerkt. Hierbij is kennis van de sectoren nodig over het functioneren van de netwerken en objecten. Een aantal regio's, waaronder Zeeland, Noord-Holland, Utrecht en Overijssel, is al begonnen de noodzakelijke kennis in kaart te brengen (bron: Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie).

De meest geëigende schaal om deze module uit te werken, is in regionale samenwerking of op het schaalniveau van Provincie Gelderland.

Inventariseer vitale infrastructuur en kwetsbare objecten

Breng met de regio de onderstaande infrastructuur en objecten in Achterhoek+ in kaart, voor zover bekend. Hierbij is onder andere gebruik te maken van de [provinciale risicokaart](#). Deze gegevens kunnen tijdens de workshop aangevuld worden door stakeholders.

Beeld van de risicokaart op regionale schaal





Vitale infrastructuur/objecten

Gas

- Gasdistributie en meetstations
- Gasdistributienetwerk

Stadsverwarming

- Stadsverwarmingscentrale
- Distributiestations stadsverwarming
- Stadsverwarmingsleidingen

Elektriciteit

- Elektriciteitscentrales
- Transformator-/onderstations
- Wijk-distributiestations
- Elektriciteitsleidingen

ICT

- ICT-centra (server hubs)
- Telefoonzendmasten + voeding
- Telefoon/internetcentrales en verdeelkasten
- Telefoon/internetkabels
- Noodcentrales en –netwerk
- CAI en glasvezelcentrales en verdeelkasten
- CAI en glasvezelkabels en internet

Drinkwater

- Drinkwaterwinpunten
- Drinkwaterreservoirs
- Drinkwaterdistributienet

Riolering

- Rioolwaterzuiveringsinstallaties
- Rioolgemalen en pompen

Transportinfrastructuur

- Hoofdwegen
- Wijkontsluitingswegen
- Tunnels en onderdoorgangen
- Vaarwegen
- Viaducten
- Verkeersleiding posten
- Sluizen
- Havens
- Navigatieposten scheepvaart
- Spoorwegen
- Stations
- Emplacementen (rangeerterreinen en –sporen)

Voor hulpverlening vitale objecten

- Crisiscentra, alarm en coördinatiepunten (brandweer, ambulance, politie, defensie)
- Rampenzenders
- Ziekenhuizen, zie ook rapport [Waterrobuustheid Nederlandse ziekenhuizen](#)
- Bevoorradingscentra ziekenhuizen
- Productiecentra en opslag geneesmiddelen
- Opslag van noodvoorzieningen

Milieu

- BRZO-bedrijven (bedrijven waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn bóven een bepaalde drempelwaarde, vallen onder de werking van het Besluit risico's zware ongevallen)
- IPPC bedrijven ('Integrated Pollution Prevention and Control'), geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging)
- Bedrijven waar radioactieve stoffen worden opgeslagen/geproduceerd
- Buisleidingen waardoor milieugevaarlijke stoffen worden getransporteerd

Betrek stakeholders

Betrek belanghebbenden door een bijeenkomst of workshop te organiseren. Start met een klein gecommiteerd team (waarbij nog niet alle stakeholders gelijk aan tafel zitten), bijvoorbeeld de elektriciteitsleverancier/netbeheerder, de gasleverancier en het drinkwaterbedrijf. Om de aanpak voor nationale vitale en kwetsbare functies vanuit het Rijk en de gebiedsaanpak vanuit de regio aan elkaar te verknopen, is het goed om ook betrokken vertegenwoordigers van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu uit te nodigen (I&M coördineert de aanpak).

Gemeente en waterschap zijn gelijkwaardige gesprekspartner als stakeholder van de riolering en de waterzuivering. Iedere deelnemer heeft belangrijke kennis. Door die kennis met elkaar te combineren, wordt de impact op een gebied duidelijk.

Gebruik als basis een wateroverlastanalyse op kaart (Module C), aangevuld met de bekende vitale infrastructuur en objecten en bedrijven of leidingen met gevaarlijke stoffen. Laat tijdens de workshop de verschillende netbeheerders en belanghebbenden in een gebied hun kennis inbrengen en cascade-effecten intekenen. De



kaarten die tijdens de workshop gemaakt worden, geven de verschillende stakeholders gelegenheid te reageren vanuit hun expertise.

Maak elkaar bewust van wateroverlastrisico's en effecten. Wat is de benodigde hersteltijd, welke infrastructuur kan niet meer worden gebruikt worden (en welke nog wel). Hiervoor kunnen onderstaande vragenlijsten worden gebruikt. Bron vragenlijsten: Handreiking Impactanalyse Ernstige Wateroverlast en Overstromingen 1.0: [Pilot versie](#).

Mogelijke stakeholders:

- Elektriciteitsleverancier/netbeheerder
- Gasleverancier
- ICT-leverancier
- Drinkwaterbedrijf
- Wegbeheerder
- Spoorwegbeheerder
- Waterwegbeheerder
- Tunnelbeheerder
- Havenbeheerder
- Risicovolle bedrijven/objecten: Bedrijven die werken met gevaarlijke stoffen (BRZO bedrijven, (LPG)-tankstations, emplacements, nucleaire installaties/opslagen, bedrijven waar gewerkt wordt met genetisch gemodificeerde organismen, etc.)
- Defensie (brandstofleidingen, munitie-opslagen)

Vragenlijst vitale infrastructuur

1. Welke (onderdelen van) infrastructuur valt(vallen) uit:
 - a. Bij welke waterdiepte?
 - b. Na hoeveel tijd, gegeven de geselecteerde scenario's?
2. Welke maatregelen kan de beheerder direct treffen om de schade te beperken?
3. Wat is het bijbehorende effectgebied (welk (al dan niet overstroomd) gebied komt zonder elektriciteit, drinkwater, etc. te zitten, welk gebied is niet meer begaanbaar)?
 - a. Bij welke waterdiepte?
 - b. Na hoeveel tijd gegeven de geselecteerde scenario's?
4. Wat zijn mogelijke keteneffecten binnen dit effectgebied?
5. Hoeveel tijd is nodig om de betreffende infrastructuur weer te herstellen?
6. Vanaf welk moment kan men starten met het herstel van de betreffende infrastructuur (vanaf het moment dat het water weg is of eerder (zo ja bij welke waterdiepte) of later)?

Vragenlijst vitale objecten

1. Welke vitale objecten vallen uit:
 - a. Bij welke waterdiepte?
 - b. Na hoeveel tijd, gegeven de geselecteerde scenario's?
2. Welke maatregelen kan de beheerder direct treffen om de schade te beperken?
3. Wat is het effect van de uitval van dit object?
4. Hoeveel tijd is nodig om het betreffende object weer te herstellen?
5. Vanaf welk moment kan men starten met het herstel van het betreffende object (vanaf het moment dat het water weg is of eerder (zo ja bij welke waterdiepte) of later)?

Vragenlijst bedrijven/buisleidingen met gevaarlijke stoffen

1. Welke milieugevaarlijke stoffen komen wanneer vrij?
 - a. Bij welke waterdiepte?
 - b. Na hoeveel tijd, gegeven de geselecteerde scenario's?
2. Welke maatregelen kan het bedrijf/de beheerder direct treffen om de schade te beperken?
3. Wat is het bijbehorende effectgebied (welke concentratie aan gevaarlijke stoffen verspreidt zich tot waar via bodem, water, lucht)?
 - a. Bij welke waterdiepte?
 - b. Na hoeveel tijd, gegeven de geselecteerde scenario's?
4. Wat zijn mogelijke keteneffecten binnen dit effectgebied?
5. Hoeveel tijd is nodig om de omgeving weer leefbaar te maken (vanaf het moment dat het water weg is)?
6. Vanaf welk moment kan men starten met het leefbaar maken van de omgeving (vanaf het moment dat het water weg is of eerder (zo ja bij welke waterdiepte) of later)?

Denk samen na over mogelijke oplossingen

Het doel is inzicht krijgen in de cascade-effecten van wateroverlast. Zowel bij gemeente en waterschap als bij andere stakeholders. Het kan zijn dat de informatie niet op kaart kan worden gedeeld omdat deze bijvoorbeeld terrorismegevoelig is. Spreek dan af wie waarvoor verantwoordelijk is en welke kaarten en informatie uitgewisseld moeten worden zodat de verantwoordelijke stakeholder genoeg inzicht heeft om maatregelen te nemen.

De eigenaren van deze kwetsbare infrastructuur en objecten hebben (net als woningeigenaren) een eigen verantwoordelijkheid om te zorgen dat er niet zomaar water naar binnen kan lopen. Als waterbeheerder dien je deze eigenaren of beheerders te informeren over hoe vaak, lang en hoog het water ergens komt te staan.



Een vervolgstap kan het zoeken naar oplossingsrichtingen zijn. Het samen bespreken van mogelijke oplossingen zorgt voor bewuste keuzes in de toekomst en oplossingen voor probleemlocaties op dit moment. Het is de uitdaging om op zoek te gaan naar oplossingen voor meerdere netwerken tegelijk waar ook de verschillende stakeholders achter staan. De tabel hiernaast met mogelijke maatregelen is afkomstig uit de Deltafact 'Borging vitale infrastructuur bij overstroming', deels gebaseerd op Handreiking Overstromingsrobuust Inrichten (Luyendijk et al., 2010). De factsheet is [hier](#) te downloaden.

Sector	Vitale infrastructuur	Mogelijke Inrichtingsmaatregel
Wegen- en vaarwegennet (transport)	• Rijkswegen • Provinciale wegen • Spoorwegen en stations • Gemalen • Sluizen • Havens • Vuurtorens	• Op hoger niveau plaatsen van wegen en spoorwegen. • Robuust bouwen, zodat ze bestand zijn tegen extreme weersomstandigheden en zodat preventieve evacuatie en hulpverlening plaats kan vinden.
Drinkwater	• Drinkwaterputten- en pompstations • Pompen en gemalen	• Hoge locatie • Aangepast ontwerp • Ontwateringsvoorzieningen
Energie	• Elektriciteitscentrales • Schakelstations (hoog, midden en laagspanning) • Lokale energiecentrales (o.a. warmtekrachtcentrales) • Meet en regelstations gas • Kernreactor (ook medisch)	• Beschermende dijken eromheen plaatsen • Bij bouw overstromingsgevaar meewegen
Telecommunicatiesector	• Noodnetcentrale • ICT-centra • Regionale rampenzender • Zendmasten	• Bouw van zendmasten, die onbeschadigd blijven bij overstroming • Flexibel opererend netwerk
Kwetsbare objecten (kwetsbare objecten worden niet altijd meegenomen bij vitale infrastructuur)	• Ziekenhuizen • Chemische industrie • Waterzuivering • (Chemische) industrie	• Ringdijken • Aanpassen ontwerpen en inrichting (noodenergievoorzieningen, computers, en dergelijke niet in de kelder, bijv.) • Terpen • Celvormige tijdelijke waterkeringen • Compartimentering op kleine schaal • Opblaasbare tijdelijke waterkeringen • Verschil vloer- en straatpeil • Maaiveldverhoging • Vulbare tijdelijke waterkeringen

