

KLIMAATSTRESSTEST

Gemeente Dongen

12 MEI 2020

Contactpersoon

SIMONE MOL
Adviseur Stedelijk Water

T +31 650736782
M +31 650736782
E simone.mol@arcadis.com

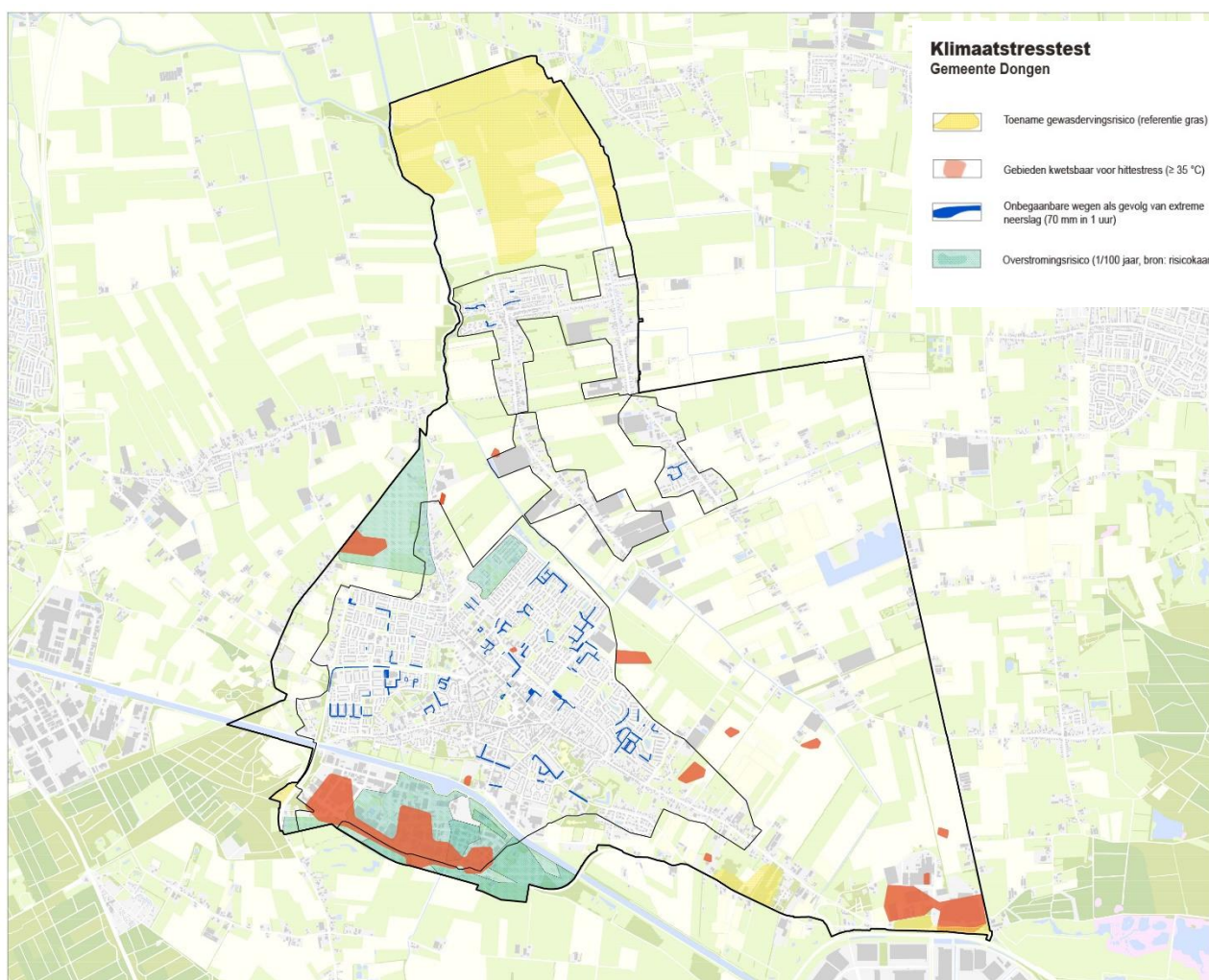
Arcadis Nederland B.V.
Postbus 1018
5200 BA 's-
Hertogenbosch
Nederland

1	INLEIDING	7
1.1	Het klimaat verandert	7
1.2	Verantwoording	8
1.3	Leeswijzer	9
2	WATEROVERLAST	10
2.1	Neerslagpatroon	10
2.2	Water op straat	11
2.3	Grondwateroverlast	13
3	DROOGTE	16
3.1	Neerslagtekort	17
3.2	Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden	17
3.3	Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging	19
3.4	Knelpunten waterkwaliteit	20
3.5	Bodemdaling en funderingsschade	22
4	HITTE	25
4.1	Zomerse en tropische dagen per jaar	25
4.2	Hittestress door warme nachten	25
4.3	Oppervlaktetemperatuur	26
4.4	Opwarming oppervlaktewater	28
5	OVERSTROMING	30
5.1	Overstromingsrisico	30
5.2	Regionale watersystemen	32
6	SECTORANALYSE	33

SAMENVATTING

Het klimaat verandert. De temperatuur gaat omhoog en hittegolven komen vaker voor, het wordt droger en tegelijkertijd wordt de neerslag extremer. De gevolgen hiervan zijn nu al merkbaar via materiële, economische en volksgezondheidsschade. In 2014 is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie vastgesteld waarin gemeenten en ander overheden het doel hebben meegekregen om Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingericht te hebben.

Dit rapport richt zich op de eerste ambitie die in het Deltaplan is aangegeven, namelijk het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de buitenruimte op de vier klimaataspecten: **overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte** en op de impact daarvan op de **9 sectoren**: water en ruimte; natuur; landbouw, tuinbouw en visserij; gezondheid; recreatie en toerisme; infrastructuur; energie; IT en telecom; en veiligheid. De meest kwetsbare locaties voor klimaatverandering zijn weergegeven in Figuur 1, een grote versie van de kaart is te bekijken in Bijlage F.



Figuur 1 Verzamelkaart met de belangrijkste kwetsbare locaties voor klimaatverandering in de gemeente Dongen.

Resultaat klimaatstresstest in hoofdlijnen:

Wateroverlast



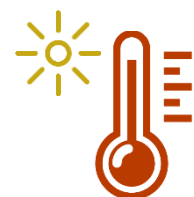
- Intensiteit buien neemt tot 2050 met 12-25% toe voor de gemeente Dongen
- De jaarlijkse neerslag neemt in klimaatscenario WH2050 met circa 50-100mm toe
- De meest kwetsbare locaties voor wateroverlast in de gemeente Dongen zijn de Middellaan, Oude Baan, Monseigneur Nolens- en Schaepmanlaan, de Procureurweg, de Steenstraat en de Kanaalstraat. Hier zijn de wegen verminderd begaanbaar / onbegaanbaar en staat water tegen/in de panden.
- De kans op grondwateroverlast neemt verspreid in het buitengebied en de bebouwde kernen toe in de gemeente.

Droogte



- Het neerslagtekort stijgt van 120-180 mm naar 210-240 mm in 2050
- In het landelijk gebied in het noorden van 's Gravenmoer en ten oosten van de kern Dongen kan de vegetatie hinder ondervinden van lage grondwaterstanden.
- Gemeente Dongen is weinig gevoelig voor bodemdaling (enkel het landelijk gebied in het noordoosten) en mogelijke funderingsschade (enkele panden in s Gravenmoer) als gevolg van paalrot.

Hitte



- Van 3-6 tropische (>30° C) dagen nu naar 12-15 tropische dagen in 2050
- Hittestress door warme nachten neemt toe van dagen tot 2-3 weken per jaar in 2050
- In het gemeentelijke warmtebeeld is te zien dat bedrijventerreinen Tichelrijt 1 en 2 en de Wildert als hittegevoelig naar voren komen.
- De landelijke gebieden en landelijke kernen (Klein-Dongen) komen als koel naar voren.

Overstromingen



Uit de

- Er wordt overstromingsrisico vanuit het (hoofd) watersystemen binnen de gemeente Dongen berekend. mogelijke gevolgen van (primaire) dijkdoorbraak zijn slachtoffers, economische schade en maatschappelijke ontwrichting'.
- De hoogste waterstanden worden berekend ten noorden van de kern 's-Gravenmoer met waterstanden tot 5 meter. De kans dat dit optreedt is echter klein met een herhalingskans van 1 op 10.000 jaar (scenario buitengewone gebeurtenissen)
- Bij een middelgrote en kleine overstromingskans kan de waterstand maximaal stijgen tot 1,5 meter in het gebied ten westen van de Lage Ham en op het bedrijventerrein de Tichelrijt ten zuiden van het Wilhelminakanaal.

kwetsbaarheidsanalyse kan worden geconcludeerd dat de gevolgen van klimaatverandering in de gemeente Dongen voor een aantal sectoren al duidelijk optreden, bijvoorbeeld:

- In de kernen is (lokaal) wateroverlast door water op straat aanwezig. Er is bij extreme neerslag een risico op schade aan bebouwing en gezondheidsrisico's door ziekteverwekkers op straat.
- Door droogte en hitte is er een risico op waterkwaliteitsproblemen ter plaatse van speelwater Beljaart Buiten, de kanovijver, eendjesvijver en vijvers west II.
- Bedrijventerreinen Tichelrijt 1 en 2 en de Wildert zijn vanwege de grote hoeveelheid verhard oppervlak en beperkte hoeveelheid groen hittegevoelig.

Aanbevelingen voor vervolg

De uitkomsten van de kwetsbaarheidsanalyse van deze stresstest kunnen verder worden gebruikt ter bevordering van de bewustwording, agendering, en ter prioritering van bepaalde thema's. De stresstest is een opmaat naar ambitie 2 uit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie; het voeren van risicodialogen en het opstellen van een strategie. Met de risicodialogen kan worden toegewerkt naar een adaptatiestrategie en een gezamenlijke klimaatagenda in 2020.

Met het bestuurlijk commitment aan de agenda klimaatadaptatie kan er naar een gezamenlijke klimaatagenda worden toegewerkt. Een belangrijke volgende stap is de risicodialogoog. Veel partijen zullen betrokken moeten worden bij de gezamenlijke zoektocht naar maatregelen, oplossingen en meekoppelkansen. Hiertoe dient eerst een inventarisatie en analyse van belanghebbenden uitgevoerd te worden. Deze stakeholderanalyse brengt in kaart hoe het speelveld van ruimtelijke adaptatie er in de gemeente uit ziet en op welke manier relevante partijen het beste betrokken kunnen worden. Wanneer duidelijk is wie de belangrijkste stakeholders zijn, kunnen de risicodialogen worden geselecteerd en geformuleerd. Welke risicodialogen er worden gevoerd, en wie daarbij worden betrokken, is afhankelijk van welke thema's prioriteit hebben.

In de risicodialogen worden de opgave en ambities besproken en worden gezamenlijk mogelijke oplossingen en maatregelen verkend en onderzocht. Uiteindelijk leidt dit tot het opstellen van een gezamenlijke klimaatagenda.

In de risicodialogen worden de opgave en ambities besproken en worden gezamenlijk mogelijke oplossingen en maatregelen verkend en onderzocht. Uiteindelijk leidt dit tot het opstellen van een gezamenlijke klimaatagenda. Daarnaast wordt er op regionale schaal samenwerkingsverbanden opgezet (o.a. REKS).

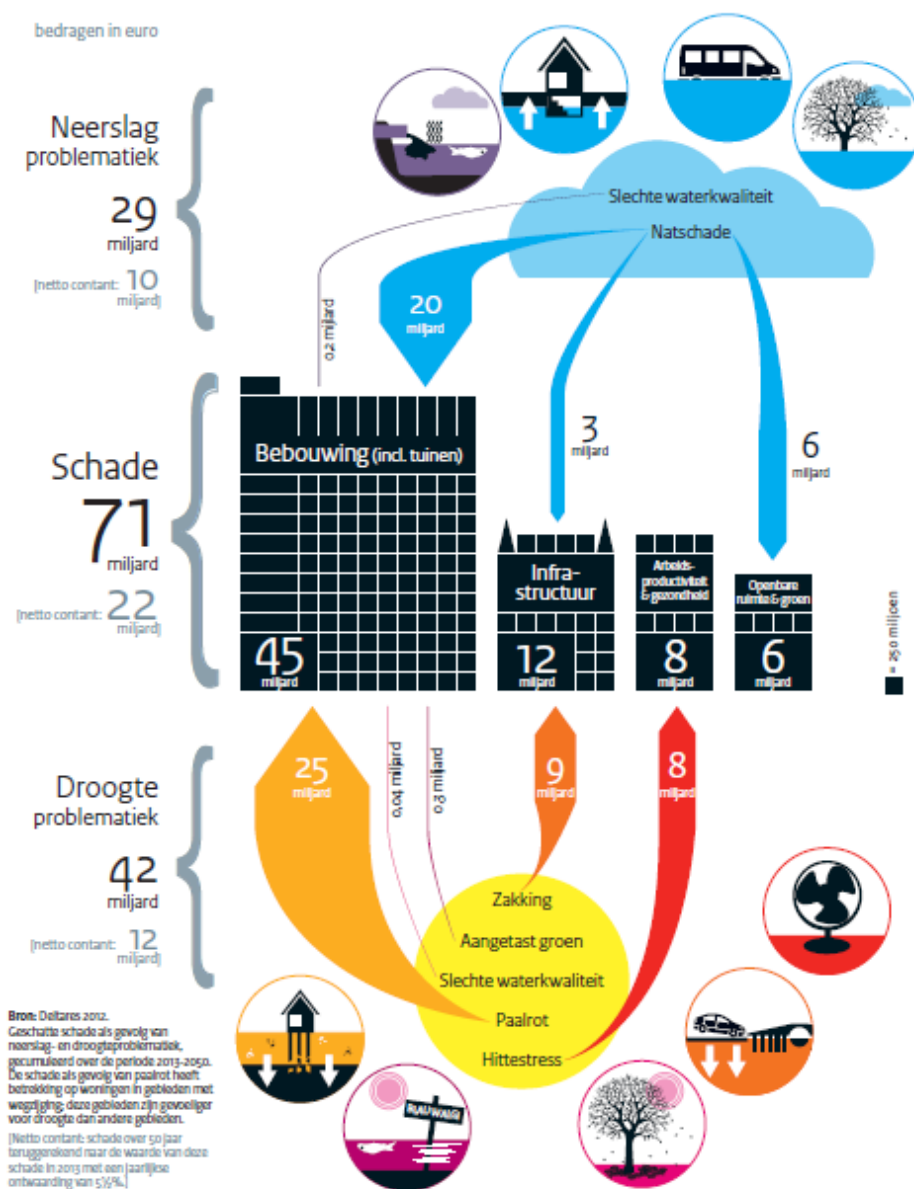
1 INLEIDING

1.1 Het klimaat verandert

Het klimaat verandert. De temperatuur gaat omhoog en hittegolven komen vaker voor, het wordt droger en tegelijkertijd wordt de neerslag extremer. De gevolgen hiervan zijn nu al merkbaar via materiële, economische en volksgezondheidsschade. Volgens een recent gepubliceerd onderzoek (The Lancet rapport, 2018) is klimaatverandering het grootste gevaar voor de volksgezondheid: “Snelle klimaatverandering heeft ernstige gevolgen voor elk aspect van het menselijk leven, waardoor kwetsbare bevolkingsgroepen worden blootgesteld aan extreme weersomstandigheden, besmettelijke ziekten en verandering van de voedselzekerheid. De beschikbaarheid van veilig drinkwater en schone lucht komt in gevaar.” De schade door klimaatverandering in Nederland is becijferd op €71 miljard tot 2050 (*Manifest Klimaatbestendige stad*, 2013). Om een prettig leefbare omgeving te behouden moeten we nu aan de slag!

De Klimaatbestendige stad

Opgaven



Figuur 2 Klimaatopgaven en kosten (Manifest Klimaatbestendige stad. Coalities klimaatbestendige stad, 2013).

Het besef groeit dat de gevolgen niet meer uitsluitend met technische maatregelen zijn op te vangen (bijvoorbeeld grotere rioolbuizen of mechanische koeling), maar dat een integrale aanpak noodzakelijk is. Hierdoor kan een verbetering van de leefomgeving worden bereikt en kunnen toekomstige maatschappelijke kosten worden vermeden.

Het aanpassen aan een veranderend klimaat (adaptatie) is een geleidelijk proces waarbij elke ingreep in de openbare ruimte kan worden aangewend om de klimaatbestendigheid te verhogen. Aangezien in de bebouwde omgeving vrijwel continu wordt geïnvesteerd in de openbare ruimte is het goed om te weten wat kwetsbare locaties zijn en welke oplossingsrichtingen voorhanden zijn. Investerings van nu dienen bestand te zijn tegen de toekomstige effecten van extreem weer.

Mitigatie en adaptatie

Mitigatie zijn maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen en er zo voor te zorgen dat de temperatuurstijging beperkt blijft (het voorkomen van verdere klimaatverandering). Naast mitigatie is aanpassing aan klimaatverandering nodig: klimaatadaptatie. Het gaat daarbij om het verminderen van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering, het verkleinen van de uiteindelijke effecten en het benutten van kansen die een veranderend klimaat biedt. Deze rapportage heeft vooral betrekking op klimaatadaptatie.

1.2 Verantwoording

In 2014 is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie vastgesteld waarin gemeenten en ander overheden het doel hebben meegekregen om Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust ingericht te hebben. Daarnaast is in dezelfde Deltabeslissing aangegeven dat in 2020 klimaatbestendigheid in beleid en handelen verankerd moet zijn bij alle overheden. Om verantwoordelijke overheden houvast te geven bij het invulling geven aan de Deltabeslissing¹ is op Prinsjesdag 2017 het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie gelanceerd. Het Deltaplan kent zeven ambities, tussendoelen en een planning om te komen tot een klimaatbestendig en waterrobuuste inrichting.

De eerste ambitie "Kwetsbaarheid in beeld brengen" voor de vier klimaataspecten overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte dient uiterlijk in 2019 te zijn afgerond.

Vervolgens worden gemeenten geacht om in 2019/2020 risicodialogen te voeren met alle relevante stakeholders, een klimaatadaptatiestrategie op te stellen, een uitvoeringsagenda gereed te hebben en beleid op klimaatadaptatie te hebben vastgesteld.

De ambities uit het Deltaplan zijn de volgende:

1. Kwetsbaarheid in beeld brengen
2. Risicodialog voeren en strategie opstellen
3. Uitvoeringsagenda opstellen
4. Meekoppelkansen benutten
5. Stimuleren en faciliteren
6. Reguleren en borgen
7. Handelen bij calamiteiten



Dit rapport richt zich op de eerste ambitie die in het Deltaplan is aangegeven, namelijk het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de buitenruimte op de vier klimaataspecten: **overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte** en op de impact daarvan op de 9 sectoren: water en ruimte;

¹ Voor de volledigheid dient te worden vermeld dat er naast het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie in 2016 de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) is uitgekomen. Waar het Deltaplan zich richt op het nemen van ruimtelijke maatregelen, zijn de maatregelen en thema's binnen de NAS voornamelijk niet-ruimtelijk van aard (bijv. inzet zorg bij hitte). De NAS richt zich dan ook op de sectoren, ketens, thema's en klimaatrisico's die niet in het Deltaplan aan bod komen.

natuur; landbouw, tuinbouw en visserij; gezondheid; recreatie en toerisme; infrastructuur; energie; IT en telecom; en veiligheid. Het doel van de eerste ambitie is om via een eerste, volledige en eenduidige, analyse het inzicht en de bewustwording bij gemeenten te vergroten. Ambitie één beoogt ook een (bestuurlijke) agendering van de klimaataspecten en de vervolgstappen die genomen dienen te worden na het in beeld hebben van de kwetsbaarheden. Deze klimaatstresstest is hiermee input voor de volgende stappen van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie: risicodialogoog en strategie opstellen.

Voor het uitvoeren van de klimaatonderzoeken is gebruik gemaakt van de door Arcadis ontwikkelde KlimaatTRAP. Daarnaast is gebruik gemaakt van de studies in de klimaateffectatlas en de risicokaart voor kwetsbare locaties.

1.3 Leeswijzer

In deze rapportage zijn de effecten van klimaatverandering voor de gemeente Dongen weergegeven. De rapportage bestaat uit twee delen. Het eerste deel (H2 t/m 5) gaat in op de kwetsbaarheid van de 4 klimaataspecten:

- Wateroverlast door hevige neerslag
- Droogte
- Hitte
- Overstromingen

Het tweede deel (hoofdstuk 6) behandelt de impact daarvan op de 9 sectoren:

- Water en ruimte
- Natuur
- Landbouw, tuinbouw en visserij
- Gezondheid
- Recreatie en toerisme
- Infrastructuur
- Energie
- IT en telecom
- Veiligheid

De rapportage sluit af met conclusies en aanbevelingen voor het vervolgtraject: het voeren van risicodialogen en het formuleren van een klimaatadaptatiestrategie.

2 WATEROVERLAST

Met het veranderende klimaat verandert ook het neerslagpatroon. In de meeste gevallen is de verwachte toename in het jaarvolume neerslag beperkt, maar neemt de intensiteit van de buien toe. De riolering, hemelwaterafvoer en drainage kunnen de grote hoeveelheid water in korte tijd dan niet altijd tijdig verwerken. Het overtollige regenwater kan in bebouwde gebieden, gebieden met ondoorlatende grondsoorten en verhardingen vaak moeilijk infiltreren in de bodem, met water op straat of maaiveld als gevolg. Bij een hevige bui stroomt het water naar de laagstgelegen gebieden en kan hier mogelijk wateroverlast ontstaan. Door deze ontwikkeling zal in de toekomst de kwetsbaarheid van bebouwde- en landelijke gebieden voor regenwateroverlast toenemen.

Wateroverlast kan tot ernstige sociale (gezondheidsrisico's door gemengd water op straat, beschikbaarheid van wegen, spoorwegen en hulpdiensten en ongevallen) en economische (overstromingen van huizen/productie-installaties) gevolgen leiden. De toenemende kans op water op straat gebeurtenissen kan daarnaast vaker voor (kleinschalige) hinder zorgen.

Voor het in beeld brengen van de kwetsbaarheden van de gemeente Dongen met betrekking tot wateroverlast zijn de volgende aspecten onderzocht:

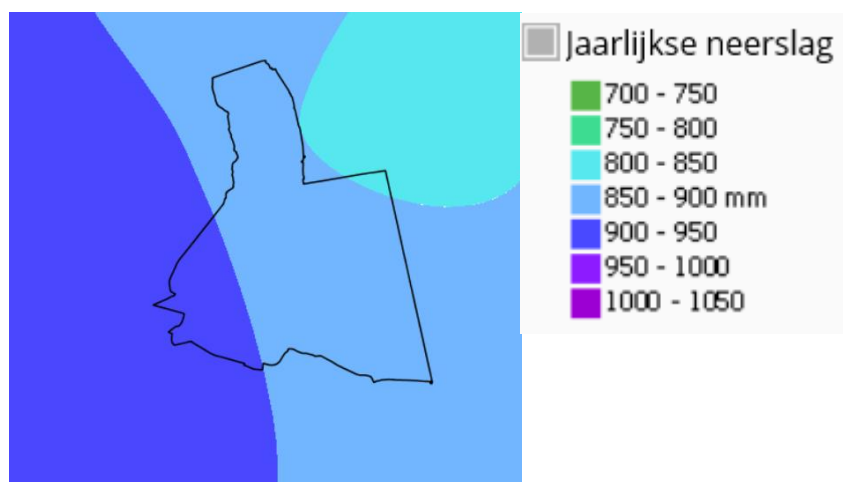
- Neerslagpatroon
- Water op straat
- Grondwateroverlast

Voor de analyses is gebruik gemaakt van het hydraulische rioolmodel van de gemeente Dongen en de klimaateffectatlas.

2.1 Neerslagpatroon

Eén van de gevolgen van klimaatverandering is dat hevige regenbuien vaker voor zullen komen, én intenser worden. Volgens het KNMI neemt tot 2050 de intensiteit van hevige regenbuien met 12 tot 25% toe. Deze toename hangt samen met de temperatuurstijgingen, omdat warmere lucht meer waterdamp kan bevatten. Hierdoor zal in de toekomst de kwetsbaarheid van bebouwde gebieden voor regenwateroverlast verder toenemen. Dat betekent dat dezelfde (of zelfs een grotere) hoeveelheid neerslag in een kortere tijdsperiode valt (met name in de zomer) of dat het juist langdurige zware regenval is (met name in de herfst en winter).

Uit KNMI-scenario's (2014) blijkt dat de verwachte hoeveelheden jaarneerslag variërend met circa 50 tot 100 mm toenemen in 2050 (Tabel 1 en Figuur 3).



Figuur 3: Jaarlijkse hoeveelheid verwachte neerslag voor de gemeente Dongen in het WH 2050 scenario

Tabel 1 Neerslagpatroon KNMI '14 klimaatscenario's huidig en WH2050; resultaten voor de gemeente Dongen

	Huidig	WH 2050
Jaarlijkse neerslag	800-850 mm	800- 850 mm (oosten) 850-900 mm (centraal) 900-950 mm (westen)

Vooraf een toenemende intensiteit van neerslag vergroot de kans op wateroverlast. Uit Tabel 1 blijkt dat de kans (herhalingstijd) dat extreme buien voorkomen sterk toeneemt in de toekomst. In de volgende paragraaf is de kwetsbaarheid van de bebouwde omgeving voor wateroverlast door extreme neerslag weergegeven.

Tabel 2: Standaarden klimaatbuien voor stresstest (bron: Stichting Rioned)

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingstijd [jaar]			
Lokaal	1 uur	44	Hoogst gevallen uurneerslag in de Bilt tot 2014 (Ontwikkeling Klimaatrap)			
DPRA neerslaggebeurtenissen						
			Huidig klimaat	2030	2050	2085
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	60
		90	500	400	250	150
	2 uur	160	2000	1500	1000	600

Extreme neerslag is niet alleen iets van de toekomst, het komt nu en in het verleden ook al voor. Zo liepen in 2005 en 2014/2015 woningen en bedrijven aan de Vaartweg onder water toen de Vaart door hevige regenval overstroomde. In 2014 viel er in een periode van 18 uur 93 mm neerslag.



