

KLIMAATSTRESSTEST

Gemeente Bergeijk

4 OKTOBER 2018



Contactpersoon

TETJE HENSTRA

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-
Hertogenbosch
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Het klimaat verandert	5
1.2	Verantwoording	6
1.3	Procesgang en werkwijze	6
1.4	Leeswijzer	6
2	KLIMAATVERANDERING EN GEBIEDSKENMERKEN	7
2.1	Klimaatverandering	7
2.2	Demografie	8
2.3	Kwetsbare objecten	8
2.4	Praktijkervaring	8
3	OVERSTROMING	10
4	WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG	11
4.1	Neerslagpatroon	11
4.2	Water op straat	11
4.3	Grondwateroverlast	13
5	HITTE	15
5.1	Zomerse en tropische dagen per jaar	15
5.2	Hittestress door warme nachten	15
5.3	Thermisch infraroodbeeld	16
5.4	Opwarming oppervlaktewater	17
5.5	Kwetsbare groepen voor hitte	18
6	DROOGTE	20
6.1	Vegetatie	21
6.2	Neerslagtekort	22
6.3	Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade	22
7	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	24

7.1	Samenvatting uitkomsten klimaatstresstest	24
7.2	Verzamelkaart aandachtsgebieden	25
7.3	Aanbevelingen voor vervolg	26

BIJLAGEN	28
Bijlage A Methodebeschrijving kwetsbaarheidsanalyses	29
Bijlage B Kwetsbare objecten	31
Bijlage C Overstromingsrisico	32
Bijlage D Resultaten wateroverlast als gevolg van extreme neerslag	33
Bijlage D1 Kernkaarten maximale waterdiepte 44mm	33
Bijlage D2 Kernkaarten maximale waterdiepte 79mm	34
Bijlage D3 Kernkaarten maximale waterdiepte 100mm	35
Bijlage D4 Kernkaarten stroombanen 44mm	36
Bijlage D5 Kernkaarten stroombanen 79mm	37
Bijlage D6 Kernkaarten stroombanen 100mm	38
Bijlage E Resultaten droogte	39
Bijlage E1 Kernkaarten funderingsrisico en verdrogingsrisico	39
Bijlage E2 Gemeentekaart ontwatering	40
Bijlage E3 Gemeentekaart verdrogingsrisico	41
Bijlage F Resultaten hittestress	42
Bijlage F1 Gemeentekaart thermisch infraroodbeeld	42
Bijlage F2 Kernkaarten thermisch infraroodbeeld	43
Bijlage G Verzamelkaart aandachtslocaties	44

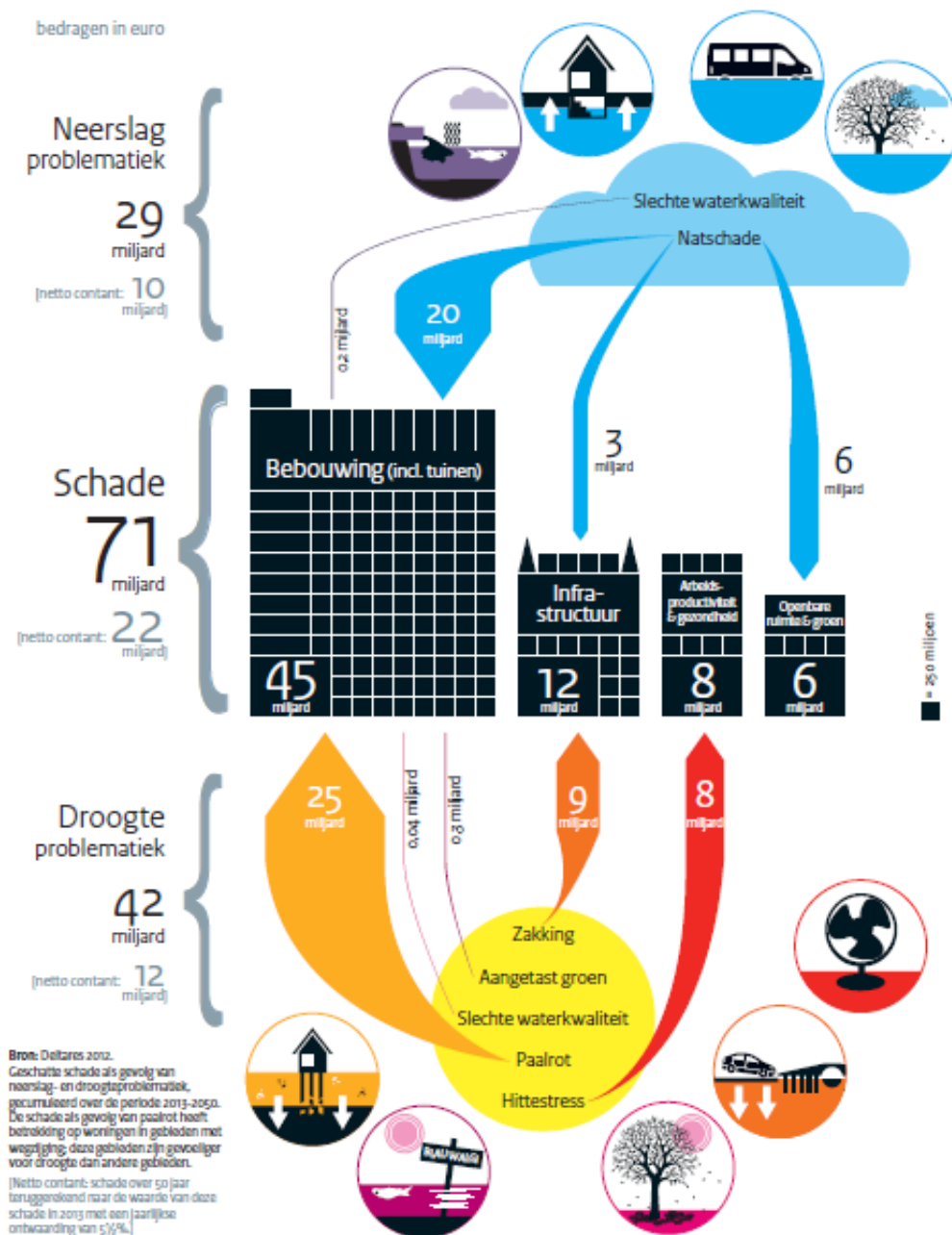
1 INLEIDING

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. De kosten van de klimaatopgave in Nederland zijn 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 1: Klimaatopgaven en kosten (Manifest Klimaatbestendige stad. Coalities klimaatbestendige stad, 2013)

Het besef groeit dat dit niet meer uitsluitend met technische maatregelen is op te vangen (bijvoorbeeld grotere rioolbuizen of mechanische koeling), maar dat een integrale aanpak noodzakelijk is. Deze aanpak richt zich op afstemming binnen de afvalwaterketen en in de leefomgeving. 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. Onderdeel van de ambities van het Deltaplan om te komen tot een klimaatbestendig en waterrobuuste inrichting is het in beeld brengen van de klimaatkwetsbaarheden.

In deze klimaatstresstest zijn voor de vier klimaataspecten overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte de kwetsbaarheden voor de gemeente Bergeijk in beeld gebracht. Hierbij zijn de kwetsbaarheden fysisch-analytisch inzichtelijk gemaakt.

Deze klimaatstresstest is hiermee input voor de volgende stappen van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie: risicodialoog en strategie opstellen.

1.3 Procesgang en werkwijze

Voor de gemeente Bergeijk is een klimaatkwetsbaarheidsscan uitgevoerd voor overstromingen, wateroverlast, droogte, en hittestress. Voor het opstellen van de rapportage is gebruik gemaakt van de door Arcadis ontwikkelde KlimaatTRAP. Dit is de basis van de kwetsbaarheidsscan en brengt voor **wateroverlast, droogte en hittestress** de kwetsbare plekken in beeld. Daarnaast is gebruik gemaakt van de studies in de klimaateffectatlas en de risicokaart voor kwetsbare locaties.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de gevolgen van klimaatverandering op basis van de KNMI '14 klimaatscenario's op hoofdlijnen weergegeven en zijn de gebiedskenmerken van de gemeente Bladel beschreven.

In hoofdstuk 3, 4, 5 en 6 zijn de kwetsbare locaties per klimaataspect van respectievelijk overstroming, wateroverlast, hitte en droogte uitgewerkt. In Hoofdstuk 7 zijn de bevindingen samengevat en het slothoofdstuk bevat aanbevelingen voor het vervolgtraject: het opzetten van een klimaatadaptatiestrategie.

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.

2 KLIMAATVERANDERING EN GEBIEDSKENMERKEN

2.1 Klimaatverandering

Het KNMI heeft in 2014 klimaatscenario's voor Nederland gepubliceerd. De meest waarschijnlijke veranderingen in Nederland voor deze eeuw zijn een stijging van de zeespiegel van maximaal 1 m, erosie van de kust, nattere en warmere winters met waarschijnlijk hogere rivierafvoeren, vaker drogere en hetere zomers, meer neerslag in kortere perioden en heftigere hagel- en onweersbuien. Door deze klimaatverandering wordt de kans op wateroverlast, droogte en hittestress groter.