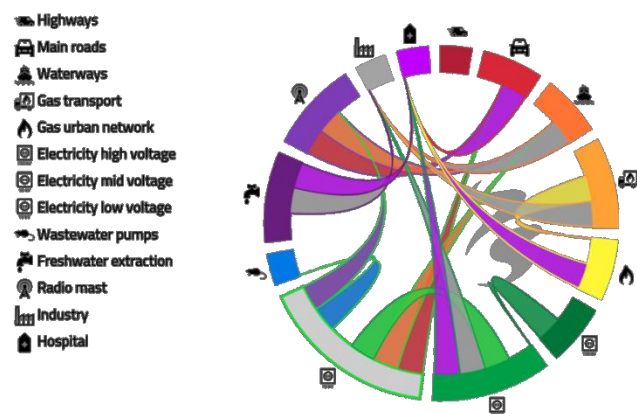


Mogelijke tool

Circle: Critical Infrastructure Relations and Consequences for Life and Environment (Deltares). Voor meer informatie, zie:

- https://www.deltares.nl/nl/software/circle_vitale_infrastructuur/
- <https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/04/Cascade-effecten-in-beeld-met-model-Circle-M.-Hounjet.pdf>

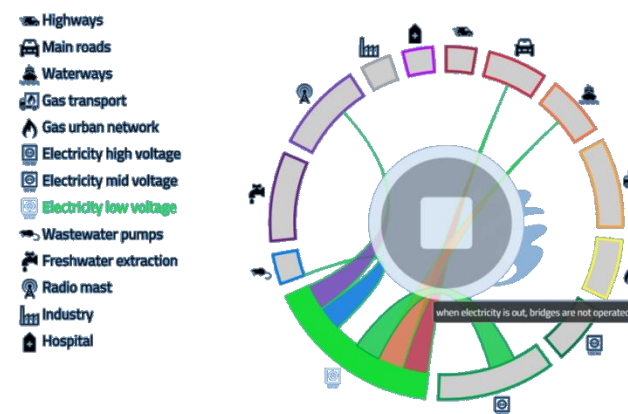
 Circle - Critical Infrastructure: Relations and Consequences for Life and Environment



Deltares
Building Delta Life

Afbeelding: beeld van de onderlinge relaties van kritische infrastructuur

 Circle - Critical Infrastructure: Relations and Consequences for Life and Environment



Deltares
Building Delta Life

Afbeelding: gevolgen in beeld van de uitval van laagspanning stroomvoorziening, voorbeeld voor de mobiliteit en scheepvaart; verkeersregelinstallaties en bruggen werken niet meer



8 Module G – Maatregelen tijdens het optreden van regenwateroverlast

Waarom deze module?

Als een extreme bui de gemeente treft, kan door gestructureerd en doelgericht handelen schade worden beperkt of voorkomen. In de werkbijeenkomst hebben beheerders van gemeenten hun werkwijze en ervaringen met elkaar gedeeld en besproken. Deze module geeft een overzicht van 'best practices'; maatregelen die genomen kunnen worden vlak voor, tijdens en na een hoosbui. Het is geen (calamiteiten)plan. Sommige maatregelen of acties worden vanzelfsprekend al gedaan.

Met de uitwerking en toepassing van deze module kunnen beheerders en beleidsmedewerkers zelf ervaren wat in hun situatie werkt en wat niet en waardevolle ervaringen met andere beheerders en beleidsmedewerkers uitwisselen. Het delen van deze ervaringen in de regio is waardevol!

De communicatiestrategie naar aanleiding van opgetreden wateroverlast is opgenomen in de 'Module H Communicatie'.

Aanpak

Hieronder volgen in drie delen mogelijke maatregelen vóór, tijdens, en na het optreden van regenwateroverlast, vanuit het perspectief van de gemeente.

1. Voorafgaand aan het optreden van regenwateroverlast	
	Wie doet wat wanneer
	Maak van te voren een overzicht van personen, instanties, verantwoordelijkheden en samenwerkingsafspraken. Leg vast en deel met elkaar hoe de calamiteitszorg is georganiseerd. Regel van te voren praktische zaken als het uitwisselen van 06-nummers (extreme neerslag trekt zich weinig aan van kantoortijden of vakanties). Hierbij is veel te leren van situaties waarbij het 'minder goed' liep, zoals bij de wateroverlast in Kockengen op 28 juli 2014, zoals in het nieuwsbericht van Waterrorum.net en in achterliggend evaluatie rapport van Twijnstra Gudde is te lezen.
	Zie de bui aankomen
	Iedere beheerder houdt op zijn eigen wijze het weer in de gaten. Dit verschilt van buienradar volgen, met gezond verstand naar buiten kijken, lokale informatie raadplegen tot aan waarschuwing via bewaking van extreme neerslag door MeteoGroup (voorheen MeteoConsult). De bruikbaarheid van landelijke weerswaarschuwingen van het KNMI is voor de beheerders beperkt, omdat lokale verschillen in extreme neerslag heel groot kunnen zijn.
	Extra aandacht voor risicolocaties
	Weet waar de risicolocaties zijn en zorg dat alle betrokken medewerkers bekend zijn met deze risicolocaties. De risicolocaties zijn in beeld te brengen op een kaart. Zet hierop plekken waar: - in het verleden overlast is opgetreden, - laaggelegen gebieden liggen, - veel verharding aanwezig is, - geen stoepranden aanwezig zijn, zoals het winkelgebied, - (parkeer)kelders of souterrains liggen, - volgens het BRP, een stresstest of andere onderzoeken, zoals een WaterOverlastLandschapsKaart (WOLK), knelpunten zouden kunnen ontstaan. Acties: → kaart met risicolocaties op basis van gebiedskennis opstellen; → kaart met risicogebieden op basis van stresstest of WOLK opstellen (zie ook 'Module C Extreme neerslag').

Uitdelen van lint om de straat af te zetten
Auto's die door ondergelopen straten rijden, veroorzaken golfslag en dat kan net het verschil zijn tussen wel of geen wateroverlast in woningen en andere gebouwen en de schade vergroten. Door vooraf afzetlint uit te delen aan enkele bewoners van straten waar dit in het verleden de situatie verergerde, kunnen deze bewoners dit zelf voorkomen. Zorg voor goede afspraken over wanneer het afzetlint geplaatst mag en weggehaald moet worden. En zorg er voor dat dit (zo nodig) juridisch goed is geregeld is, bijvoorbeeld door verplichte melding van de straatafzetting door de bewoners aan de gemeente.  <i>Afzetlint door politie aan bewoners in Deurne gegeven om straat af te zetten, bij wateroverlast op 1 juni 2016 (bron: tweet van Anke Verbakel).</i>

Uitdelen zandzakken
Voor heel extreme neerslag en grote wateroverlastproblemen kunnen zandzakken worden uitgedeeld. Van te voren kan de bewoners op wateroverlast-gevoelige locaties worden aangeraden om zelf zandzakken in huis te halen. Alleen uitdelen is niet voldoende, daarbij hoort ook informatie over hoe deze zandzakken goed te gebruiken. Hieronder een voorbeeld van praktische tips voor het plaatsen van zandzakken (bron: Gemeente Dordrecht). Met plastic afdekfolie Benodigdheden: Plastic afdekfolie (goedkoopste van de bouwmarkt is goed genoeg); zandzakken. Werkwijze: 1  1. Spreid het plastic afdekfolie uit over de grond voor de deur, ruim voorbij de deurposten. 2  2. Plaats de zandzakken dakpansgewijs in de hele breedte tegen de deur aan, tot de gewenste hoogte. 3  3. Vouw het plastic afdekfolie over de zandzakken heen. 4  4. Leg een aantal zandzakken op het folie, zodat die niet loswaait. Toelichting: Als de zandzakken goed gestapeld zijn en het afdekfolie goed gelegd, drukt het water alles nog extra stevig aan. Hierdoor kan het water er niet doorheen of langs. Voordeel van deze werkwijze is dat u geen grote schotten in huis hoeft te bewaren. Wel heeft u hierbij meer zandzakken nodig.

Soms is het ook mogelijk om met relatief eenvoudige maatregelen zoals een schot in een tuinmuurtje of deursponning toestromend regenwater in de woning te voorkomen. Let daarbij op afsluiting van eventuele verbindingen van schrobputjes in de tuin met het riool. 
Afvoer garanderen
Zorg dat voordat de hevige bui valt, roosters, duikers, straatkolken, uitstroompijpjes van wadi's en goten niet verstopt zijn door extra te schonen. Zorg dat sloten goed onderhouden worden en maai indien nodig extra of, als incidenteel extra maaien niet uitvoerbaar is, overweeg frequenter te maaien.
Sturing
Er wordt in de Achterhoek niet gestuurd in het rioleringssysteem. Onderzoek of sturing mogelijkheden biedt om bij hevige neerslag rioolwater sneller af te kunnen voeren, juist vast te houden of naar plaatsen te sturen waar dit minder schade oplevert.
Bewoners met (parkeer)kelders en souterrain informeren
Informeer bewoners dat zij zelf een schot kunnen plaatsen of dure inventaris beter weg kunnen halen. 

2. Tijdens het optreden van regenwateroverlast
Leg de situatie vast 1. Verwerk meldingen van bewoners eenduidig volgens het registratieformaat SUF-MELD 1.2 (Stichting RIONED) voor meldingen zorgplicht afvalwater, grondwater en hemelwater. SUF-MELD 1.2 komt naar verwachting in de loop van 2017 beschikbaar. 2. Laat medewerkers risicolocaties bezoeken en de situatie vastleggen, bij voorkeur op film. Let op: a) waar komt het water vandaan, welke kant stroomt het op? b) hoe lang staat er water op straat? c) trek een putdeksel open om te kijken of het water dan wel wegstroomt (onvoldoende ontluchting). 3. Verzamel meetgegevens over gemalen, overstorten, randvoorzieningen, neerslaghoeveelheden en waterhoogtes op straat. 4. Houd (sociale) mediaberichten in de gaten. 5. Rijd naar overstorten (overlaat, vijvers, singels), kijk en noteer hoe hoog de buitenwaterstand staat, is er vrije uitstroming of vindt er opstuwung plaats, lopen verderop gelegen duikers goed of zijn deze verstopt?
Voorkom schade
Probeer schade te voorkomen door waar nodig: - Zet straten af ter voorkoming van waterschade en/of ter voorkoming van gezondheidsschade; - Markeer putten waarvan het putdeksel af is, plaats een afzethak; - Plaats pompen; - Plaats zandzakken; - Roep op om niet (of stapvoets) door ondergelopen straten te rijden; - Informeer dan ter plaatse bewoners over de gezondheids-risico's bij contact met water op straat. Dit geldt niet alleen voor spelende kinderen. Uit onderzoek van het RIVM  



	blijkt dat bij water op straat 33 procent van de mensen in contact komt met dat water. Hiervan ging 16 procent met klachten naar de huisarts. Contact met het water veroorzaakt dus een groter risico op gezondheidsklachten. Volgens het onderzoek is dat risico 3 tot 7 keer zo hoog vergeleken met mensen die binnen blijven, afhankelijk van het type klacht (zie ook 'Module H Communicatie', onderdeel 5).
--	---

3. Na het optreden van regenwateroverlast	
	Veiligheid eerst Eerste acties ondernemen zoals: - Putdeksels terugleggen en noteer om welke putdeksels het gaat, zodat deze putdeksels later gekneveld (let op ontluchting!) of 'zwevend' of open uitgevoerd kunnen worden;
	  - Kolken en roosters schonen; - Straten reinigen indien water op straat vervuild is met afvalwater. Indien mogelijk, kunnen na een hevige bui met wateroverlast direct eenvoudige effectieve maatregelen worden genomen, zoals; - Trottoirbanden verhogen of juist verlagen; - Verkeersdrempels aanpassen.
	Meldingen en waarnemingen verzamelen en vastleggen 1. Filmmateriaal verzamelen via: - Medewerkers; - Melders; - (Sociale) media. - Tijdens de werksessie is genoemd dat registratie van meldingen makkelijk moeten zijn. In plaats van filmpjes op sociale media zou een app van de gemeente misschien een idee zijn, dan kunnen mensen ook relevante informatie toevoegen.