Figuur 4: wateroverlast na hevige regenval ter plaatse van de Vaartweg in 2005.

2.2 Water op straat

Voor een analyse van de kwetsbaarheid van de gemeente Dongen voor extreme neerslag is de bebouwde omgeving blootgesteld aan de in Tabel 2 weergegeven buien. Dit zijn zogenoemde theoretische buien welke inzicht geven in het kantelpunt van een wijk/gebied. Twee neerslaggebeurtenissen, één van 70mm en één van 90mm, duren 1 uur en een derde neerslaggebeurtenis is 160mm in 2 uur. De vierde

neerslaggebeurtenis is de hoogst gemeten uur neerslagsom in de Bilt tot 2014, toen de Klimaatrap van Arcadis werd ontwikkeld. Met het gebruik van deze drie neerslaggebeurtenissen en de bui uit de Bilt worden mogelijk verschillende faalmechanismen in beeld gebracht. Met een rioleringsmodel is vervolgens berekend waar 'water op straat' en/of in panden optreedt. De methodebeschrijving van deze analyse is weergegeven in Bijlage A. De rekenresultaten zijn weergegeven in Bijlage B.



Figuur 5: voorbeeld water op straat bij 70 mm Middellaan en Heuvelstraat Dongen

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

Onderstaand zijn per kern de locaties weergegeven die bij een neerslaggebeurtenis van 70 mm gevoelig zijn voor wateroverlast. Hierbij is specifiek gelet op locaties waar water tegen de kwetsbare gebouwen is berekend en straten met de grootste waterdiepten. Daarnaast is een analyse gemaakt waarin de begaanbaarheid van wegen en water tegen/in gebouwen in kaart gebracht wordt.

Dongen

Verspreid over de kern zijn veel wegen slecht begaanbaar of onbegaanbaar bij een bui van 70mm. De voor de gemeente belangrijkste wegen worden hieronder benoemd:

- De ontsluitingsweg Middellaan is net oostelijk van de rotonde met de Westerlaan slecht bereikbaar. De fietspaden zijn geheel onbegaanbaar.
- De Monseigneur Schaepmanlaan is grotendeels onbegaanbaar;
- De Thorbeckelaan is geheel onbegaanbaar;
- De Oude Baan tussen de Kanaalstraat en de Deken Oomenstraat en ter hoogte van De Vennen is geheel onbegaanbaar;
- De Minister Goselinglaan is zowel westelijk als oostelijk van de rotonde met de Jan Mertenslaan slecht onbegaanbaar;
- De Procureurweg is deels slecht begaanbaar.
- De Berlagestraat, tussen Procureurweg en Merkelbachstraat is eveneens slecht bereikbaar.

- De Steenstraat is vanaf de Metaalstraat tot aan de rotonde kruising met de Textielstraat slecht begaanbaar;
- Tot slot is de Wilhelminastraat matig begaanbaar.

De overige kernen zijn samengevoegd op één kaart onder de naam Klein-Dongen voor een overzichtelijke weergave. Elke kern wordt wel individueel benoemd in onderstaande beschrijving.

's Gravenmoer

De Molendijk is westelijk en oostelijk van de kruising met de Grutterijstraat onbegaanbaar. Tevens zijn de straten rondom het Kerkebos onbegaanbaar.

Klein-Dongen/Vaart

Bijna alle straten in het bebouwde gebied van de kern Vaart zijn slecht begaanbaar en/of onbegaanbaar.

2.3 Grondwateroverlast

In de KNMI '14 klimaatscenario's neemt de neerslag in de winter toe, terwijl de verdamping ongeveer gelijk blijft. Een gevolg daarvan is dat de aanvulling van het grondwater in de winter toeneemt, de grondwaterstand stijgt, kwel (uittredend grondwater) toeneemt en daarmee de kans op overlast groter wordt. De kans op overlast kan sterk worden beïnvloed door lokale omstandigheden, zoals een door graafwerk verstoorde bodem, de constructiekenmerken van gebouwen of lokale ondoorlatende lagen. Deze lokale omstandigheden komen in het kaartbeeld van de klimaateffectatlas niet tot uiting.

Mogelijke gevolgen van een hoge grondwaterstand zijn frequenter optredende wateroverlast in kruipruimten en tuinen, verwelking van flora, schade aan ondergrondse infrastructuur (kabels, leidingen, maar ook riolen) en opvriezen van wegen in de winter.

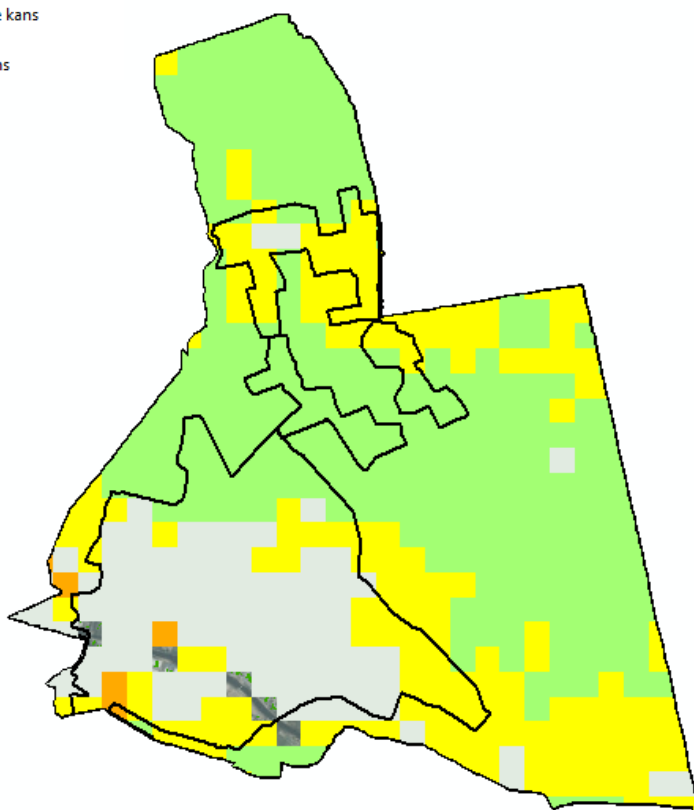
Indien het risico sterk toeneemt kan het nodig zijn om extra voorzieningen te treffen om het grondwaterpeil te beheersen, of om aanvullende constructievoorschriften te gebruiken om de kwetsbaarheid van gebouwen en infrastructuur te beperken.

De klimaateffectatlas (Figuur 6) geeft op het niveau van de gemeente globaal aan in welke zones de kans op grondwateroverlast toeneemt. Daarbij staan de klassen voor de volgende (bandbreedten aan) grondwaterstijging en -diepte:

Tabel 3: Bandbreedte klassenverdeling grondwateroverlast (klimaat-effectatlas, oktober 2018)

Kans op grondwateroverlast 2050			
Klasse	Grondwater stijging landelijk (m)	Grondwaterstijging stad (m)	Grondwaterdiepte (m)
Zeer grote toename kans	>0,5	>0,3	<1,1
Grote toename kans	0,2-0,5	0,1-0,3	<1,1
Aanmerkelijke toename kans	0,05-0,2	0,03-0,1	<1,1
Kleine toename kans	<0,05	<0,03	<1,1
Kleine kans door lage grondwaterstand			>1,1

- Kleine kans door lage grondwaterstand
- Kleine toename kans
- Aanmerkelijke toename kans
- Grote toename kans
- Zeer grote toename kans



Figuur 6: Kans op toename grondwateroverlast tot 2050 (Bron: klimaat-effectatlas, geraadpleegd 14 Oktober 2019)

Hoe kwetsbaar is de gemeente Dongen?

Uit de analyse van de klimaat-effectatlas kan worden opgemaakt dat de kans op een toename in 2050 van grondwateroverlast voor gemeente Dongen in de kernen op de meeste locaties klein tot aanmerkelijk is. De lege cellen betreffen cellen langs het Wilhelminakanaal, waar het grondwatermodel geen grondwaterstanden berekent.

- De kans op stijging varieert in alle kernen behalve Dongen van klein tot aanmerkelijk (zie Tabel 3 voor waarden).

- In de kern Dongen varieert de waarde tussen kleine kans door lage grondwaterstand tot aanmerkelijk met zeer sporadisch een grote kans op grondwateroverlast.
- In het landelijk gebied is eveneens een (sporadisch) kleine kans door lage grondwaterstand tot aanmerkelijk met zeer sporadisch een grote kans.

De gemeente Dongen monitort de grondwaterstand middels een grondwatermeetnet. Geadviseerd wordt om de grondwaterstanden te blijven monitoren, zodat er inzicht is in de mate en toename van eventuele overlast. Dit is tevens een onderdeel van de gemeentelijke zorgplicht.

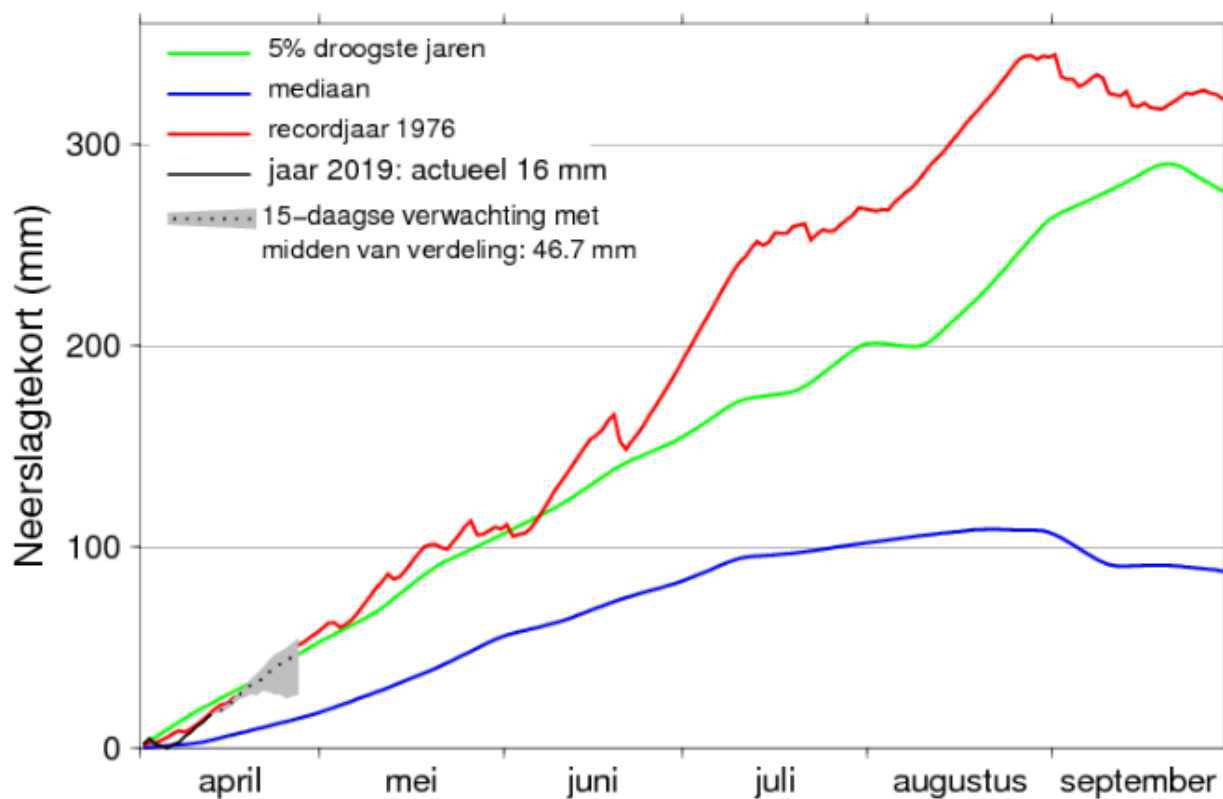
3 DROOGTE

Het KNMI gaat ervan uit dat de kans op drogere zomers toeneemt. Hierbij zal de totale neerslagsom in de zomer afnemen, waarbij ook het aantal opeenvolgende droge dagen stijgt. Droogte wordt veroorzaakt door een hoge verdamping en een tekort aan neerslag. Bij zonnig weer met hoge temperaturen en veel wind verdampt veel vocht. Naast veranderende weersomstandigheden heeft verdroging veelal menselijke oorzaken (Groenblauwe netwerken. Potz, 2016):

- Ontwatering en versnelde afwatering (drainage) voor de landbouw veroorzaken landelijk circa 60% van de verdroging.
- Grondwateronttrekkingen voor drink- en industriewater en beregening veroorzaken circa 30% van de verdroging.
- Overige oorzaken, zoals de toename van verhard oppervlak, bebossing (=toename verdamping) en zandwinning dragen voor circa 10% bij.

Droge perioden vinden over het algemeen plaats gedurende de zomer wat tevens het groeiseizoen (1 april t/m 30 september) is voor de meeste gewassen.

Juli 2018 kende een droogterecord: er viel gemiddeld 11 mm regen. Normaal is dat die maand 78 mm. In onderstaande afbeelding is te zien dat het in 2019 in een deel van april 2019 droger was dan het in dezelfde tijd in het droogste jaar (1976) was.



(c) KNMI, bijgewerkt 2019-04-12, 12:45 UT

Figuur 7: Neerslagtekort in Nederland in 2019. Landelijk gemiddelde over 13 stations (bron: KNMI, geraadpleegd op 12 april 2019)

Door droogte kan de voedselproductie (landbouwsector) worden bedreigd. Ook andere sectoren kunnen onder druk komen te staan, zoals drinkwaterproductie uit oppervlaktewater, koeling voor de industrie en energiecentrales. Daarnaast neemt de schade aan de natuur en het risico op natuurbranden toe. In het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (Manifest Klimaatbestendige stad, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering).

De kwetsbaarheid van de gemeente Dongen voor droogte is in kaart gebracht voor de (ontwikkeling van de) volgende aspecten: kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging, effect van droogte op de waterkwaliteit, natuur en voor funderingsschade als gevolg van paalrot. Daarnaast is middels de klimaateffectatlas inzichtelijk gemaakt wat het neerslagtekort voor de gemeente is, wat de verwachte ontwikkeling van de gemiddeld laagste grondwaterstand is, en wat de gevoeligheid voor bodemdaling en zetting is.



Figuur 8: Droogval van de watergang “de Vaart” 29 juli 2018

3.1 Neerslagtekort

Het neerslagtekort is een maat voor de droogte en volgt uit het verschil tussen verdamping en neerslag. Als de referentieverdamping hoger is dan de neerslag is er sprake van een neerslagtekort. In zo'n situatie is er minder vocht beschikbaar voor de optimale groei van gewassen. Het potentieel maximaal neerslagtekort treedt doorgaans aan het einde van de zomer op. Toename van het neerslagtekort kan leiden tot verdere afname van de waterbeschikbaarheid in grond- en oppervlaktewater en een toename van de watervraag voor peilbeheer en beregening. Ook de waterkwaliteit kan onder druk komen te staan, bijvoorbeeld door verminderde doorstroming van oppervlaktewater.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

Uit de modelresultaten (2014) van KNMI klimaatscenario WH2050 kan worden opgemaakt dat het potentieel jaarlijks gemiddelde neerslagtekort in het huidige klimaat 120-180 mm is en kan oplopen tot 210-240 mm. Het potentieel 10-jarig neerslagtekort is in het huidige klimaat 210-270 mm en kan oplopen tot 270-330 mm in 2050. Dit heeft nadelige gevolgen voor de beschikbaarheid van water (o.a. voor landbouw) en de waterkwaliteit.

3.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden

In tijden van droogte wordt de grondwaterstand minder door neerslag aangevuld terwijl mogelijk een groter beroep wordt gedaan op grondwater dan wel oppervlaktewater. Bij een te lage grondwaterstand kan schade ontstaan. In de analyse van de klimaateffectatlas is gekeken naar de te verwachten gemiddeld laagste grondwaterstand bij klimaatscenario WH2050. Hiervan is een kaartbeeld gemaakt dat de verschilsituatie ten opzichte van het huidige klimaat presenteert. Bij de analyse is rekening gehouden met verandering van klimaat en water- en landgebruik.

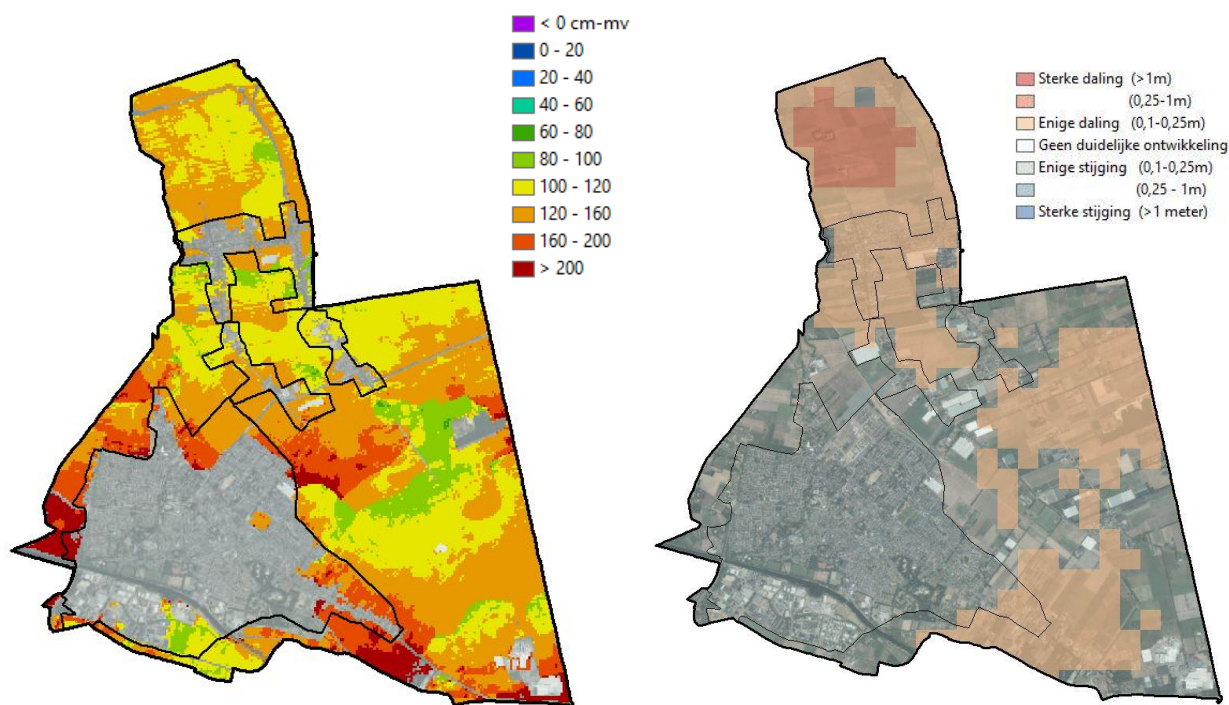
De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt doorgaans aan het einde van de zomerperiode bereikt. In het merendeel van Nederland is er geen duidelijke ontwikkeling in de GLG (een lichte daling van 5 tot 10 centimeter). Op een deel van de hoge zandgronden wordt juist een stijging van de GLG berekend. De stijging in de hoge zandgronden is een gevolg van een toename van het jaarlijks neerslagoverschot, veroorzaakt door toename van de winterneerslag. Omdat de grondwaterstand in deze gebieden ver onder maaiveld ligt, heeft de verwachte toename van de verdamping minder effect op de grondwaterstanden.

De resultaten van de klimaateffectatlas zijn gebaseerd op het Nationaal Water Model. Hier zijn alleen de hoofdwatgangen (a- en b-watgangen) in opgenomen en is er geen rekening gehouden met specifieke lokale factoren als kleinschalige onttrekkingen of bemalingen. Wel zijn grotere onttrekkingen zoals die van drinkwaterbedrijven toegevoegd.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

De grondwaterstand in gemeente Dongen vertoont veel variatie. Met name rond de kern Dongen zijn vanwege de hogere ligging de grondwaterstand relatief dieper (> 2 m-mv). Ook in het landelijk gebied ten oosten van de kern Dongen zijn de grondwaterstanden relatief hoger.

In Figuur 9 wordt links de gemiddeld laagste grondwaterstand vanuit het grondwatermodel (Wateratlas Brabant) getoond in het huidige klimaat en rechts de verwachte daling in de gemiddelde grondwaterstand volgens het klimaatscenario WH2050 uit de klimaateffectatlas ten opzichte van de huidige grondwaterstand uit de klimaateffectatlas. Deze dalingen zullen vooral in het noorden en het oosten van gemeente Dongen voorkomen. De dalingen in de grondwaterstand zijn naar verwachting tussen de 10 en 100 cm.



Figuur 9: De huidige gemiddeld laagste grondwaterstand aangeleverd door Brabantse Delta (links) en de verandering gemiddeld laagste grondwaterstand klimaatscenario WH2050 ten opzichte van huidig klimaat (rechts). (bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd op 24 oktober 2019).

3.3 Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging

Een tekort aan neerslag en extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot verdroging van vegetatie. De gevolgen hiervan verschillen per type vegetatie (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

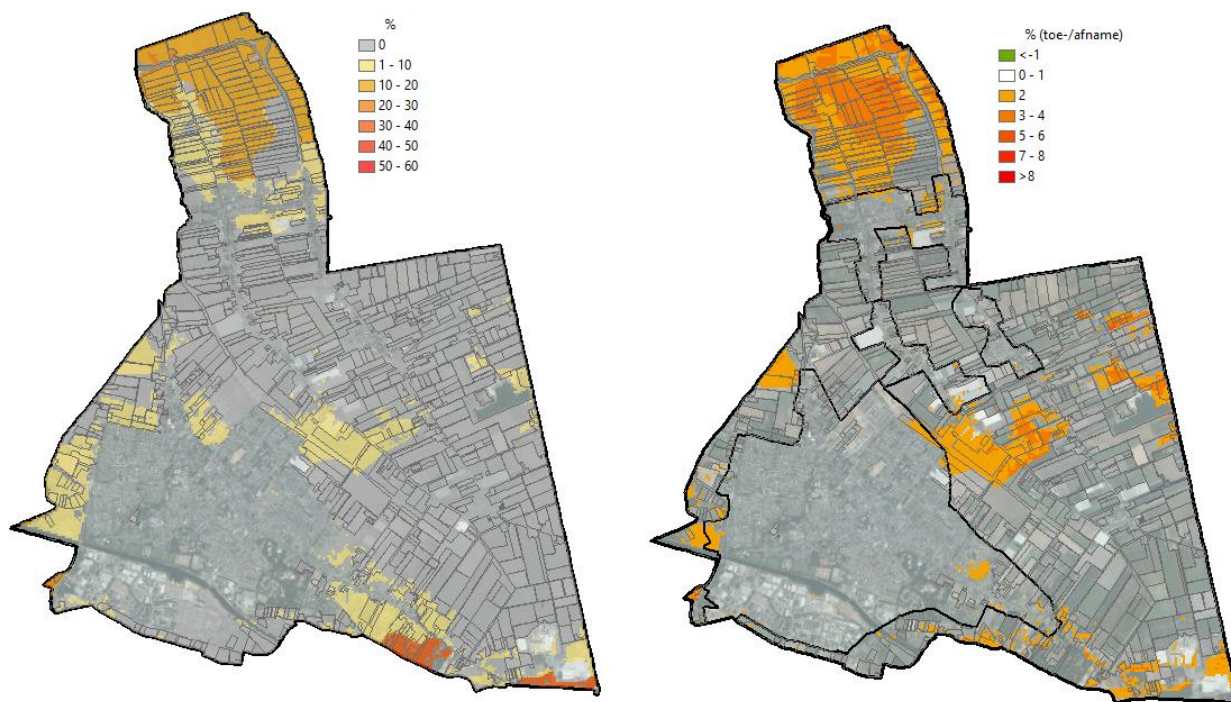
Wanneer gras onvoldoende wateraanvoer krijgt leidt dit tot verdroging van de graslaag. De graslaag droogt uit wat leidt tot een verkleuring van de gras-vegetatielaag. Doordat de graslaag onvoldoende vocht kan onttrekken leidt dit ook tot een tekort aan voedingsstoffen. Daarnaast zal het gras de verdamping beperken, om zodoende zo lang mogelijk vocht vast te houden. Dit gaat ten koste van de groei en vitaliteit en kan leiden tot (tijdelijke) uitval van de graslaag (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

De gevolgen van droogte voor struiken en bomen valt te verdelen onder (vroegtijdig) bladafval en uitval (Hoogvliet et al, 2012). Dit ontstaat bij een onvoldoende watertoevoer of een snelle daling van de grondwaterstand. Tevens kunnen er nieuwe ziektes en plagen ontstaan die in het huidige klimaat nog geen rol spelen. Daarentegen kunnen de bestaande ziektes en plagen verdwijnen omdat deze mogelijk niet bestand zijn tegen het toekomstige klimaat (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

Om inzichtelijk te maken welke gebieden de vegetatie (met gras als referentiegewas) kwetsbaar is voor verdroging, is gebruik gemaakt van de Water Wijzer Landbouw (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>). Deze tool is geschikt voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities (in dit geval klimaatverandering) op gewasopbrengsten. Hierbij wordt het bodemtype, grondwaterstand, gewastype en verschillende klimaatscenario's beoordeeld. Verdere informatie over de methodologie is beschreven in Bijlage A.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In Figuur 10 is op gemeenteniveau de kwetsbaarheid van gras voor verdroging op kaart weergegeven. De gemeente Dongen bestaat voornamelijk uit leemarme fijnzandige enkeerdgronden. Echter in het noorden komen moerige gronden voor en in het zuidoosten van de gemeente leemarme stuifzandgronden. Deze zijn beide relatief gevoelig voor droogte. Dit is direct terug te zien in de berekende gewasderving in Figuur 10. Ten oosten en ten westen van de kern Dongen wordt ook gewasderving berekend. In deze gebieden is de grondwaterstand dieper gelegen.