Algemene veranderingen

- de temperatuur blijft stijgen
- zachte winters en hete zomers komen vaker voor



Scenario verschillen en natuurlijke variaties

- temperatuurveranderingen zijn verschillend voor de vier scenario's
- veranderingen in 2050 en 2085 zijn groter dan de natuurlijke variaties op de 30-jaar tijdschaal



- de neerslag en extreme neerslag in de winter nemen toe
- de intensiteit van extreme regenbuien in de zomer neemt toe
- hagel en onweer worden heviger



- meer droge zomers in twee (G_H en W_H) van de vier scenario's
- natuurlijke variaties in neerslag zijn relatief groot, zodat de scenario's minder van elkaar verschillen



- de zeespiegel blijft stijgen
- het tempo van de zeespiegelstijging neemt toe



- het tempo van de zeespiegelstijging hangt sterk af van de wereldwijde temperatuurstijging
- geen verschil tussen scenario's met verschillend luchtstromingspatroon



- de veranderingen in windsnelheid zijn klein



- 's winters vaker westenwind in twee (G_H en W_H) van de vier scenario's
- het wind- en stormklimaat vertoont grote natuurlijke variaties



- het aantal dagen met mist neemt af en het zicht verbetert verder
- de hoeveelheid zonnestraling nabij het aardoppervlak neemt licht toe



- natuurlijke variaties zijn verschillend voor de verschillende klimaatvariabelen



Figuur 2 Samenvatting belangrijkste klimaatveranderingen (KNMI, 2014).

Dat weersextremen niet alleen in de toekomst tot overlast kunnen leiden, hebben we in Nederland al meermaals kunnen ervaren. Recente gebeurtenissen zijn de hittegolven in 2013 en 2015 en wateroverlast als gevolg van hevige neerslag in de zomers van 2013, 2014 en 2016. Uit onderstaand Europees onderzoek blijkt dat de effecten van hittestress niet onderschat moeten worden. Van alle natuurrampen in Europa hebben hittegolven tot de meeste dodelijke slachtoffers geleid.

Hazard type	Number of fatalities
Storm	729
Extreme temperature events	77 551
Forest fires	191
Drought	0
Flood	1 126
Snow avalanche	130
Landslide	212
Earthquake	18 864
Volcano	0
Oil spills	n/a
Industrial accidents	169
Toxic spills	n/a
Total	98 972

Figuur 3 Overzicht van de grootste natuurrampen in Europa tussen 1998 en 2009 (Europees Milieuagentschap, 2010).

2.2 Demografie

De gemeente Bergeijk telde in 2018 ongeveer 18.400 inwoners. 4,9% van de inwoners is ouder dan 80 jaar. Deze groep wordt als kwetsbaar beschouwd voor de gevolgen van klimaatverandering, omdat ze minder zelfredzaam is. Andere kwetsbare functies in de gemeente zijn bijvoorbeeld kinderdagverblijven en scholen. De kwetsbaarheid uit zich bijvoorbeeld in een extra gevoeligheid voor hittestress bij ouderen, zieken en jonge kinderen (<5 jaar) en het minder mobiel zijn (als gevolg van leeftijd en/of aantal personen) in geval van een calamiteit waarbij een ontruiming nodig is en/of toegangswegen afgesloten raken.

2.3 Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten zijn gebouwen waarin zich veel mensen kunnen bevinden of gebouwen waar niet-zelfredzame mensen aanwezig zijn (bejaarden, kinderen en zieken).

De volgende locaties zijn als kwetsbaar gedefinieerd:

- Bejaardenoorden en verzorgingstehuizen
- Fabrieken
- Garage (opslag en stalling)
- Gebedshuis
- Gebouwen > 25 verdiepingen
- Hotel (> 10 bedden)
- Kantoren
- Kinderdagverblijf
- Klinieken
- Loods
- Pension/nachtverblijf
- Scholen
- Tv-Studio
- Tehuizen
- Verpleegtehuizen
- Woningen/ bedrijven (niet zelfredzaam)
- Ziekenhuis
- Zwembad

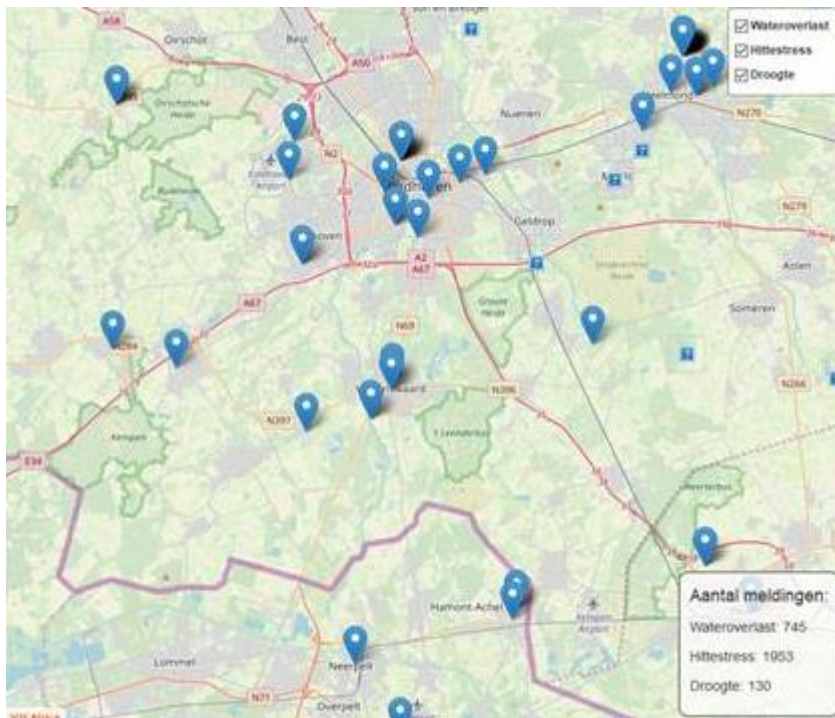
Voor het identificeren van kwetsbare objecten is de risicokaart (risicokaart.nl) van de provincie gebruikt. Deze kaart wordt opgesteld op basis van informatie welke wordt aangeleverd door verschillende overheden, brandweer en milieudiensten en beheerd door de provincie.

Op 31 locaties in de gemeente Bergeijk is sprake van gebouwen waar veel mensen samenkomen of waarin zich niet-zelfredzame mensen bevinden, of waar goederen/stoffen worden opgeslagen. Deze locaties zijn in Bijlage B aangeduid als kwetsbare objecten.

2.4 Praktijkervaring

Praktijkervaringen op gebied van klimaat zijn geïnventariseerd door middel van data mining. We hebben klimaatoverlastmeldingen (hitte, droogte en wateroverlast) vanuit twitter opgehaald over een nagenoeg aanééngesloten periode tussen 30-05-2017 en 24-09-2018. Van de 73.329 tweets landelijk met als onderwerp wateroverlast over deze periode, zijn er 745 tweets waarbij coördinaten zijn opgegeven. Deze vallen niet binnen de gemeente Bergeijk. Voor droogte zijn in dezelfde periode landelijk 130 meldingen met coördinaten opgegeven, en voor hitte zijn dit 1953 meldingen.

In onderstaande afbeelding is een overzicht weergegevens van de locaties van deze meldingen. Een melding valt binnen de gemeentegrens. Het betreft een melding over hittestress na uitbundig spelen.



Figuur 4: Tweets in Bergeijk over klimaat met gps-locatie

3 OVERSTROMING

Klimaatverandering kan grote gevolgen hebben voor ons land. Eén van de voorspelde gevolgen is dat er een versnelling van de zeespiegelstijging zal optreden. Dit kan leiden tot een stremming van de rivierafvoeren en stijging van waterpeilen en kan daardoor leiden tot een grotere kans op overstromingen. Niet alleen kustgebieden worden hierdoor beïnvloed maar ook op hogergelegen gronden in de nabijheid van oppervlaktewater neemt het risico op overstroming toe. Hierdoor verandert ook het overstromingsrisico voor een aantal hogergelegen zandgronden in Brabant.

Voor het in beeld brengen van de overstromingsrisico's voor de gemeente Bergeijk is gebruik gemaakt van de analyses van de klimaateffectatlas.

De **overstromingsdiepte** bepaalt de mate waarin een gebied wordt blootgesteld aan de effecten van een overstroming. Het is een 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 Bergeijk voor overstromingen is in deze stresstest in beeld gebracht via de klimaateffectatlas (zie bijlage C). Hieruit blijkt dat met name de omgeving rondom de Dommel risico op overstroming loopt. In het uiterst noordelijke puntje van de gemeente Bergeijk wordt hierdoor een overstromingsdiepte van minder dan een halve meter berekend.

De **plaatsgebonden overstromingskans** is de kans die één persoon op één locatie per jaar loopt om te maken te krijgen met een overstroming. Hoewel er wel een overstromingsdiepte wordt berekend blijkt uit de analyse van de klimaateffectatlas dat er geen kans op plaatsgebonden overstroming is. Dit heeft te maken met de analysemethode voor het berekenen van de plaatsgebonden overstromingskans. De plaatsgebonden overstromingskans wordt afgeleid van het overschrijden van vastgestelde normen van regionale waterkeringen. Langs de Dommel zijn kades aanwezig maar ter hoogte van de berekende overstroming in gemeente Bergeijk zijn deze kades niet aangewezen als regionale waterkeringen en er zijn geen normen vastgesteld met betrekking tot het toegestane overstromingsrisico. Wanneer geen norm bekend is wordt geen plaatsgebonden overstromingskans berekend.