	Toelichting: Na een hevige bui wordt informatie van melders verzameld. Vooral videomateriaal is waardevol. Ook de medewerkers gaan tijdens de bui het veld in om de situatie op video vast te leggen. Bij herhaaldijk optreden van wateroverlast hebben bewoners met de tijd deze situatie mogelijk al geaccepteerd (evt. meldingen komen dan alleen van nieuwe bewoners). Dat betekent overigens niet automatisch dat de situatie ook acceptabel is en geen doelmatige verbetering gezocht kan en hoeft te worden. 2. Informatie over bui/neerslag (aantal mm, duur, weer voorafgaand aan bui).
	Evalueren Wat ging goed? Wat volgende keer anders? Wat nodig voor volgende keer? Acties?
	Nazorg Nazorg omvat: 3. Bewoners met schade of hinder bezoeken, bevragen en vragen naar beeldmateriaal: - vraag bewoners of lozingstoestellen, wc etc. binnen borrelden. - Waar komt het water vandaan? - Tot hoelang na de bui trad de overlast op? - Hoe lagen de kolken, putdeksels, sloten erbij? - Hoelang bleef het water staan? - Hoe hoog stond het water? - Aangeven wat bewoners zelf kunnen. 4. Meldingen uit SUF-MELD gebruiken om situatie te analyseren. Tijdens de werksessie is aangegeven dat bij meldingen altijd telefonisch contact wordt opgenomen of de melders worden bezocht. Dit voorkomt veel werk op middellange termijn. Dit is ook een kans voor goede voorlichting, mondeling en door het opsturen of aan de deur afgeven van een folder (of folders van RIONED). Het spoedig oplossen en afhandelen van meldingen werkt zeer goed.



9 Module H – Communicatie

9.1 Waarom deze module?

Uit de werksessie op 8 september 2016 bleek de behoefte aan een communicatiestrategie. De redenen hiervoor zijn:

- De wens voor één duidelijk, gelijkloend verhaal in de regio over wateroverlast, hitte en droogte en de relatie met klimaatverandering.
- De behoefte aan voorbereide berichtgeving en boodschap naar aanleiding van het optreden van wateroverlast, met de juiste toon en inhoud. Wateroverlast heeft een meer acuut karakter dan hitte en droogte; door als gemeente en waterschap er voor te zorgen dat dit verhaal klaar ligt, kan je direct adequaat reageren,
- Het agenderen van klimaatverandering: er is meer aandacht en urgentiebesef nodig voor wateroverlast, hittestress en droogte, ook bestuurlijk.
- De noodzaak om voor een doelmatige klimaatadaptatie met verschillende disciplines en doelgroepen samen te werken. Gemeenten en waterschap moeten zowel intern als extern andere partners betrekken, onder andere door overleg met bewoners en het ondersteunen van meer initiatieven door bewoners. Dit zal een gezamenlijke zoektocht worden, waarvan de uitkomst niet vooraf vast staat. Door dit samen in de regio te doen, kost dit minder tijd en kan samen een werkbare methode worden bedacht.

9.2 Inleiding

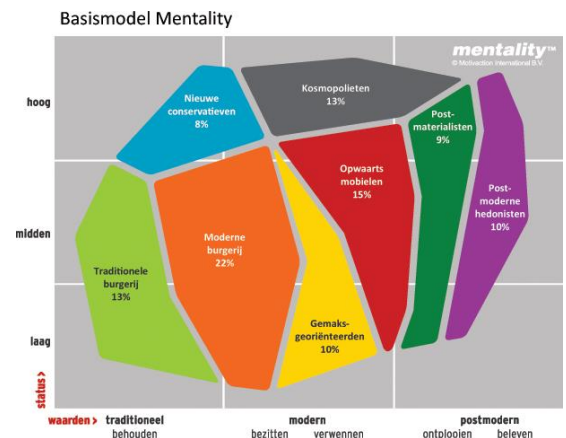
Nadruk op ‘zenden’ bij regenwateroverlast; ook in gesprek te gaan!

Het project ‘Wateroverlast en klimaatverandering’, waarvoor deze modules zijn opgesteld, is primair (maar niet uitsluitend) gericht op het optreden van regenwateroverlast, hitte of droogte. Daarom richt de communicatie zich voornamelijk op de vorm en inhoud van de berichtgeving vanuit gemeenten en waterschap tijdens en direct na het optreden van wateroverlast. En op de bewustwording en verbreding in de eigen organisatie. Deze communicatie heeft een hoog gehalte van informeren, van ‘zenden’. Maar communiceren is natuurlijk tweerichtingsverkeer. Benadrukt wordt dat het belangrijk is om ook informatie op te halen en vooral samen met bewoners, collega’s en andere organisaties in gesprek te gaan! Dit hoeft niet alleen naar aanleiding van een recent opgetreden overlastsituatie (neerslag, droogte of hitte) als het probleembesef groot is, maar vraagt ook om doorlopend verbinding zoeken met bewoners en collega’s.

Communicatie voor netwerk van actoren

Verschillende lokale en regionale initiatieven zoals [Amsterdam Rainproof](#) en [Waterklaar](#), richten zich op het ontwikkelen van een netwerk met vele actoren die betrokken zijn bij het klimaatbestendiger inrichten van de eigen omgeving.

Ook bij dergelijke initiatieven is een goede communicatiestrategie noodzakelijk, die een stuk verder gaat dan wat deze module beschrijft (zoals inzicht in de [doelgroepen](#) en passende communicatie- en marketingstrategie en [gedragsbeïnvloeding](#), zoals beschreven door [Motivation](#)).





Enquête en informatie verzamelen

Voor het bepalen van de communicatiestrategie met bewoners is het handig om inzicht te hebben in de mate waarin en hoe zij wateroverlast (of andere gevolgen van klimaatverandering) ervaren, wat hun beeld is van het werk en optreden van gemeente en waterschap, waar de pijnpunten zitten, welke verwachtingen er leven en op welke manier je hen het beste kan benaderen, welke bevolkings-/beroepsgroepen via welke kanalen. Een goed voorbeeld hiervan zijn de vragen en resultaten van de 'enquête wateroverlast' van Gemeente Berkelland, die in de bijlage van deze module is opgenomen.

Bruikbare informatie kan ook worden verzameld uit meldingen, filmpjes, facebookberichten, tweets, etc. De afdeling communicatie heeft kennis om hier op te reageren of een analyse te doen. Deze informatie is niet alleen handig voor uitwerking van de communicatiestrategie, maar is ook waardevol om beter te begrijpen wat er gebeurt en hoe het werkt bij extreme neerslag (zie ook 'Module C – Extreme neerslag').

Initiatief waterschap voor gezamenlijke uitwerking van communicatiestrategie

Het waterschap is voornemens om in 2017 samen met gemeenten te zoeken naar hoe communicatie over wateroverlast, droogte en hittestress het beste kan worden vormgegeven. Voor de communicatie naar bewoners (boodschap) zal daarbij ook meer aandacht zijn voor overleg met bewoners en ondernemers en het aansluiten bij lokale initiatieven.

9.3 Aanpak

Effectief communiceren vraagt een praktische uitwerking. Er zijn verschillende doelgroepen, die op verschillende momenten en met een verschillend doel benaderd moeten worden. Maak hierover duidelijke afspraken tussen gemeenten en waterschap: wie communiceert wat op welk moment met wie. En leg deze afspraken vast.

Hieronder wordt eerst ingegaan op de interne communicatie ("intern beginnen, is extern winnen"), vervolgens op externe communicatie met bewoners, maatschappelijke organisaties en bedrijven. Deze module beschrijft een plan van aanpak voor elke doelgroep:

- raad, -commissies en college
- collega's van RO, groen en wegen
- bewoners en ondernemers
- scholieren
- woningcorporaties
- projectontwikkelaars, bouwers
- en hoveniers en aannemers.

1. Informeren van raad, -commissies en college

Doel is dat colleges van B&W, gemeenteraad en raadscommissies kennis hebben van de activiteiten rondom klimaatverandering en wateroverlast. Dat zij deze activiteiten en projecten nuttig en belangrijk vinden en bereid zijn hun eigen omgeving en netwerk te informeren en enthousiasmeren. De wethouder met water in de portefeuille moet goed op de hoogte zijn over wat (en wat niet) te communiceren naar bewoners en de media bij wateroverlast.

Aandachtspunten / aanhaakpunten:

- Ga na wat er in het collegeakkoord staat over klimaatbestendigheid of klimaatadaptatie, duurzaamheid, klimaatneutraliteit of klimaatmitigatie, circulariteit, etc.,
- Informeer raadsleden of raadscommissie vóór de gemeenteraadsverkiezingen (opstellen verkiezingsprogramma's). Dit kan ook via de regionale adaptatiestrategie of bij het opstellen van een GRP, door deze combinatie kost het de raadsleden geen extra raadsavond,
- Organiseer een informatieavond voor raadsleden, wat vooral kansrijk is bij urgentie zoals na het (bijna) optreden van wateroverlast,
- Laat commissie- en raadsleden en deskundigen van waterschap en gemeente tijdens een workshop met elkaar praten over de problematiek rond wateroverlast en klimaatverandering.



2. Met collega's van RO, groen en wegen in gesprek voor een klimaatbestendige inrichting van de openbare ruimte

Hier worden de 'usual suspect' genoemd; de disciplines waarvan het werk heel nauw verbonden is met het optreden van wateroverlast en klimaatbestendigheid. Voor een volledig beeld van betrokken collega's is het goed om een krachtenveldanalyse uit te voeren, bijvoorbeeld volgens de [Factor C](#). Denk daarbij ook aan de rest van de organisatie, zoals communicatie, milieu, financiën, gezondheid én organisaties die gemeentelijke taken uitvoeren, zoals politie en brandweer, de GGD Noord- en Oost-Gelderland en de Omgevingsdienst Gelderland.