Figuur 10: Afname in groeireductie van gewassen in het huidige klimaat en toe- of afname in groeireductie van gewassen - huidig klimaat versus WH 2050.

In bijlage C is op zowel gemeenteniveau de kwetsbaarheid voor verdroging op kaart weergegeven.

Gewasderving door droogte is mede afhankelijk van de watervraag van het type vegetatie en van de capillaire nalevering vanuit het grondwater. Sommige vegetatie heeft meer watervraag dan gras. Ook komt het voor dat het grondwater lager dan de gemiddeld laagste grondwaterstand staat. Dit betekent dat een groter gebied dan weergegeven in Figuur 10 kwetsbaar kan zijn voor verdroging van vegetatie. In de extreem droge zomer van 2018 lag de Dongense Vaart droog wat een indicatie is dat er zeer weinig water in het gebied aanwezig was, terwijl deze nog in 2015 buiten zijn oever trad met de vele neerslag (<https://dongen.nieuws.nl/nieuws/20180729/de-vaart-droog/>).

3.4 Knelpunten waterkwaliteit

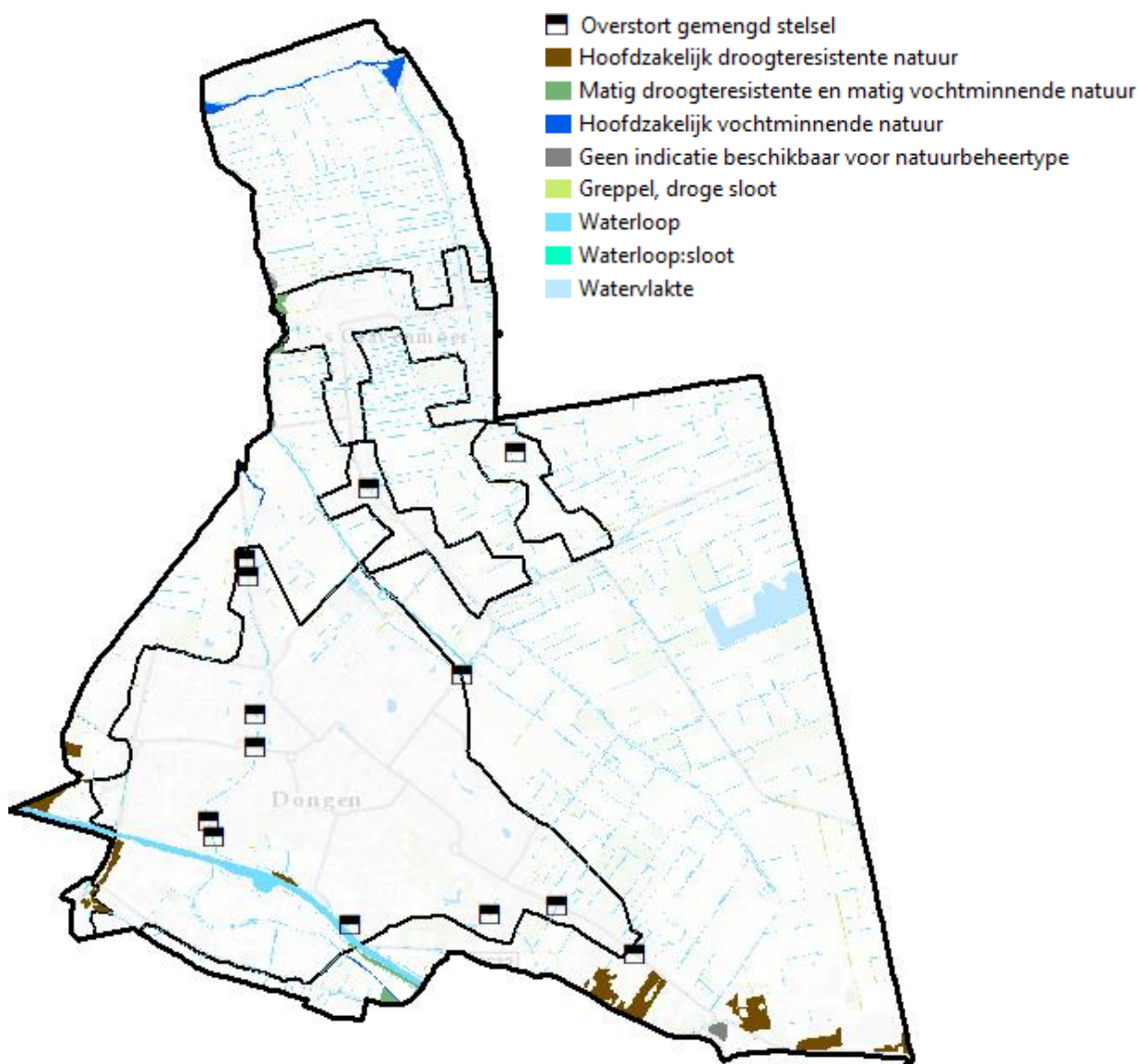
Perioden van droogte zullen leiden tot lagere waterstanden in oppervlaktewateren. Daarnaast zal de temperatuur van het oppervlaktewater stijgen. Dit zorgt ervoor dat de waterkwaliteit zal verslechteren

(Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012). Deze gevolgen kunnen leiden tot (onomkeerbare) schade aan oevers en een verslechtering van de habitat voor flora en fauna. Daarnaast wordt de kans op blauwalg en botulisme groter, met gevolgen voor de gezondheid van mens en dier (Hoogvliet et al, 2012). Tevens kan dit negatieve gevolgen opleveren voor de recreatiesector (zowel recreanten als exploitanten) (de Jonge, 2008).

Een geïsoleerde waterpartij is minder klimaatbestendig dan watergangen met doorstroming (afhankelijk van de mate van doorstroming). Doorstroming zorgt voor 'verversing' van het oppervlaktewater. Afvalwater uit lozingspunten van gemengde riolen kunnen de waterkwaliteit negatief beïnvloeden. Meldingen kunnen inzicht geven in de ontwikkeling van de waterkwaliteit in de loop der jaren.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In het onderstaande kaartbeeld zijn het oppervlaktewater, de typen natuur en de locaties van gemengde externe overstorten in beeld gebracht. Hier is te zien dat met name de kern Dongen veel overstortlocaties vanuit het gemengde stelsel heeft. Er zijn geen grootschalige natuurgebieden binnen de gemeentegrens zoals bijvoorbeeld het nabijgelegen Huis ter Heijde ten oosten van de gemeente Dongen. Wel lopen is het dal van de Dongen, Onkelsloot en het Wilhelminakanaal ingericht als ecologische verbindingszone.



Figuur 11: Knelpunten waterkwaliteit en kwetsbare natuurgebieden

Binnen de gemeente is geen officieel zwemwater gelegen. Er is een waterspeelvijver aan de noordkant van Dongen, waarbij er in de zomer waterkwaliteitsproblemen zijn opgetreden. Ook zijn er waterpartijen in stedelijk gebied die droog zijn gevallen vallen.

Niet spelen en zwemmen in water Beljaart Buiten

Door: **dongen** Datum: 03 juli 2015 11:04 Laatste update: 03-07-2015 11:09



Figuur 12: krantenartikel melding waterkwaliteitsproblemen Beljaart Buiten. (bron: <https://dongen.nieuws.nl/nieuws/20150703/niet-spelen-en-zwemmen-in-water-beljaart-buiten-2/>)

3.5 Bodemdaling en funderingsschade

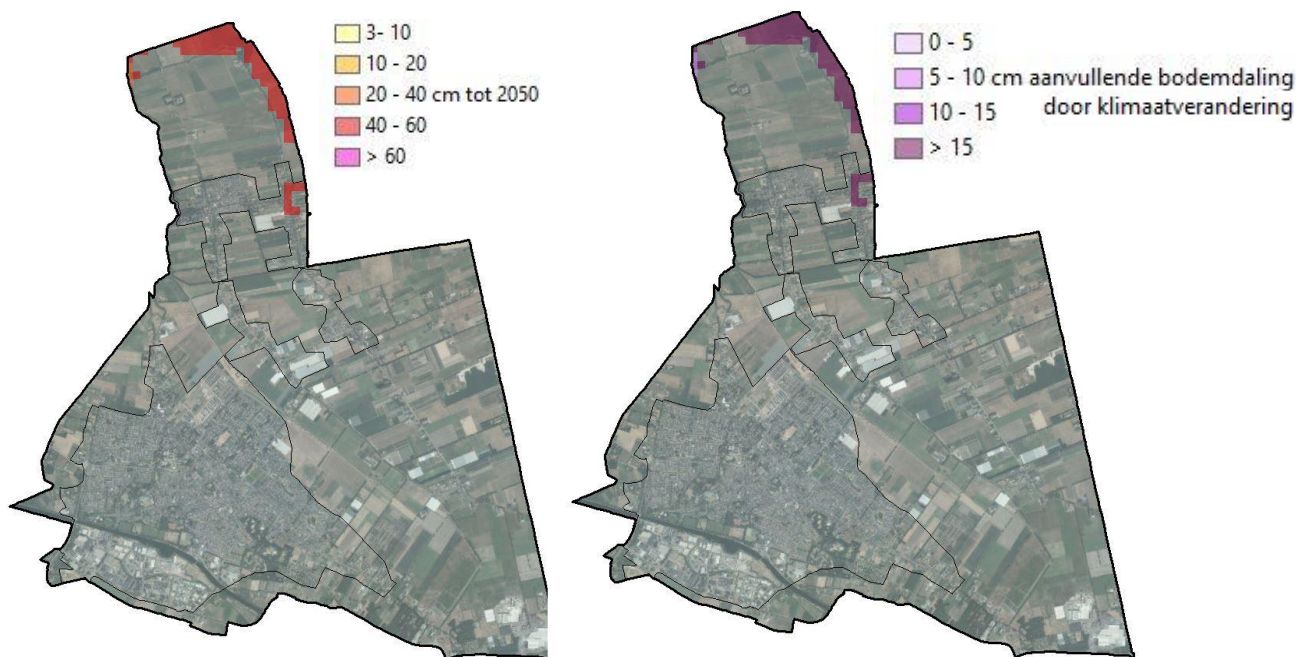
Bodemdaling

Funderingen op staal ondervinden hinder van een dalende grondwaterstand middels **bodemdaling**. Extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot extra bodemdaling in klei- en veengebieden (PBL, 2011). Wanneer er in deze gebieden funderingen op staal zijn toegepast kunnen deze gaan verzakken doordat een veranderende bodemsamenstelling zorgt voor een herverdeling van de belasting van de fundering op de ondergrond. Daarnaast kan bodemdaling leiden tot (ongelijke) zetting van de bodem waardoor negatieve kleef bij houten paalfunderingen kan ontstaan. Bij negatieve kleef gaat zakkende grond hangen aan de paalfundering. Dit kan resulteren in schade aan fundering en bebouwing. Bij betonnen paalfunderingen is hier bij het ontwerpproces rekening mee gehouden. Tevens kan bodemdaling verzakking van infrastructuur veroorzaken. (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

Uit de analyseresultaten in de klimaateffectatlas is het huidige klimaat bodemdaling berekend. Voor het klimaatscenario WH2050 wordt data gebruikt uit KNMI '14 om de verwachte bodemdaling te berekenen.

In de huidige situatie is de verwachting dat 40 tot 60 cm bodemdaling zal optreden tot 2050 bij de noordoost grens van de provincie. In het WH2050 klimaatscenario is de verwachting dat meer dan 15 cm aanvullende bodemdaling zal optreden (zie Figuur 13).



Figuur 13 Bodemdaling huidige klimaat (links) en aanvullende bodemdaling door klimaatverandering in klimaatscenario WH 2050 (rechts); (bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd op 27 mei 2019)

Funderingsschade als gevolg van paalrot

Houten paalfunderingen dienen geheel onder het grondwater te blijven, anders kan funderingsschade als gevolg van paalrot optreden. Een daling van de grondwaterstand kan leiden tot droogstand van de paalfundering. Het funderingshout komt hierdoor in aanraking met zuurstof met als gevolg aantasting van het funderingshout door bacteriën (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012). Dit leidt tot een vermindering van de draagkracht en mogelijke schade aan de bebouwing (CURNET, SBR, 2012). De gevolgen van droogstand voor houten paalfunderingen komt voor bij een definitieve droogstand van het funderingshout maar ook bij een tijdelijke, terugkerende (cumulatieve) droogstand (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 2012).

De bouwperiode en bodemkenmerken van een gebied geven een eerste indicatie van de hoeveelheid houten paalfunderingen in het gebied. Zie bijlage A voor een beschrijving van de methodologie van de analyse voor het bepalen van de gevoeligheid voor funderingsschade.

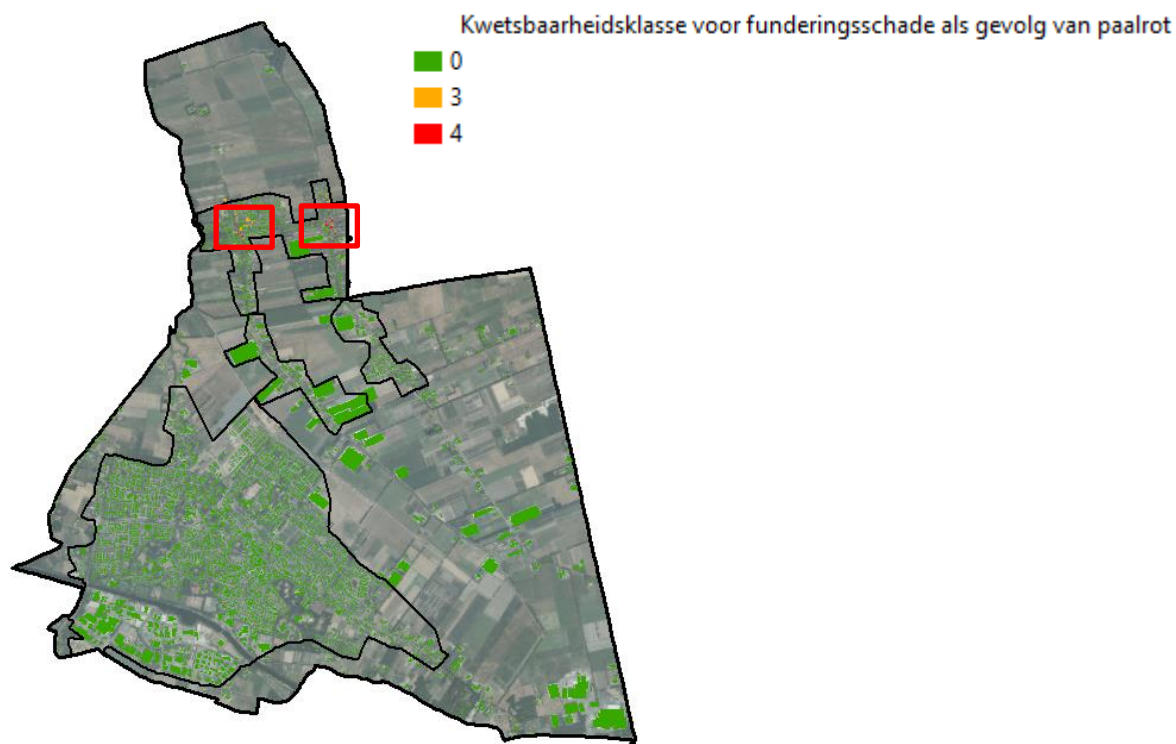
Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In Figuur 14 zijn de panden van de gemeente Dongen weergegeven op kaart. De volgende kwetsbaarheidsklassen zijn aanwezig in de gemeente Dongen:

- 0: Panden op zand- en lichte zavelgronden en gebouwd na 1970 (laagste kwetsbaarheidsklasse en groen);
- 3: Panden op klei-, moerige – en venige gronden gebouwd tussen 1950 en 1970 (één na hoogste klasse en oranje);
- 4: Panden op klei-, moerige – en venige gronden gebouwd in en voor 1950 (hoogste klasse en in het lichtblauw geselecteerd).

Op basis van de analyse komen er panden in de kern 's Gravenmoer als kwetsbaar voor funderingsschade door paalrot naar boven (klasse 4) in de rood omlijnde gebieden. In deze gebieden kern bevinden zich ook oranje panden (klasse 3) en in het buitengebied net ten noorden van de kern eveneens. In deze gebieden

vindt geen (aanvullende) bodemdaling plaats (Figuur 13), wel een daling van 0,1-0,25m in de GLG (Figuur 9).



Figuur 14: Kwetsbaarheid voor funderingsschade panden gemeente Dongen.

4 HITTE

De zomer van 2018 was de warmste die is gemeten: in De Bilt was het 19 graden gemiddeld. Normaal is dat in de zomer 17 graden. Het record was tot dit jaar gevestigd in 2003, toen werd het gemiddeld 18,6 graden. De daaropvolgende zomer in 2019 is op 25 juli 2019 het absolute warmterecord in Nederland gebroken met 40,7 graden in Gilze-Rijen en op diverse andere plekken temperaturen boven de 40 graden, met een iets lagere gemiddelde temperatuur van 18,4 graden in de Bilt. Er waren in de zomer van 2019 twee hittegolven en elf tropische dagen (30 graden en warmer), normaal zijn dat er vier. Dat blijkt uit cijfers van het KNMI. In Nederland ligt tijdens hittegolven het sterftecijfer 12% hoger dan normaal.

De stijging van de gemiddelde jaartemperaturen in Nederland brengt nauwelijks acute problemen met zich mee. Dergelijke problemen doen zich juist voor bij pieken in de temperatuur, zoals op tropische dagen en tijdens warme nachten. Zo kunnen vooral bij kwetsbare groepen zoals zieken en ouderen gezondheidsproblemen optreden (hittestress) en kunnen infrastructuur en gebouwen schade oplopen door het uitzetten van materialen. Verder kan langdurig aanhoudende hitte leiden tot klachten als vermoeidheid, concentratieproblemen en hoofdpijn. Tevens neemt het risico op uitdroging en oververhitting toe. In het ergste geval kunnen mensen hieraan overlijden.

De kwetsbaarheden van de gemeente Dongen voor hitte zijn in deze stresstest inzichtelijk gemaakt door de (ontwikkeling van de) volgende aspecten te bekijken: aantal zomerse en tropische dagen, hittestress door warme nachten, oppervlaktetemperatuur, opwarming van oppervlaktewater en kwetsbare groepen voor hitte. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van de klimaateffectatlas, met uitzondering van het thermisch infraroodbeeld van de satelliet.

4.1 Zomerse en tropische dagen per jaar

Het aantal dagen waarop het warm wordt in Nederland neemt de komende jaren verder toe. Bij temperaturen boven 25 °C kan dit gevolgen hebben voor de gezondheid van kwetsbare groepen zoals ouderen en jonge kinderen. Als de temperatuur in de buurt van 30 °C komt, lopen ook andere groepen risico op gezondheidsklachten wanneer zij zich intensief inspannen of langere tijd onbeschermd in de zon bevinden. Hittestress kan bij kwetsbare groepen leiden tot meer arbeidsuitval, een toename van ziektes en vervroegde sterfte.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In Tabel 4 is de verwachting van het KNMI voor de ontwikkeling van het aantal zomerse en tropische dagen weergegeven.

Tabel 4: Ontwikkeling zomerse en tropische dagen in de omgeving van gemeente Dongen

	Huidig	2050 WH Scenario
Aantal zomerse dagen (max. ≥ 25 °C)	20 - 30	50 - 60
Aantal tropische dagen (max. ≥ 30 °C)	3 - 6	12 - 15
Langste reeks opeenvolgende zomerse dagen (max. ≥ 25 °C)	7 - 9	11 - 13
		13 - 15 (zuidoosten)

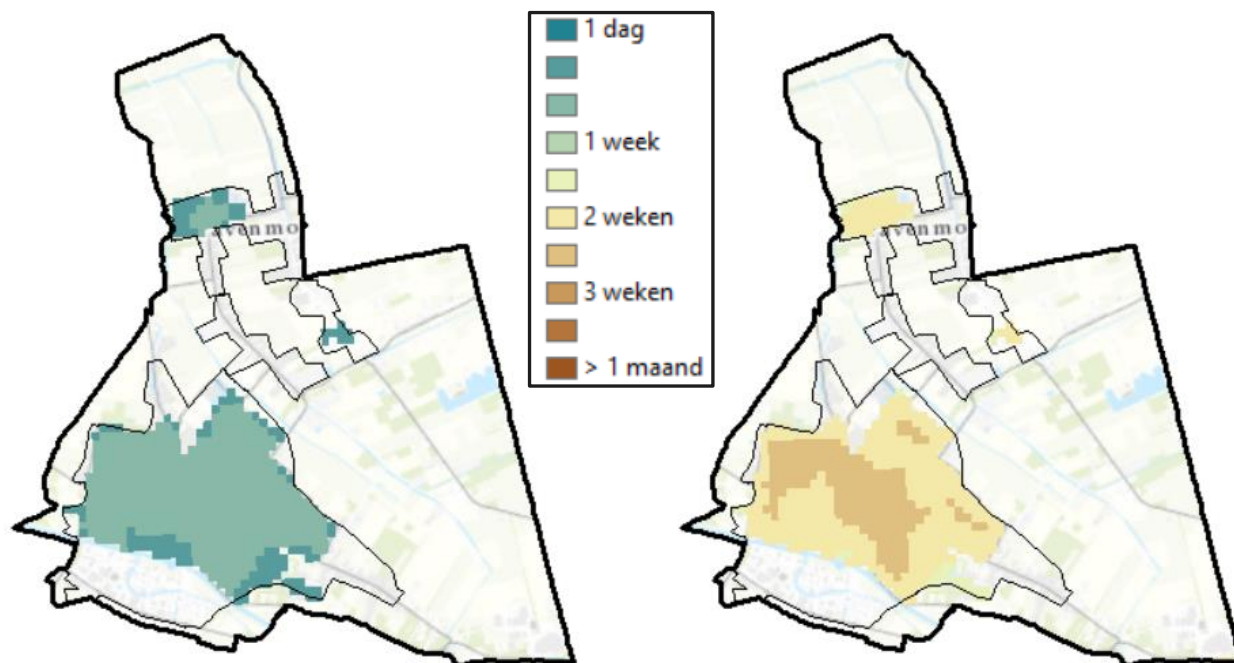
Afgaande op de KNMI-klimaatsscenario's kan het aantal zomerse dagen in 2050 zijn verdubbeld. Het aantal tropische dagen neemt mogelijk nog sterker toe. De jaarextremen zullen ook sterk toenemen: de temperatuur op de heetste dag van het jaar zal in 2050 1,0 tot 3,8 graden hoger liggen dan nu het geval is.

4.2 Hittestress door warme nachten

Wanneer het aantal zomerse en tropische dagen toeneemt, zal ook het gemiddeld aantal tropische nachten per jaar toenemen. Tijdens een tropische nacht daalt de temperatuur niet onder de 20 °C. In buurten met veel verharding is minder groen aanwezig met minder verdamping als gevolg. Hierdoor loopt de temperatuur verder op. Door de aanwezigheid van gebouwen en menselijke activiteit koelt het 's nachts ook minder snel af.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

De ontwikkeling van het aantal tropische nachten in de gemeente Dongen is weergegeven in Figuur 15. Het aantal tropische nachten per jaar ligt momenteel rond enkele dagen per jaar voor de kernen van gemeente Dongen. In 2050 zal dit in het meest extreme geval zijn gestegen tot meer dan 2 weken per jaar. De ruimtelijke kenmerken van bebouwde gebieden (veel verharding, weinig groen) dragen hier in grote mate aan bij.



Figuur 15: Toename aantal warme nachten / hittestress: huidig (links) en in 2050 (rechts) (bron: klimateffectatlas, geraadpleegd op 28 februari 2019).

4.3 Oppervlaktetemperatuur

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van een thermisch infrarode opname van de Landsat 8 satelliet. Het grote voordeel van deze opname is dat het in één oogopslag een waarheidsgetrouw en gemeente dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. Het is dus in zekere zin op te vatten als een praktijkmeting. Verschillen in oppervlaktetemperatuur ontstaan door het in meer of mindere mate aanwezig zijn van verharding, vegetatie, water en schaduw. Meer informatie over het satellietbeeld is te vinden in de methodebeschrijving in bijlage A.

Voor alle resultaten uit de oppervlaktetemperatuur-analyse geldt dat deze betrekking hebben op de zogenoemde stralingstemperatuur van het oppervlak (zoals dat loodrecht van boven zichtbaar is). Ter vergelijking kan men denken aan de warmte die je aan de binnenkant van een elektrische oven voelt "stralen". De door een mens ervaren temperatuur (gevoelstemperatuur) is, buiten de bovengenoemde stralingstemperatuur, onder meer afhankelijk van de lokale (relatieve) luchtvochtigheid, windsnelheid en temperatuur van de aangevoerde lucht.

De resultaten uit de oppervlaktetemperatuur-analyse zijn vervolgens geclassificeerd naar 'ervaren mate van hittestress'. Een onderzoek in Rotterdam in 2010 toonde aan dat het temperatuurverschil binnen en buiten de stad 's nachts oploopt tot 8 °C (Nijhuis en Streng, 2011). Het geschatte verschil in gevoelstemperatuur liep op tot 15 °C. De gevoelstemperatuur werd in dit project geschat op basis van een indeling van de omgevingstemperatuur in vijf klassen: comfortabel (18-23 °C), lichte warmtestress (23-29 °C), matige warmtestress (29-35 °C), sterke warmtestress (35-41 °C) en extreme warmtestress (>41 °C).

In bijlage D zijn op zowel gemeente- als kernniveau de resultaten van de hitte-analyse weergegeven.