Ruimtelijke informatie over overstromingen wordt nog bruikbaar wanneer deze informatie wordt gekoppeld aan het gebruik van een gebied. Op deze manier kan in kaart worden gebracht welke kwetsbare en vitale functies risico lopen, en kan een inschatting worden gemaakt van de **economische en maatschappelijke schade**. Hierbij kan worden gedacht aan elektriciteitsvoorzieningen, communicatiemiddelen, drinkwatervoorzieningen en de bruikbaarheid van ziekenhuizen. Met behulp van lokale kennis en ervaring kan een inschatting worden gemaakt van de economische en maatschappelijke gevolgen van overstroming in het gebied in het noorden van de gemeente.

De **overlijdenskans als gevolg van overstroming** speelt een belangrijke rol in het Nederlandse waterveiligheidsbeleid. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het Lokaal Individueel Risico (LIR). Het LIR is de kans per jaar dat één persoon die zich op een bepaalde plaats bevindt, komt te overlijden als gevolg van een overstroming. De hoogte van het LIR wordt bepaald door de overstromingskans, waterdiepte, stijgsnelheid van het water en de evacuatiemogelijkheden. In 2050 moeten alle waterkeringen voldoen aan de maximaal toelaatbare overstromingskansen uit de Waterwet. Dit houdt in dat de kans op overlijden ten gevolge van overstromingen niet groter mag zijn dan 1/100.000 jaar.

Uit de analyse van de klimaateffectatlas blijkt dat in het zuiden van provincie Noord-Brabant zowel in het huidige klimaat als in het KNMI '14 klimaatscenario WH2050 geen Lokaal Individueel Risico is op overlijden als gevolg van overstroming.

4 WATEROVERLAST ALS GEVOLG VAN EXTREME NEERSLAG

Met het veranderende klimaat verandert ook het neerslagpatroon. In de meeste gevallen is de verwachte toename in 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 Bergeijk met betrekking tot wateroverlast zijn de volgende aspecten onderzocht: het veranderende neerslagpatroon, water op straat en grondwateroverlast. Met uitzondering van de water op straat analyse is gebruikt gemaakt van de analyses van de klimaateffectatlas.

4.1 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 tijdspanne valt (met name in de zomer) of dat het juist langdurige zware regenval is (met name in de herfst en winter).

Hoe kwetsbaar is de gemeente Bergeijk?

Vanuit de KNMI '14 klimaatscenario's huidig en WH2050 zijn de verwachte hoeveelheden neerslag voor de gemeente Bergeijk in Tabel 1 weergegeven. Te zien is dat in 2050 de verwachting is dat er circa 50mm meer neerslag valt.

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

	Huidig	WH 2050
Jaarlijkse neerslag	750-850mm	800-900mm

4.2 Water op straat

Wateroverlast door extreme neerslag kan op veel plaatsen lokaal optreden. Door de aanwezigheid van bebouwde, ondoorlatende oppervlakken kan water op veel plaatsen niet direct infiltreren in de bodem. Overtollig hemelwater wordt dan in veel gevallen afgevoerd via de riolering. Wanneer de maximale afvoercapaciteit van de riolering is bereikt blijft water op straat staan waar het voor overlast kan zorgen. Naar verwachting zal dit in de toekomst steeds vaker gebeuren.

Voor een analyse van de gevoeligheid van Bergeijk voor water op straat zijn de resultaten van de 44 mm neerslaggebeurtenis gebruikt. Voor de overlastlocaties zijn de 79 en 100 mm bui gebruikt om een doorkijk te geven naar nog extremere gebeurtenissen.

De methodebeschrijving van de water op straat analyse is weergegeven in Bijlage A. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in Bijlage D.

Hoe kwetsbaar is gemeente Bergeijk?

Onderstaand zijn per kern de locaties weergegeven die bij een neerslaggebeurtenis van 44mm gevoelig zijn voor wateroverlast. Hierbij is specifiek gelet op locaties waar water tegen de kwetsbare gebouwen is berekend, straten met de grootste waterdiepte, en onverharde vlakken omdat deze in de toekomst mogelijk nog ontwikkeld kunnen worden.

Kern Bergeijk

Van de gebouwen die als kwetsbaar gekenmerkt zijn (bijlage B) komen bij een neerslaggebeurtenis van 44mm op de volgende locaties water tegen de gebouwen: een garage aan de Stökskesweg, een gebouw met bijeenkomstfunctie aan de Ekkerstraat, een restaurant aan de Burgemeester Magneestraat en twee restaurants aan Hof, en een hotel aan Hof. Het water tegen de garage aan de Stökskesweg stroomt vanuit het kruispunt Ekkerstraat-Kennedylaan, via de Ekkerstraat, naar het zuidwesten. Het meeste water accumuleert vervolgens bij de rotonde Stökskesweg-Loo.

De straten met de grootste waterdiepte tussen de banden zijn de Kennedylaan en Blauw Hoef. De grote waterdiepte op de Kennedylaan wordt veroorzaakt door water wat vanuit het kruispunt Kennedylaan-Broekstraat, via de Kennedylaan naar het noorden stroomt. De waterdiepte op Blauw Hoef wordt veroorzaakt door water wat vanuit de straten Kleine Broekstraat, Herikstraat en Blauw Hoef stroomt. Deze drie straten komen bij elkaar en het effect is een trechter van stroombanen naar de Blauw Hoef waar het water accumuleert.

Terreinen binnen de kern die in de toekomst mogelijk worden ontwikkeld en waar nu bij een neerslaggebeurtenis van 44mm water komt te staan zijn: het terrein grenzend aan de Stökskesweg, Loo en Weebosserweg, het terrein aan de Meester Pankenstraat (stroomt vanuit de Domineestraat en de Kerkstraat), Kerkstraat en de Domineestraat, en het terrein aan de Hooge Berkt en de Beisterveldenweg.

Kern Luyksgestel

Van de gebouwen die als kwetsbaar gekenmerkt zijn komt bij een neerslaggebeurtenis van 44mm bij een gebouw met bijeenkomstfunctie aan de Hasselsestraat water tegen de gevel.

Straten waar zich water met een aanzienlijke diepte verzamelt zijn: Hoogeind, Mert, Zandkuil, Krommerweg, Zoeterbeemd, Kapellerweg, Hasselsestraat en de Verhoevenstraat. Het water stroomt vooral vanuit de Dorpsstraat richting het noorden waar het ook accumuleert. Vanuit bijna alle straten die kruisen met de Kapellerweg en Hasselsestraat stroomt water de desbetreffende twee straten op om daar te accumuleren. De Ridder van Dinterstraat is ook een punt van aandacht aangezien water van kruisende straten de Ridder van Dinterstraat opstroomt.

Terreinen binnen de kern die in de toekomst mogelijk worden ontwikkeld en waar nu bij een neerslaggebeurtenis van 44mm water komt te staan zijn: tussen de Kapeldijk en Boscheid, ter hoogte van de Lommelsedijk, het terrein tussen de Kapellerweg en de Dorpsstraat, het terrein tussen de Dorpsstraat ter hoogte van Doolhof, het terrein ten zuid-westen van Zoeterbeemd, het terrein ten oosten van de Verhoevenstraat, het terrein ten zuiden van de Dorpsstraat ter hoogte van de Dokter van Rummenstraat, het terrein grenzend aan de Dorpsstraat en de Kerkstraat en het terrein achter de Sint Martinuskerk.

Kern Riethoven

Van de gebouwen die als kwetsbaar gekenmerkt zijn komt bij een neerslaggebeurtenis van 44mm bij een restaurant aan de Dorpsstraat een minimale hoeveelheid water tegen de gevel.

Terreinen binnen de kern die in de toekomst mogelijk worden ontwikkeld en waar nu bij een neerslaggebeurtenis van 44mm water komt te staan zijn: het terrein tussen de Willibrodusstraat en Eind, het terrein aan weerszijden van De Voorthof, het terrein tussen de Boshovensestraat en de Dorpsstraat, het terrein tussen de Tonterstraat en de Dorpsstraat en het terrein tussen Dorpsplein en Hennepstraat.

Kern Walik

In de kern Walik zijn geen gebouwen als kwetsbaar gekenmerkt.

Terreinen binnen de kern die in de toekomst mogelijk worden ontwikkeld en waar zich bij een neerslaggebeurtenis van 44mm water verzamelt zijn: het terrein tussen de Schaiksedijk en Lijsterlaan en het terrein tussen de Vinklaan en Hobbel.

Kern Weebosch

Op basis van een 44mm neerslaggebeurtenis is in de kern Weebosch geen water tegen de gevels van kwetsbare gebouwen berekend.

In de straat Weebosch wordt binnen de kern relatief veel water berekend. Dit blijft grotendeel binnen of net buiten de banden. Het water stroomt op de Weebosch vanuit beide richtingen naar elkaar toe en vervolgens in noordelijke richting de desbetreffende straat af. Op de Kapelledries ontstaat de grootste waterdiepte op straat. Dit wordt veroorzaakt doordat water vanuit beide richtingen op de Kapelledries stroomt en vervolgens accumuleert.