Factor C: K3



Weet wat er bij deze collega's speelt en grijp kansen om samen te werken aan een klimaatbestendige inrichting van de openbare ruimte. Sluit in eerste instantie aan op waar deze disciplines mee bezig zijn, in plaats van eisen ten behoeve van het waterbeheer te stellen. Dit kan op verschillende manieren:

1. Houd een gemeente-brede brainstormsessie, niet perse bij een nieuwe ontwikkeling. Onderwerpen: overlap water en andere beleidsvelden, meerwaarde die water biedt voor ruimtelijke kwaliteit, bovengrondse maatregelen tegen wateroverlast. Het doel is kennis bijspijkeren en inzicht geven in kansen en bedreigingen/risico's.
2. Organiseer een workshop 'Klimaat Actieve Stad'. Vraag naar opgaven bij andere disciplines en probeer daar bij aan te sluiten door 'out-of-the-box' te denken.
3. Organiseer een gezamenlijke fietstocht langs risicolocaties en locaties waar maatregelen zijn genomen, om de relatie tussen landschap, RO, groen, wegen en water uit te leggen en met beheerders en beleidsmedewerkers van gemeente en waterschap

te brainstormen over mogelijke verbeteringen, zowel in beheer als inrichting.

4. Presenteer/verhaal aan collega's van RO, groen en wegen, over de noodzaak voor en kansen die een klimaatbestendige inrichting van de openbare ruimte biedt.
5. Vergroot de kennis over klimaat en water binnen andere disciplines door deze collega's deel te laten nemen aan een externe watercursus.
6. Organiseer een 'proeftuin' of 'klimaatatelier' bij een nieuwe ontwikkeling of gebruik een praktijkcase uit de eigen omgeving (zie <http://www.ateliergroenblauw.nl/proeftuinen/> en <http://www.handboekproeftuinen.nl/>). Een proeftuin is een methode om water en klimaat in een vroeg stadium in een breder ontwikkelings- of herstructureringsproces integraal mee te nemen. De methode bestaat in essentie uit ontwerpend onderzoek, of misschien nog wel meer onderzoekend ontwerpen, met alle stakeholders. Het is daarmee een middel dat zowel leidt tot inhoudelijke reflectie en verdieping als tot versterking van de communicatie tussen betrokken partners. Ontwerpend onderzoek verbindt verschillende schaalniveaus en belanghebbende partijen en werkt daarnaast inspirerend.
7. Maak samen met collega's een kansenkaart, ook wel 'meekoppel(metro)kaart' genoemd. Dit is een kaart van de bovengrondse inrichting en de ondergrondse infrastructuur, waarop alle belangrijke ingrepen/veranderingen met beslistmomenten in de tijd zijn aangegeven. Dit is de strategische basis om kansen voor ruimtelijke opgaven, infrastructurele opgaven en klimaatopgaven (water) te benutten en doelmatig in te vullen. Dit is een effectief instrument om de opgaven in samenhang bespreekbaar te maken en te agenderen.

Door in de loop der tijd verschillende van bovenstaande activiteiten uit te voeren, wordt de communicatieboodschap periodiek herhaald, voor het opfrissen en beter laten beklijven van de boodschap en het betrekken van eventuele nieuwe collega's.



Inspiratie:

Stichting RIONED heeft een aantal veel voorkomende [onnodige oorzaken](#) van wateroverlast op een rij gezet. Pak dit overzicht er bij om in gesprek met collega's het 'laaghangend fruit' te plukken.

3. Berichtgeving tijdens en direct na wateroverlast aan bewoners en ondernemers

Er is sprake van wateroverlast bij bewoners en ondernemers. Als gemeente wil je direct reageren op de situatie door te zorgen dat er een boodschap in de vorm van een (pers)bericht of verhaal klaar ligt voor de media, waar alleen de kenmerken van de neerslag en de belangrijkste gevolgen ingevuld hoeven worden. Denk daarbij ook aan social media, een snel en belangrijk kanaal (getuige ook de vele berichten en beelden die hier bij wateroverlast zijn te vinden), waarop gemeente en/of waterschap met een adequate berichtgeving snel kan informeren en reageren.

Opgemerkt wordt dat rond de communicatie bij ernstige wateroverlast ook veel is te leren van recente gebeurtenissen waarbij het 'minder goed' liep, zoals bij de wateroverlast in Kockengen op 28 juli 2014, zoals in het nieuwsbericht van [Waterrorum.net](#) en in achterliggend [evaluatie rapport](#) van Twijnstra Gudde is te lezen.

Mogelijke ingrediënten:

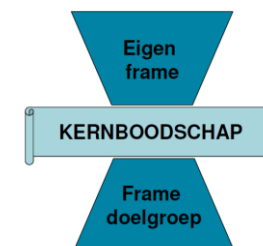
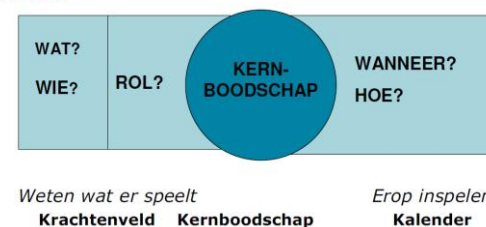
- klimaatontwikkeling en hevige neerslag,
- hoeveelheid regen die is gevallen tijdens de overlastsituatie,
- wat doet de gemeente,
- voorkom regenwater in huis/ waar kunt u op letten/ tips,
- schadebeperking (plaats belangrijke spullen hoog en droog),
- houd regenwater in uw tuin,
- contact met gemeente.

De boodschap:

De kernboodschap kan goed via een [Factor C sessie](#) worden geformuleerd. Hiervoor worden de volgende stappen doorlopen: 1: bepaal het doel (opgave), 2: kies een doelgroep (omgevingsanalyse!), 3: verplaats je (kritiek), 4: beantwoord (repliek), 5: sla de brug (wat verbindt), 6: formuleer en 7: gebruik ... en bewijs.

Kernboodschap slaat brug

Factor C: K3



Redeneer voor de boodschap vanuit het probleem, doel of behoefte. Richt de communicatie op de eigen woonomgeving en geef voorbeelden uit eigen gemeente. Wees daarbij aansprekend, kort en helder en bericht in de spreektaal van de doelgroep. Beperk je niet tot de inhoud en de argumenten, maar verplaats je in de wensen van de doelgroep; wat beweegt en motiveert hen. En voeg daar wat aan toe.

Voorbeeld van boodschap vanuit het 'eigen frame'

Water op straat hoort bij het nieuwe klimaat. De gemeente doet er alles aan om water in woningen of gevaarlijke situaties te voorkomen. Daarvoor neemt de gemeente maatregelen, waar mogelijk. Het vergroten van de riolering is niet altijd de oplossing en is kostbaar. De straat, het groen en de tuinen moeten tijdelijk plaats bieden aan regenwater.

Denk ook aan verschillende vormen van communicatiestijl voor het brengen van de boodschap, zoals (bron Factor C):

- verantwoordelijkheid: '...hier sta ik...'
- causale relatie: '...neem nou...'
- motieven: '...dát wil ik bereiken...'
- emotie: '...het is toch wat...'
- kwaliteit: '...anders geen knip voor de neus waard...'
- eenheid: '...vinden we allemaal...'
- gemak/genot: '...ja toch...'



Wat te bereiken, doelen, welk gewenst gevolg?

- schade beperken door te adviseren over beperking van
 - o materiële schade: stapvoets rijden in ondergelopen straten of straten afzetten, kostbare spullen hoog en droog plaatsen, terugslagklep of pomp bij lage lozingstoestellen, etc.,
 - o gezondheid: vermijden contact met (opspattend) water
 - o en veiligheid: opdrijvende putdeksels, gevaar voor stroom, vermijden ondergelopen tunnels,
- oproep voor het doorgeven van informatie over overlast en schade, om een beter beeld van het probleem te krijgen en mogelijke maatregelen om de situatie effectief te verbeteren,
- wederzijds begrip, zowel voor de gemeente en het waterschap (de situatie, de extremiteit van het weer, de middelen zijn beperkt), maar ook andersom begrip voor inwoners, ondernemers en bedrijven (voor de gevolgen, de overlast en schade),
- duidelijkheid voor bewoners en bedrijven welke maatregelen de gemeente neemt en welke maatregelen zij zelf kunnen nemen,
- reële verwachtingen over hoe vaak overlast kan optreden,
- interesse om de situatie rond de eigen woning of bedrijf waar mogelijk te verbeteren.

Resultaat:

Persbericht of verhaal over het bovenstaande dat door medewerker, woordvoerder of wethouder kan worden verteld met als doelen: informatieverstrekking, betekenisgeving en schadebeperking. Als gemeenten en waterschap met deze module aan de slag gaan, is een mogelijke uitwerking van dit onderdeel een (pers)bericht specifiek voor de regio Achterhoek+. Dit voorbeeldbericht kan dan bij



wateroverlast (of hitte of droogte) worden gebruikt in het lokale huis-aan-huisblad en als nieuwsbericht op de eigen website. Het bericht hoeft alleen door gemeente of waterschap te worden aangevuld met de actuele weersomstandigheden (neerslag, hitte of droogte), geconstateerde knelpunten en eventuele adviezen voor schadebeperking.

Inspiratie:

- voorbeeld bericht [Gemeente Amsterdam](#).

4. Bewoners en ondernemers op risicolocaties daar over informeren en handelingsperspectief bieden bij verwachting van extreme neerslag

Wees eerlijk en transparant naar bewoners toe over de risico's op wateroverlast. Geef aan dat bewoners die op een lage plek wonen, dat al het mogelijke is en wordt gedaan, maar dat er nog steeds kans is op overlast. Maak bewoners en ondernemers bewust van de risico's en biedt gelijktijdig ook 'handelingsperspectief' (wat kunnen ze zelf doen), met praktische tips en middelen zoals zandzakken of afzetlint. Ook nationaal worden bewoners en ondernemers geïnformeerd over vergelijkbare risico's, zoals op de website www.overstroomik.nl, waarbij op dezelfde plek ook praktische tips worden gegeven. Hierdoor hoeft geen onrust te ontstaan.

Voorbeeld van handelingsperspectief voor bewoners:

(bron: [Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier](#))

Wateroverlast door overstromende rioolputten of sloten kan af en toe voorkomen. Als je ziet dat de straat blank komt te staan, kun je dit doen:

- Richt je huis en tuin 'rainproof' in. Zo nemen gras en groen meer water op dan tegels.
- Plaats zandzakken voor de deur(en) om water buiten te houden (informeer bij jouw gemeente of ze zandzakken beschikbaar hebben).
- Plak duct tape op spouwopeningen en naden van deuren om water buiten te houden.
- Leg waardevolle spullen hoog en droog.



- Om te voorkomen dat rioolwater via je wc je huis binnenkomt, leg een handdoek over je toilet, doe de toiletbril met deksel dicht en zet daarna een zandzak emmer water of iets anders zwaars op de deksel. En leg een handdoek met een verzwarende op het doucheputje.
- Loopt het water toch via het toilet je huis in? Dan betekent dat het afvalwater niet naar het hoofdriool kan. Koppel in dat geval de regenpijp af van het vuilwaterriool. Zo loopt regenwater niet via de wc je huis in.
- Laat de auto staan als dat mogelijk is, rijden veroorzaakt golven en waterstromen.
- Zorg dat water goed kan weglopen, dus check straatkolken en dakgoten en maak ze vrij van takjes en vuil.