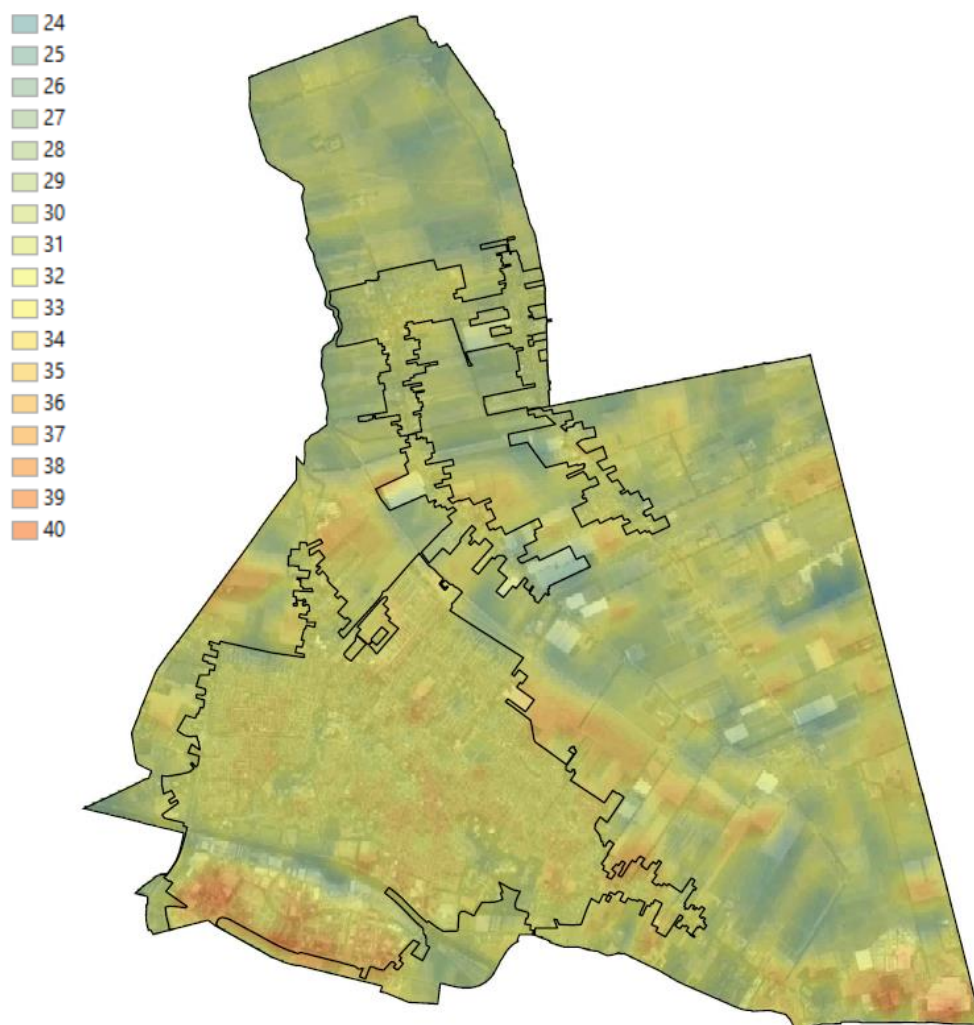
Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In het gemeentelijke warmtebeeld is te zien dat buiten de kernen een aantal akkers met hoge temperaturen naar voren komt. De oorzaak hiervan is vermoedelijk gelegen in het feit dat ten tijde van het ingevlogen satellietbeeld er een aantal akkers braak lag of is het effect van de aanwezige kassen. Hierdoor is er weinig verdamping en warmt de bodem op. Ten opzichte van het landelijk gebied zijn in de kernen hogere temperatuurwaarden gemeten. Verder komen de kernen als relatief warm naar voren. Binnen kernen houdt verdere differentiatie met name verband met de mate van verhardingsgraad en de aan- of afwezigheid van vegetatie en water.

Dongen

In de kern Dongen is een sterk hitte-eiland te identificeren ten zuiden van het Wilhelminakanaal in het zuidwesten van de gemeente, in Figuur 16 waar te nemen. De temperaturen liggen hier rond de 38 °C en zijn maar liefst 10 °C hoger dan omliggende gebieden. In deze gebieden wordt dan ook sterke hittestress ervaren. Uit analyse van de luchtfoto blijkt dat hier een industrieterrein ligt, Tichelrijt 1 en 2. In het zuidoosten van de gemeente ligt ook een hitte-eiland bij industrieterrein de Wildert. Industrieterreinen worden gekenmerkt door een hoog percentage verharding met als gevolg relatief weinig verdamping. Dit zorgt ervoor dat er weinig verkoeling mogelijk is en temperaturen oplopen. Het grote verschil met de omgeving wordt daarnaast versterkt door de aanwezigheid van landbouwgebieden. Hier is veel groen aanwezig en temperaturen liggen als gevolg van een hoge (gewas)verdamping meer dan 5 °C lager dan omliggende gebieden.

Er is duidelijk te zien dat de bebouwing in het centrum zorgt voor een verhoging van de oppervlaktetemperatuur ten opzichte van het landelijke gebied.



Figuur 16: Thermisch infrarood satellietbeeld van kern Dongen. Datum: 26 juli 2018

's Gravenmoer

In de kern 's Gravenmoer zijn nauwelijks hitte-eilanden waar te nemen. Temperaturen zijn in de hele kern constant rond de 32 °C. Ondanks dat er geen warme gebieden te onderscheiden zijn, wordt tijdens een hete dagen nog altijd matige hittestress ervaren.

Dongense Vaart

In Dongense Vaart wordt vanwege de landelijke ligging van de kern geen hitte-eilanden waargenomen. Oppervlaktetemperaturen liggen tussen de 28 °C en 33 °C, met licht tot matige hittestress als gevolg. Wel is duidelijk te zien dat de temperaturen in de bebouwde omgeving warmer zijn dan de omliggende landbouwgronden. De omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Dongense Vaart.

Klein-Dongen

In de kern Dinteloord is een warme strook waar te nemen die zich strekt van de Stellingmolen tot aan de Westerstraat. Temperaturen lopen hier tot boven de 35 °C en zijn daarmee 5 °C hoger dan omliggende gebieden. Uit analyse van de luchtfoto blijkt dat in de buurt van de Stellingmolen een aantal grote panden met veel dakoppervlak gelegen zijn. Dakoppervlak absorbeert veel straling en heeft dus geen verkoelend effect. In dit gebied is daardoor sprake van sterke hittestress. Verder is waar te nemen dat omliggende landbouwgronden, mits begroeid, zorgen voor een verkoelend effect op de omgeving doordat er meer verdamping plaatsvindt dan in het bebouwde gebied van Dinteloord.

4.4 Opwarming oppervlaktewater

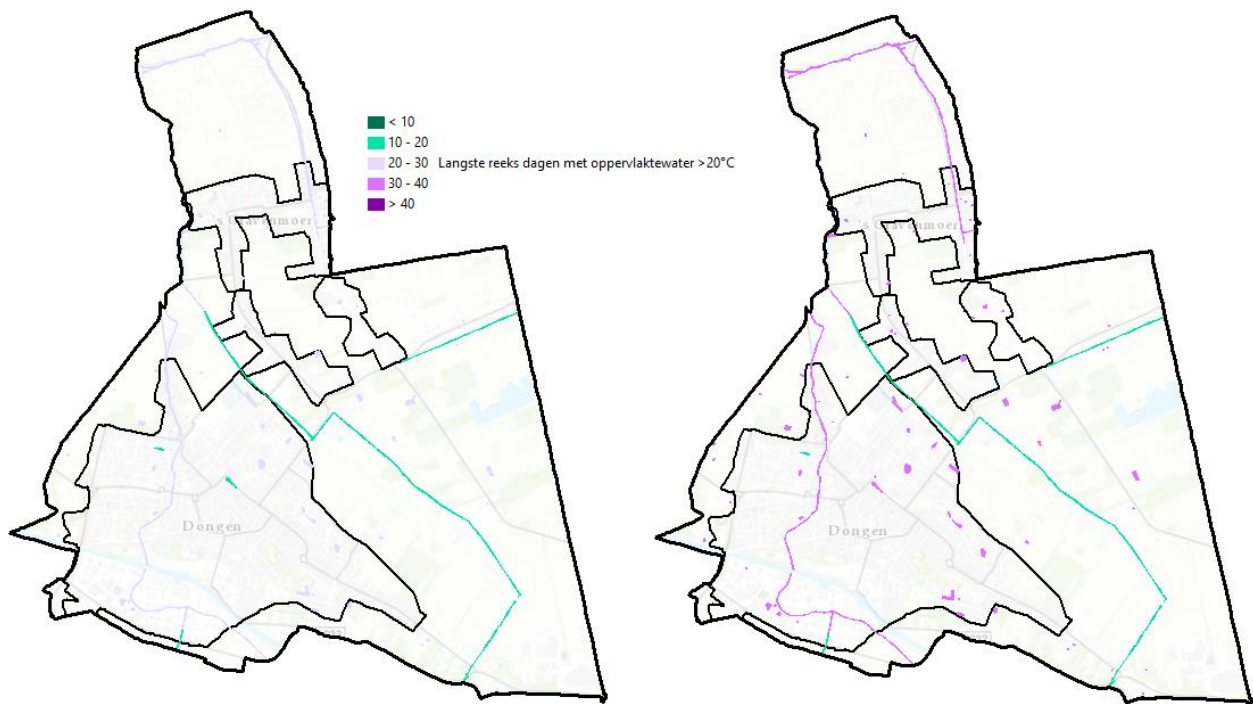
Een toename van zomerse en tropische dagen heeft gevolgen voor het oppervlaktewater. Tijdens langdurig warme periodes kan met name stilstaand oppervlaktewater sterk opwarmen. Ook bij langdurige droogte verdampt veel water, neemt het volume af en warmt water sneller op. Dit kan nadelige effecten hebben voor de waterkwaliteit, mogelijk met nadelige effecten voor ecologie en recreatie tot gevolg.

De klimaateffectatlas toont de langste aaneengesloten periode van dagen per jaar, waarin de watertemperatuur hoger is dan 20°C. Vanaf die temperatuur gedijen (ongewenste) exotische planten en dieren, blauwalgen, ziekteverwekkers- en -verspreiders beter. De analyse in paragraaf 3.4 (knelpunten waterkwaliteit) heeft tevens invloed op het gedijen van ziekteverwekkers.

Oppervlaktewater dat méér dan drie meter diep is, is niet opgenomen in het kaartbeeld van de klimaateffectatlas. Weersinvloeden en locatie specifieke factoren zoals waterdiepte en bebouwingsdichtheid zijn opgenomen in het rekenmodel.

Hoe kwetsbaar is gemeente Dongen?

In Figuur 17 is de opwarming van het oppervlaktewater in de gemeente links weergegeven met een doorkijk naar 2050 rechts.



Figuur 17: Langste opeenvolgende reeks dagen met oppervlaktewater > 20 °C; huidig (links) en in 2050 (rechts) (bron: klimaateffectatlas, geraadpleegd op 24 Oktober 2019).

Tot 2050 is de verwachting dat het aantal opeenvolgende dagen waarop het oppervlaktewater warmer is dan 20 °C toeneemt. Momenteel is er sprake van 10 tot 30 opeenvolgende dagen met oppervlaktewater boven deze waarde voor een aantal oppervlaktewateren binnen de gemeente Dongen. In klimaatscenario WH2050 is aangegeven dat dit op kan lopen tot 40 opeenvolgende dagen. Zoals hierboven beschreven kan dit nadelige effecten hebben op de waterkwaliteit.

5 OVERSTROMING

Nederland is beschermd tegen hoogwater door waterkeringen. Ons land staat internationaal bekend om onze sterke dijken, maar toch kunnen ook wij te maken krijgen met de gevolgen van het doorbreken van een dijk. Omdat de effecten van een overstroming groot kunnen zijn en per locatie sterk kunnen verschillen, is het waardevol om inzicht te krijgen in de kans op zo'n overstroming. Deze kans kan in de toekomst anders zijn dan nu, bijvoorbeeld door veranderende neerslagpatronen.

Als overstromingen plaatsvinden, zal er economische schade optreden aan bijvoorbeeld gebouwen en infrastructuur en ontstaat grote maatschappelijke ontwrichting. Ook is er een kans dat mensen gewond raken of zelfs overlijden als gevolg van verdrinking, onderkoeling of verminderde bereikbaarheid van hulpdiensten. In werkelijkheid kan de overstromingskans in de toekomst ook kleiner zijn, omdat de sterkte van de waterkeringen in 2050 groter kan zijn.

In dit hoofdstuk is de kwetsbaarheid van de gemeente Dongen met betrekking tot overstromingen in kaart gebracht voor de onderstaande aspecten. Hierbij is gebruik gemaakt van de analyses van de risicokaart.nl.

5.1 Overstromingsrisico

De overstromingsdiepte bepaalt de mate waarin een gebied wordt blootgesteld aan de effecten van een overstroming. Het is één van de factoren die van belang is voor de hoeveelheid schade en slachtoffers bij een overstroming. Ook bij beperkte overstromingsdiepten, bijvoorbeeld van een halve meter, kan de impact groot zijn. Dit omdat elektriciteit, drinkwater, telecom en internet dan vaak niet meer beschikbaar zijn.

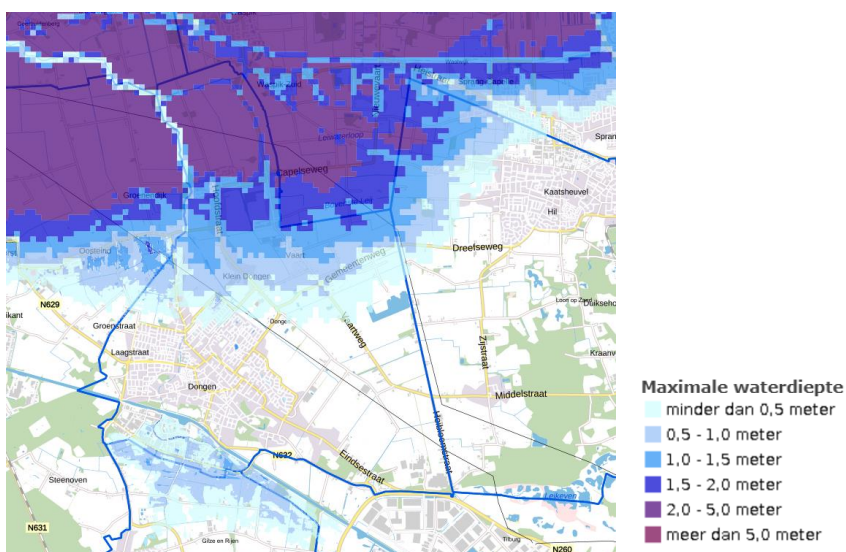
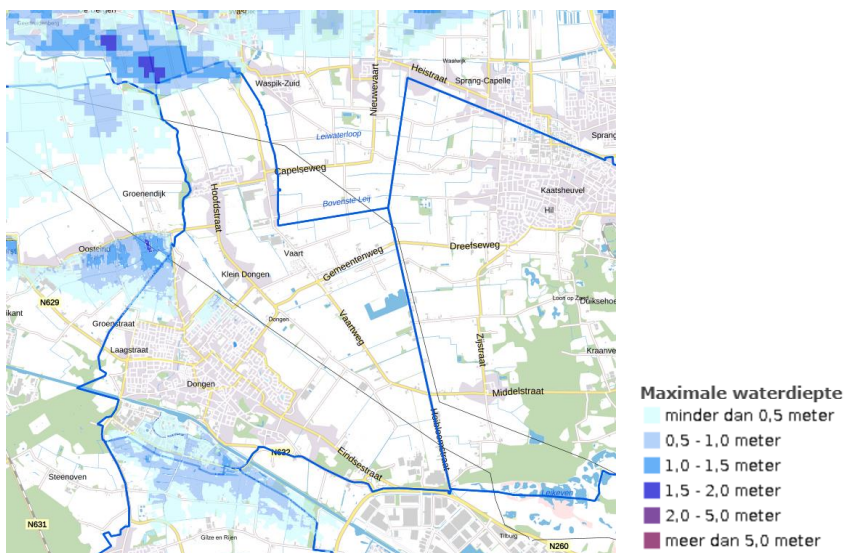
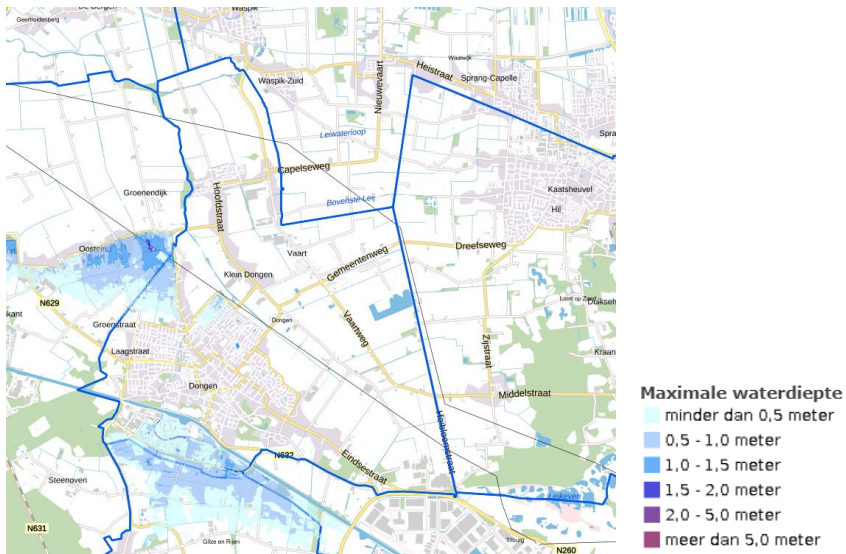
De kwetsbaarheid van de gemeente Dongen voor overstromingen is in deze stresstest in beeld gebracht via data van risicokaart.nl (

Figuur 18). De kaarten laten zien welke gebieden kunnen overstroomd worden en welke overstromingsdiepte maximaal kan optreden. De kaarten zijn gebaseerd op overstromingsscenario's met vier verschillende waarschijnlijkheden, 1) grote kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 10 jaar kunnen worden getroffen, 2) middelgrote kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 100 jaar kunnen worden getroffen, 3) kleine kans op overstromingen: toont alle gebieden waarvan verondersteld wordt dat deze door overstromingen van ongeveer eens in de 1000 jaar kunnen worden getroffen en 4) scenario's van buitengewone gebeurtenissen met een herhalingskans van eens in de 10.000 jaar. De kaarten geven het ruimtelijke beeld van alle mogelijke overstromingen op allerlei plaatsen en vanuit diverse bronnen. De getoonde overstromingen treden in de werkelijkheid nooit allemaal tegelijkertijd op.

Hoe kwetsbaar is de gemeente Dongen?

In de gemeente Dongen zijn er geen gebieden met een grote kans op overstroming. Bij een middelgrote en kleine overstromingskans kan de waterstand maximaal stijgen tot 1,5 meter in het gebied ten westen van de Lage Ham en op het bedrijventerrein de Tichelrijt ten zuiden van het Wilhelminakanaal.

Bij een scenario van buitengewone gebeurtenissen staat het gebied ten noorden van de kern Dongen onderwater. Ten noorden van de kern 's-Gravenmoer kan de overstromingsdiepte oplopen tot 5 meter. Bij dergelijke overstromingen is evacuatie de enige maatregel. Het takenpakket van evacuatie ligt bij de veiligheidsregio. Zoals gezegd is het risico op overstroming erg laag. Om de kans op overstromingen nu en in de toekomst (nog verder) te verkleinen, kan de gemeente Dongen het Waterschap en de veiligheidsregio ondersteunen door het belang van goede dijken en de stabiliteit en kwaliteit van goede dijken te borgen in gemeentelijke plannen en ruimtelijke ontwikkelingen.



Figuur 18 Kans op overstroming: Boven: middelgrote kans (1/100 jaar), midden: kleine kans (1/1.000 jaar) en onder: scenario's van buitengewone gebeurtenissen (1/10.000 jaar).

5.2 Regionale watersystemen

Binnen de gemeente berekent de Klimaateffectatlas geen overstromingen vanuit regionale watersystemen. Daarom is voor deze analyse geen gebruik gemaakt van de Klimaateffectatlas, maar van analyses uitgevoerd door Waterschap Brabantse Delta en opgenomen in de 'Verordening Ruimte 2018' (Provincie Noord-Brabant). Het zijn gebieden die inunderen op basis van modelberekeningen van het watersysteem, situatie 2014. De gebieden zijn weergegeven in Figuur 19.



Figuur 19



Figuur 19: Reservering waterbergingsgebieden.

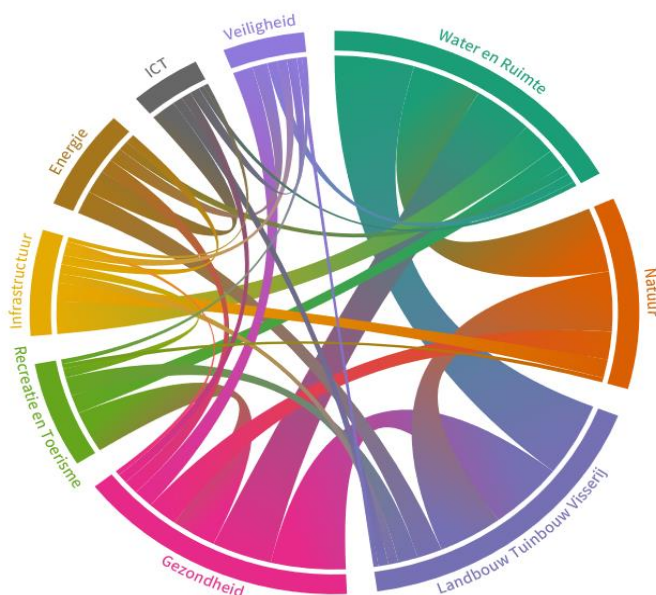
6 SECTORANALYSE

De impact van klimaatverandering op de gemeente Dongen is in voorgaande hoofdstukken inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse blijkt dat de gemeente steeds warmer, natter en droger wordt, wat resulteert in een toename van hittestress, wateroverlast, overstroming en droogte.

Voor een goede aanpak van deze effecten van klimaatverandering is een gedegen inzicht nodig. Om dit te bereiken zijn de effecten in beeld gebracht voor onderstaande negen sectoren. De sectoren zijn geïdentificeerd in de Nationale Adaptatie Strategie, die door het Rijk is opgesteld.



Er is sprake van een breed scala aan effecten, die ingrijpen op verschillende schaalniveaus. De effecten kunnen omvangrijk zijn, beperkt maar talrijk, op korte termijn plaatsvinden of in de loop van de eeuw pas optreden. Ook zijn cumulatieve effecten mogelijk, zowel binnen sectoren als tussen sectoren onderling. Figuur 20 geeft de mogelijke cross-sectorale effecten weer. Dit betreft indirecte effecten die invloed hebben op meerdere sectoren. Uit de afbeelding blijkt dat tussen de sectoren water en ruimte, gezondheid, natuur en landbouw, tuinbouw en visserij de meeste gezamenlijke effecten zijn. Ook tussen IT en telecom en de sector energie is een duidelijke overlap aan indirecte effecten aanwezig. Voor de uitwerking van een klimaatstrategie en tijdens de risicodialog is het van belang om rekening te houden met de integraliteit en impact van maatregelen op verschillende sectoren.



Figuur 20. Overzicht cross-sectorale effecten

In Tabel 5 zijn de voor gemeente Dongen belangrijkste indirecte effecten als gevolg van de klimaatrends hitte, wateroverlast, droogte en overstroming weergegeven.

Uit de analyse blijkt dat het aantal bedreigingen voor de klimaatrend overstroming het laagst is. Echter de impact van een overstroming is groot. Het grootste aantal bedreigingen is aanwezig in de sector gezondheid en bij de klimaatrend hitte en wateroverlast. Hittestress en wateroverlast zorgen voor fysieke klachten, stijging in overlijdensrisico en lichamelijk letsel. De meeste kans als gevolg van klimaatverandering liggen bij de sectoren landbouw, tuinbouw en visserij en water en ruimte. Door een langer groeiseizoen is er een kans op stijging van de gewasopbrengsten. Daarnaast is het gevolg van een langere zomer een kans voor de toename van het gebruik van (openbaar)groen en recreatie.