Op het terrein dat ingesloten wordt door Weebosch en Kapelledries zijn nog onbebouwde gebieden waar zich relatief veel water verzamelt.

Kern Westerhoven

Van de gebouwen die als kwetsbaar gekenmerkt zijn komt bij een neerslaggebeurtenis van 44mm bij een garage aan de Boellebusseweg, en een restaurant aan de Dorpstraat een minimale hoeveelheid water tegen de gevel.

Op een aantal onbebouwde terreinen wordt veel water op straat berekend: het terrein tussen de Ekkerweg en Het Angelog, het terrein ten noorden van Lange Akkers, het terrein binnen Leemskuilen, een terrein tussen de Provincialeweg en de Hoevenstraat, in de bossen rondom de tennisbaan en het terrein tussen de Ekkerweg en de Esdoornstraat.

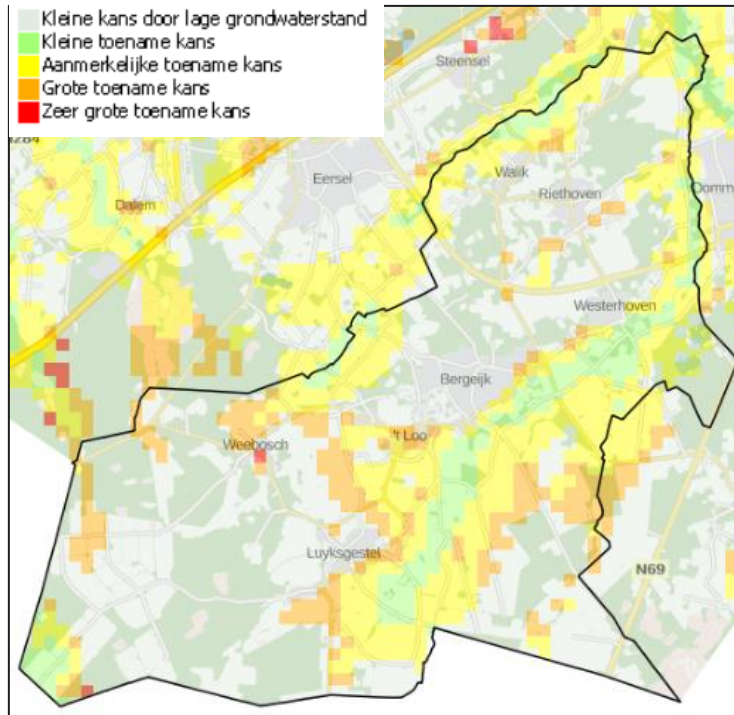
4.3 Grondwateroverlast

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.

Onderstaande kaart uit de klimaateffectatlas geeft op het niveau van de gemeente globaal aan in welke zones de kans op grondwateroverlast toeneemt. 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.

Hoe kwetsbaar is gemeente Bergeijk?

Uit de analyse van de klimaateffectatlas kan worden opgemaakt dat de kans op een toename in 2050 van grondwateroverlast voor het grootste gedeelte van het gebied geen, of slechts klein is. Slechts op een aantal locaties langs oppervlaktewateren de Keersop en de Run is er kans op een grote toename.



Figuur 5: Kans op toename grondwateroverlast tot 2050 (klimaat-effectatlas, september 2017)

5 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. Het warmst werd het op 26 juli in Arcen waar 38,2 graden werd gemeten, de op een na hoogste temperatuur die ooit in Nederland is vastgesteld. Er waren twee hittegolven en acht tropische dagen (30 graden en warmer), normaal zijn dat er twee. 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 Bergeijk 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, thermisch infraroodbeeld, opwarming van oppervlaktewater, kwetsbare groepen voor hitte. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van de klimaateffectatlas, met uitzondering van het thermisch infraroodbeeld van de satelliet.

5.1 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 anderen 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 Bergeijk?

In Tabel 2 is de verwachting van het KNMI voor de ontwikkeling van het aantal zomerse en tropische dagen weergegeven.

Tabel 2: Ontwikkeling zomerse en tropische dagen in de omgeving van gemeente Bergeijk

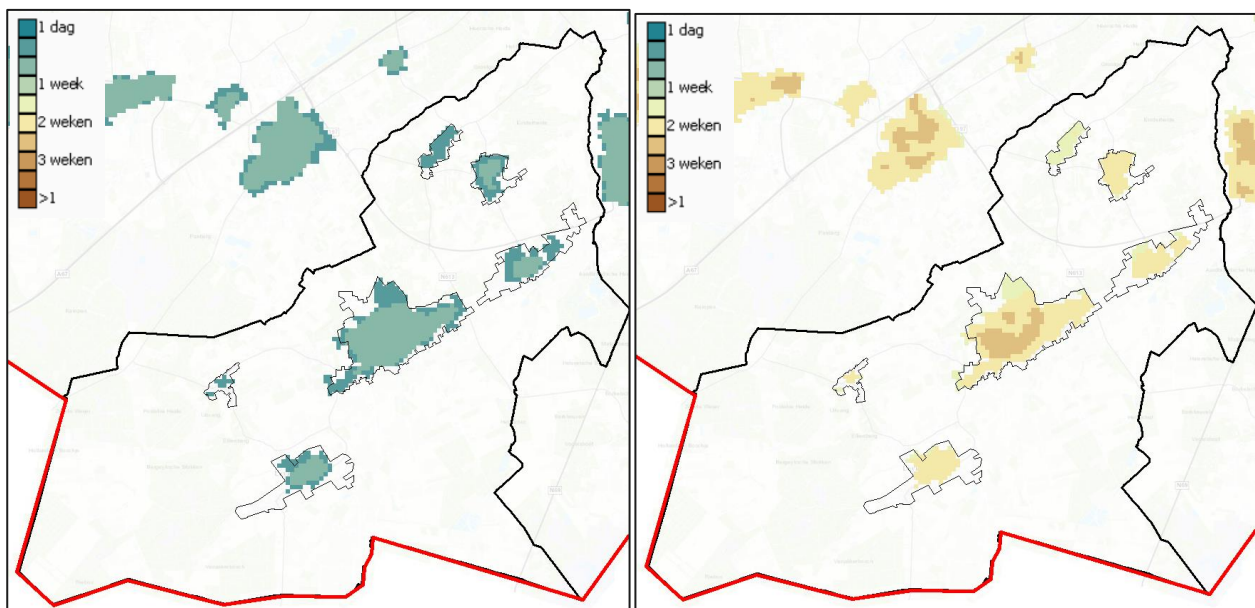
	Huidig	2050 WH Scenario
Aantal zomerse dagen (max. ≥ 25 °C)	30 - 40	40 - 50
Aantal tropische dagen (max. ≥ 30 °C)	3 - 6	12 - 15
Langste reeks opeenvolgende zomerse dagen	7 - 9	11 - 13

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.

5.2 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. De ontwikkeling van het aantal tropische nachten is weergegeven in Figuur 6. In buurten met veel verharding is minder groen aanwezig en verdamping aanwezig. 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 Bergeijk?



Figuur 6: Toename aantal tropische nachten / hittestress: huidig (links) en in 2050 (rechts) (klimaat-effectatlas, september 2017)

Het aantal tropische nachten per jaar ligt momenteel rond enkele dagen per jaar voor de kernen van gemeente Bergeijk. 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.

5.3 Thermisch infraroodbeeld

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. Daarbij moet wel in acht worden genomen dat de Landsat opname enkel de (ruwe) sensorwaarden bevat van de oppervlaktetemperatuur zoals gemeten door de satelliet. Het beeld is daarmee alleen geschikt om relatieve verschillen tussen warme en koude gebieden inzichtelijk te maken. 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.

Hoe kwetsbaar is gemeente Bergeijk?

In het gemeentelijke warmtebeeld is te zien dat in buiten de kernen een aantal akkers met hoge sensorwaarden naar voren komen. De oorzaak hiervan is vermoedelijk gelegen in het feit dat ten tijde van dat het satellietbeeld is ingevlogen er een aantal akkers braak lagen. Hierdoor is er weinig verdamping en warmt de bodem op. Ten opzichte van het landelijk gebied zijn in de kernen hogere sensorwaarden gemeten.

Kern Bergeijk

Met name het industrieterrein in de kern Bergeijk komt als warm naar voren. Hier is een hoog percentage verhard terrein, waardoor er minder verdamping plaatsvindt en de omgeving opwarmt. De thermisch infraroodwaarden tussen de Elshof en Nieuwstraat zijn lager. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een park. De verdamping die hiermee samengaat, heeft een verkoelend effect op de omgeving. De randen van de kern tonen ook lagere waarden dan in het centrum van de kern. Dit wordt veroorzaakt door een hoger percentage groen, dan wel lager percentage verharding. Een voorbeeld: rond de straat Loo komen lagere thermisch infraroodwaarden voor dan rond de Burgermeester Magneestraat. Uit het

analyseren van de luchtfoto blijkt dat er meer groen/minder verharding is rond Loo dan rond de Burgermeester Magneestraat.