Inspiratie:

- <http://overstroomik.nl/>; als voorbeeld van hoe de overheid op landelijk niveau inwoners en bedrijven bewust maakt van het risico op overstromingen vanuit zee of rivieren, en het geboden handelingsperspectief daarbij.

5. Bewoners voorlichten over de gezondheidsaspecten van rioolwater op straat

Afvalwater dat in grote mate uit de riolering op straat stroomt, geeft risico's voor de volksgezondheid. Gemeenten zijn op basis van de Wet publieke gezondheid verantwoordelijk voor de uitvoering van taken op het gebied van de publieke gezondheidszorg. Verminder de gezondheidsrisico's van water op straat en in wadi's door mensen ervan bewust te maken dat de waterkwaliteit van water op straat en in wadi's vergelijkbaar is met verdund rioolwater. Ook het opspattende water door auto's die hard door het water op straat rijden, bevat vervuilde aerosolen die ziekmakend kunnen zijn. Praktische compacte informatie en meer achtergrondinformatie hierover is te vinden in de '[Natte Krant](#)' (NKWK-KBS, 2017).

Gemeenten en waterschappen hebben de verantwoordelijkheid mensen hierover voor te lichten én burgers niet onnodig in contact te brengen met verontreinigd water (Wet publieke gezondheid). Zo zijn wadi's niet geschikt om een speelvoorziening in aan te leggen, want

dan wordt contact met verontreinigd water aangemoedigd. Licht bewoners in, met name op risicolocaties ('Module C Extreme neerslag'). Dit informeren kan op verschillende manieren: met een bord bij wadi's, waterplein of water-op-sstraat gevoelige locaties, of per brief aan bewoners in directe omgeving of via een (jaarlijks) artikel in de lokale huis-aan-huisblad of op de gemeentepagina.

Resultaat:

Standaard persbericht wat door de regio is gemaakt en wat periodiek verspreid kan worden door de gemeente of door de regio via regionale kranten en omroepen.



De gezondheidsrisico's van water op straat (bron: Natte Krant, NKWK-KBS, 2017)



Achtergrondinformatie

Uit [‘Water in de openbare ruimte heeft risico’s voor de gezondheid’](#); Een gezondheidsrisicoanalyse voor fontein, bedriegertjes, water op straat en water in wadi’s, STOWA en Stichting RIONED, 2014:

Regenwater op straat kan verontreinigd zijn met ziekteverwekkers afkomstig uit honden- en vogelpoep en met menselijke ontlasting die vanuit de riolering omhoog stroomt. Ook kunnen er ziekteverwekkers in aanwezig zijn die van nature in het milieu voorkomen. Mensen komen in contact met regenwater op straat als zij wateroverlast moeten opruimen of als zij buiten nat worden van langsrijdende auto’s. Kinderen spelen of zwemmen graag in het water. Hierdoor krijgen mensen (vooral kinderen) water binnen. Bijvoorbeeld doordat zij met natte handen hun mond aanraken, spetters inslikken of een slok water binnenkrijgen.

Om bij hevige regen wateroverlast te voorkomen, leggen veel gemeenten wadi’s aan. Een wadi is een verdiept grasveld dat functioneert als infiltratievoorziening voor regenwater. Deze wadi’s kunnen gevuld worden via de ondergrondse hemelwaterafvoer (hwa) of met bovengronds afstromend regenwater. Net als water op straat kan het water van wadi’s verontreinigd zijn door honden- en vogelpoep en in geval van vulling vanuit het hwa-stelsel met menselijke ontlasting wat door foutieve aansluitingen in het hwa-stelsel terecht komt.

6. Periodieke berichtgeving over klimaatverandering (wateroverlast, hitte, droogte) aan bewoners en bedrijven

Klimaatverandering is onlosmakelijk verbonden met duurzaamheid, klimaatadaptatie en klimaatmitigatie (reductie van broeikasgassen door energiebesparing, minder (vlees)consumptie en transitie naar duurzame energiebronnen). De communicatie over duurzaamheid en energiebesparing kan daarom heel goed samen gaan met verhalen over noodzakelijke aanpassingen aan klimaatverandering.

Denk samen met gemeente en waterschap na over mogelijke ‘framing’ van de boodschap, bijvoorbeeld:

- vanwege het klimaat: energie, milieu, hitte, droogte, wateroverlast
- gezondheid en groene tuin
- kosten voor consument en maatschappij
- want de burens doen het ook (of juist niet!)
- dat is toch normaal, logisch, spreekt voor zich
- ‘als jij het zegt...’ of leuke uitdaging
- ik doe het voor mijn kinderen.

En overdenk mogelijke specifieke momenten of bijzondere gebeurtenissen voor ‘timing’ van de communicatie aan specifieke doelgroepen, bijvoorbeeld:

- bij de nieuwbouw of verbouwing van je huis
- bij de geboorte van je kind
- bij verhuizing, nieuwkomers
- tijdens grote regionale of (inter)nationale evenementen
- aan het begin van de zomer(school)vakantie.

Door regelmatig te communiceren groeit het bewustzijn van bewoners en bedrijven. Het doel hiervan is een positieve verandering in houding en gedrag van inwoners en bedrijven te bereiken, en door vergroting van de kennis daar aan bij te dragen. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van bestaand materiaal, bijvoorbeeld van Stichting RIONED.

Bewoners als ambassadeurs

Betrek de berichtgeving waar mogelijk op lokale problemen en lokale oplossingen of initiatieven. Denk daarbij ook aan de belangrijke rol voor andere partijen in de communicatie. Laat bewoners zelf aan het woord om over hun ervaringen te vertellen, over de gevolgen van wateroverlast die zij zelf hebben ervaren, of over de maatregelen die actieve bewoners of buurten in hun eigen tuin hebben getroffen. Andere bewoners kunnen zich daar goed mee identificeren. Geef goede initiatieven van bewoners een podium, ondersteun deze en laat deze zien.

Maak binnen de gemeente én met het waterschap afspraken over:

- frequentie/ herhaling,
- welke media (krant, twitter, facebook, etc.).

Ingrediënten:

- wateroverlast,
- hitte,
- droogte,
- klimaatverandering,
- plannen gemeente,
- tips voor bewoners etc.



Boodschap, afhankelijk van onderwerp:

Wat te bereiken, doelen, welk gewenst gevolg? Bewustwording, begrip voor situatie, medewerking bewoners en bedrijven.

Resultaat:

Met enige regelmaat verschillende berichten. Door diverse media te gebruiken worden verschillende doelgroepen bereikt.

Inspiratie:

- voorbeeld van aandacht aan klimaatverandering in '[Energievisie Winterswijk 2016](#)'.
- voorbeelden van problemen door [hoosbuien](#),
- animatie van [water op straat](#) als verlengstuk riool,
- [publieksbrochure](#) Het regent, het regent...
- [persbericht](#) 3 nov 2016 "Monitor gemeentelijke watertaken: riolering op orde, toch veranderingen op komst. Bij hevige buien meer ruimte nodig voor water in straten en groen",
- [persbericht](#) van de brandweer over de gevaren, wat bewoners zelf kunnen doen en wie te bellen,
- klimaatverandering [inzichtelijk weergegeven](#) voor regio Vallei en Eem,
- tips op [Amsterdam Rainproof](#).

7. Educatie van scholieren

Scholieren als ambassadeurs

Betrek scholieren, zij zijn de toekomstige bewoners. Bijkomend effect is dat de boodschap via de kinderen bij de ouders of verzorgers terecht komt. En leg hier nadrukkelijk de link met duurzaamheid.

Dit kan op verschillende manieren:

- Benader scholen en docenten en zoek docenten die bereid zijn ruimte in lestijd te maken voor een les over water, of sluit aan bij lessen over bijvoorbeeld klimaatverandering. Via de lessen leren leerlingen over klimaatverandering en de effecten van wateroverlast voor hun directe leefomgeving. Zorg voor een informatiefolder die leerlingen mee naar huis kunnen nemen. Op die manier wordt het onderwerp ook bij gezinsleden onder de aandacht gebracht.

- Werk samen met kinderboerderijen om bezoekers te informeren over duurzaamheid en waterbeheer. Kinderboerderijen zijn in een gemeente ideale leerplaatsen voor natuur- en duurzaamheidseducatie om op een laagdrempelige manier veel mensen te bereiken over dit thema.

Inspiratie:

- Op deze [website](#) staat een uitnodigende 'hands on' praktijkopstelling voor gebruik tijdens de lessen.
- Meer [websites](#) met lesmateriaal.
- De praktische handreiking '[Alle kinderboerderijen en bezoekers klimaatbestendig en waterbewust](#)' samengesteld, met inspirerende voorbeelden om op kinderboerderijen, in waterspeeltuinen of langs wandelpaden in parken aandacht aan water en klimaat te geven.

8. Samen met woningcorporaties werken aan klimaatadaptatie

Voor een goede samenwerking is een gedeeld belang nodig. Zoek daarom aansluiting bij de opgaven van woningbouwcorporaties. Gemeenten hebben vaak een contactpersoon voor de woningcorporatie. Informeer bij deze contactpersoon of de corporatie ook een duurzaamheidsdoelstelling heeft (dit is vaak zo) en overleg hoe je hierop kunt aansluiten. Zorg voor afstemming bij renovatieplannen. Vraag of je een keer mag aansluiten bij een overleg. Ga in dit overleg in op concrete voorbeelden voor verduurzamen bij herbouw/ renovatie van woningbouwoningen:

- afkoppelen,
- groenblauwe daken,
- tegels uit de tuinen, etc.

Geef extra aandacht bij woningen in risicogebieden (zie ook kaart 'Module C Extreme neerslag').



Twents Waternet schreef het volgende over ervaringen met de communicatie met de woningbouwcoöperaties:

“De woningbouwcoöperaties willen in eerder stadium hun beleid en beheeractiviteiten afstemmen met de gemeente. Zij verwachten een zakelijke insteek, over het delen van kosten voor aanpassingen en voor het afspreken van een tijdslijn voor de uit te voeren beheeractiviteiten.

Bespreek het gezamenlijke belang: om de bewoners te beschermen tegen een te vochtige woning en leefomgeving.

Wees open en transparant naar woningbouwverenigingen en andere betrokkenen in de wijk. Daarmee maak je de verwachtingen van elkaar bespreekbaar en kom je nader tot elkaar in je verwachtingen. En kom je ook nader tot elkaar in afstemming met elkaars werkprogramma, van voorgenomen beheertaken of voorgenomen veranderingen.”

Bron: [Praktische Leerpunten Communicatie Afkoppelprojecten Twente](#).

Naast woningbouwcorporaties kan ook samenwerking worden gezocht met bijvoorbeeld scholen (groene of natuurlijke speelplaatsen) of instellingen zoals bejaardentehuizen (aangename en gezonde tuinen en binnenplaatsen).