Tabel 5: Overzicht indirecte effecten per sector

	Hitte	Wateroverlast	Droogte	Overstroming
 Water en Ruimte	Risico waterkwaliteit tpv o.a. speelwater in Beljaart Buiten, kanovijver, eendjesvijver en stedelijke waterpartijen, Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers, Toename kans (natuur)brand onder andere tpv Bosgebied het Blik ten westen van de kern Dongen, Toename gebruik en beheer en onderhoud openbaar groen.	Risico op schade aan bebouwing, Ziekteverwekkers op straat en afname waterkwaliteit bij extreme neerslag. Verontreinigd water stroomt bij water op straat tpv Mgr Schaepmanlaan richting de eendjesvijver.	Beperking groenonderhoud door beregeningsverbod, Afname waterkwaliteit, Risico op droogvallen vijvers west II en te weinig water eendjesvijver en kanovijver. Toename kans op (natuur)brand.	Schade aan bebouwing, Verandering ecologische systemen, Uitval kwetsbare waterinfrastructuur (o.a. pompen en gemalen).
 Natuur	Verandering migratiepatroon, Meer gebruik buitenruimte, Verschuiving en uitsterving soorten, Mismatch voedselketen, Toename kans overleven exoten. Belangrijkste natuurgebieden in de gemeente zijn de ecologische verbindingszone "om Dongen" en Wilhelminakanaal en het beekdal van de Donge.	Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten, kans natte natuur Belangrijkste natuurgebieden in de gemeente zijn de ecologische verbindingszone "om Dongen" en Wilhelminakanaal en het beekdal van de Donge.	Verandering ecosystemen en hydrologie natuurgebieden, Toename watervraag, Hogere kosten waterbeheer, Toename (natuur)branden Belangrijkste natuurgebieden in de gemeente zijn de ecologische verbindingszone "om Dongen" en Wilhelminakanaal en het beekdal van de Donge.	Veranderingen in ecosystemen, Verschuiving van soorten. Verloren gaan van natuur. Belangrijkste natuurgebieden in de gemeente zijn de ecologische verbindingszone "om Dongen" en Wilhelminakanaal en het beekdal van de Donge.
 Landbouw, tuinbouw en visserij	Hittestress arbeiders en vee, Afname of toename gewasopbrengsten, Toename energiekosten koeling, Problemen bewaring oogst, Toename ziekten en plagen.	Afname bewerkbaarheid bodem, Oogstschade en afname gewasopbrengsten, Schade aan gebouwen, kassen, stallen, Toename ziekten en plagen Kans op inundatie in het buitengebied gebied tussen Moerse Dreef en Vaartweg.	Afname beschikbaarheid zoetwater, Waterschaarste en beregeningsverbod, Oogstschade en Afname gewasopbrengsten.	Opbrengstschade, Uitval vitale energie- en ICT-infrastructuur, Verschuiving van plant- en diersoorten, Toename problemen waterafvoer
 Gezondheid	Fysieke klachten krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten. Toename overlijdensrisico, Afname nachtrust. Risico onder	Schade aan gebouwen, Afname bereikbaarheid hulpdiensten. Risico's buitenevenementen. Op een aantal belangrijke ontsluitingswegen (Middellaan, Mgr. Schaepmanlaan en	Kans op (natuur)brand neemt toe, Dalende waterkwaliteit tpv o.a. speelwater in Beljaart Buiten, kanovijver. Kans op botulisme, blauwalg en vissterfte. Meer fijnstof en ziekteverwekkers in de	Verdrinking en fysiek letsel, Toename kans ziekten door water overdraagbare infectieziekten, Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten, Toename uitval elektriciteitsvoorziening

	andere aanwezig in een aantal verzorgingshuizen voor ouderen in Dongen.	Wilhelminastaat, Procureurweg) komt wateroverlast voor.	lucht, Verschuiving van gezondheid gevaarlijke soorten	Hulpdiensten.
 Recreatie en Toerisme	Toename risico voor grote evenementen (bijvoorbeeld Zomerspelen), Toename toerisme & recreatie, Er is in Dongen relatief weinig oppervlaktewater of zwemwater waardoor Dongen minder attractief wordt voor toerisme & recreatie, Oneigenlijk gebruik van speelwater als zwemwater. Toename consumptie alcohol en drugs.	Verandering (sport)visserij, Toename kans op natuur- en bosbranden Nederland gunstiger vakantieerland Toename inzet beregeningsverbod heeft effect op zwembaden, golflocaties etc.	Toename risico's buitenevenementen Overlast waterrecreatie door afspoeling en overstort rioolwater (o.a. tpv de Kanovijver de Beljaart).	Schade voorzieningen en afname recreatie
 Infrastructuur (weg, spoor, water en ook luchtvaart)	Stijging ongelukken door verminderde concentratie, Schade wegdek wegennet.	Waterschade en afname beschikbaarheid infrastructuur, Ongelukken door beperkt zicht en glad wegdek, Versperring spoor- en wegverkeer door omgewaaide objecten	Hinder wegverkeer door natuur- en bermbranden, Door afname aanvoer water kans op beperking scheepvaart.	Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur, Schade door instabiliteit bodem wegen door overstroming
 Energie	Minder capaciteit elektriciteitsleidingen door verhoogde weerstand, Toename energievraag door koeling en kans op stopzetten energielevering door te hoge vraag. Kansen zonne-energie, biogas, lagere energievraag in de winter	Uitval elektriciteit door inundatie, Inslag- en stormschade energie infrastructuur, Kansen windenergie, Beschadiging door omvallende bomen (uprooting)	Minder capaciteit elektriciteitsleidingen door verhoogde weerstand	Uitval door schade en teloorgaan energie infrastructuur
 IT en telecom	Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Hitte-uitval en hogere energiekosten ICT-operators, Uitval en storingen door kabelsmelt en 'brownout', Uitval en storingen door biologische besmettingen in airconditioning	Lekkage en inundatie ICT-objecten, Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Uitval ICT door hoge luchtvochtigheid, inslagsschade of door uitval elektriciteitsvoorzieningen. Stormschade antennemasten mobiele communicatie en zendmasten	Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur, Uitval ICT door lage luchtvochtigheid	Uitval ICT en telecom bij overstroming
 Veiligheid	Hitte gerelateerde gezondheidsklachten Infectieziekten en grootschalige ziektegolven, Druk op medische hulpdiensten, Toename kans op brand, Risico's voor grote evenementen, Uitval ICT	Afname veiligheid door toename wateroverlast, Risico's buitenevenementen, Uitval elektriciteitsvoorzieningen	Toename kans op brand	Afname fysieke veiligheid (verdrinking, overlijden), Sociale instabiliteit, Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur

Bijlagen

- Bijlage A: Methodebeschrijving kwetsbaarheidsanalyses
- Bijlage B: Resultaten wateroverlast
- Bijlage C: Resultaten droogte
- Bijlage D: Resultaten hittestress
- Bijlage E: Tabellen en toelichting sectoren
- Bijlage F: Overzichtskaart

BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYSES

Hieronder zijn de methodebeschrijvingen voor de klimaataspecten wateroverlast als gevolg van extreme neerslag, droogte en hitte weergegeven.

WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG

De kwetsbaarheidsanalyse voor het aspect extreme neerslag is gebaseerd op de factoren inundatiediepte en kwetsbare objecten/functies.

Met gebruik van het hydraulisch rekenmodel Infoworks ICM is een maaiveldmodel van het stedelijk gebied van Dongen gebouwd. Door middel van dit model zijn stroming en waterdieptes bij verschillende neerslaggebeurtenissen berekend. Het uitgangspunt hierbij is dat het water over maaiveld gaat stromen omdat de riolering volledig gevuld is en geen water meer afvoert.

De waterdieptes zijn inzichtelijk gemaakt door het gebruik van 3 gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen welke afkomstig zijn uit de bijsluitende gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie. De neerslaggebeurtenissen betreffen twee gebeurtenissen in één uur en een neerslaggebeurtenis in twee uur:

- 70 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsperiode van eens in de 200 jaar van voorkomen.
- 90 mm in 1 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsperiode van eens in de 500 jaar van voorkomen.
- 160 mm 2 uur. Deze neerslaggebeurtenis heeft in met het huidige klimaat een herhalingsperiode van eens in de 2000 jaar van voorkomen.

Voor deze drie neerslaggebeurtenissen geldt dat de herhalingsperiode gehalveerd is in 2050.

Het model is binnen één/twee uur met de volledige neerslagsom belast waarna het water over het maaiveld stroomt en zich in het oppervlaktewater en de laagste punten verzamelt. De stroming en maximale waterdiepte geven een indicatie van de gevoeligheid. De waterdieptes zijn voor de verschillende neerslaggebeurtenissen vanaf 0,05 m diepte ruimtelijk weergegeven.

Na het inzichtelijk maken van de maximale waterdiepten is de kwetsbaarheid van gebouwen en wegen in beeld gebracht. Voor de kwetsbaarheid van gebouwen is de maximale waterstand tegen het gebouw berekend. Vervolgens zijn de gebouwen ingedeeld in drie klassen welke de kwetsbaarheid aantonen:

- Geen water tegen het gebouw.
- Water tegen het gebouw, maar onder drempelniveau.
- Water tegen het gebouw en boven het drempelniveau.

De begaanbaarheid van wegen is afhankelijk van de maximale waterdiepte en de toegestane snelheid op een weg. Bij een hogere waterdiepte worden minder hoge snelheden bereikt als bij lage waterdiepte. Daarnaast zorgt een specifieke waterdiepte voor meer overlast op een snelweg dan op een lokale weg. Toegestane snelheden liggen hoger op een snelweg en men zal eerder last ondervinden van bijvoorbeeld aquaplaning. De begaanbaarheid van wegen is onderverdeeld in drie klassen:

- Goed begaanbaar, mogelijke snelheid ligt hoger dan de toegestane snelheid.
- Slecht begaanbaar, mogelijke snelheid ligt lager dan de toegestane snelheid, maar boven de 0 km/h.
- Onbegaanbaar, mogelijke snelheid is gelijk aan nul.

DROOGTE

Ter bepaling van de klimaatbestendigheid voor het thema droogte zijn de factoren vegetatie, neerslagtekort, bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsproblematiek onderzocht.

Voor de resultaten van de onderwerpen neerslagtekort, bodemdaling en zettingsgevoeligheid is gebruik gemaakt van de klimaateffectatlas. Voor de onderwerpen vegetatie en funderingsproblematiek is gebruik gemaakt van door Arcadis opgestelden onderzoeksmethodieken. Dezen zijn hieronder verder toegelicht.

Kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging

Om inzichtelijk te maken welke gebieden gevoelig zijn voor verdroging met betrekking tot vegetatie, is gebruik gemaakt van de Water Wijzer Landbouw (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>). Deze tool is geschikt voor het bepalen van het effect van veranderingen in hydrologische condities (in dit geval klimaatverandering) op gewasopbrengsten.

Door de klimaatverandering zullen (langere) perioden van droogte vaker voorkomen. Wanneer er langere tijd geen neerslag valt, zijn gewassen afhankelijk van vochtlevering uit het grondwater door capillaire nalevering. De mate van capillaire nalevering verschilt per grondsoort en het effect per gewasstype. Om een eenduidige vergelijking te maken van droogtegevoelige gebieden is over de gehele gemeente uitgegaan van 1 referentietype gewas (gras). De gegenereerde kaartbeelden geven inzicht in welke gebieden gevoelig zijn voor gewasderfing in het huidige klimaat en de toename in vergelijking met het toekomstige klimaat (Wh-scenario; KNMI, 2015) als gevolg van droogte.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van:

- Eigenschappen van bodem (BOFEK2012)
 - o Bodemkaart uit de jaren 70
 - o Grondverbeteringen kunnen niet meegenomen zijn.
- Eigenschappen van gewassen (BRP gewassen)
- Grondwaterkarakteristieken (GLG/GHG): Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (**NHI**)
- KMNI-weerstation De Bilt → weer en klimaatscenario's:
 - o Huidige klimaat (1985-2010)
 - o Wh-klimaat (2036-2065).

Voor de eigenschappen van de bodem en gras is gebruik gemaakt van een studie van STOWA (STOWA-rapport 2018-48).

De grondwaterstand die is meegenomen in de analyse betreffen de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Hiervoor is het grondwatermodel van het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (**NHI**) gebruikt.

Kwetsbaarheid van funderingsschade als gevolg van paalrot

Houten paalfunderingen zijn voornamelijk voor 1950 toegepast en worden over het algemeen alleen gebruikt op klei- en veengronden. Panden die voor 1950 gebouwd zijn op klei- en veengronden zijn dus kwetsbaar voor paalrot wanneer de grondwaterstand daalt. Tussen 1950 en 1970 zijn in mindere mate houten paalfunderingen toegepast. Panden gebouwd in deze periode op klei- en veengronden zijn mogelijk kwetsbaar voor paalrot.

HITTE

Voor het in beeld brengen van de hittegevoeligheid van de gemeente is voor de volgende onderwerpen gebruik gemaakt van de klimaateffectatlas; zomerse en tropische dagen per jaar, hittestress door warme nachten, opwarming oppervlaktewater en kwetsbare groepen voor hitte.

Daarnaast is gebruik gemaakt van een satellietbeeld in het thermisch infrarode spectrum. De sensorwaarden van dit satellietbeeld zijn gebruikt om de oppervlaktetemperatuur te berekenen. De temperatuurwaarden die hier uit voortkomen zijn bedoeld om de verschillen binnen de gemeente en binnen kernen te kunnen differentiëren. Hieronder is deze methodiek toegelicht.

Satellietbeeld thermisch infrarood

In de stresstest is gebruik gemaakt van een thermisch infrarode opname van de Landsat 8 satelliet. Het grote voordeel van deze opname is dat het in één oogopslag een waarheidsgetrouw en gemeente dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. Het is dus in zekere zin op te vatten als een praktijkmeting. Daarbij moet wel in acht worden genomen dat de Landsat opname enkel de (ruwe) sensorwaarden bevat van de oppervlaktetemperatuur zoals gemeten door de satelliet.

In de stresstest zijn de sensorwaarden omgezet naar oppervlaktetemperatuur door middel van een aantal wiskundige formules. Allereerst is de temperatuur aan de 'top van de atmosfeer' (ongeveer 100km hoogte)

vastgesteld. Aan de top van de atmosfeer kan de balans tussen de inkomende straling van de zon en de uitgaande straling vanuit de aarde berekend worden. Samen met temperatuurconstanten gemeten door de satelliet kan deze temperatuur aan de top van de atmosfeer bepaald worden. De tweede stap is om de emissiviteit (in andere woorden de mate van uitgestraalde warmte) van het aardoppervlak vast te stellen aan de hand van de mate van vegetatie per gebied. Vegetatie gebruikt een groot deel van zichtbaar licht voor fotosynthese en kaatst dit licht dus nauwelijks terug, dit terwijl nabij-infrarood licht niet gebruikt wordt en dus geheel wordt teruggekaatst. De teruggekaatste straling van zichtbaar en nabij-infrarood licht wordt door de satelliet gemeten, zodoende kan het verschil in deze teruggekaatste straling worden bepaald. Aan de hand hiervan kan de absorptie van licht door het aardse oppervlak en via een vaste omrekenmodule de emissiviteit van warmte aan het aardoppervlak vastgesteld worden. Tot slot is met behulp van deze berekende emissiviteit, de temperatuur aan de top van de atmosfeer omgezet in oppervlaktetemperatuur.

De opnamecyclus van de Landsat 8 satelliet bedraagt 16 dagen. De omloopbaan van de satelliet om de aarde heeft enige overlap met zichzelf, waardoor het voor de meeste plaatsen mogelijk is om ongeveer elke 8 dagen een opname te verkrijgen. De opnamebaan is zo ingesteld dat, boven de Benelux, de opname altijd om 10:30 (UTC) wordt gemaakt. Dit komt vervolgens overeen met 11:30 (wintertijd) of 12:30 (zomertijd).

Een satellietopname is in principe alleen bruikbaar voor de op dat moment onbewolkte gebieden in het opnamebeeld.

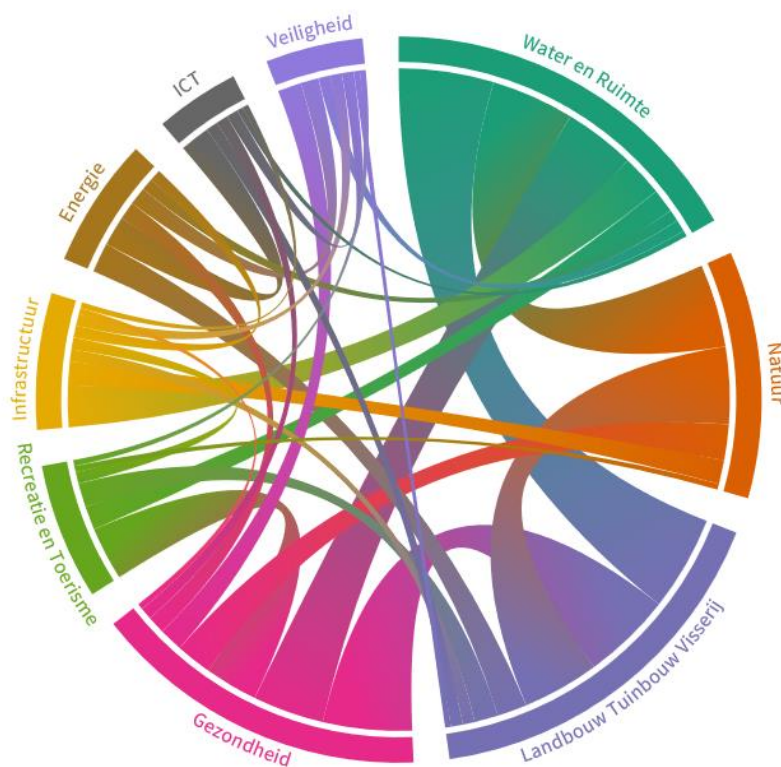
BIJLAGE B RESULTATEN WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG

BIJLAGE C RESULTATEN DROOGTE

BIJLAGE D RESULTATEN HITTESTRESS

BIJLAGE E TABELLEN EN TOELICHTING SECTOREN

Het figuur hieronder geeft het aantal cross-sectorale effecten weer. Dit betreft indirecte effecten die invloed hebben op meerdere sectoren. Uit de afbeelding blijkt dat tussen de sectoren water en ruimte, gezondheid, natuur en landbouw, tuinbouw en visserij de meeste gezamenlijke effecten zijn. Ook tussen IT en telecom en de sector energie is een duidelijke overlap aan indirecte effecten aanwezig. Voor de uitwerking van een klimaatstrategie en tijdens de risicodialoog is het van belang om rekening te houden met de integraliteit en impact van maatregelen op verschillende sectoren.



Figuur 21. Overzicht cross-sectorale effecten

Sector Water & Ruimte

Definitie sector

De sector Water & Ruimte omvat de waterinfrastructuur, de bouwsector en de ontwikkeling van bestaande bouw en openbare ruimte (ruimtelijke ordening).

De belangrijkste stakeholders die een specifieke rol hebben en krijgen in adaptatie voor deze sector zijn:

- Gemeenten: grote rol op lokaal niveau door het verankeren van adaptatie in lokaal beleid en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, provincies: grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid, de inzet van keuringsdiensten en kennisdeling met overige stakeholders. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische bedrijven: bedrijven van akkerbouwers, tuinbouwers, veehouderijen en vissers kunnen adapteren door maatregelen te treffen zoals het aanpassen van hun bedrijfsvoering en de ruimtelijke inrichting. Daarbij kunnen bedrijven zich verenigen en kennis delen. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische ondernemersorganisaties en vakbonden: voornamelijk een adaptatierol in informatievoorziening (bijv. kennisdelen, voorlichting). Ondersteuning bieden aan ondernemers bij adaptatiesamenwerkingen.
- Waterpartners: drinkwaterbedrijven, Rijkswaterstaat en waterschappen.

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans / bedreiging
Extremen nemen toe	
WR1 Verslechtering drinkwaterinfrastructuur	
WR2 Hittegerelateerde klachten bouwmedewerkers	
WR3 Toename kans op brand	
Hogere temperatuur oppervlaktewater	
WR4 Afname (zwem)waterkwaliteit	
Zachte winters	
WR5 Minder waterkwaliteitsproblemen door afname gebruik strooizout	
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	

WR6 Toename verzilting door verdamping	
WR7 Toename druk op drinkwaterproductie	
WR8 Toename gebruik water en ruimte voor recreatie	 
WR9 Toename vraag warmtebestendige gebouwen	
Groeiseizoen begint eerder en duurt langer	
WR10 Toename groenbeheer- en onderhoud door langer groeiseizoen onkruid	
Hogere temperatuur oppervlaktewater en warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
WR11 Mogelijke veranderingen ecologische waterkwaliteit en bouwbeperking door verschuiving soorten	 

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans / bedreiging
Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater	
WR12 Afname watercontaminatie door verdunning vanwege toename neerslag	 
Extreme piekneerslag neemt toe	
WR13 Toename erosie en sedimentatie	
WR14 Toename schade aan gebouwen	
WR15 Beperking bouwwerkzaamheden	
Hogere luchtvochtigheid	
WR16 Corrosie gebouwen en waterwerken	
Extreme piekneerslag neemt toe, toename meerdaagse natte periodes	
WR17 Blootstelling aan ziekteverwekkers bij water op straat	
WR18 Mogelijke verandering ecosysteem en ecologische waterkwaliteit	 
Extreme piekneerslag neemt toe, verandering kwaliteit oppervlaktewater	
WR19 Afname waterkwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater	

Droogte

Klimaatteffect	Kans / Bedreiging
----------------	----------------------

Zeespiegelstijging, afname neerslag	
WR20 Verzilting oppervlaktewater en bodem	 
Toename verzilting riviermonding, afname rivierafvoer zomer	
WR21 Verzilting innamepunten drinkwater	
WR22 Beperking drinkwaterproductie door afname beschikbaarheid zoet water	
Drogere bodems in de zomer	
WR23 Druk op drinkwaterproductie en transport door toename watervraag	
WR24 Overstromingsrisico door drogere veendijken	
Extremen nemen toe	
WR25 Beperking groenonderhoud (door beregeningsverbod)	
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
WR26 Afname waterkwaliteit door ziekteverwekkers	
Toename bodemdaling	
WR27 Bedreiging bebouwing, cultureel erfgoed en waterinfrastructuur door bodemdaling	
WR28 Toename waterbeheer door bodemdaling	
Toename verzilting grondwater	
WR29 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit	 

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Toename verzilting riviermonding	
WR30 Problemen drinkwaterproductie door verzilting	
Toename verzilting grondwater in de kuststreek	
WR31 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit	 
Hogere waterstanden	
WR32 Toename corrosie 'splash zone' stalen damwanden	
WR33 Mogelijke toename erosie kust	
WR34 Vaker sluiten primaire keringen	
WR35 Afname spuien, toename pompen	

WR36 Uitval vitale en kwetsbare waterinfrastructuur bij overstroming	
WR37 Schade aan gebouwen bij overstroming	

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Hitte gerelateerde klachten bouwmedewerkers

De toename van extreme hitte veroorzaakt een bedreiging voor bouwmedewerkers door de toename van hitte gerelateerde klachten (Meijs, et al., 2018). Veelvoorkomende klachten door hitte zijn krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten (Keatinge, 2003). Deze klachten kunnen ontstaan door een slechte nachtrust bij warme nachten en door de warme omstandigheden waaronder bouwmedewerkers moeten werken. Vooral de medewerkers die buiten werken en zwaar fysiek werk verrichten zijn kwetsbaar. De klachten veroorzaken naast een slechte gezondheid ook een toename van ziekteverzuim. De hitte maakt het werk immers veel zwaarder en de behoefte aan verkoeling neemt toe.

Afname (zwem)waterkwaliteit

De toename van de temperatuur van het oppervlaktewater heeft een negatief effect op de waterkwaliteit (Meijs, et al., 2018). Door de warmte kunnen de chemische en ecologische samenstelling van het water veranderen. Zo neemt de kans op ziekteverwekkende micro-organismen zoals algen en botulisme toe (de Jonge, 2008). Dit maakt zwemwater ongeschikt voor recreatie en vergroot de vraag naar beheer en onderhoud van zwemwaterlocaties. Wat betreft andere oppervlaktewateren zal beheer en onderhoud ook toenemen door deze warmte minnende micro-organismen. Dit blijkt ook uit de toename van kadavers door botulisme. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de sector WR, wat vooral impact heeft op de beheerder (zwemwaterbeheerders, waterschappen) en gemeenten (klachten inwoners).

Toename kans brand

De toename van extreme hitte veroorzaakt in combinatie met droogte een toename van de kans op brand. De brandbaarheid van zowel vegetatie op de bodem (bermen, natuur, recreatief groen etc.) als het toenemende stedelijk groen op gebouwen (groene daken, verticaal groen) wordt vergroot (Kok, 2018). In geval van brand kan de schade hoog oplopen met uitval van de functie van de ruimte/het gebouw en herstelkosten als gevolg.

Toename gebruik water en ruimte voor recreatie

Er zal meer gebruik gemaakt worden van water (recreatief) en ruimte (parken, pleinen) door de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). De toename van het gebruik vergroot de behoefte aan beheer en onderhoud, bijvoorbeeld door gedeponeerd afval van recreanten. Dit kan als negatief worden ervaren door de beheerders vanwege hogere kosten, maar biedt mogelijk ook meer werkgelegenheid voor beheerders. Aan de andere kant kan de toename van gebruik leiden tot een grotere behoefte aan faciliteiten in de desbetreffende gebieden, zoals voor de toegankelijkheid (stijgers, parkeermogelijkheden, wandelpaden), straatmeubilair en informatievoorziening (wegwijzing). Hierdoor kan de gebruiks- en belevingswaarde van een ruimte worden vergroot, wat economische ook kansen biedt. Kortom, dit klimaatteffect biedt zowel kansen als bedreigingen.

Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit

De toename van drogere bodems in de zomer, verzilting en de verandering van oppervlaktewaterkwaliteit door droogte vormen hebben invloed op flora en fauna. Bij de Sector Natuur wordt hier dieper op ingegaan. De leefomgeving van flora en fauna verandert dus door de droogte waardoor veranderingen in ecosystemen optreden door de verschuiving van soorten en zelfs mogelijk verlies van soorten. Dit laatste heeft bij droogte vooral te maken met de hogere concentraties contaminanten door minder verdunning en meer stilstaand water in de zomer. Maar ook uitgedroogde natuur kan vaak simpelweg niet meer herstellen. De verandering in bepaalde ecosysteemdiensten en de verandering van waterkwaliteit hebben impact op de subsector Water. De exacte ecologische veranderingen (soort specifiek) zijn lastig te voorspellen. Wel zal er in verzilde gebieden verschuiving optreden naar soorten met een hogere zouttolerantie. Daarom kan generiek enkel worden geconstateerd dat dit nieuwe bedreigingen en nieuwe kansen zal veroorzaken.

Sector Landbouw, Tuinbouw en Visserij (LTV)

Definitie sector

De sector Landbouw, Tuinbouw & Visserij (LTV) omvat alle veehouderijen, alle typen open teelten, bedekte en onbedekte tuinbouw en visserij. De recreatieve visserij behoort niet tot deze sector en valt onder de sector recreatie en toerisme.