Kern Luyksgesteel

Ten westen van de kern is er een gebied wat warm naar voren komt. Dit warme gebied wordt mogelijk veroorzaakt door braakliggende landbouwgrond ten tijde dat het satellietbeeld is ingevlogen. Naast het verwarmende effect van de landbouwgrond worden de koelere plekken veroorzaakt door de aanwezigheid van bomen. Dit wordt waargenomen ter hoogte van Doolhof, Kloostertuin en Prins van Luikstraat.

Kern Riethoven

Er komt een warm gebied voor ter hoogte van de Haverstraat. Dit wordt verklaard door de aanwezigheid van een aantal bedrijven wat gepaard gaat met een hoog percentage verharding. In tegenstelling tot dit warme gebied, komt in het westen een minder warm gebied voor. Na analyse van de luchtfoto blijkt dat hier een hoog percentage groen (bomen) aanwezig is.

Kern Walik

De thermisch infraroodwaarden in de kern Walik zijn lager dan de waarden buiten de kern. Na analyse van de luchtfoto blijkt dat er veel groen (bomen) aanwezig is binnen de kern. Buiten de kern komt landbouwgrond voor. Landbouwgrond heeft een minder verkoelend effect dan bomen en dit effect verklaard de minder warme gebieden binnen de kern.

Kern Weebosch

In en ten oosten van de kern Weebosch komt een relatief warm gebied voor. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van braakliggende landbouwgrond. In het westen komt daarentegen een minder warm gebied voor. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een bos. Zowel het warme als het koude gebied hebben invloed binnen de kern.

Kern Westerhoven

In het westen van de kern worden twee relatief minder warme gebieden waargenomen, ter hoogte van de Westerhovense Tennis Club en aan de westzijde van de Aarperstraat. De Westerhovense Tennis Club heeft veel groen (bomen) rond de tennisbaan wat een verkoelend effect heeft. Ten westen van de Aarperstraat is ook meer groen aanwezig. In het noordoosten van de kern komen twee warme gebieden voor, één ten westen van de Zandstraat en één ten oosten van deze zelfde straat. Voor beide gebieden is de verklaring de aanwezigheid van een aantal bedrijven. Dit resulteert in een hoog percentage verharding wat een verwarmend effect op de omgeving heeft.

5.4 Opwarming oppervlaktewater

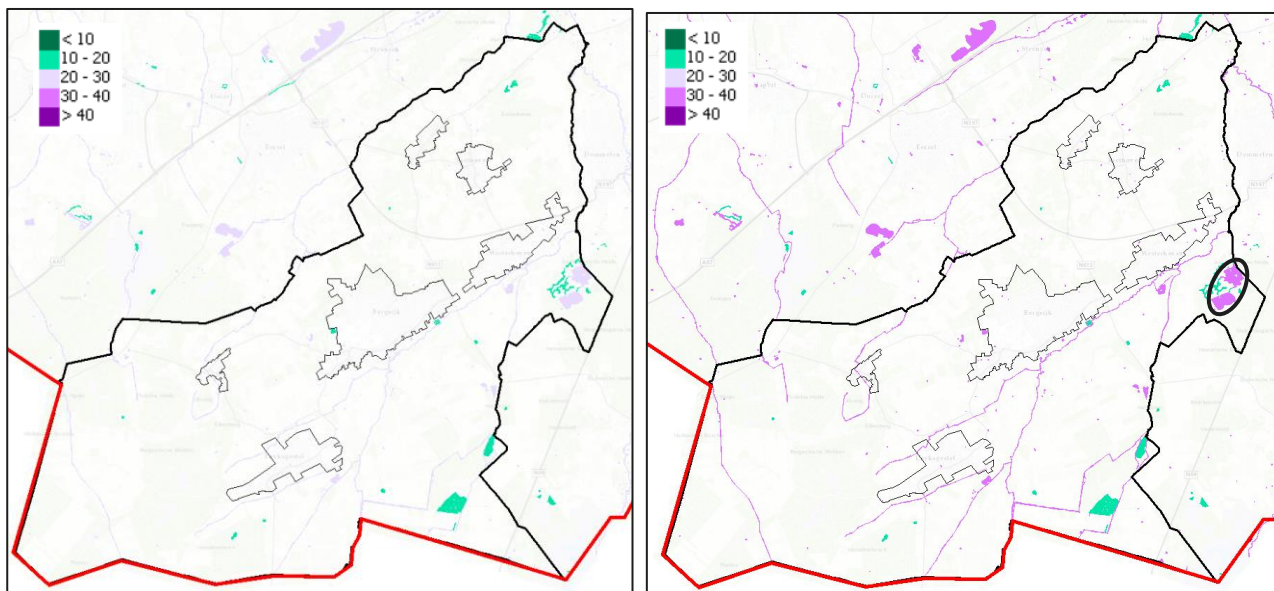
Een toename van zomerse en tropische dagen heeft gevolgen voor het oppervlaktewater. Tijdens langdurig warme periodes kan met name stilstaand oppervlaktewater sterk opwarmen. Ook bij langdurige droogte verdampt veel water, neemt het volume af en warmt water sneller op. Dit kan nadelige effecten hebben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

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

Hoe kwetsbaar is de gemeente Bergeijk?

In Figuur 7 is de opwarming van het oppervlaktewater in de gemeente weergegeven met een doorkijk naar 2050.



Figuur 7: Langste opeenvolgende reeks dagen met oppervlaktewater > 20 °C; huidig (boven) en in 2050 (onder) (klimaat-effectatlas, september 2017)

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

5.5 Kwetsbare groepen voor hitte

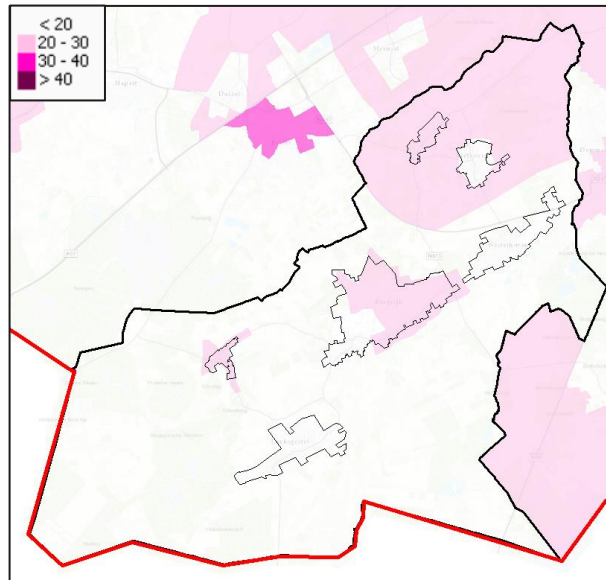
Of er hittestress ervaren wordt is sterk afhankelijk van de lokale kwetsbaarheid. Gebieden met slecht geïsoleerde woningen en kwetsbare groepen zijn gevoeliger voor hittestress. Onder kwetsbare groepen vallen ouderen, baby's maar ook mensen met overgewicht en/of met hart- of broekddrukproblemen. Tijdens hittegolven neemt de sterfte toe met ongeveer 12%. De meest gevoelige mensen voor hittegerelateerde ziekten en sterfte zijn ouderen boven de 75 en chronisch zieken, met name als zij hart-, ademhaling- en nieraandoeningen hebben (Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie).

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van het kaartbeeld van de klimaat-effectatlas. Deze kaart toont het percentage inwoners per buurt die 65 jaar of ouder zijn (gebaseerd op CBS-gegevens uit 2016). Mensen met overgewicht of met hart- of bloeddrukproblemen zijn niet meegenomen in deze analyse omdat van hen de ruimtelijke spreiding niet inzichtelijk is.

Hoe kwetsbaar is gemeente Bergeijk?

Figuur 8 laat zien op welke locaties in gemeente Bergeijk veel ouderen wonen. Uit de kaart kan worden opgemaakt dat met name in de kernen Bergeijk, Walik en Weebosch, en in het noorden van de gemeente 20 tot 30% van de inwoners 65-plusser is. Deze bevolkingsgroep is kwetsbaarder voor hitte.

De mate van isolatie van gebouwen, de klimaatbeheersing binnen gebouwen, en het menselijk gedrag van omgaan met hitte niet is meegenomen in deze analyse.