9. Samen met projectontwikkelaars, bouwers werken aan klimaatadaptatie

Samen met projectontwikkelaars en bouwers werken aan klimaatadaptatie kan vrijwillig in bijeenkomsten. Bijvoorbeeld door net als bij het intern communiceren een workshop of fietstocht te organiseren langs overlastlocaties of voorbeeldprojecten. Na kennismaking en bewustwording, is de volgende stap samen werken aan maatregelen die ook vanuit andere maatschappelijke vraagstukken en doelen meerwaarde hebben.

Grijp elke mogelijkheid aan om adaptatiemaatregelen door te voeren: vele kleintjes maken één grote. Een algemeen geldend principe is dat klimaatadaptatie in de stad een kwestie is van de accumulatie van relatief kleine, lokale ingrepen die bij hun uitvoering meeliften bij nieuwbouw, renovatie en herstructureringsprojecten. Op dat principe van ‘meekoppelen’ zijn de huidige stedelijke adaptatiestrategieën gebaseerd en in die context kunnen opdrachtgevers en bouwbedrijven met adaptatie aan de slag: bij elke bouwactiviteit, aan gebouwen, de openbare ruimte of infrastructuur, kan een adaptief

element worden ingebracht. Bron: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving, 2015.

Nu ingrijpen is noodzakelijk om op de omstandigheden van later voorbereid te zijn en maatschappelijke kosten in te perken. Steeds meer (inter)nationale studies tonen aan dat de kosten van adaptatie nú gering zijn in vergelijking met de schade die kan ontstaan door extreme weersomstandigheden. Tevens geldt dat dit lange termijn risico wel wordt erkend, maar niet wordt ingeperkt vanwege de onveranderde korte (return on investment) termijnen waarmee publieke en private opdrachtgevers van bouwprojecten werken. Bron: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving, 2015.

Een primaire oplossing voor bovenstaand dilemma is bij de ontwikkeling van adaptatiemaatregelen te focussen op ‘no regret-maatregelen’, dat wil zeggen op maatregelen die ook vanuit andere maatschappelijke vraagstukken en doelen, zoals ‘gezondheid’, ‘leefbaarheid’ en ‘duurzaamheid’, gemotiveerd kunnen worden. Het ontwikkelen van dergelijke maatregelen, maatregelen die meerdere doelen dienen, niet alleen op adaptatie zijn gericht en in deze integrale context financieel rendabel zijn, is een voorname innovatieopgave voor de bouwsector en voor kennisinstellingen. Bron: Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving, 2015.

Inspiratie:

- [Klimaatadaptatie in de gebouwde omgeving](#), Deltares, oktober 2015

10. Samen met hoveniers en aannemers werken aan klimaatadaptatie

Geef hoveniers en tuincentra in de regio een intermediairfunctie, maak hen ambassadeurs. Ook aannemers die aan de riolering van een woning of bedrijf werken, kunnen de eigenaar adviseren over het afkoppelen en benutten van regenwater.

Bekend is natuurlijk Rob Verlinden. In het SBS6-programma Rob's Grote Tuinverbouwing (voorheen De Tuinruimers) is vaak aandacht voor het gebruik van regenwater in de tuin. Presentator Rob Verlinden zegt niet van veel steen in de tuin te houden; 30%



verharding en 70% groen is zijn uitgangspunt. Hij laat [zien](#) hoe je het regenwater van dak en terras in de tuin verwerkt). Of luister het [radiofragment](#).

Ondernemers als ambassadeurs

Ook hoveniers in de regio zullen met het opvangen en verwerken van hemelwater in de tuin bezig zijn. Moedig initiatieven aan door samen een folder te maken of organiseer een actie bij een tuincentrum.

Voorbeelden van acties bij tuincentra:

- folders uitdelen bij tuincentra, inspiratie: [Amsterdam Rainproof](#),
- bezoekers gelegenheid geven om ter plekke een schetsontwerp voor een regenwaterbestendige tuin te laten maken,
- demonstratie opstelling van regenwaterbestendige tuin bij een tuincentrum, zie voorbeeld: [Amsterdam Rainproof](#),
- kortingsacties voor infiltratiekragen of regenton,
- actie dat wie een tegel inlevert bij een tuincentrum, daarvoor gratis twee planten ontvangt.

9.4 Meer informatie en inspiratie

- tips voor een [regenbestendige tuin](#),
- [De levende tuin](#),
- [Operatie Steenbreek](#).



10 Colofon

document: 16.143/3
datum: 23 juni 2017
projectnummer: Gbe001.1
opdrachtgever: Gemeente Berkelland
werkgroep: Baarte de Rooy (Gemeente Lochem)
Bas Berends (Gemeente Doetinchem)
Hendri Witteveen (Waterschap Rijn en IJssel)
Thorben Koeslag (Gemeente Berkelland, voorzitter)
auteurs: Kees Broks (Broks-Messelaar Consultancy)
Jopie de Ruijter (Broks-Messelaar Consultancy)

Bijlagen

Bijlage A – Een selectie uit de berichtgeving over (bijna) opgetreden regenwateroverlast in periode vanaf 2010	91
Bijlage B – Voorbeeld van ‘enquête wateroverlast’ van Gemeente Berkelland	95

Bijlage A – Een selectie uit de berichtgeving over (bijna) opgetreden regenwateroverlast in periode vanaf 2010

Op internet zijn vele berichten van wateroverlast en schade bij hevige neerslag te vinden, Hieronder is een kleine selectie van berichten te vinden. Met meerdere berichten van <https://dute.home.xs4all.nl/extreem%20weer.html> of uit andere bron, zoals bijgaande vermeld.

Uit het grote aantal berichten blijkt dat de regio de laatste jaren regelmatig is getroffen door hevige neerslag met wateroverlast tot gevolg, Het beeldmateriaal, en dan vooral de video's kunnen goede bronnen zijn voor evaluatie van 'wat er is gebeurd', naast gerichte/gestructureerde eigen waarnemingen van medewerkers van gemeenten en/of waterschap.

Gemeente Aalten

De afgelopen zes jaar is er geen wateroverlast (schade) geweest als gevolg van extreme neerslag. Bron: GRP, 2015 september 2013:

Slingeplas, Bovenslinge, niet tot overlast geleidt, doordat buien afnamen.

11 september 2013

Noodoverloopgebied bij de Slingeplas. Het laten volstromen van een noodoverloopgebied bij Bredevoort in de Achterhoek is zeer waarschijnlijk niet nodig. Het heeft woensdagmiddag niet meer hard geregend in het stroomgebied van de Boven-Slinge, zodat het waterpeil stabiel is gebleven.

15 januari 2011:

Door het onder water zetten van het retentiegebied bij Bredevoort is wateroverlast bij het dorp en het verderop gelegen Aalten voorkomen.

november 2010: Beken treden buiten hun oevers, drassige weilanden.

Gemeente Berkelland

30 mei 2016:

Op veel plaatsen is tijdens enkele buien tussen de 40 en 50 mm gevallen.

28 juli 2014:

Hevige regenval heeft vanmiddag voor wateroverlast gezorgd in delen van Berkelland. In o.a. Eibergen, Neede, Borculo en Rekken liepen straten onder en stond alles blank.

Foto's op <http://www.berkellandfm.nl/nieuws/entry/wateroverlast-in-delen-van-berkelland>

26 augustus 2010:

Sinds de eerste alarmering gisteravond (donderdag 26 augustus) om half zes tot vanochtend 7.00 uur zijn brandweermannen in touw geweest om de wateroverlast door de extreme regenval in Eibergen te bestrijden. Op diverse plekken moesten brandweerlieden ondergelopen kelders leegpompen. Dat gebeurde aan de Bronbeekstraat, Molenweg, Burgemeester Wilhelmweg, Polbrug en de Zwiilbroekseweg. Ook bij restaurant Grand Plaza aan de Haaksbergseweg in Eibergen is gisteravond de kelder ondergelopen. Ook daar is het water weggepompt. De wateroverlast komt doordat het regenwater niet snel kon weggelopen naar de Berkel. Het drukrioleringssysteem in het buitengebied is ook her en der overbelast geraakt. Dat komt doordat mensen ongeoorloofd regenwater op hun riolering aansluiten. De schatting is dat 99 procent van de meldingen, die gisteren zijn binnen gekomen en misschien vandaag nog binnen komen (bij gemeente), over overlast in het buitengebied, worden veroorzaakt door ongeoorloofde regenwateraansluitingen op de drukriolering. De servicedienst van Dusseldorp kon gisteravond de hoeveelheid meldingen niet meer aan. Dusseldorp opereert in het buitengebied van Borculo en Ruurlo. GMB rioolservice heeft nog niets verontrustends gemeld, maar in het buitengebied van Eibergen en Neede zal de situatie niet veel anders

zijn. Aan de hand van meting van de regenmeter aan de Vogelenzangstraat in Eibergen is er 125 mm hemelwater naar beneden gekomen. Dat is heel veel. Als er op een dag tussen de 10 mm en de 20 mm valt, hebben we al een extreem natte dag. Bij regen dat regelmatig verdeeld over de dag valt, kan een rioolstelsel zo'n 35 mm op een dag aan. Het meerdere wordt via riooloverstorten naar beken en sloten afgevoerd. Bij hevige buien komt het water op straat te staan. Dat gebeurde gisteren dus ook enkele keren. Het water van de Berkel staat nog steeds erg hoog. In Lochem wordt het water overgepompt in het Twentekanaal. Waterschap Rijn en IJssel heeft de hele dag de rivier in de gaten gehouden. Ook de Slinge in Beltrum kreeg de aandacht.

Video's <http://www.nieuwsuitberkelland.nl/2010/08/update-wateroverlast-in-berkelland/>

Uit het GRP, ook foto's:

- Centrum Eibergen Extreme bui leidt tot wateroverlast. Het water past niet in de riolering, blijft op straat staan en leidt tot wateroverlast in de winkels doordat het plein is aangelegd als vlak plateau zonder ruimte voor berging op straat.
- Ruwenhofstraat Neede Extreme bui leidt tot wateroverlast. Het water past niet in de riolering en stroomt ongecontroleerd over straat. Het kan niet naar een geschikte locatie stromen en leidt tot wateroverlast in de woningen.
- Brinklaan Ruurlo. Extreme bui geeft forse gecontroleerde waterafvoer over straat zonder schade of problemen Zo kan het ook! De inrichting van de openbare ruimte is zodanig vorm gegeven dat hemelwater niet via de riolering wordt afgevoerd, maar bovengronds. Zelfs bij zware buien werkt dit systeem naar behoren. Het is een logisch en passend ontwerp.

Bijgaand enkele foto's die zijn genomen tijdens de extreme neerslag van 26 augustus 2010. Dat was nog lang geen 100 mm in een uur, maar wel meer dan 100 mm in een etmaal, verspreid over enkele zware buien. Bij de foto's een korte analyse.

26 augustus 2010 - Centrum Eibergen
Extreme bui leidt tot wateroverlast.
Het water past niet in de riolering, blijft op straat staan en leidt tot wateroverlast in de winkels doordat het plein is aangelegd als vlak plateau zonder ruimte voor berging op straat.