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaateffect	Kans Bedreiging
Extremen nemen toe	
LTV1 Hittestress arbeiders	
LTV2 Hittestress vee	
LTV3 Afname gewasopbrengsten	
Groeiseizoen begint eerder en duurt langer	
LTV4 Toename potentiële gewasopbrengsten	
Zachte winter	
LTV5 Toename energiekosten koeling en problemen bewaring oost	
LTV6 Minder opbrengstderving door afname vorst	
LTV7 Toename overlevingskans exoten	
Hogere temperatuur oppervlaktewater	
LTV8 Verschuiving warmte minnende aquatische soorten	
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
LTV9 Ziekten en plagen	

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Toename meerdaagse natte periodes	
LTV10 Bodemverdichting, afname bewerkbaarheid	
LTV11 Toegankelijkheid akkers voor landbouwmachines en bewerkelijkheid akkers	
LTV12 Toename beschikbaarheid schoon water	
Extreme piekneerslag neemt toe	
LTV13 Schade aan gebouwen, kassen, stallen en oogsten	
LTV14 Toename erosie in heuvelachtig gebied	
LTV15 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen door inundatie	
LTV16 Toename blootstelling aan water overdraagbare ziekteverwekkers door overstort	
LTV17 Opbrengstderving door toename blootstelling ziekteverwekkers	
LTV18 Verandering ecosysteem, verschuiving soorten	
Toename frequentie en intensiteit windstoten	
LTV19 Kansen zeevisserij door opwelling	
Hogere luchtvochtigheid	
LTV20 Toename ziekten en plagen	
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)	
LTV21 Oogstschade landbouw	
LTV22 Toename ziekten en plagen	
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
LTV23 Verandering blootstelling aan ziekteverwekkers	
LTV24 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Afname rivierafvoer	
LTV25 Afname beschikbaarheid zoetwater	
LTV26 Vissterfte (zuurstoftekort/droogval)	
Drogere bodems in de zomer	
LTV27 Oogstschade en afname gewasopbrengsten	
LTV28 Waterschaarste en beregeningsverbod	
Toename verzilting riviermonding	
LTV29 Verzilting innamepunten rivierwater	
Toename verzilting grondwater in kuststreek	
LTV30 Kansen zilte teelt	
Toename verzilting grondwater, drogere bodems	
LTV31 Verandering ecosystemen	 
Toename bodemdaling	
LTV32 Hogere kosten waterbeheer t.b.v. landbouwproductie	 

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
LTV33 Mogelijke veranderingen aquatische ecosystemen in getijdegebieden	
LTV34 Minder spuien en meer pompen	
LTV35 Toename problemen waterafvoer	
LTV36 Economische schade en opbrengstderving door teloorgaan energie-infrastructuur bij overstroming	
LTV37 Uitval vitale en kwetsbare ICT infrastructuur bij overstroming	
Toename verzilting grondwater in de kuststreek	

LTV38 Lagere gewasopbrengsten	
LTV39 Meer kansen voor zilte teelt	
LTV40 Verandering ecosysteem / verschuiving soorten	 

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Toename potentiële gewasopbrengsten

Waar extreme hitte tot een daling van de gewasopbrengsten kan leiden, zijn er ook ontwikkelingen die de potentiële gewasopbrengst juist verhogen. Zo vormen de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes, zonnestraling en een groeiseizoen dat eerder begint en langer duurt, voor kansen voor de groei van warmteminnende gewassen (Meijs, et al., 2018). De meeste gewassen groeien optimaal bij een hogere temperatuur dan de huidige Nederlandse gemiddeldes (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). Daarom wordt er een hogere gewasopbrengst verwacht voor veel warmteminnende gewassen (bijv. suikerbiet) in de toekomst (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Dit klimaateffect vormt dus een kans voor open teelten en de onbedekte tuinbouw.

Afname gewasopbrengsten

Door de toename van extreme hitte kunnen ook de gewasopbrengsten afnemen (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018) (Meijs, et al., 2018). De optimumtemperatuur voor de meeste gewassen in Nederland is 20 graden. Wanneer het langdurig te warm is voor een gewas, zal het sneller afrijpen waardoor de kwaliteit en het volume van het gewas daalt (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). Hiermee daalt dus ook de opbrengst van het gewas. Ten eerste is dit klimaateffect een bedreiging voor de subsector Veehouderijen vanwege de graslanden. Gras dat wordt geproduceerd als veevoer zal minder opleveren en sneller dood gaan door de toename van zowel hitte (maart-oktober) als de combinatie van hitte met regen (april-september) (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). De tweede is de bedreiging van toepassing op de subsector Akkerbouw. Zo nemen de aardappelopbrengsten af omdat hitte in vooral juli tot en met september doorwas (glazig, knollen buiten hoofdknol) veroorzaakt wat leidt tot kwaliteitsverlies (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Wanneer de hitte dermate ernstig is kan het zelfs leiden tot 100% opbrengstderving door verbranding. De opbrengstderving geldt ook voor tarwe, waarbij de snelle afrijping de korrelzetting beperkt, en voor uien. Als derde is deze bedreiging van toepassing op de subsector Onbedekte tuinbouw. Hierbij is de verwachte opbrengstschade bij de tomaat (minder vruchtvorming en bloemzetting) wel aanzienlijk minder dan bij akkerbouwgewassen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014).

Hittestress vee

De toename van extreme hitte vergroot ook de kans op hittestress bij dieren, waaronder het vee op veehouderijen (Meijs, et al., 2018) (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Zo kan hittestress bij koeien leiden tot minder voedselopname waardoor het gewicht afneemt, de melk- en vleesproductie afnemen en de kans op longproblemen toeneemt (Veehouder en Veearts, 2016). Hierdoor zullen ook de vruchtbaarheid van de koe en het geboortegewicht van haar kalveren dalen. Ook bij varkens kan hittestress leiden tot een lagere voedselopname en gewichtsverlies waardoor de vleesproductie afneemt. Over het algemeen hebben intensieve varkenshouderijen hierbij een verhoogd risico omdat de varkens veelal binnen zitten. De binnenruimte kan minder makkelijk gekoeld worden en door warmer mest op vloer of roosters zal ook de ammoniakemissie toenemen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Bij biologische veehouderijen heeft het vee doorgaans meer buitenruimte om verkoeling te vinden en daardoor een minder grote kans op hittestress. Al met al kunnen de gezondheidsproblemen en de verminderde productie leiden tot hogere kosten voor de agrarische ondernemer. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsector Veehouderijen, vooral voor intensieve.

Waterschaarste en beregeningsverbod

Zoals hierboven staat vermeld neemt de beschikbaarheid van zoetwater door droogte af. Daarom veroorzaakt de toename van drogere bodems in de zomer dus ook een toename van de vraag naar water en een toename van de kans op waterschaarste (Meijs, et al., 2018). Bovendien veroorzaakt de toename van extreme droogte een verhoogde kans op een beregeningsverbod (Meijs, et al., 2018). De kosten voor bedrijven om aan hun watervraag te kunnen voldoen kunnen door de schaarste hoog oplopen. De sector LTV zal steeds meer moeten concurreren met andere sectoren die water nodig hebben. De hoge kosten kunnen een reden zijn om

agrarische activiteiten uit te stellen met mogelijke opbrengstderving als gevolg. Zo wordt in de ruwvoerproductie mais vaker berekend dan gras, omdat de arbeids- en brandstofkosten voor het beregenen van gras veel hoger zijn vanwege het grote grondgebruik (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Volgens Kroes & Supit (2011), is droogtestress dan ook de grootste bedreiging voor gras. Al met al vormt dit klimaateffect dus een bedreiging voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Tuinbouw. Hoe groter de watervraag van gewassen, hoe groter de kwetsbaarheid.

Veranderingen ecosystemen

De toename van drogere bodems in de zomer en de toename van verzilting van het grondwater veroorzaken veranderingen van terrestrische ecosystemen (Meijs, et al., 2018). De habitats veranderen en daarmee zal verschuiving van plant- en diersoorten plaatsvinden. Het verdwijnen van soorten, de komst van nieuwe soorten en de veranderende verblijfsduur van soorten kan zowel positief als negatief uitpakken voor alle subsectoren van LTV. Direct of indirect betekent dit immers ook een verandering van predatoren, ziektes en plagen etc. Voor concrete veranderingen is soort specifiek en gebied specifiek onderzoek vereist.

Afname bewerkbaarheid bodem

De toename van meerdaagse natte periodes en extreme piekneerslag vermindert de bewerkbaarheid van het land voor agrarische activiteiten door bodemverdichting, erosie en inundatie (Meijs, et al., 2018). Door meerdaagse natte periodes kan de bodem verdicht raken waardoor het zijn structuur verliest en onder water kan staan. Hierdoor kan het land niet altijd bewerkt of bereden worden zoals gewenst (Verhagen, van Asseldonk, & Pronk, 2018). In de akkerbouw kunnen maaidorsers bij aanhoudend nat weer in juli-september bijvoorbeeld niet de tarwekorrels uit de aar halen, waardoor de tarweproductie en de rotatie met andere gewassen vertragen (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Ook uien kunnen niet gerooid worden bij inundatie in september-oktober met opbrengstderving als gevolg. Wat betreft de onbedekte tuinbouw ontstaan er ook problemen zoals het niet kunnen rooien van Lelie in oktober-november bij langdurige inundatie (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Ook kunnen veehouderijen lastig hun vee buiten laten wanneer weilanden onder water staan vanwege de veiligheid van de dieren. Tot slot vormt erosie een bedreiging voor alle in heuvelachtige gebieden gevestigde onbedekte tuinbouw, open teelten en veehouderijen die buiten vee houden (Meijs, et al., 2018). Modderstromen kunnen gewassen beschadigen, de toplaag van de bodem verwijderen en de toegankelijkheid van weilanden verminderen. Al met al vormen deze klimaateffecten dus bedreigingen voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Onbedekte tuinbouw.

Toename ziekten en plagen

De toename meerdaagse natte perioden, extreme piekneerslag en hogere luchtvochtigheid vergroten de kans op (blootstelling aan) ziekten en plagen, met opbrengstderving als gevolg (Meijs, et al., 2018). Dit klimaateffect vormt daarom een bedreiging voor de subsectoren Veehouderij, Open teelt en Onbedekte tuinbouw. Ten eerste vormt dit een bedreiging voor veehouderijen omdat een hoge luchtvochtigheid de kans op virusoverdracht bij varkens vergroot, en (in combinatie met hitte) de kans op schimmelvorming bij gras vergroot (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Daarnaast bemoeilijkt een hogere luchtvochtigheid in combinatie met hitte het koelproces bij vee (Veehouder en Veearts, 2016). Ten tweede vormen de meerdaagse natte periodes een bedreiging voor de onbedekte tuinbouw door schimmel- en bacterieziekten, zoals Erwinia (bacterie) waardoor lelies rotten. Natte perioden in april-juni leiden tot de schimmelziekten Botrytis en Fusarium bij de lelie en in augustus-oktober tot de schimmelziekten Botrytis en Meeldauw bij de tomaat (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Als derde vormt dit een bedreiging voor open teelten zoals akkerbouw. Zo neemt de kans op bacteriële infecties in de bol van uien toe door het opspatten van gronddeeltjes bij neerslag, en kan tarwe de bladvlekkenziekte Septoria en aardfusarium (schimmel) krijgen door aanhoudende neerslag. Daarnaast leidt Erwinia (bacterie) tot stengelrot bij aardappelgewas en leidt de Rhizomanie ziekte (virus) tot schade bij suikerbiet (Schaap, Reidsma, Agricola, & Verhagen, 2014). Tot slot maken neerslag en een hoge luchtvochtigheid het lastig tot niet mogelijk om gewassen te spuiten met bestrijdingsmiddelen tegen ziektes en plagen.

Opbrengstschade door overstroming

Een overstroming door hogere waterstanden (rivier of zee) zal, afhankelijk van de schaalgrootte en ernst, leiden tot opbrengstschade. Schade kan in alle mogelijke vormen plaatsvinden. Zo kunnen gewassen en bodemlagen beschadigd raken en worden weggespeld. Vee kan letsel oplopen of verdrinken en bouwwerken (stallen, kassen, opslagruimtes etc.) kunnen beschadigd raken. In het ergste geval gaan alle fysieke objecten teloor door de kracht van het water. Dit klimaateffect vormt een bedreiging voor de hele sector LTV, vooral voor de grondgebonden subsectoren.

Sector Gezondheid

Definitie sector

Gezondheid is het vermogen om door zelfsturing en veerkracht om te gaan met uitdagingen op fysiek, emotioneel en sociaal vlak. Binnen de sector gezondheid wordt onderscheid gemaakt in zes gezondheidsdimensies (Machteld Huber):

1. Lichaamsfuncties: medische feiten, medische waarnemingen, fysiek functioneren, klachten en pijn, energie
2. Mentale functies en -beleving: cognitief functioneren, emotionele toestand, eigenwaarde/zelfrespect, gevoel controle te hebben, zelfmanagement en eigen regie, veerkracht
3. Spiritueel/existentiële dimensie: zingeving/meaningfulness, doelen/idealen nastreven, toekomstperspectief, acceptatie
4. Kwaliteit van leven: kwaliteit van leven/welbevinden, geluk beleven, genieten, ervaren gezondheid, lekker in je vel zitten, levenslust, balans
5. Sociaal maatschappelijke participatie: sociale en communicatieve vaardigheden, betekenisvolle relaties, sociale contacten, geaccepteerd worden, maatschappelijke betrokkenheid, betekenisvol werk
6. Dagelijks functioneren: basis Algemeen Dagelijkse Levensverrichtingen (ADL), instrumentele ADL, werkvermogen, health literacy.

De volgende dienstverlenende subsectoren zijn relevant voor klimaatverandering:

- Medisch- specialistische zorg (ziekenhuizen en specialistenpraktijken)
- Geestelijke gezondheidszorg (Psychiatrie, ambulante geestelijke gezondheidszorg, verslavingszorg)
- Huisartsenzorg
- Verloskunde
- Ouderenzorg
- Gehandicaptenzorg (Lichamelijk en geestelijk gehandicaptenzorg)
- Jeugdzorg, kinderopvang, peuterspeelzaal, buitenschoolse opvang & internaten
- Sociaal & cultureel werk en ouderenwerk
- Overige zorginstellingen (Ambulancediensten, psychologie, alternatieve gezondheidszorg)
- Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (gemeentelijk als intergemeentelijk)

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme nemen toe	
G1 Toename hitte gerelateerde klachten	♥
G2 Afname kwaliteit nachtrust (verminderde alertheid en aandacht)	♥
G3 Toename kans op (natuur)brand	♥
G4 Toename risico's voor grote evenementen	♥
G5 Toename druk op medische hulpdiensten	♥
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
G6 Toename luchtverontreiniging door ozon	♥
G7 Toename kans op huidkanker en staar door toename blootstelling UV-straling	♥
G8 Toename behoefte aan koeling	♥
G9 Toename alcohol- en drugsgebruik	♥
G10 Verandering voedseloverdraagbare infecties	♥
G11 Risico toename verdrinking door toename waterrecreatie	♥
G12 Meer gebruik van natuur, openbaar groen en stedelijke buitenruimte	♥ ♥
G13 Mogelijke toename ziekten en plagen in de landbouw	♥
Groeiseizoen begint eerder en duurt langer	
G14 Stijging aantal allergiedagen	♥
Verschuiving klimaatzones	
G15 Toename vectoroverdraagbare ziekteverwekkers	♥
G16 Toename kans ziekten door wateroverdraagbare infectieziekten	♥
Zachte winters	
G17 Toename overlevingskans insecten en exoten	♥
G18 Daling sterftecijfer tijdens winter	♥
G19 Minder ongevallen en doden door gladheid en ijzel	♥

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Toename meerdaagse natte periodes	
G20 Afname luchtverontreiniging fijnstof	
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
G21 Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater (verdunding door neerslag en toename overstorten)	 
Verandering kwaliteit oppervlaktewater, toename meerdaagse natte periodes	
G22 Verandering ziekten en plagen	
Extreme piekneerslag neemt toe	
G23 Toename blootstelling wateroverdraagbare ziekteverwekkers	
G24 Schade en vocht gebouwen, voertuigen en lichamelijk letsel	
G25 Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten	
Extreme piekneerslag neemt toe, overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)	
G26 Risico's buitenevenementen	
G27 Toename uitval elektriciteitsvoorzieningen	
Extreme piekneerslag neemt toe, Hogere luchtvochtigheid	
G28 Toename huisstofmijtallergie en schimmel	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Drogere bodems in de zomer	
G29 Toename kans op brand	
Drogere bodems in de zomer, toename verzilting grondwater in kuststreek	
G30 Verandering ecosysteem en verschuiving soorten	 
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
G31 Hogere blootstelling wateroverdraagbare infectieziekten	
Toename fijnstof	
G32 Toename luchtoverdraagbare infectieziekten en toename fijnstof	
Afname neerslagsom	
G33 Afname verkeersongelukken wegtransport	
Toename bodemdaling veengebieden	
G34 Toename blootstelling pollen (hooikoortsklachten)	

Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
G35 Toename kans zieken door wateroverdraagbare infectieziekten	
G36 Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten	
G37 Mogelijke afname psychische gezondheid	
G38 Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur	
G39 Verdrinking en fysiek letsel	
Toename verzilting grondwater in de kuststreek	
G40 Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater	
G41 Verandering ecosysteem/ verschuiving soorten	 

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Hitte gerelateerde klachten

De toename van extreme hitte veroorzaakt een bedreiging voor de volksgezondheid door de toename van hitte gerelateerde klachten (Meijs, et al., 2018). Veelvoorkomende klachten door hitte zijn krampen, uitslag, uitputting, hitteberoerten, uitdroging (dehydratie), nierfalen en luchtwegklachten (Keatinge, 2003). De klachten leiden tot een toename van het overlijdensrisico van ouderen en zieken. Door een korte hittegolf ligt het sterftecijfer in Nederland al 10-15% hoger (Lenzholzer, 2013). De toename van de hitte gerelateerde klachten zal het aantal zieken, ziekenhuisopnamen, doden en de kans op een ziektegolf vergroten (ANV, 2016). Tot slot hebben zieken, jonge kinderen, ouderen en zwangere vrouwen een verhoogd risico op hittestress. Hittestress vergroot dus zowel de druk op de gezondheidszorg (voornamelijk huisartsen zorg en medisch-specialistische zorg) als op de welzijnszorg (kinderopvang, ouderenzorg).

Afname kwaliteit nachtrust

Door de toename van extreme hitte zal de kwaliteit van nachtrust afnemen (Meijs, et al., 2018). Met de kwaliteit van de nachtrust worden zowel de slaapcontinuïteit als de slaapefficiëntie bedoeld (Leone, et al., 2018). Een verminderde nachtrust vermindert mentaal en fysiek herstel van de mens. De eerste klachten zijn vermoeidheid en een verminderde concentratie. Uit een onderzoek van het Trimbos-Instituut, in samenwerking met het RIVM en de Hersenstichting, bleek dat slaapklaarten vooral voorkomen onder vrouwen, pubers en jong volwassenen, ouderen, lager opgeleiden en mensen met een migratie-achtergrond (Leone, et al., 2018). Zij zijn dus extra kwetsbaar voor de warme nachten. Daarbij hebben ouderen en baby's standaard al een gefragmenteerde slaap. Een gezondheidsrisico van verminderde slaapkwaliteit is allereerst een toename van de kans op slaapstoornissen, waarbij chronische en ernstige klachten het functioneren overdag beperken (Leone, et al., 2018). Ten tweede neemt de kans op allerlei mentale en fysieke ziekten toe. Voor elk uur dat een volwassen persoon minder dan zeven uur slaapt verhoogt de kans op hartproblemen met 7-11%, op een beroerte met 5-7%, op diabetes met 9% en op een depressie met 31% (Leone, et al., 2018). Bij kinderen vergroot een slaapttekort de kans op psychische problemen (zoals een depressie), cognitieve problemen en gedragsproblemen. Zo vergroot slaapttekort bij adolescenten de kans op obesitas met 150% en ontwikkelen baby's met slaapproblemen op latere leeftijd meer gedragsproblemen (Leone, et al., 2018). Dit effect is dus een bedreiging voor de volksgezondheid en kan door een verminderde arbeidsproductiviteit ook een economische impact hebben (scholen, bedrijven).

Toename alcohol- en drugsgebruik

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt een toename van alcohol- en drugsgebruik (Meijs, et al., 2018). Door de warmte gaan mensen sneller buiten recreëren en drinken ze sneller alcohol. Zo worden evenementen en terrassen van cafés en restaurants drukker bezocht. Ook kan het gebruik van drugs toenemen, met name de partydrugs op evenementen en bij het uitgaan. De toename van dit middelengebruik veroorzaakt een breed scala aan gezondheidsrisico's.

Kansen door meer gebruik natuur, openbaar groen stedelijk recreatie ruimte

Er wordt meer gebruik gemaakt van de buitenruimte (natuur, openbaar groen, stedelijk recreatie ruimte) als gevolg van de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). Dit leidt tot kansen voor de sector G. Uit een literatuurstudie van de Vries (2016) blijkt immers dat de buitenruimte op meerdere manieren bevorderlijk kan zijn voor de gezondheid. Ten eerste vormen groen en natuur gezonde locaties voor tijdverdrijf vanwege de vaak lage concentraties fijnstof vanwege de relatief grote afstand van emissiebronnen en hoge ventilatie (open ruimte). Dit is bevorderlijk voor de luchtwegen. Ten tweede heeft groen een stress reducerende werking op de mens en gezien stress in relatie wordt gebracht met vele gezondheidsklachten heeft dit een positieve werking op zowel de fysieke als mentale gesteldheid. Ten derde stimuleert het gebruik van buitenruimte, met groen in het bijzonder, lichamelijk inspanning (wandelen, fietsen etc.). Voldoende lichamelijke inspanning verlaagt risico's op gezondheidsproblemen. Ten vierde biedt groen verkoeling waardoor het van belang is voor preventie van hittestress. Tot slot faciliteert het buitenleven de sociale cohesie wat het welzijn van mensen kan bevorderen (sociale stabiliteit, buurtzorg).

Water overdraagbare infectieziekten

De blootstelling aan water overdraagbare infectieziekten neemt toe als gevolg van veranderingen van de kwaliteit van oppervlaktewater door droogte (Meijs, et al., 2018). Door droogte treden verzilting, vissterfte en zuurstofloosheid op, maar droogte in combinatie met warmte vergroot de problematiek door de toename van blauwalg en botulisme (SMWO, 2018). De concentratie ziekteverwekkers is immers groter door minder doorspoeling vanwege minder neerslagtoevoer (Brolsma, et al, 2012). Blootstelling met botulisme, blauwalg of vissterfte veroorzaken diverse gezondheidsklachten. Zo leiden de toxische stoffen van de cyanobacterie (blauwalg) tot klachten als huid- en oogirritatie, hoofdpijn, koorts en maag- en darmklachten (Brolsma, et al, 2012) (GGD Rotterdam-Rijnmond, n.d.) (de Jonge, 2008). Bij botulisme produceert de bacterie *Clostridium botulinum*, middels warmte en voedingsstoffen, de stof botuline die verlamming en verstikking bij dieren kan veroorzaken (Brolsma, et al, 2012) (GGD Rotterdam-Rijnmond, n.d.). De mens kan door blootstelling aan botuline geïnfecteerd raken met ziekteverwekkers uit kadavers. De *Clostridium botulinum* haalt namelijk graag de voedingsstoffen uit dode vissen en watervogels, voedsel wat ten tijde van droogte in overvloed is. Kortom, de slechte waterkwaliteit door droogte vormt een bedreiging voor de sector Gezondheid, met name voor de gezondheidszorg. Kleine kinderen, ouderen, zwangere vrouwen en zieken zijn extra kwetsbaar voor infectieziekten.

Verandering waterkwaliteit oppervlaktewater

De kwaliteit van het oppervlaktewater verandert door zowel positieve als negatieve effecten van wateroverlast. Enerzijds biedt de toename van neerslagtoevoer op oppervlaktewateren een kans voor de kwaliteit omdat bij verdunning de concentratie contaminanten in het water afneemt (Meijs, et al., 2018). Bij blootstelling aan het verdunde water is de kans op gezondheidsklachten door die contaminanten dus kleiner. Anderzijds vormen afspoeling en overstort van rioolwater door de grote hoeveelheid neerslag bedreigingen voor de waterkwaliteit (Meijs, et al., 2018). Door afstroming komen zware metalen, rubber, fijnstof, olie- en benzineresten en organisch materiaal waaronder ziekteverwekkers in het oppervlaktewater terecht (Brolsma, et al, 2012). De toename van ziekteverwekkers en contaminanten veroorzaakt dus een grotere kans op gezondheidsklachten bij blootstelling. Al met al is het dus niet duidelijk of de verandering in waterkwaliteit een kans of een bedreiging vormt omdat dit per gebied verschilt.

Risico's buitenevenementen

De toename van piekneerslag en de toename van frequentie en intensiteit van windstoten, bliksem en hagel veroorzaken toenemende risico's voor buitenevenementen (Meijs, et al., 2018). Ten eerste belemmeren de weersextremen, voornamelijk water op straat, de mobiliteit van bezoekers en personeel. Ten tweede kunnen paniek en het omvallen en beschadigen van objecten (podia, geluid- en lichtmasten) lichamelijk letsel veroorzaken. Ook kan blikseminval brand veroorzaken. Tot slot lopen bezoekers en personeel bij piekneerslag en door wind en hagel een verhoogde kans op verkoudheid en onderkoeling. Mogelijk is evacuatie nodig om deze risico's voor de fysieke veiligheid van bezoekers en personeel te verkleinen. Wederom vormen zieken, jonge kinderen, ouderen en zwangere vrouwen de kwetsbare groep voor deze risico's.

Afname bereikbaarheid medische hulpdiensten

Naast de energie-infrastructuur veroorzaakt overstroming door hogere waterstanden ook een vergrote kans op inundatie van andere transport-infrastructuur. Zo verhindert inundatie van wegen en parkeervoorzieningen de mobiliteit van verkeersstromen die van belang zijn voor de gezondheid. Medische hulpdiensten kunnen lastiger tot niet op de locatie van een hulpbehoevende komen en kunnen hulpbehoevende zelf ook lastiger tot niet naar de locatie van medische voorzieningen (huisarts, ziekenhuis). Dit vormt voornamelijk een bedreiging voor de medisch specialistische zorg, de geestelijke gezondheidszorg en de huisartsenzorg. In geval van nood kan immers elke seconde van levensbelang zijn.