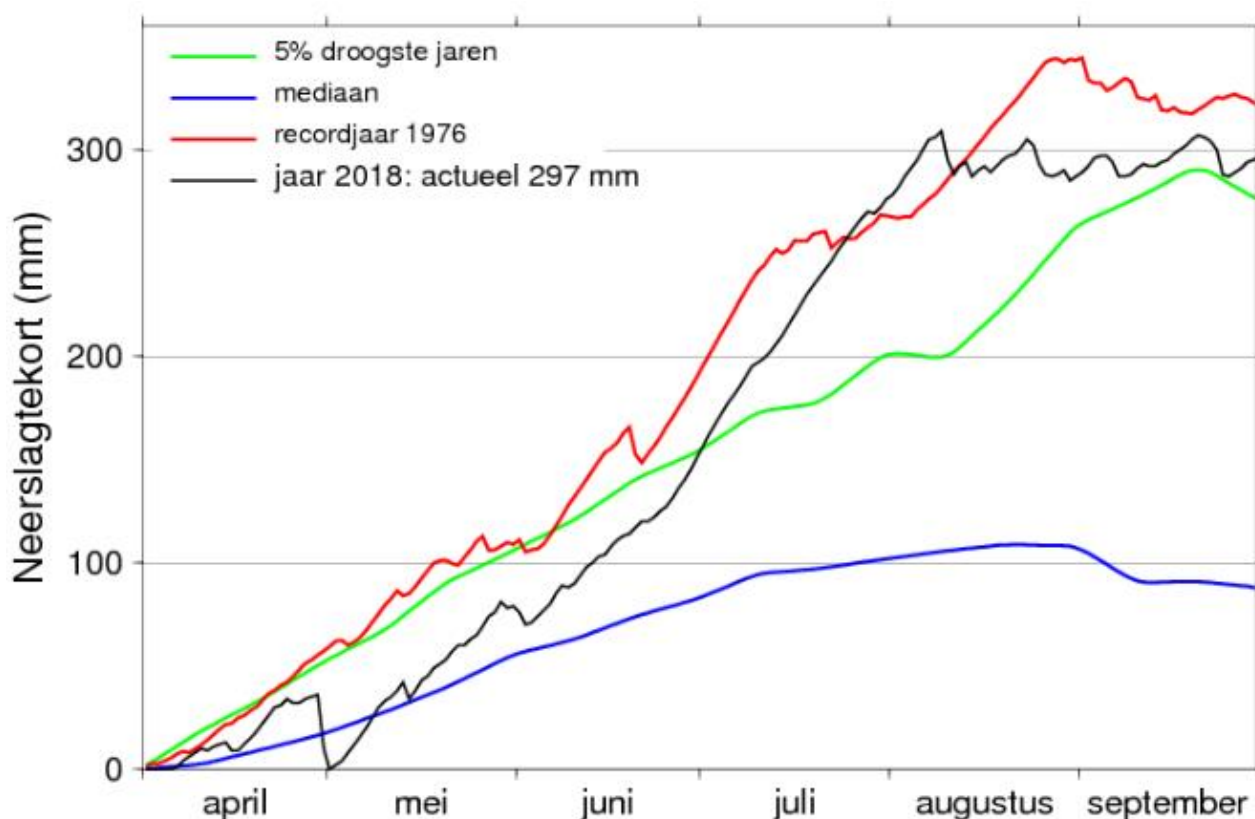


Figuur 8: Percentage ouderen (65+) per buurt (klimaat-effectatlas, september 2017)

6 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. Er is sprake van een neerslagtekort wanneer er een negatief verschil is tussen het aantal mm verdamping en het aantal mm neerslag in een bepaalde periode. 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. Ook in onderstaande afbeelding is te zien dat 2018 vanaf juli tot in ieder geval september bij de 5% droogste jaren behoort.



(c) KNMI, bijgewerkt 2018-10-02, 17:17 UT

Figuur 9: Neerslagtekort in Nederland in 2018. Landelijk gemiddelde over 13 stations. Bron: KNMI

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.

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. Ook in het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (zie ook Figuur 1 uit Manifest Klimaatbestendige stad, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering).

De kwetsbaarheid van Bergeijk voor droogte is in kaart gebracht door de (ontwikkeling van de) volgende aspecten te bekijken: grondwater in relatie tot vegetatie en funderingsschade door paalrot. Daarnaast is middels de klimaateffectatlas ook zichtelijk gemaakt wat het neerslagtekort voor de gemeente is en wat de gevoeligheid voor bodemdaling en zetting is.

6.1 Vegetatie

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 gevoelig zijn voor verdroging met betrekking tot vegetatie, is gebruik gemaakt van zowel de grondsoorten, de maaiveldhoogte en de grondwaterstand. Verdere informatie over de methodologie is beschreven in bijlage A.

Hoe kwetsbaar is gemeente Bergeijk?

Omdat de hoofdklassificering van bodemsoorten in Bergeijk zand en een klein aandeel veen is, is de grens van de grondwaterstand voor de droogtegevoeligheid 3 meter onder maaiveld. Lokaal kunnen andere bodemsoorten voorkomen die gevoeliger voor droogte zijn. Gemiddeld laagste grondwaterstanden dieper dan 3 meter onder maaiveld worden als gevoelig voor droogte gekenmerkt.

Het is echter zeer locatiespecifiek of vegetatie ook daadwerkelijk stress ervaart, omdat afhankelijk van het gewassoort en locatie vegetatie zich soms in meer of mindere mate aan kan passen aan de omstandigheden. Hieronder volgen daarvan een aantal voorbeelden:

In het buitengebied kan vegetatie soms over meer ruimte beschikken zodat het in tijden van van droogte breder kan wortelen om alsnog over voldoende bodemvocht te beschikken.

Wanneer in verband met voedselproductie in de landbouw echter de vegetatiedichtheid hoog is leidt breder wortelen in tijden van waterschaarste wegens concurrentie niet direct tot een hogere beschikbaarheid aan bodemvocht. De vegetatie is dan afhankelijker van capillaire opstijging vanuit het grondwater.

In stedelijk gebied is er veelal minder ruimte aanwezig om breed te wortelen en is vegetatie afhankelijker van capillaire opstijging vanuit het grondwater.

De analyse is gedaan op basis van bodemsoort en grondwaterstand. Gewasspecifieke eigenschappen en ruimtebeschikbaarheid zijn hierin dus niet meegenomen.

In bijlage E zijn op zowel kern- als gemeenteniveau de ontwatering en het verdrogingsrisico op kaart weergegeven.

Uit de resultaten blijkt dat met name vegetatie op de ten opzichte van de omgeving relatief hoger gelegen gronden risico loopt op verdroging, waarvan de grotere gebieden hieronder zijn uitgelicht:

- Het gebied ten zuidwesten van Weebosch en Luyksgestel
- Een zuidwest-noordoost georiënteerde strook langs door het noorden van kern Bergeijk, in twee armen splitsend waarvan een langs de noordzijde van Westerhoven en een langs Walik en Riethoven.

6.2 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 Bergeijk?

Uit de modelresultaten (2014) van KNMI klimaatscenario WH kan worden opgemaakt dat het potentieel 10-jarig neerslagtekort momenteel 210-270 mm bedraagt en kan oplopen tot 300-330 mm in 2050. Dit heeft nadelige gevolgen voor de beschikbaarheid van water (o.a. voor landbouw) en de waterkwaliteit.

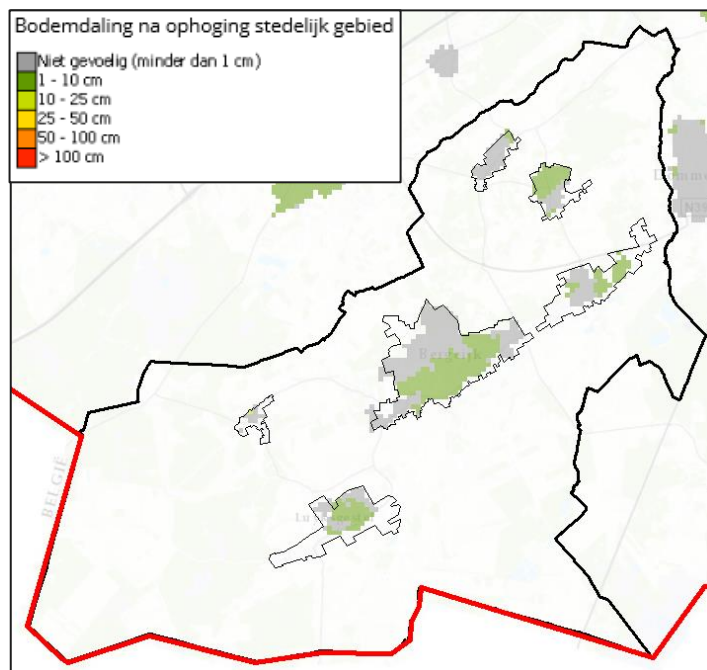
6.3 Bodemdaling, zettingsgevoeligheid en funderingsschade

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 kleeft bij houten paalfunderingen kan ontstaan. Bij negatieve kleeft 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).

Uit de analyseresultaten in de klimateffectatlas wordt zowel in het huidige klimaat als in KNMI '14 klimaatscenario 2050WH geen bodemdaling in de gemeente Bergeijk verwacht.

In gebieden waar slappe grond voorkomt, bestaat kans op bodemdaling (**zetting**) na ophoging met zand of andere materialen. In nieuwe stedelijke gebieden vindt ophoging plaats in het kader van het bouwrijp maken van een gebied. In bestaande stedelijke gebieden kan worden opgehoogd om eerdere daling te compenseren. Bodemdaling vindt voornamelijk plaats in de eerste maanden tot jaren na de ophoging, maar restzettingen kunnen over langere periodes (decennia) optreden. In gebieden met dikke pakketten veen en klei treedt er forse zetting op. Dergelijke zettingen zijn vaak aanleiding voor nieuwe ophoging, waardoor het proces van bodemdaling verder versnelt door de toegenomen belasting. Het proces van bodemdaling door ophoging is niet afhankelijk van klimaatverandering.

De zettingsgevoeligheid is in Figuur 10 gevisualiseerd door de bodemdaling van een fictieve situatie door te rekenen waarbij een zandpakket van 1 meter dikte is aangebracht bovenop de bestaande ondergrond.