26 augustus 2010 - Ruwenhofstraat Neede
Extreme bui leidt tot wateroverlast.
Het water past niet in de riolering en stroomt ongecontroleerd over straat.
Het kan niet naar een geschikte locatie stromen en leidt tot wateroverlast in de woningen.



26 augustus 2010 - Brinklaan Ruurlo.
Extreme bui geeft forse gecontroleerde waterafvoer over straat zonder schade of problemen.
Zo kan het ook!
De inrichting van de openbare ruimte is zodanig vorm gegeven dat hemelwater niet via de riolering wordt afgevoerd, maar bovengronds. Zelfs bij zware buien werkt dit systeem naar behoren. Het is een logisch en passend ontwerp.



Gemeente Bronckhorst

26 augustus 2010:

Wateroverlast Zelhem

https://www.youtube.com/watch?v=e_V4T0568fM

Gemeente Doetinchem

23 mei 2012:

Op diverse plaatsen in Gelderland is al grote wateroverlast ontstaan als gevolg van noodweer. Vooral rond Doetinchem en bij Ede en Lunteren staan wegen blank en kunnen putten in de straat de hoeveelheid water niet aan.

<https://meteo-service.nl/index.php?topic=1442.0>

16 juni 2011:

In de Achterhoek kreeg met name Doetinchem met noodweer te maken. De 70 millimeter die daar naar beneden kwam, kon de riolering niet zo snel verwerken met als gevolg wateroverlast.

26 augustus 2010:

In Doetinchem zijn onder meer gymzalen ondergelopen. De vloeren van de huisartsenpost in Doetinchem staan blank. De brandweer is razend druk met honderden meldingen van wateroverlast. Hier en daar zijn kelders ondergelopen. Straten en riolering konden het regenwater niet aan. Onder andere aan de Sikkeldreef in Doetinchem, de Patronaatstraat in Lichtenvoorde, De Heurne in Hengelo en het Slingelandziekenhuis in Doetinchem.

Gemeente Lochem

30 mei 2016:

Brandweer naar Meidoornstraat in Gorssel

7 juni 2011:

In Eefde is maandagmiddag in een kwartier tijd minstens 110 (De Stentor van 7 juni 2011) millimeter regen gevallen. De enorme wateroverlast zette de Schurinklaan tot aan de C1000 volledig blank. De brandweer Gorssel is van 18.00 tot 22.00 uur bezig geweest het water weg te pompen.

Gemeente Montferland

14-15 augustus 2015:

Met name in 's-Heerenberg kon het riool de watervloed niet aan. De Lengelseweg en aanliggende straten bleven urenlang onberijdbaar. Het hemelwater van hogere stadsdelen en het industrieterrein verzamelde zich hier in kolkende stromen, waardoor wegen in korte tijd in rivieren veranderden.

23 mei 2012:

Er was veel wateroverlast in 's-Heerenberg en Zeddam. De vrijwillige brandweer had heel wat uit te rukken; o.a bij de Stendermolen en de Poort van Bergh liepen de kelders onder. De Klomp, Don Rualaan en hoek Plantsoensingel Zuid bij de Super Coop stonden helemaal onder water. Het leek wel een rivier.

http://www.berghapedia.nl/index.php/Weer_in_Bergh

Gemeente Oost-Gelre

26 augustus 2010:

GRP: Op 26 augustus 2010 vielen buien met in totaal circa 135 mm en dus wateroverlast.

NOS: In Lichtenvoorde is de brandweer de hele dag met minstens zestig man bezig geweest met het wegpompen van het regenwater. Inwoners hadden hun drempels beschermd met zandzakken die werden uitgereikt door het Waterschap Rijn en IJssel. In het nabijgelegen Groenlo staan het centrum en een industrieterrein blank. Een camping met zo'n 175 gasten is ontruimd omdat de Slinge uit zijn oevers trad. Zo'n tien procent van de camping staat onder water. Een aantal stacaravans is ondergelopen.

Een deel van de Twenteroute (N18, Varsseveld-Enschede) bij Lichtenvoorde is vrijdagmiddag urenlang afgesloten geweest om het water uit het Achterhoekse stadje te pompen. Dat staat deels onder water na de overvloedige regenval. De gemeente heeft ook het centrum van Lichtenvoorde deels afgesloten. De Hamelandroute (De N313 tussen Lichtenvoorde en Aalten) was al voor een deel afgesloten.

Er is de afgelopen 24 uur meer dan 100 millimeter regen gevallen in de Achterhoek en op sommige plaatsen zelfs meer dan 130 millimeter. In Groenlo viel 135 millimeter, in Lichtenvoorde 131

millimeter, in Doetinchem 109 en in Borculo 126 millimeter. Normaal valt er in een hele maand zo'n 60 millimeter.

27 augustus 2010:

<http://www.gelrenieuws.nl/2010/08/wateroverlast-kom-niet-naar-lichtenvoorde.html>

"Het centrum van Lichtenvoorde, het Wentholtpark en delen van bedrijventerrein staan onder water door de overvloedige regenval van afgelopen nacht. De gemeente Oost-Gelre raadt mensen af naar Lichtenvoorde te komen. Volgens een woordvoerder van de gemeente stroomt het water vanaf de Vragenderbult Lichtenvoorde in. De Hamelandroute (De N313 tussen Lichtenvoorde en Aalten) is voor een deel afgesloten. Ook in het naburige Groenlo is veel wateroverlast. Camping Marveld is vannacht voor een deel ontruimd. De brandweer is nog altijd druk bezig om de wateroverlast terug te dringen. Foto's op <http://www.112achterhoek-nieuws.nl/article/1995-wateroverlast-kom-niet-naar-lichtenvoorde>

Gemeente Oude IJsselstreek

-

Gemeente Winterswijk

25 december 2013:

De hevige regenval van dinsdagavond heeft in Winterswijk tot wateroverlast geleid. Volgens Meteo Consult is er plaatselijk 38 millimeter regen gevallen. Volgens het weerinstituut was Winterswijk daarmee veruit de natste plek. De brandweer is uitgerukt voor een villa in de Laan van Napoleon, die onder water staat door een verstopte duiker in de watergang. Ook elders in Winterswijk staan enorme plassen in straten. Een restauranthouder in buurtschap Henxel moet water wegpompen van de toegangsweg naar het restaurant, omdat gasten anders niet met droge voeten binnen kunnen komen.

23 augustus 2010:

De zware bui die maandagochtend over de Achterhoek trok heeft in Winterswijk verschillende straten een tijdlang blank gezet. Het riool kon de watervloed niet verwerken. Onder meer in de Spoorstraat, Dingstraat en Laan van Hilbelink stond het regenwater soms tot twintig centimeter diep tussen de stoepranden. In de Laan van

Hilbelink lagen de loodzware putdeksels soms naast het riool. Bij de kruising met de Eelinkstraat was het regenwater textielbedrijf Gaudium ingelopen. Het kantoorgedeelte stond blank. In het bedrijfsgebouwtje waar de textiel wordt geproduceerd stonden delen onder water. Volgens directeur Bart Oonk valt de schade in dit deel mee, omdat alles daar al hoger is geplaatst vanwege wateroverlast uit het verleden. De schade in het kantoorgedeelte is groter, daar stonden het meubilair en ook enkele computers in het water. Voor acht uur reden medewerkers van de gemeente Winterswijk rond om alle putdeksels weer op hun plaats te leggen.

Gemeente Zutphen

30 mei 2016:

Een wolkbreuk heeft maandagavond 30 mei voor flinke overlast gezorgd in Zutphen. Er kwam zo veel water naar beneden, dat de straten en de kelders aan de Michiel de Ruyterstraat blank kwamen te staan.

Bijlage B – Voorbeeld van 'enquête wateroverlast' van Gemeente Berkelland

Voor inzicht in hoe inwoners/ondernemers wateroverlast ervaren en wat naar hun oordeel daar aan moet worden gedaan en voor een effectiever communicatie daarover door de gemeente, heeft Gemeente Berkelland recent een enquête hiervoor uitgevoerd (samen met enquête over het afvalbeleid). De respons was groot met ruim 600 respondenten. De gemeente heeft van te voren goed nagedacht over de te stellen vragen. Om deze in de regio te delen, zijn deze vragen hieronder opgenomen, inclusief enkele resultaten van de enquête.

Vragen achtergrond respondent

- Postcode, Geboortejaar, Geslacht, Leeftijd, Woonplaats
- Binding (Ik woon in de gemeente, Ik werk in de gemeente, Ik heb een bedrijf in de gemeente, Ik recreër in de gemeente, Anders)
- Wonen (1=Korter dan 1 jaar, 2=1 tot 5 jaar, 3=5 tot 10 jaar, 4=Langer dan 10 jaar)
- Dagelijks leven (1=Middelbare scholier, 2=MBO student, 3=HBO/WO student, 4=Combinatie studie en parttime baan (geen bijbaan), 5=Parttime werkzaam in loondienst (< 36 uur), 6=Fulltime werkzaam in loondienst (>36 uur), 7=Ondernemer, 8=Huisvrouw/-man, 9=Werkzoekend, 10=Vrijwilliger, 11=VUT/Gepensioneerd, 12=Anders)
- Hoogst voltooide opleiding (1=Basisschool, 2=Middelbare school (Praktijkonderwijs, MAVO, MULO, HAVO, VWO, WMBO enz.), 3=Lager beroepsonderwijs (LTS, LAO, LEAO enz.), 4=Middelbaar beroepsonderwijs, 5=Hoger beroepsonderwijs, 6=Universitair onderwijs, 7=Anders, namelijk: Anders)
- Samenstelling huishouden (1=Alleenwonend, 2=Tweepersoonshuishouden zonder (thuiswonende) kinderen, 3=Eénoudergezin, jongste thuis wonende kind onder de 12 jaar,

4=Eénoudergezin, jongste thuis wonende kind 12 jaar of ouder, 5=Gezin, jongste thuis wonende kind onder de 12 jaar, 6=Gezin, jongste thuis wonende kind 12 jaar of ouder, 7=Groepswonen (bijv. studentenwoning))

Vragen ervaring wateroverlast

- Ervaart u dat er steeds meer hevige buien zijn in de afgelopen jaren? (1=Ja, 2=Nee)
- Wanneer is er volgens u sprake van wateroverlast? (Plassen op straat, Als de straat tot een half uur blank staat, Als de straat één tot ander half uur blank staat na een hevige bui, Als de straat anderhalf tot twee uur blank staat na een hevige bui, Als de straat meer dan twee uur blank staat, Als de tuin tot een half uur blank staat, Als de tuin een half uur tot een uur blank staat, Als de tuin één tot ander half uur blank staat na een hevige bui, Als de tuin één tot twee uur blank staat na een hevige bui, Als de tuin meer dan twee uur blank staat na een hevige bui, Als water in huis stroomt, Anders, namelijk)
- Ervaart u zelf ook wateroverlast tijdens of na hevige buien? (1=Ja, altijd, 2=Ja, soms, 3=Nee)
- Op welke wijze ervaart u deze wateroverlast zelf? (Plassen op straat, De straat staat tot een half uur blank, De straat staat half uur tot een uur, De straat staat één tot ander half uur blank na een hevige bui, De straat staat anderhalf tot twee uur blank na een hevige bui, De straat staat meer dan twee uur blank, De tuin staat tot een half uur blank, De tuin staat een half uur tot een uur blank, De tuin staat één tot ander half uur blank na een hevige bui, De tuin staat één tot twee uur blank na een hevige bui, De tuin staat meer dan twee uur blank na een hevige bui, Het water stroomt het huis in, Anders, namelijk)
- Hoe vaak ervaart u wateroverlast? (1=Zelden tot nooit, 2=Een keer per vijf jaar, 3=Een keer per twee jaar, 4=Elk jaar, 5=Meerdere keren per jaar)
- Waar? (dorp, straat)