Verdrinking en fysiek letsel (anders dan psychisch)

Een overstroming door hogere waterstanden kan leiden tot ernstig letsel bij betrokkenen. Zo kan men op allerlei denkbare manieren verdrinken of letsel oplopen. Bijvoorbeeld door de stromingskracht van water en de objecten die het water met zich mee sleurt. Of wanneer men in een voertuig te waterkomt. Door de afname van de bereikbaarheid van medische hulpdiensten kan de wachttijd op medische hulp hoog oplopen waardoor de kans op herstel afneemt. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging en is van toepassing op ieder mens, dus zowel het personeel werkend in de zorg als de subsector gezondheidszorg die van belang is voor het herstel van fysiek letsel.

Sector Recreatie & Toerisme

Definitie sector

De sector Recreatie & Toerisme omvat inrichtingen en activiteiten omtrent vrijetijdsbesteding buitenshuis in Nederland, de mensen die er werkzaam zijn en de binnen- en buitenlandse gebruikers ervan. Voorbeelden van inrichtingen en activiteiten zijn: (buiten)sporten (watersport, wintersport, visserij, fietsen, wandelen); horeca (eetgelegenheden als restaurants en cafés en accommodaties als hotels, hostels, campings); in- en outdoor uitjes (dierentuinen, attractieparken, bowlingscentra). Met 'gebruikers' wordt verwezen naar de bezoekers, recreanten en toeristen. Voor hen zijn de weersomstandigheden een bepalende factor in het besluitvormingsproces omtrent vrijetijdsbesteding (van Minnen & Amelung, 2012) (de Jonge, 2008). Klimaatverandering heeft daarom invloed op dit besluitvormingsproces. Daarnaast is het aannemelijk dat de invloed van klimaatverandering op recreatie groter is dan op toerisme omdat keuzes voor vakantiebestemmingen (toerisme) vaak op langere termijn worden gemaakt, wanneer er minder bekend is over de weersomstandigheden (de Jonge, 2008). Bij recreatie kan deze keuze ook op het laatste moment worden genomen.

Verwacht wordt dat de volgende stakeholders een rol kunnen hebben in klimaatadaptatie:

- *Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, provincies*: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- *Gemeenten*: Adaptatie in lokaal beleid verankeren en het treffen van adaptatiemaatregelen (bijv. ruimtelijke inrichting openbare ruimte, voorzieningen m.b.t. RT), vooral voor RT-voorzieningen waarvan de gemeente eigenaar is.
- *Ondernemers (vooral sportaccommodaties en evenementenorganisaties)*: Adapteren door het uitvoeren van maatregelen (ruimtelijke inrichting, functiegebruik etc.) en informatievoorziening (voorlichting).

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme nemen toe	
RT1 Toename risico voor evenementen, buitenrecreatie en toerisme	
RT2 Toename gezondheidsrisico's waterrecreatie	
RT3 Verandering (sport)visserij	 
RT4 Minder ijsvorming voor scheepvaart	
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	

RT5 Toename toerisme & recreatie	 
RT6 Toename alcohol- en drugsgebruik	
Zachte winters	
RT7 Afname winterse activiteiten	

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme piekneerslag neemt toe	
RT8 Toename risico's buitenevenementen en recreatie	
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)	
RT9 Negatief effect toerisme	
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
RT10 Verandering kwaliteit oppervlaktewater door afspoeling en overstort rioolwater	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Afname rivierafvoer zomer	
RT11 Vervoersbeperking scheepvaart	
RT12 Toename inzet beregeningsverbod/ droogteplan bij zwembaden, dierentuin, golflocaties	
Hogere temperatuur oppervlaktewater	
RT13 Verandering (sport)visserij	 
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
RT14 Nederland gunstiger vakantieeland	
Droogere bodems in de zomer	
RT15 Toename kans op natuur- en bosbranden	

Overstroming

Volgens het bollenschema van de NAS zijn er geen klimaateffecten van overstromingen op de sector Recreatie en toerisme (NAS-team, n.d.). Echter zal overstroming door hogere waterstanden wel degelijk effect hebben. Bij overstroming zal recreatie en toerisme afnemen door waterschade (of zelfs vernieling) op locaties en voorzieningen voor toerisme en recreatie. Daarbij zullen de afname van veiligheid en de noodtoestand er toe leiden dat minder mensen vanuit het buitenland naar Nederland komen en Nederlanders zelf zullen hun tijd mogelijk besteden aan herstel, primaire levensbehoeften en wederopbouw.

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Toename risico voor grote evenementen

De toename van extreme hitte veroorzaakt een toename van het risico op hittestress voor grote evenementen (Meijs, et al., 2018). Grote evenementen zijn extra kwetsbaar voor hittestress vanwege het grote aantal mensen en de hoge dichtheid van mensen. Het risico verschilt per type evenement. De aanwezigheid van kwetsbare groepen (ouderen, kinderen, zieken, zwangere vrouwen) is risico verhogend. Evenals de mate van fysieke inspanning, denk aan populaire muziek- en sportevenementen (wandelen, hardlopen, dansen, spelende kinderen). Naast de bezoekers legt de hitte ook een grotere druk op de organisatie van het evenement en het personeel dat er werkt. Het risico op hittestress kan leiden tot een lager bezoekersaantal omdat mensen uit voorzorg niet komen of sneller weer vertrekken. Het risico kan zelfs leiden tot annulering van het evenement. Hierdoor vormt de hitte een bedreiging voor de economische haalbaarheid van evenementen voor de organisatoren. Tevens veroorzaken de toename van extreme piekneerslag en de toename van de frequentie en intensiteit van wind, bliksem en hagel een toename van risico's voor buitenevenementen (Meijs, et al., 2018).

Minder waterrecreatie door gezondheidsrisico's

De toenemende hitte vormt een bedreiging voor de sector RT op diverse wijzen. Ten eerste leidt de hogere watertemperatuur tot afname van waterkwaliteit van oppervlaktewateren (Meijs, et al., 2018). Zo kan het optreden van verkleuring en vertroebeling mensen ervan weerhouden om er te recreëren omdat het geassocieerd kan worden met gezondheidsrisico's en als vies (onprettig) kan worden beschouwd. Het uitvoeren van diverse watersporten zoals zwemmen en ook vissen kan hierdoor afnemen.

Ten tweede veroorzaakt de hogere watertemperatuur een toename van ziekteverwekkers (micro-organismen) in oppervlaktewateren zoals blauwalg (Meijs, et al., 2018). Als gevolg van dit gezondheidsrisico zal waterrecreatie, zeker voor zwemmers, afnemen. De aanraking met bepaalde algensoorten via de huid, de ogen of door het inslikken van water kan namelijk leiden tot maag-, darm- en huidklachten (de Jonge, 2008). Ten derde zullen de ziekteverwekkers niet alleen toenemen, maar zal ook de blootstelling aan ziekteverwekkers toenemen waardoor het gezondheidsrisico wordt vergroot (Meijs, et al., 2018). De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt namelijk een toename van waterrecreatie. Naast oppervlaktewateren kunnen ziekteverwekkers ook aanwezig zijn in het water van bedriegertjes. Bedriegertjes (vloerfonteinen) worden vaak toegepast in openbare ruimte als decoratie, speelgelegenheid voor kinderen en vanwege het verkoelende effect van de waterdamp. Volgens de Man-van der Vliet zijn de infectierisico's voor eenmalige blootstelling aan bedriegertjes zelfs hoger dan voor zwemmen. Meer hitte heeft dus als gevolg dat mensen vaker verkoeling zoeken in het water en vaker het risico lopen op water overdraagbare ziektes.

Een vierde effect op waterrecreatie is dat deze toename van waterrecreatie, door de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes, het risico op verdrinking vergroot (Meijs, et al., 2018). Door de hitte zal men vaker en langer vertoeven in oppervlaktewateren waardoor het risico automatisch vergroot. Bovendien is het aannemelijk dat dit risico het grootst is voor jonge kinderen aangezien zij sneller verkoeling nodig hebben vanwege hun verhoogde vatbaarheid voor hittestress en vanwege hun beperkte zwemvaardigheid. Het voorkomen van verdrinking door informatievoorziening en de inzet van redding zwemmers legt een druk op de sector RT. Daarbij hebben verdrinkingsincidenten een negatieve impact op de gebruiks- en belevingswaarde van de desbetreffende bestemming.

Concluderend verhogen alle vier voorgenoemde effecten van hittestress gezondheidsrisico's voor waterrecreatie. Deze kunnen allen leiden tot een afname van het bezoekersaantal wat de omzet kan verlagen en dus economische schade kan opleveren voor de sector.

Verandering (sport)visserij

Naast hitte vormt ook droogte een bedreiging voor de (sport)visserij. De afname van de rivierafvoer in de zomer veroorzaakt namelijk ook verlies van habitat en soorten (Meijs, et al., 2018). Vissterfte ontstaat door lagere waterstanden, droog liggende beken en sprengen en een zuurstoftekort door een gebrek aan hemelwatertoevoer. Zo zijn grote getalen vissen van beschermde soorten (beekprik, elrits, beek- en rivierdonderpad) verloren gegaan tijdens de grote droogte van de zomer van 2018. Vissers zullen dus op

andere recreatieplekken moeten zoeken naar hun doelsoort en mogelijk zelfs over onze landsgrenzen wanneer soorten uit Nederland verdwijnen.

Nederland gunstiger vakantieland

De toename van extreme droogte, met andere woorden het gebrek aan neerslag, maakt Nederland een gunstiger vakantieland (Meijs, et al., 2018). Warme en droge omstandigheden worden als prettiger ervaren voor toeristen en zijn daarmee kansrijk voor de economische stabiliteit en ontwikkelingsmogelijkheden voor de sector RT.

Sector Natuur

Definitie sector

De sector Natuur (N) omvat alle flora en fauna in Nederland, in zowel gebieden met de bestemming natuur, als soorten en ecosystemen in gebieden met een andere bestemming zoals industriegebieden of binnensteden. Flora en fauna die door de mens wordt gehouden volgens menselijke doelstelling, zoals vee en huisdieren vallen hier dus niet onder. De definitie is afgeleid van een onderzoek van Wageningen UR en Stroming (Braakhekke, et al., 2014, p. 9), dat is opgesteld ter voorbereiding op de NAS, waarin de sector Natuur wordt beschouwd als: 'alles wat zichzelf ordent en handhaaft, al of niet beïnvloed door menselijk handelen, maar niet volgens menselijke doelstellingen'. In deze factsheet wordt niet gebruik gemaakt van een verdeling van subsectoren. De volgende stakeholders hebben een rol zullen in adaptatie:

- **Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit:** Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- **Provincies:** Grote rol door het verankeren van adaptatie in regionaal beleid en samenwerking met gemeenten, landelijke en regionale natuurbeheerder. Omdat de aanpak voor natuurlijkontwikkeling veelal op regionale schaal plaatsvindt heeft een provincie een grote rol.
- **Gemeenten:** Op lokaal niveau adaptatie verankeren in lokaal beleid, samenwerken met buurgemeenten en provincie. Informatievoorziening richting gebruikers van natuurgebieden.
- **Eigenaren natuurgronden:** Uitvoeren van adaptatiemaatregelen in de ruimte.
- **Natuurbeheerders:** Partijen als Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten, maar ook beheerders op kleinere schaal, hebben een belangrijke adaptatierol door het uitvoeren van maatregelen en door informatievoorziening (agenderen bij andere partijen, voorlichting).

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans
	Bedreiging
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
N1 Verandering van migratiepatronen	 
N2 Meer gebruik van buitenruimte door de mens	 
Verschuiving klimaatzones, hogere temperatuuroppervlaktewater	
N3 Verschuiving en uitsterving soorten	

Verschuiving klimaatzones	
N4 Mismatch in voedselketen	
Hogere temperatuur oppervlaktewater	
N5 Toename overlevingskansen exoten en insecten	 
Zachte winters	
N6 Afname gebruik strooizout	

Wateroverlast

Klimaat-effect	Kans
	Bedreiging
Toename grondwaterafvoer vanaf hogere zandgronden	
N7 Kansen natte natuur	
Toename meerdaagse natte periodes	
N8 Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten	 
Extreme piekneerslag neemt toe	
N9 Toename erosie in heuvelachtig gebied	

Droogte

Klimaat-effect	Kans
	Bedreiging
Drogere bodems in de zomer	
N10 Verandering van hydrologie natuurgebieden	 
N11 Toename watervraag/ verdroging	
N12 Toename kans op natuur- en bermbranden	
Toename bodemdaling veengebieden	
N13 Toename kosten waterbeheer	
N14 Toename CO2-uitstoot	
Toename verzilting grondwater kuststreek, drogere bodems	

N15 Veranderingen in ecosystemen en het verschuiven van soorten	 
Afname rivierafvoer	
N16 Verlies soorten en habitats	

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden (rivier/zee)	
N17 Toename erosie	
N18 Toename problemen waterafvoer	
Verandering kwaliteit oppervlaktewater	
N19 Verandering soorten en habitats in oppervlaktewater	 
Hogere waterstanden, toename verzilting grondwater in de kuststreek, afname fysieke ruimte voor natuur 'coastal squeeze'	
N20 Veranderingen in ecosystemen en verschuiving van soorten	 
Toename verzilting riviermonding	
N21 Afname beschikbaarheid zoetwater	

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Verandering van migratiepatronen

Allereerst veroorzaakt hitte warmere zomers en een toename van meerdaagse warme periodes (Meijs, et al., 2018). Dit leidt tot veranderingen in de migratiepatronen van trekkende soorten (Meijs, et al., 2018). De hitte betekent niet enkel warmere of langere zomers maar ook zachtere winters. Soorten die normaliter zuidwaarts vliegen omdat de winters te koud zijn, kunnen dus later of helemaal niet uit Nederland vertrekken. Er ontstaan dus fenologische mismatches: seizoensgebonden timing van gebeurtenissen in de levenscyclus van soorten sluiten niet meer bij elkaar aan. De verschuiving naar warmteminnende soorten zal dus verder doorzetten in de toekomst. Door het meespelen van andere factoren zoals hitte in combinatie met droogte of juist een hoge luchtvochtigheid, kunnen warmteminnende soorten ook juist verdreven worden. Tot slot kunnen de veranderingen in ecosystemen de maatschappij breder beïnvloeden door veranderingen in de ecosysteemdiensten. Dit klimaatteffect kan dus zowel een kans als een bedreiging vormen voor andere soorten en betrokken stakeholders.

Meer gebruik van buitenruimte door de mens

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes resulteert ook in een toename van het gebruik van de buitenruimte (natuur, openbaar groen, stedelijke recreatie ruimte) door de mens (Meijs, et al., 2018). Mensen gaan dus liever naar buiten bij hogere temperaturen en kan als gebruiker de druk op ruimte verhogen. Hoe meer mensen in de buitenruimte vertoeven, hoe meer deze in dienst kan komen te staan van de mens. De aanwezigheid van de mens kan een bedreiging vormen door een toename van bijvoorbeeld geluid, licht en afval, wat kan leiden tot habitatverlies. Echter zijn er ook kansen voor natuur. Wanneer mensen meer in aanmerking komen met natuur kan dit de waarde van natuur ook verhogen door een stijging van de bequest value (waarde voor toekomstige generaties) en existence value van soorten (zie Box 1 hieronder).

Verschuiving en uitsterving soorten

De toename van oppervlaktewatertemperaturen en de verschuiving van klimaatzones, kunnen verschuiving of zelfs uitsterving van soorten veroorzaken (Meijs, et al., 2018). De verschuiving vindt dan plaats naar warmte minnende (aquatische) soorten (Meijs, et al., 2018). De soorten die zich onvoldoende kunnen aanpassen aan de nieuwe abiotische, en dus ook biotische, condities zullen migreren of er zal substitutie plaatsvinden. Er kunnen dus veranderingen in de soortensamenstelling en concurrentieposities in levensgemeenschappen voorkomen. Zowel tijdens migratie of substitutie kan een hoger sterftegetal van een populatie als gevolg hebben en zelfs tot het uitsterven van soorten leiden. De verschuiving kan zowel kansen als bedreigingen vormen voor natuur en betrokken stakeholders. Het uitsterven van soorten en daarmee het verlies van biodiversiteit vormt altijd een bedreiging.

Toename overlevingskansen exoten en insecten

De toename van hoge temperaturen in zowel het oppervlaktewater als op de luchttemperatuur op land en de zachte winters, veroorzaken een toename van de overlevingskansen van exoten en insecten in de winter (Meijs, et al., 2018). Voor de ontwikkeling van deze soorten zelf biedt hitte dus kansen. Ook andere soorten die hoger in de voedselketen staan kunnen hiervan profiteren door de toename van hun voedselaanbod. Aan de andere kant kunnen deze exoten en insecten (zowel inheems als exoot) ook weer een bedreiging vormen door de biotische condities voor andere soorten te belemmeren.

Verandering van hydrologie natuurgebieden

De hydrologie van natuurgebieden verandert door droogte vanwege de toename van drogere bodems in de zomer en de toename van bodemdaling in zettingsgevoelige gebieden (bijv. veen) (Meijs, et al., 2018). De waterkwaliteit, de verspreiding van water en de waterkwaliteit in een gebied kunnen hierdoor afnemen (bijv. daling grondwaterpeil). De verandering van de hydrologische omstandigheden kan een verandering in soortensamenstelling in levensgemeenschappen veroorzaken als soorten zich onvoldoende kunnen aanpassen aan de nieuwe omstandigheden. Dit klimaateffect vormt een bedreiging omdat het tot verlies van soorten kan leiden, maar kan voor andere soorten of ecosystemen juist kansen bieden.

Toename kans op natuur- en bermbranden

De kans op natuur- en bermbranden neemt toe door de toename van drogere bodems in de zomer (Meijs, et al., 2018). Dit vormt een bedreiging voor de natuur omdat brand natuur kan beschadigen en doden. Brand kan leiden tot het verlies van individuen, soorten, habitats en ecosystemen. Na de brand dient een ecosysteem zich, afhankelijk van de schade, te herstellen of compleet opnieuw te ontwikkelen. Bij het laatste vindt secundaire successie plaats: na het verdwijnen van de levensgemeenschap vestigen soorten zich na de brand door gebruik te maken van de voedingsstoffen die in de bodem zijn opgeslagen. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor bestaande natuur.

Toename problemen waterafvoer

Tot slot kan de toename van hogere waterstanden leiden tot problemen met waterafvoer waardoor de kans op overstromingen toeneemt (Meijs, et al., 2018). In een overstroomd gebied kunnen, afhankelijk van de ernst van de overstroming en de aanwezige natuur, soorten verloren gaan. Soorten kunnen bijvoorbeeld verdrinken, rotten of sterven door letsel of voedselhong.

Sector Infrastructuur

Definitie sector

De sector Infrastructuur omvat de infrastructuur voor het transport van voertuigen, vaartuigen en vliegtuigen. Bij deze sector wordt onderscheid gemaakt in enerzijds de fysieke objecten van infrastructuur (risico's fysieke infrastructuur) zelf en anderzijds het gebruik ervan (systeemrisico's). De infrastructuur voor het transporteren van water valt onder de sector Water & Ruimte, voor energie onder de sector Energie, voor ICT onder de sector ICT, voor visvaart onder de sector Landbouw, Tuinbouw, Visserij en recreatief vaarvervoer onder de sector Recreatie & Toerisme. Met 'wegen' wordt dus enkel gerefereerd naar de wegen voor voertuigen en niet naar spoor- en vaarwegen.

Verwacht dat de volgende stakeholders een rol zullen krijgen in adaptatie:

- *Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, provincies:* Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- *Gemeenten:* Grote rol in adaptatie voor de lokale infrastructuur door verankering in beleid, het uitvoeren van maatregelen (vooral ruimtelijke inrichting) en informatievoorziening (kennisdelen, voorlichting etc.).

- *Rijkswaterstaat*: Grote rol in adaptatie omdat de meeste bedreigingen impact hebben op deze partij en deze relatief grote rol (invloed) heeft in de aanleg, beheer en onderhoud van de grote wegen en vaarwegen. Dit omvat dus zowel het uitvoeren van maatregelen als informatievoorziening (kennisdelen, samenwerkingen etc.).
- *ProRail, spoorvervoerders*: Grootste rol in adaptatie voor de subsector spoorwegen, betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- *Luchthavens, vliegmaatschappijen*: Grootste rol in adaptatie voor de subsector luchtvaart., betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- *Havenschappen, havenbedrijven, vaarbedrijven*: Adaptatie door het uitvoeren van maatregelen (ruimtelijke inrichting, planningen).

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans
	Bedreiging
Extremen nemen toe	
<i>I1 Toename kans op ongelukken door verminderde concentratie</i>	
<i>I2 Hinder spoorverkeer door oververhitting elektrotechnisch systeem</i>	
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
<i>I3 Toename schade wegdek wegnnet</i>	
<i>I4 Beperking vliegverkeer door schade</i>	
<i>I5 Hinder spoorverkeer door vervorming en spatten rails, wissels en slecht sluitende bruggen</i>	
<i>I6 Hinder weg- en vaarwegverkeer door slechtsluitende bruggen</i>	
Hogere temperatuur oppervlaktewater	
<i>I7 Afname ijshinder scheepvaart</i>	
Zachte winter	
<i>I8 Minder gebruik strooizout wegen, minder onderhoud</i>	
<i>I9 Minder (dodelijke) ongevallen door gladheid en ijzel</i>	

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans
	Bedreiging

Extreme piekneerslag neemt toe	
I10 Waterschade en afname bereikbaarheid	
I11 Ongelukken door beperkt zicht en glad wegdek	
Toename frequentie en intensiteit wind	
I12 Hinder scheepvaart door wind	
I13 Versperring spoor- en wegverkeer door omgewaaide objecten	
Toename frequentie en intensiteit wind en bliksem	
I14 Hinder vliegverkeer door wind en bliksem	
Toename frequentie en intensiteit bliksem	
I15 Hinder spoorverkeer door bliksem	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Afname rivierafvoer zomer	
I16 Beperking scheepvaart	
Drogere bodems in de zomer	
I17 Hinder weg- en spoorverkeer door natuur- en bermbranden	
Toename bodemdaling	
I18 Meer onderhoud en schade door bodemdaling	

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
I19 Beperking laden en lossen scheepvaart	
I20 Schade door instabiliteit bodem wegen en spoorwegen door overstroming	
I21 Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur	

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Ongelukken door verminderde concentratie

Door de toename van extreme hitte neemt de kans op hittestress bij personen toe en één van die hitte gerelateerde klachten is een verminderde concentratie. Zo kan deze klacht optreden doordat de ruimte in het voertuig lastiger gekoeld kan worden en/of door de slechte nachtrust tijdens te warme nachten. Dit geldt voor zowel de bestuurders van kranen in havens als bestuurders op wegen en spoorwegen. De kans op ongelukken neemt dus toe en daarom vormt dit klimaateffect een bedreiging voor de subsectoren wegen, spoorwegen en vaarwegen.

Schade wegdek wegnnet

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes vergroot de kans op schade van het wegdek van het wegnnet (Meijs, et al., 2018). Bij hoge temperaturen kan de asfaltlaag zacht worden en vervormen, waarbij het toenemende reliëf voor gevaarlijke situaties kan zorgen. Volgens Maas & Vogel veroorzaakt een luchttemperatuur van 32 graden of hoger vervorming. Een slecht wegdek veroorzaakt bovendien een verminderde wegcapaciteit en een afname van de verkeerssnelheid, wat de kans op verkeersopstopping vergroot. Als gevolg hiervan kan de verkeersdruk op andere routes toenemen en kunnen extra verkeersinformatievoorziening en herstelwerkzaamheden van de schade tot hogere kosten leiden. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsector wegen.

Hinder weg- en vaarwegverkeer door slecht sluitende bruggen

Beweegbare bruggen vormen een belangrijke schakel in de doorstroming van weg- en vaarwegverkeer. Door de toename van warme zomers en meerdaagse warme periodes neemt de kans op slecht sluitende en vastzittende bruggen dus toe door de uitzetting van metalen onderdelen. 'Bruggen haperen al bij een buitentemperatuur van 30-35 graden. Dit vormt een bedreiging voor de subsector wegen en vaarwegen omdat het verkeersopstoppingen kan veroorzaken, met een mogelijke toename van verkeersdruk op andere routes en herstelkosten als gevolg.

Minder gebruik strooizout wegen

Een ander bijkomend voordeel voor de sector tijdens milde winters is de afname van het gebruik van strooizout (Meijs, et al., 2018). Door minder gladheid en ijzel is dit immers minder vaak nodig wat inspanning en kosten van onderhoud kan besparen. Strooiwagens hoeven minder vaak te rijden en door minder vorst-dooi overgangen neemt het onderhoud van het wegdek af. Zo kan zeer open asfaltbeton (ZOAB) minder goed tegen die overgangen waardoor dit type wegdek minder onderhoud nodig heeft. Dit klimaateffect vormt dus een kans voor de subsector wegen.

Waterschade en afname beschikbaarheid infrastructuur

Door de toename van extreme piekneerslag kunnen wegen, spoorwegen, tunnels, havens en vliegvelden sneller onder water komen te staan wanneer de hoeveelheid hemelwater onvoldoende kan worden afgevoerd (Meijs, et al., 2018). Hierdoor neemt de toegankelijkheid en daarmee de capaciteit van deze infrastructuur af, wat kan leiden tot verkeersopstoppingen en vertragingen. De inundatie kan de fysieke infrastructuur beschadigen, ongelukken veroorzaken en de druk op andere verkeersroutes verhogen. Zo stellen Maas & Vogel: 'Schade aan weginfrastructuur treedt op bij hevige regenval van 100-150mm/24 uur of meer.' Het afzetten van verbindingen, verkeersinformatievoorziening en herstelwerkzaamheden verhogen kosten en vergroten de druk op infrabeheerders. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de totale sector.