Figuur 10: Zettingsgevoeligheid (klimateffectatlas, september 2017)

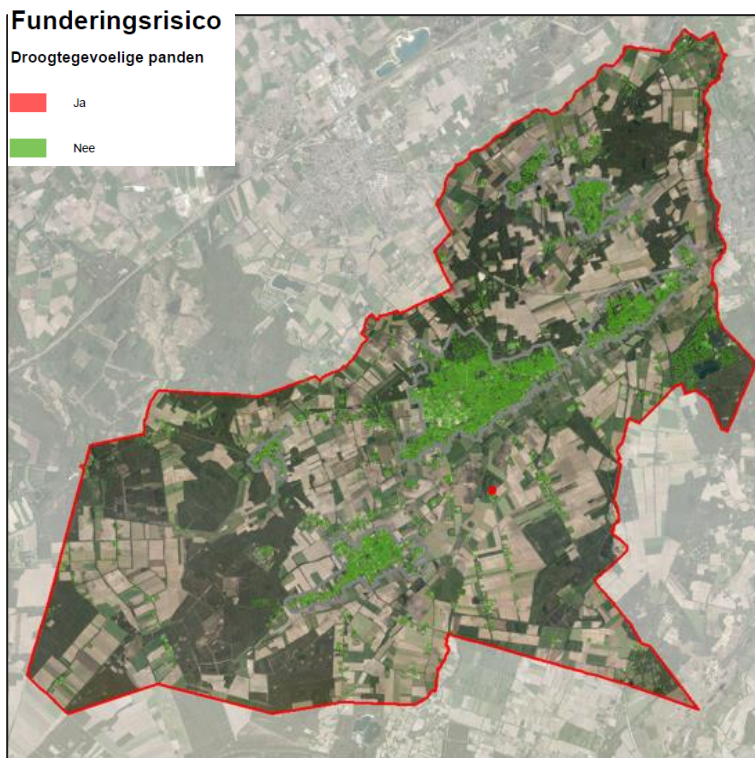
Hierin is zichtbaar dat de bodem van het stedelijke gebied na ophoging met een meter zand tot 10 cm kan dalen.

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.

In bijlage E zijn op zowel kern- als gemeenteniveau de ontwatering en het verdrogingsrisico op kaart weergegeven.

De voornaamste bodemsoort in de gemeente Bergeijk is zand, op uitzondering van een paar veenvlekken. In deze venige gebieden staat 1 pand met een bouwjaar van voor 1950 (zie rode stip in Figuur 11). Op basis van de aannamen in de analyse komt dit pand naar voren als mogelijk gevoelig voor funderingsschade. Bij de analyse is niet apart rekening gehouden met de effecten van klimaatverandering.



Figuur 11: Mogelijk funderingsschade door paalrot

7 SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Deze klimaatstresstest geeft een eerste indicatie van de kwetsbaarheid van gemeente Bergeijk voor de vier klimaatrisico's (overstroming, wateroverlast, hitte, droogte). In paragraaf 7.1 is een overzicht van de uitkomsten van de stresstest gegeven. In paragraaf 7.2 zijn de belangrijkste uitkomsten in een overzichtskaart weergegeven, en in paragraaf 7.3 is een aanzet gegeven voor vervolgstappen.

7.1 Samenvatting uitkomsten klimaatstresstest

De belangrijkste uitkomsten van de stresstest zijn hieronder samengevat per thema.



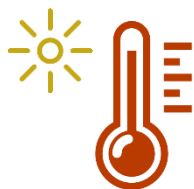
Overstromingen

- De plaatsgebonden overstromingskans is 0
- De waterdiepte in het geval van een overstroming varieert tussen 0 en 0,5m
- Het overlijdensrisico als gevolg van overstroming is 0



Wateroverlast

- Intensiteit buien neemt tot 2050 met 12-25%
- De jaarlijkse neerslag neemt in klimaatscenario WH2050 met circa 6% toe
- Delen van de gemeente Bergeijk worden hierdoor kwetsbaarder voor hemelwateroverlast
- De grondwateroverlast neemt op een paar locaties toe



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 weken per jaar in 2050
- Het oppervlaktewater warmt op, mogelijk met waterkwaliteitsproblemen tot gevolg
- Differentiatie binnen de kernen ontstaat met name door de aan- of afwezigheid van vegetatie en verschil in de verhardingsgraad.

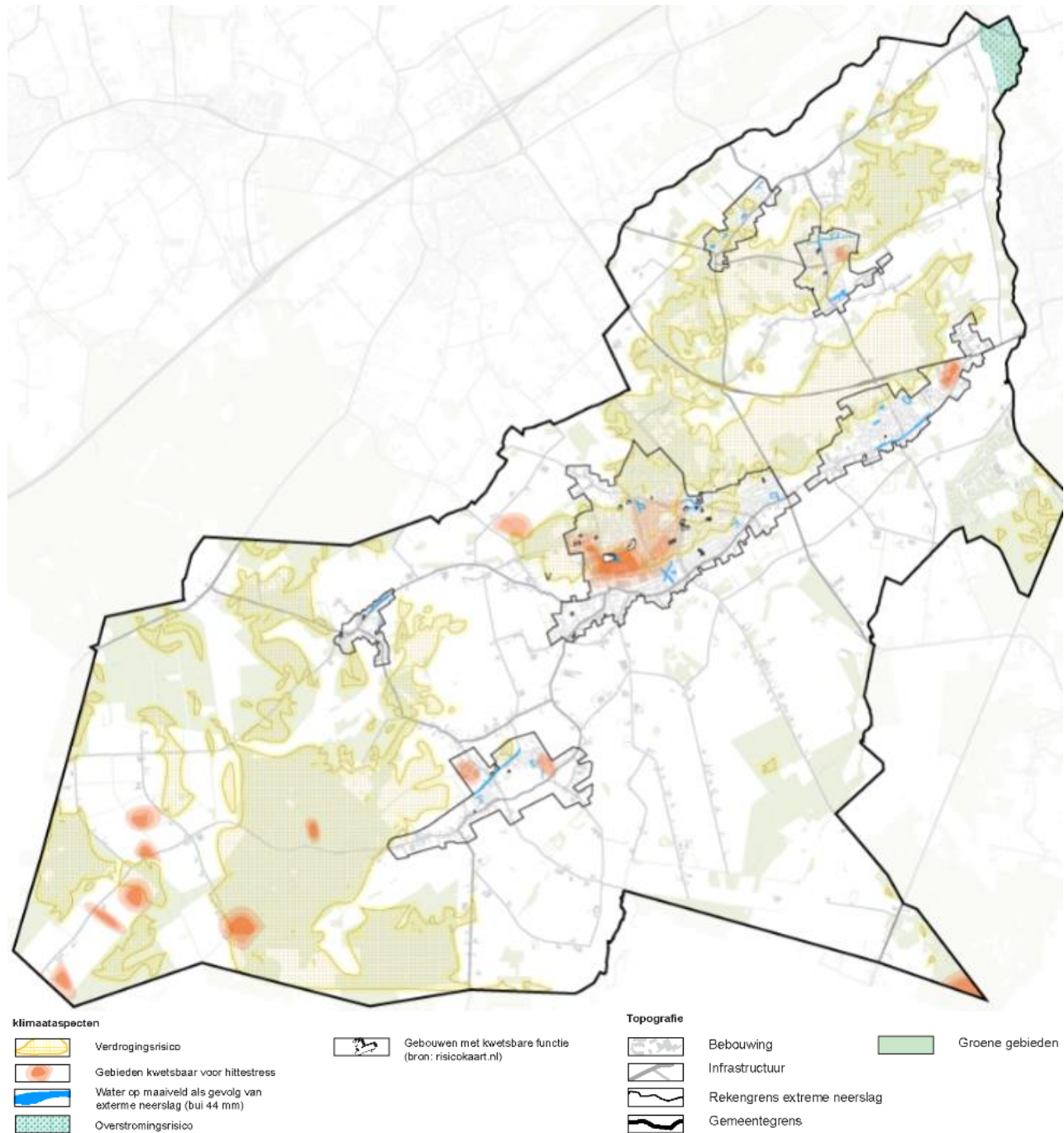


Droogte

- In met name twee gebieden is de vegetatie gevoelig voor verdroging als gevolg van lage grondwaterstanden
- Het neerslagtekort stijgt van 210-270 mm naar 300-330 mm in 2050
- Bergeijk is niet gevoelig voor bodemdaling, maar na ophoging van 1m zand is de verwachting dat stedelijk gebied als gevolg hiervan tot circa 10cm kan zakken
- Bergeijk is nagenoeg niet gevoelig voor het optreden van funderingsschade als gevolg van paalrot.

7.2 Verzamelkaart aandachtsgebieden

De locaties van de belangrijkste aandachtspunten uit de stresstest zijn hieronder per klimaatthema weergegeven op de kaart van gemeente Bergeijk.