Bewustzijn oorzaken wateroverlast

- Was u zich er van bewust dat meer bestrating in de tuin leidt tot meer wateroverlast? (1=Ja, 2=Nee)
- Wat is in uw tuin de verhouding tussen groen (gras en planten) en bestrating (tegels)? (1=Ik heb geen tuin, 2=Mijn tuin is volledig 'groen', 3=Mijn tuin is grotendeels 'groen', 4=Mijn tuin bestaat voor circa de helft uit 'bestrating', 5=Mijn tuin bestaat grotendeels uit 'bestrating', 6=Mijn tuin bestaat volledig uit 'bestrating')
- Zou u zelf maatregelen in uw tuin willen nemen om de wateroverlast te beperken? (1=Ja, 2=Ja, maar ik weet niet hoe ik dat moet aanpakken, 3=Ja, maar alleen als ik een financiële bijdrage krijg, 4=Nee, ik vind tegels mooi, 5=Nee, ik wil geen kosten aan mijn tuin maken, 6=Nee, ik heb geen groene vingers, 7=Nee, ik wil geen tijd besteden aan mijn tuin, 8=Nee, mijn tuin is al groen)

Maatregelen tegen wateroverlast

- Welke maatregelen zou u zelf willen nemen? (Een groot deel van de tegels eruit en groen er voor terug brengen, Deel van de tuin iets verlagen zodat ik meer eigen regenwater in de tuin kan vasthouden, Plaatsen van een regenton, Infiltratiekatten aanleggen om regenwater in te bergen, Water van de regenpijpen in de tuin laten lopen en infiltreren, Anders, namelijk)
- Welke maatregelen zou de gemeente volgens u kunnen nemen om de wateroverlast tijdens hoosbuien te beperken? (Informatie verstrekking over maatregelen om wateroverlast te beperken, Advies aan huis, Stimuleringsregeling om tuin aan te passen, Inwoners verplichten water van de regenpijpen in de tuin laten lopen en infiltreren, Hoogte rioolheffing afhankelijk maken van percentage verharde tuin, Meer water tussen de stoepranden op de straat bergen, Plantsoenen, parkjes en ander openbaar groen gebruiken om overtollig regenwater te bergen, Aanleggen van waterbergingsvijvers of wadi's, Anders, namelijk)
- Welke maatregel zou de gemeente volgens u niet moeten nemen om de wateroverlast tijdens hoosbuien te beperken? (1=Informatie verstrekking over maatregelen om wateroverlast te beperken, 2=Advies aan huis, 3=Stimuleringsregeling om tuin

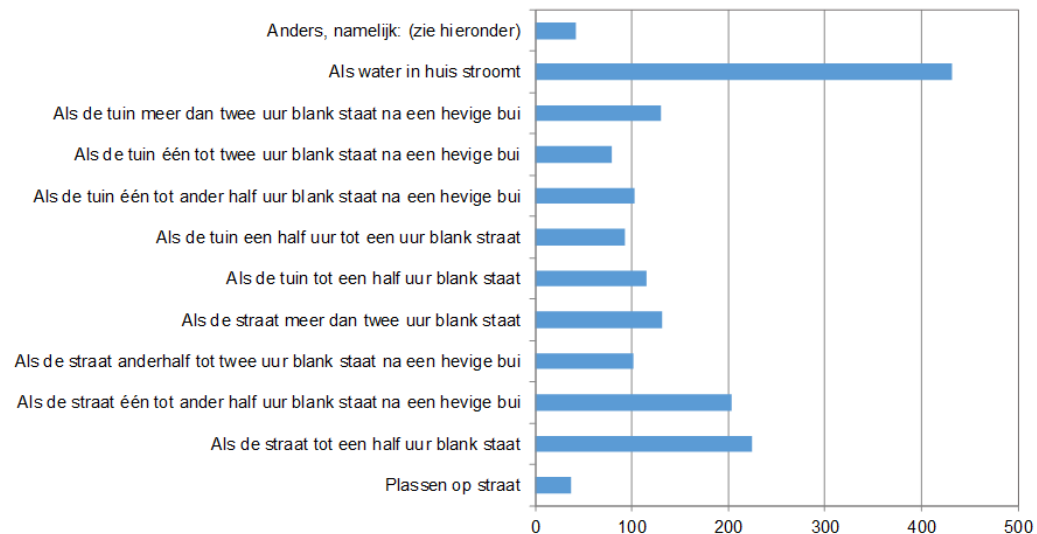
aan te passen, 4=Inwoners verplichten water van de regenpijpen in de tuin laten lopen en infiltreren, 5=Hoogte rioolheffing afhankelijk maken van percentage verharde tuin, 6=Meer water tussen de stoepranden op de straat bergen, 7=Plantsoenen, parkjes en ander openbaar groen gebruiken om overtollig regenwater te bergen, 8=Aanleggen van waterbergingsvijvers of wadi's, 9=Anders, namelijk:, 10=Weet ik niet / geen mening)

- Kunt u aangeven waarom de gemeente deze maatregel niet zou moeten nemen?

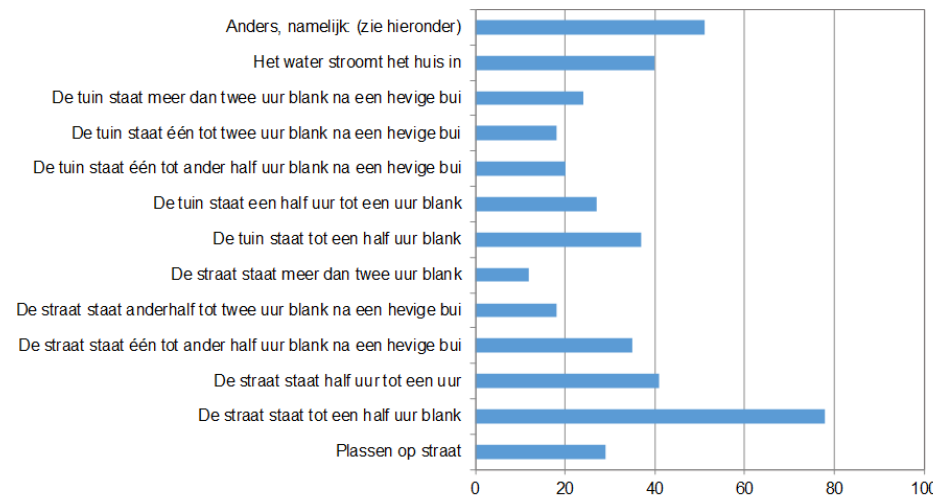
Enkele resultaten van de enquête wateroverlast Gemeente Berkelland`.

Deze informatie is relevant voor de te bepalen communicatiestrategie. Kijk waar de pijnpunten zitten, wat beter kan, waar en waarmee je mensen het best kunt bereiken en hoe je als gemeente op de juiste manier kunt faciliteren.

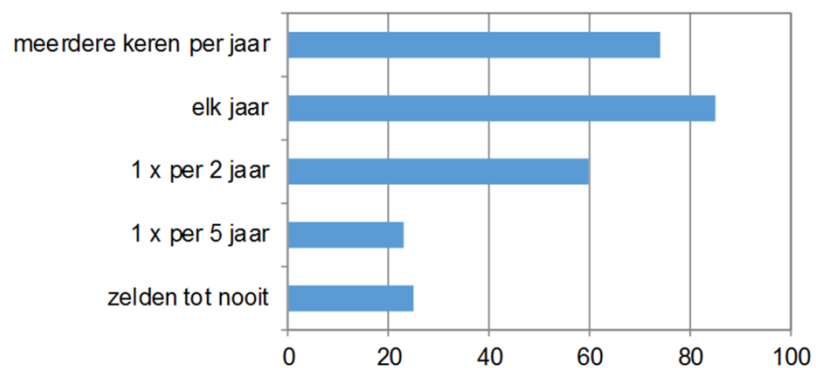
Wanneer is er volgens u sprake van wateroverlast?



Op welke wijze ervaart u deze wateroverlast?



Hoe vaak ervaart u wateroverlast?



159 respondenten ervaren elk jaar of vaker wateroverlast.

- 48 (30%) daarvan antwoorden 'ja' op vraag of zij zelf maatregelen in tuin willen nemen (Q38)
- + 83 (52%) daarvan antwoorden daar 'nee, mijn tuin is al groen'.

48 respondenten ervaren 1 x per 5 jaar of zelden/nooit wateroverlast.

- 10 (21%) daarvan antwoorden 'ja' op vraag of zij zelf maatregelen in tuin willen nemen (Q38)
- + 28 (52%) daarvan antwoorden daar 'nee, mijn tuin is al groen'.

In bereidheid zelf maatregelen te nemen, blijkt het dus weinig uit te maken hoe vaak wateroverlast wordt ervaren

Zou u zelf maatregelen in uw tuin willen nemen om de wateroverlast te beperken?



ja: 172

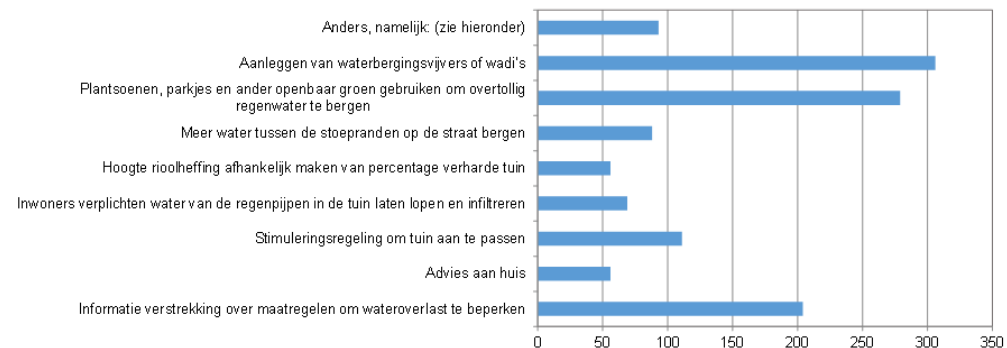
nee: 447

Welke maatregelen zou u zelf willen nemen?



respons van 172 respondenten

Welke maatregelen zou de gemeente volgens u kunnen nemen om de wateroverlast tijdens hoosbuien te beperken?



Welke maatregel zou de gemeente volgens u niet moeten nemen om de wateroverlast tijdens hoosbuien te beperken?