Onbereikbaarheid door uitval infrastructuur

Bij een overstroming vallen de verbindingen in het overstroomd gebied uit waardoor de bereikbaarheid van gebieden afneemt, vooral bij wegen, spoorwegen en luchthavens. Vanwege de veiligheid kunnen verbindingen worden afgesloten en kan verkeer worden gestremd om evacuatie routes gereed te maken. Zo is er volgens Maas & Vogel een halve meter snelstromend water op een weg al genoeg om een auto mee te sleuren. Herstel van de schade na een overstroming kan lang duren. Wat betreft spoorwegen zijn laaggelegen spoorwegen het meest kwetsbaar, maar door inundatie van transformatorstations en ICT-punten (sectoren E & ICT) kunnen trajecten sneller uitvallen. Bovendien liggen verbindingen vaak eerder al stil ter preventie. Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging voor de subsectoren wegen, spoorwegen en luchtvaart.

Sector Energie

Definitie sector

De sector Energie omvat de gehele energie infrastructuur, d.w.z. de hele keten van de productie van energie tot aan de levering bij de eindgebruiker. Dit omvat zowel energie van fossiele bronnen als hernieuwbare bronnen. Opmerkelijk van deze sector is de vitale rol die het speelt voor de Nederlandse maatschappij. De sectoren ICT, Gezondheid, Infrastructuur, Landbouw, Tuinbouw, Visserij, Water en Ruimte en Veiligheid worden steeds afhankelijker van de sector Energie. Bij uitval van de energievoorziening zullen de economische schade van de indirecte effecten voor deze andere sectoren dan ook groter zijn dan de economische schade van de energie-infrastructuur voor de sector Energie zelf.

De onderstaande stakeholders kunnen een rol zullen krijgen in adaptatie. De maatregelen en beleidsontwikkelingen kunnen vaak gecombineerd worden met klimaatmitigatie.

- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Gemeenten: Op lokaal niveau adaptatie in beleid verankeren (vooral m.b.t. energievoorziening van MKB en huishoudens) en informatievoorziening (bijv. voorlichting).
- Elektriciteits- en gasproducenten: Adaptatiemaatregelen treffen om de weerbaarheid van de energie-infrastructuur te verbeteren.
- Landelijke en regionale beheerders (transmissie en distributie): Adaptatiemaatregelen treffen om de weerbaarheid van de energie-infrastructuur te verbeteren.
- Energiemaatschappijen: Aanpassing van bedrijfsvoering en producten en informatievoorziening over adaptatie en mitigatie naar klanten.
- Eindgebruikers: Kans op overbelasting van het net verkleinen door gedragsverandering.

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaatteffect	Kans	Bedreiging
Extremen nemen toe		
E1 Minder capaciteit door verhoogde weerstand elektriciteitsleidingen en thermische energiecentrales		
E2 Lager hangende hoogspanningskabels		
E3 Vaker uitval door 'brown out' (uitval door te hoge vraag)		
E4 Beperking thermische energiecentrales door warmer koelwater		
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes		
E5 Kans en zonne-energie		
E6 Kans en biogas		
Zachte winter		
E7 Lagere energievraag voor verwarmen		

E8 Afname ijsaanwas windturbines	
E9 Afname ijsaanwas hoogspanningsleidingen	

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme piekneerslag neemt toe	
E10 Uitval elektriciteit door inundatie	
Toename frequentie en intensiteit wind	
E11 Stormschade bovengrondse energie en infrastructuur	
E12 Toename afschakelen windturbines bij storm	
E13 Kansen windenergie	
Hogere waterstanden	
E14 Uitval door schade en teloorgaan energie-infrastructuur	
Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)	
E15 Toename inslagschade	
Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)	
E16 Beschadiging ondergrondse infrastructuur door 'uprooting'	
Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)	
E17 Toename inslagschade infrastructuur	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Drogere bodems in de zomer	
E18 Minder capaciteit ondergrondse elektriciteitsleidingen	
Toename bodemdaling	
E19 Beschadiging kabels door zetting bodem	
Afname rivierafvoer zomer	

E20 Minder koelwater voor elektriciteitscentrales	
E21 Beperking waterkrachtcentrales	

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
E22 Uitval door schade en teloorgaan energieinfrastructuur	

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Minder capaciteit door verhoogde weerstand elektriciteitsleidingen en thermische energiecentrales

Hitte vormt een bedreiging voor de capaciteit van elektriciteitsleidingen (ondergronds en bovengronds) en thermische energiecentrales. Door de toename van extreme hitte neemt de weerstand, in zowel de leidingen als in de centrales, toe waardoor energieverlies groter wordt. De capaciteit en daarmee ook de efficiëntie nemen hierdoor af. Dit vermindert de capaciteit van het totale elektriciteitsnetwerk waardoor het vatbaarder is voor storingen en uitval, met de financiële schade (kosten compensatie uitval) als gevolg. Tevens kan de verminderde capaciteit van thermische energiecentrales leiden tot een hogere energieprij. Wat betreft de hoogspanning zijn de vatbaarheid van de kabels voor dit klimaatteffect afhankelijk van het materiaaltype. De Lo-Sag (type hoogspanningslijnen) en hoge temperatuurgeleiders zijn minder vatbaar voor dit klimaatteffect.

Toename energievraag door koeling

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes veroorzaakt een toename van de koelbehoefte waardoor de energievraag stijgt (Meijs, et al., 2018). De hitte bevordert de aanschaf en het gebruik van koeltechnologie zoals airconditioningsystemen en ventilatoren. De toename van de vraag draagt bij aan de verhoging van de piekvraag in het energienetwerk waardoor de mate van overbelasting van het netwerk toeneemt. Als gevolg kan enerzijds de energieprij stijgen en kan anderzijds de kans op storingen en uitval worden vergroot met de financiële schade (kosten compensatie uitval) van dien.

Kansen zonne-energie

De toename van de hoeveelheid zonnestraling door de toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes is een kans voor de type 1 energieproducenten die gebruik maken van zonne-energie. Dit zal bijdragen aan de energietransitie: van het gebruik van fossiele energiebronnen naar hernieuwbare energiebronnen.

Kansen windenergie

De toename van de frequentie en intensiteit van wind vergroot de beschikbaarheid van windenergie voor elektriciteitsproducenten. Het aantal windstille dagen zal dus naar verwachting afnemen. Dit klimaatteffect vormt dus een kans voor producenten die gebruik maken van windturbines.

Uitval elektriciteit door inundatie

De toename van extreme piekneerslag veroorzaakt een toename van de kans op uitval van de elektriciteitsvoorziening door inundatie. Bij extreme piekneerslag in een gebied waar het hemelwater onvoldoende kan worden afgevoerd is de kans aanwezig dat objecten onder water komen te staan (inundatie). Dit leidt bij elektriciteitscentrales tot afschakeling en bij koppel-, schakel- en transformatorstations tot onbruikbaarheid. Ook kan inundatie van zonnepanelen (incl. transformator en bedrading) en geothermische energievoorziening leiden tot onbruikbaarheid. Zo kan hevige neerslag dus de kans op storingen en uitval van de energievoorziening vergroten met de bijbehorende financiële schade (kosten compensatie uitval). De duur van de overlast bij uitval over het algemeen geschat op dagen tot weken.

Uitval door schade en teloorgaan energie infrastructuur

Bij een overstroming door de stijgende zeespiegel of vanuit rivieren vindt er uitval van de energievoorziening plaats door schade en/ of het teloorgaan van mogelijk alle objecten van de energie-infrastructuur. In wijze treedt bij overstroming inundatie op van alle aanwezige energie-infrastructuur in het overstroomde gebied. Dit geldt dus ook voor zonneparken en geothermische energieproductie. De weerbaarheid van de elektriciteitscentrales aan de kust is dus van groot belang voor deze bedreiging.

Sector IT en Telecom

Definitie sector

De sector ICT omvat alle product- en dienstverlening omtrent informatie- en communicatietechnologie. Door de toename van de inbedding van ICT in het functioneren van de maatschappij wordt het steeds lastiger om deze sector te definiëren. In het verleden werden telecommunicatie en ICT nog vaak als twee verschillende subsectoren beschouwd. Zo wordt ook in de NAS geschreven over ICT en Telecom. Met telecommunicatie worden radio, televisie, telefonie en internet bedoeld. Door de opkomst van computersystemen en internet wordt telecom in de praktijk echter vaak ook als ICT beschouwd. Analoge radio, televisie en telefonie (PSTN, ISDN, COAX) verdwijnen immers langzaam en steeds meer service providers stoppen met deze diensten. De volgende stakeholders hebben een rol in adaptatie:

- *Rijksoverheid, provincies:* Verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid.
- *Gemeenten:* Op lokaal niveau adaptatie in beleid verankeren (vooral m.b.t. energievoorziening van MKB en huishoudens) en informatievoorziening (bijv. voorlichting).
- *ICT-operators:* Zeer grote rol omdat de sector sterk geprivatiseerd en commercieel is en dus veel invloed heeft op de fysieke infrastructuur en bedrijfsvoering. Het uitvoeren van maatregelen ligt vooral in handen van deze verzameling van stakeholders.

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft, welke adaptatiestrategie de gemeente in zou kunnen zetten en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaat-effect	Kans
	Bedreiging
Extremen nemen toe	
IT1 Slechtere conditie ICT-infrastructuur door hitte	@
IT2 Hitte-uitval ICT-apparatuur en toename energiekosten voor ICT-operators	@
IT3 Uitval en storingen door kabelsmelt en 'brownout'	@
IT4 Uitval en storingen door biologische besmettingen in airconditioning	@

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme piekneerslag neemt toe	
IT5 Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur door vocht	@
IT6 Beperking satellietcommunicatie, microgolfantennes en mobiele signaalpropagatie	@
IT7 Uitval door waterschade van ICT-objecten bij water op straat en in gebouwen	@
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten)	
IT8 Beperking microgolfantennes en satellietcommunicatie door wind	@
IT9 Mechanische schade antennemasten mobiele communicatie en zendmasten zenderparken door wind	@
Hogere luchtvochtigheid	
IT10 Uitval ICT door hoge luchtvochtigheid	@
Overige extremen (frequentie en intensiteit bliksem)	
IT11 Uitval ICT door inslagschade	@
Overige extremen (frequentie en intensiteit neerslag en windstoten)	
IT12 Beschadiging ondergrondse ICT-infrastructuur door 'uprooting'	@
Hogere waterstanden	
IT13 Uitval door schade en teloorgaan energieinfrastructuur	@
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem en hagel)	
IT14 Uitval ICT door uitval elektriciteitsvoorzieningen door extremen	@

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extremen nemen toe	
IT15 Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur door droogte	@
Toename bodemdaling	

IT16 Beschadiging kabels door zetting bodem	@
Lagere luchtvochtigheid	
IT17 Uitval ICT door lage luchtvochtigheid	@
Afname bruikbaar water door slechte oppervlaktewaterkwaliteit	
IT18 Verandering kwaliteit oppervlaktewater	@

Overstroming

Klimaat-effect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
IT19 Uitval van vitale en kwetsbare ICT-infrastructuur	@

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur

De toename van extreme hitte, droogte en extreme piekneerslag veroorzaakt een verslechtering van de conditie van fysieke ICT-infrastructuur (alle typen). Door de hoge temperaturen en de sterkere temperatuurafwisseling verouderen componenten van de fysieke infrastructuur sneller. Hierdoor neemt het risico op falen toe, wat voorkomen dient te worden door een toename van onderhoud (asset management). In verhouding met de andere klimaateffecten is de impact van dit risico relatief klein omdat het snel hersteld kan worden. Deze bedreiging is van toepassing op alle typen fysiek-technische objecten.

Lekkage en inundatie ICT-objecten

De toenemende piekneerslag vergroot de kans op waterschade bij ICT-objecten op twee manieren: bij water op straat aan de objecten op straatniveau en bij lekkage aan objecten in gebouwen. Ten eerste zijn de op straat geplaatste aansluit- en schakelkasten, accu's en eventuele generatoren van antennemasten (GSM/3G/4G/C2000) niet waterbestendig genoeg en waardoor deze waterschade op kunnen lopen bij water op straat. Deze type 4 objecten (m.u.v. mobiele signalen) kunnen hierdoor tijdelijk, tot enkele dagen, uitvallen. Ten tweede kan hevige piekneerslag voor wateroverlast zorgen in gebouwen waar zich ICT-objecten of noodstroomvoorzieningen voor ICT bevinden. Airconditioningsystemen, noodgeneratoren en dieseltanks voor noodstroom, transformatoren, accu's, voedingspanelen en kabelterminaties staan volgens Lijf en van Oort vaak in kelders. Hierdoor zijn deze type 3 objecten extra kwetsbaar voor uitval door waterschade bij lekkage wat tot maandenlang herstel of geen herstel kan leiden. Door deze enorme impact wordt dit klimaat-effect gekenmerkt als de grootste bedreiging van wateroverlast op de sector ICT. Waterschade bij objecten op straatniveau vormt in theorie een kleiner risico omdat de hersteltijd van deze tijdelijke uitval op maximaal dagen wordt geschat.

Hitte-uitval en hogere energiekosten ICT-operators

Door de toename van extreme hitte neemt de kans op hitte-uitval van ICT-apparatuur toe en stijgen de operationele energiekosten voor ICT-operators. ICT-apparatuur is gemaakt om te functioneren bij een bepaalde gewenste temperatuurrange. Bij hogere temperaturen zal het daarom uit zelfbescherming afsluiten of mogelijk defect raken, wat bij SPoFs impact kan hebben ook grote schaal (nationaal/internationaal). De apparatuur heeft dus een stijgende behoefte aan verkoeling. Hierdoor stijgen de energiebehoefte en -kosten van de ICT-operator. De impact van deze bedreiging is relatief klein vanwege snel herstel (uren) en is van toepassing op objecten van type 3 (m.u.v. zendparken) en op de apparatuurkasten van antennemasten (type 4).

Uitval ICT door uitval elektriciteitsvoorzieningen

Omdat de sector ICT sterk afhankelijk is van de elektriciteitsvoorziening is de sector niet alleen kwetsbaar voor directe klimaateffecten maar ook voor de klimaateffecten op sector E. Zo veroorzaken de toename van extreme piekneerslag en de toename van de frequentie en intensiteit van hagel, wind en bliksem een toename van de kans op uitval van elektriciteit. Objecten van de elektriciteit-infrastructuur kunnen immers ook beschadigd raken door onder andere water op straat, lekkages, uprooting en (directe)inslag. Noodstroomvoorzieningen kunnen daardoor ook schade oplopen en hebben bovendien slechts een beperkte capaciteit. Wanneer de uitval van elektriciteit te lang duurt, kunnen noodvoorzieningen de energiebehoefte niet meer dekken. Tevens merken Luijck en van Oort op dat veel ICT-operators geen noodstroomvoorzieningen hebben omdat zij de elektriciteitsvoorziening in Nederland als zeer betrouwbaar achten. De cijfers over de kans op falen in de afgelopen jaren zijn in verhouding met andere landen namelijk goed. De vraag is echter of de sector E wel voldoende is voorbereid op de stijgende risico's omtrent klimaatverandering en deze wel zo betrouwbaar is om geen noodvoorziening aan te schaffen.

Uitval bij overstroming

Tot slot vormt een overstroming, als gevolg van de hogere waterstanden, een bedreiging voor de sector ICT door het veroorzaken van uitval van vitale en kwetsbare ICT-infrastructuur (Meijs, et al., 2018). Zoals in de vorige alinea is beschreven vergroten waterschade van ICT-infrastructuur en uitval van elektriciteitsvoorzieningen de kans op ICT-uitval. Bij (gedeeltelijk) onder water staan tijdens een overstroming treedt dus uitval tot verlies van ICT-objecten (en bijbehorende functies en dienstverlening) op. Wat betreft de antennemasten zijn het de bijbehorende schakelkasten en accu's die door onder water staan het functioneren van de antenne stilleggen. Een overstroming heeft dus een grote impact, met maandenlange herstel tot geen herstel als gevolg, op alle type 3 en 4 objecten (m.u.v. mobiele signaalpropagatie). Deze impact wordt vergroot omdat de behoefte aan informatie- en communicatie ten tijde van een overstroming juist extra groot is. Door belangrijke knooppunten als SPoFs en back-up locaties tijdig waterbestendig te maken en op hoger grondgebied te plaatsen kan de hersteltijd worden ingekort..

Sector Veiligheid

Definitie sector

De sector Veiligheid (V) omvat alle hulp- en veiligheidsdiensten. De term 'veiligheid' kan worden gedefinieerd als een balans tussen mogelijke risico's (hazards) en beschermende maatregelen daartegen. De mate van afwezigheid van risico's bepaald de benodigde mate van de aanwezigheid van bescherming. Wanneer dit voldoende in balans is kan men 'ongestoord functioneren'. De sector is sterk verweven met andere sectoren. In het Nationale Veiligheidsprofiel 2016 wordt daarom onderscheid gemaakt in vijf typen nationale veiligheidsbelangen (zie tabel hieronder). De typen veiligheid zijn onderling met elkaar verbonden. Wanneer bijvoorbeeld de fysieke veiligheid onder druk komt te staan kan dit de economische veiligheid belemmeren. De volgende stakeholders hebben een rol zullen in adaptatie:

- Ministerie van Justitie en Veiligheid (incl. AIVD, MIVD), Ministerie van Defensie: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal beleid, het treffen van maatregelen en informatievoorziening.
- Veiligheidsregio, politie, brandweer: De Veiligheidsregio is al een samenwerking tussen verschillende stakeholders en zijn van groot belang voor adaptatie voor zowel informatievoorziening (voor beleidsontwikkeling) als het uitvoeren van maatregelen. Eerste hulpdiensten zoals politie en brandweer hebben ook een belangrijke rol voor informatievoorziening (vooral voorlichting) en het treffen van maatregelen (zowel preventief als in nood).
- Provincies, gemeenten: Informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.) en samenwerking met de andere stakeholders. Gemeenten zijn voornamelijk van belang voor bevolkingszorg als onderdeel van de Veiligheidsregio's.
- Beveiligingsbedrijven: Rol in het treffen van maatregelen en het leveren van kennis over veiligheid bij klanten.
- Medische hulpdiensten (GHOR, ziekenhuizen, huisartsen etc.): Grote rol in adapteren voor voldoende fysieke veiligheid door het uitvoeren van maatregelen en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).

Effect klimaatverandering op sector

In navolgende tabellen zijn de directe effecten met grijs aangegeven. Hieronder zijn de bijbehorende indirecte effecten opgesomd. Per indirect effect is aangegeven of het een kans of bedreiging betreft en of het risico in de gemeente aanwezig is en zo ja, waar. De mogelijke adaptatiestrategie is in de laatste kolom weergegeven, waarbij V voor voorlichting, B voor beleidskader, en M voor maatregelen staat.

Hitte

Klimaat-effect	Kans
	Bedreiging
Extremen nemen toe	
V1 Toename hitte gerelateerde gezondheidsklachten	
V2 Toename druk op medische hulpdiensten	
V3 Toename blackouts en kans uitval IT	
Verschuiving klimaatzones, hogere temperatuuroppervlaktewater, warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes	
V4 Toename risico's voor grote evenementen	

Wateroverlast

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Extreme piekneerslag neemt toe	
V5 Afname veiligheid door toename wateroverlast	
V6 Toename risico voor grote evenementen	
Overige extremen (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)	
V7 Toename risico's buitenevenementen	
V8 Toename kans uitval elektriciteitsvoorzieningen	
V9 Toename kans vallende objecten	

Droogte

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Droogere bodems in de zomer	
V10 Toename kans op brand	
Afname rivierafvoer zomer	
V11 Afname beschikbaarheid voor energie-industrie	

Overstroming

Klimaatteffect	Kans Bedreiging
Hogere waterstanden	
V12 Afname territoriale veiligheid overstroomd gebied	
V13 Afname bereikbaarheid hulpdiensten	
V14 Afname fysieke veiligheid bij overstroming	
V15 Sociale instabiliteit door verstoring dagelijks leven bevolking bij overstroming	
V16 Uitval vitale en kwetsbare infrastructuur bij overstroming	

Belangrijkste kansen en bedreigingen

Infectieziekten en grootschalige ziektegolven

De toename van warmere zomers en meerdaagse warme periodes vergroot de kans op infectieziekten en grootschalige ziektegolven (ANV, 2016). Dit heeft meerdere oorzaken. De uitwisseling van ziekten tussen en dieren en mensen verandert door de hitte (Meijs, et al., 2018). Door de hitte ontstaat bijvoorbeeld een opkomst van vector-overdraagbare ziekten (geleedpotigen) in aantal (populatiegroei) en door de komst van exoten (Wuijts, et al, 2014). Daarnaast neemt de kans op water- en voedsel overdraagbare infectieziekten water toe, bijvoorbeeld door de toename van blootstelling door meer waterrecreatie (Meijs, et al., 2018) (Wuijts, et al, 2014). Dit vergroot de kans op een grootschalige ziektegolf, wat de mogelijkheid tot een pandemie of epidemie vergroot. Volgens het Nationale Veiligheidsprofiel heeft een ernstige griep пандemie de op één na grootste impact op de nationale veiligheid van alle mogelijke veiligheidsrisico's (ANV, 2016). Tot slot kan dit, naast de fysieke veiligheid, ook een bedreiging vormen voor de territoriale veiligheid wat betreft de inkoop van vaccins door Nederland (ANV, 2016).

Hitte gerelateerde gezondheidsklachten

De toename van extreem hoge temperaturen en warmere periodes veroorzaakt ten eerste een toename van hittestress, wat leidt tot een toename van gezondheidsklachten zoals hart-, vaat- en luchtwegziekten. Ten tweede veroorzaakt de hitte in combinatie met fijnstof een toename van zomersmog (Meijs, et al., 2018). De slechte luchtkwaliteit door de smog vergroot de kans op luchtwegziekten. Ten derde veroorzaakt de toename van blootstelling aan Uv-straling voor een toename van staar en huidkanker (Meijs, et al., 2018). Al deze effecten veroorzaken een toename van zieken, ziekenhuisopnamen en vroegtijdig overlijden. Demografische trend als vergrijzing, individualisering en het steeds vaker en langer thuis blijven wonen van ouderen vergroot de impact (ANV, 2016). Kortom, hitte vormt een bedreiging voor de volksgezondheid en daarmee de fysieke veiligheid.

Druk op medische hulpdiensten

De toename van hittestress, als gevolg van extreme hitte, veroorzaakt een verhoogde druk op eerste hulpdiensten (Meijs, et al., 2018). Door de toename van de eerder genoemde gezondheidsklachten door hitte is meer inzet van eerste hulpdiensten nodig zoals ambulancediensten en EHBO-posten. Dit betekent een druk op zowel mankracht (personeel) als de beschikbaarheid van materieel (voertuigen, hulpmiddelen, medicijnen). Wanneer hulpdiensten onvoldoende anticiperen op deze verandering kan de fysieke veiligheid in gevaar komen.

Toename kans op brand

De toename van extreme hitte veroorzaakt een toenemende kans op branden in combinatie met een periode van droogte. Hiermee stijgt ook de kans op onbeheersbare branden waarbij evacuatie nodig is (ANV, 2016). Dit vergroot de druk op hulpdiensten (met name brandweer, politie) en de ecologische en fysieke veiligheid. Zo zou bijvoorbeeld de kans op een onbeheersbare natuurbrand op de Veluwe normaliter 1:25 jaar zijn, maar in jaren met grote droogte maar liefst 1:2 jaar (ANV, 2016). Naast natuurbranden zijn ook bermen, recreatief groen, stedelijk groen en gebouwen (groene daken, verticaal groen) vatbaar voor dit klimaateffect. Zelfs na de zomermaanden kan dit verhoogde risico aanhouden (Kok, 2018).

Risico's buitenevenementen

Zowel de extreme piekneerslag als de toenemende frequentie en intensiteit van wind, bliksem en hagel veroorzaken verhoogde veiligheidsrisico's voor buitenevenementen, met name voor meerdaagse evenementen met overnachting (Meijs, et al., 2018). Allereerst kunnen deze extreme weersomstandigheden materiele schade aanrichten aan bijvoorbeeld tenten, podia en apparatuur (licht, geluid, communicatie). Mogelijk dient een evenement zelfs geannuleerd te worden vanwege het weer. Op lokale schaal kan dit een bedreiging vormen voor de economische veiligheid. Tot slot kan de fysieke veiligheid van bezoekers onder druk staan door het risico op onderkoeling, griep (natte kleding, natte tenten) en ongelukken (natte ondergrond). Dit klimaateffect vormt dus een bedreiging.

Afname fysieke veiligheid bij overstroming (ANV, 2016)

De fysieke veiligheid kan worden aangetast door een overstroming omdat mensen kunnen overlijden (bijv. verdrinken), gewond kunnen raken en vatbaar zijn voor ziekten (mentaal en fysiek) (ANV, 2016). Ook kan het overstroomd van wegen en parkeervoorziening de bereikbaarheid van medische hulpdiensten belemmeren. Dit geldt voor zowel de bereikbaarheid van hulpbehoevenden voor de hulpdiensten (bijv. ambulance) als de bereikbaarheid van ziekenhuizen en huisartsen voor de hulpbehoevenden. Tot slot kan een gebrek aan

primaire levensbehoeften optreden door bijvoorbeeld verlies van huisvesting, drinkwater-, voedsel- en energievoorziening. Het herstel van deze voorzieningen tot lange tijd na een overstroming duren.

Sociale instabiliteit door verstoring dagelijks leven bevolking bij overstroming (ANV, 2016)

Een overstroming kan maatschappelijke onrust veroorzaken doordat het dagelijks leven van grote groepen mensen wordt verstoord (ANV, 2016). Resultaten wateroverlast als gevolg van extreme neerslag.

BIJLAGE F OVERZICHTSKAART KLIMAATEFFECTEN

COLOFON

KLIMAATSTRESSTEST
GEMEENTE DONGEN

AUTEUR

Eduard Schoor

PROJECTNUMMER

C03131.000034

ONZE REFERENTIE

D10009205:12Colofon82

DATUM

12 mei 2020

STATUS

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com