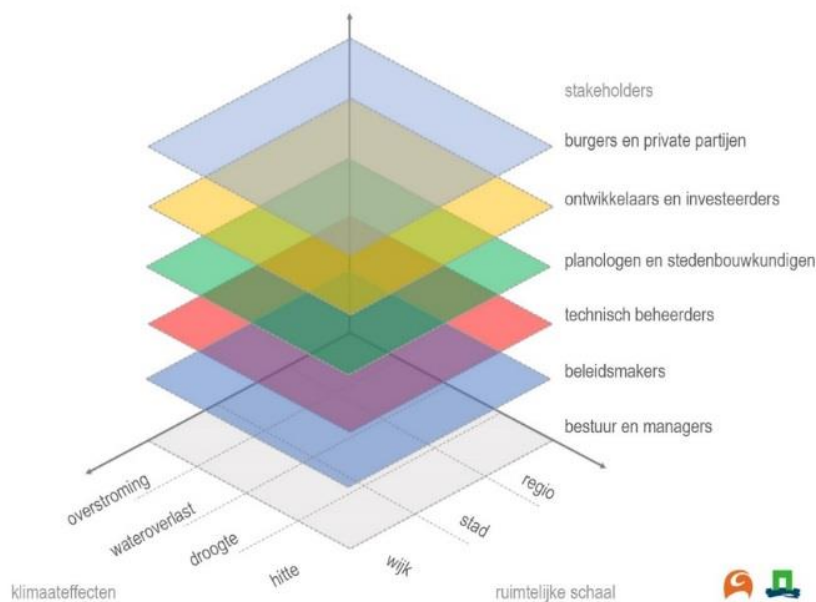


Figuur 12: Verzamelkaart aandachtsgebieden

7.3 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 uitvoeringsagenda in 2020.

Onderstaande activiteiten kunnen worden ondernomen om ambitie 1 (kwetsbaarheden in beeld brengen) verder aan te scherpen en ter voorbereiding op ambitie 2 (risicodialogo voeren en strategie opstellen):



Figuur 13: Selectiematrix voor (klimaat)kerngroep

Richting bewustwording, agendering en prioritering

De uitkomsten van de stresstest dienen te worden geverifieerd (stap 1b van ambitie één Deltaplan) middels gesprekken met interne en externe stakeholders. Het doel hiervan is om de lokaal en regionaal aanwezige kennis te benutten, maar ook om de bewustwording op de klimaat effecten bij collega's en externen te vergroten. Door de uitkomsten gezamenlijk te bespreken ontstaat een betrouwbaarder en breder gedragen uitkomst van de kwetsbaarheden.

Na invulling van stap 1b ontstaat het definitieve beeld van de kwetsbaarheid van de gemeente Bergeijk en is ook duidelijk waar in de volgende stappen prioriteit gelegd moet worden. Bepaalde klimaat effecten zullen namelijk hoger scoren in de kwetsbaarheidsanalyse dan anderen.

Aan de hand van de uitkomst dient er te worden aangestuurd op een (bestuurlijke) agendering om de focus en vervolgstappen voldoende in te bedden.

Richting het voeren van risicodialogen

Met het bestuurlijk commitment aan de agenda klimaatadaptatie kan er naar een uitvoeringsagenda worden toegewerkt. Een belangrijke volgende stap is de risicodialoog. 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.

Ambitie 2



**Risicodialoog voeren
en strategie opstellen**

Samenvattend zijn dit de volgende stappen:

- Inventariseren stakeholders
- Analyse stakeholders
- Selectie risicodialogen
- Definitie risicodialogen, inclusief stakeholderselectie

- Voeren risicodialogen

Het selecteren van de te voeren risicodialogen dient met extra zorgvuldigheid te gebeuren. Er zijn namelijk vele insteken, stakeholdergroepen en belangen die bij een klimaataspect een rol kunnen spelen. De selectie dient derhalve bij voorkeur te gebeuren met een (klimaat)kerngroep waarbij gebruik gemaakt kan worden van de selectiematrix in Figuur 13.

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

BIJLAGEN

- Bijlage A: Methodebeschrijving kwetsbaarheidsanalyses
- Bijlage B: Kwetsbare locaties
- Bijlage C: Overstromingsrisico
- Bijlage D: Resultaten wateroverlast
- Bijlage E: Resultaten droogte
- Bijlage F: Resultaten hittestress
- Bijlage G: Verzamelkaart aandachtslocaties

Bijlage A Methodebeschrijving kwetsbaarheidsanalyses

Hieronder zijn voor de klimaataspecten overstroming, wateroverlast, hitte, en droogte de gevolgde analysemethoden beschreven.

OVERSTROMING

Voor de opgenomen resultaten opgenomen onder overstroming is gebruik gemaakt van de klimaateffectatlas.

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 Bergeijk gebouwd. Door middel van dit model zijn stroming en waterdieptes bij verschillende neerslagsituaties 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 met de volgende drie fictieve buien van één uur:

- 44 mm. De bui van 13 juni 1953 de grootste uursom die tot 2014 in De Bilt is geregistreerd.
- 79 mm. Op 28 juni 2011 is door het KNMI-station Herwijnen 79 mm binnen één uur geregistreerd. Dit is de hoogste uursom die tot 2014 door een KNMI neerslagstation is geregistreerd.
- 100 mm. Deze hoeveelheid is op basis van expert judgement als meest extreme toetsbui gekozen.

Het model is binnen één 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. Door deze resultaten samen met de kwetsbare objecten en belangrijke ontsluitingsroutes weer te geven is een overzicht gecreëerd van gevoelige gebieden in combinatie met de urgentie om maatregelen te nemen.

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 om op basis van sensorwaarden 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. Het beeld is daarmee alleen geschikt om relatieve verschillen tussen warme en koude gebieden inzichtelijk te maken. Voor een beeld van de absolute temperatuur in graden Celsius zou een (vergaande) kalibratie op basis van veldmetingen nodig zijn.

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.

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. Deze zijn hieronder verder toegelicht.

Vegetatie-analyse

Om inzichtelijk te maken welke gebieden gevoelig zijn voor verdroging met betrekking tot vegetatie, is gebruik gemaakt van zowel de grondsoorten, de maaiveldhoogte en de grondwaterstand.

Vegetatie is afhankelijk van de aanlevering van vocht uit neerslag en/of grondwater. Wanneer er geen neerslag valt in droge perioden is vegetatie afhankelijk van vochtlevering uit het grondwater door capillaire nalevering. De mate van capillaire nalevering verschilt per grondsoort, en wordt mede beïnvloed door de hoogte van de grondwaterstand. De gehanteerde waarden zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Ondergrens capillaire nalevering per grondsoort

GW-stand	Capillaire nalevering per grondsoort o.b.v. vegetatietype gras		
	Veengronden	Zandgronden	Kleigronden
2 m-mv	0,7 mm/dag	0,5 mm/dag	0,1 mm/dag
3 m-mv	0,1 mm/dag	0,1 mm/dag	0,0 mm/dag
4 m-mv	0,0 mm/dag	0,0 mm/dag	0,0 mm/dag

Er is gebruikt gemaakt van AHN2 maaivelddata in combinatie met de isohypsen berekend uit de gegevens van DINOloket en het gemeentelijke grondwatermeetnet van de gemeente Bergeijk. De ontwatering op een gegeven locatie is dan het verschil tussen het maaiveld en de (geïnterpoleerde) isohypsen.

Uit Tabel 3 valt af te lezen dat vegetatie bij kleigronden met een grondwaterstand dieper dan 2 meter geen vocht meer toegediend krijgt vanuit het grondwater via capillaire nalevering. Locaties op kleigronden met grondwaterstanden dieper dan 2 meter onder maaiveld zijn als “verdrogingsrisico” aangereikt. Locaties op zand- en veengronden krijgen dit label wanneer de grondwaterstand lager is dan 3 meter onder maaiveld.

Funderingsschade

Houten paalfunderingen zijn voornamelijk voor 1950 toegepast en worden over het algemeen alleen gebruikt op klei- en veengronden (SPFN, BVFP, 2006). Panden die voor 1950 gebouwd zijn op klei- en veengronden zijn dus kwetsbaar voor paalrot wanneer er een daling van het grondwater plaatsvindt. De grondsoort en het bouwjaar vormen dan ook de criteria van deze parameter. Op basis hiervan kan vastgesteld worden of er panden zijn die worden gefundeerd door houten palen. Vervolgens kunnen deze kwetsbare panden aangewezen worden.

Bijlage B Kwetsbare objecten

Bijlage C Overstromingsrisico

Bijlage D Resultaten wateroverlast als gevolg van extreme neerslag

Bijlage D1 Kernkaarten maximale waterdiepte 44mm

Bijlage D2 Kernkaarten maximale waterdiepte 79mm

Bijlage D3 Kernkaarten maximale waterdiepte 100mm

Bijlage D4 Kernkaarten stroombanen 44mm

Bijlage D5 Kernkaarten stroombanen 79mm

Bijlage D6 Kernkaarten stroombanen 100mm

Bijlage E Resultaten droogte

Bijlage E1 Kernkaarten funderingsrisico en verdrogingsrisico

Bijlage E2 Gemeentekaart ontwatering

Bijlage E3 Gemeentekaart verdrogingsrisico

Bijlage F Resultaten hittestress

Bijlage F1 Gemeentekaart thermisch infraroodbeeld

Bijlage F2 Kernkaarten thermisch infraroodbeeld

Bijlage G Verzamelkaart aandachtslocaties

