

TOELICHTENDE NOTITIE KAARTMATERIAAL KLIMAATSTRESSTEST

Regio Hart van Brabant

7 FEBRUARI 2020

Contactpersonen

BAS BIERENS
Hoofd adviesgroep stedelijk water
en klimaatadaptatie

T +31 (0) 650736783
E bas.bierens@arcadis.com

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

TETJE HENSTRA
Specialist stedelijk water en
klimaatadaptatie

T +31 615876322
E tetje.henstra@arcadis.com

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

INHOUDSOPGAVE

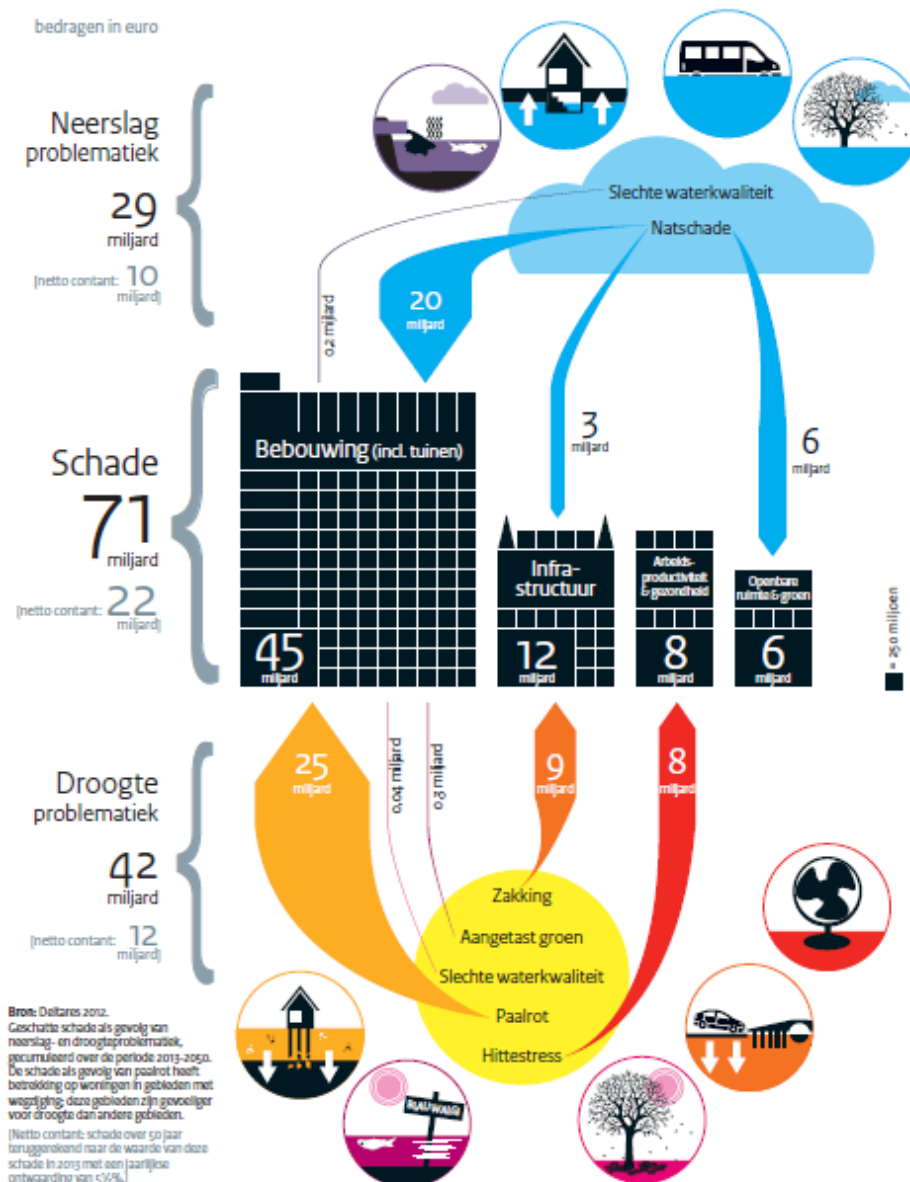
1	INLEIDING	4
1.1	Het klimaat verandert	4
1.2	Verantwoording	5
1.3	Leeswijzer	6
2	WATEROVERLAST	7
2.1	Introductie	7
2.2	Methodiek	7
2.3	Resultaten	9
3	DROOGTE	12
3.1	Introductie	12
3.2	Methodiek	13
3.3	Resultaten	14
4	HITTE	18
4.1	Introductie	18
4.2	Methodiek	18
4.3	Resultaten	18
5	OVERSTROMING	21
5.1	Introductie	21
5.2	Methodiek	21
5.3	Resultaten	22
6	SAMENVATTING KWETSBARE LOCATIES	24
	Bijlagen	
	COLOFON	34

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 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. 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 klimaatadaptatie-strategie 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. Klimaatdialog (voorheen risicodialog) voeren en strategie opstellen
3. Uitvoeringsagenda opstellen
4. Meekoppelkansen benutten
5. Stimuleren en faciliteren
6. Reguleren en borgen
7. Handelen bij calamiteiten



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.

Het voor de regio Hart van Brabant verrichtte onderzoek 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 klimaatthema's: **wateroverlast, droogte, hitte, en overstroming**.

Het doel van de eerste ambitie is om via een eerste, volledige en eenduidige, analyse het inzicht en de bewustwording bij gemeenten en waterschappen 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.

Invloed van klimaatverandering op sectoren

In de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) zijn negen sectoren beschreven waarop klimaatverandering effect kan hebben:

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

Een tiende sector is op het moment van schrijven in ontwikkeling: de gebouwde omgeving.

In deze notitie en het kaartmateriaal zijn geen analyses gemaakt van de gevolgen van klimaatverandering op deze sectoren. Dit is wel van belang in (de afweging van) de dialogen. Eental vragen die in dit proces van belang zijn zijn bijvoorbeeld: worden de knelpuntlocaties zoals berekend in de wateroverlast-, droogte-, overstromings- en hitte-analyses als knelpunt ervaren? Wordt verwacht dat op deze locaties in de toekomst overlast gaat optreden of kansen zullen ontstaan? Wat betekent klimaatverandering voor de functie van dit gebied? Wat willen we, welke normen streven we na, en hoe bewerkstelligen we dit?

Bouwstenen

Naast de Klimaatonderlegger is deze notitie en het bijbehorende kaartmateriaal input voor de volgende stappen van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie: klimaatdialoog voeren en strategie opstellen.

1.3 Leeswijzer

In deze notitie zijn de effecten van klimaatverandering voor de regio Hart van Brabant toegelicht. In hoofdstuk 2 t/m 5 is in gegaan op de kwetsbaarheid van de 4 klimaatthema's:

- Wateroverlast
- Droogte
- Hitte
- Overstroming

Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de locaties die potentieel het meest kwetsbaar zijn voor de effecten van klimaatverandering en een doorkijk naar het vervolg.

2 WATEROVERLAST

2.1 Introductie

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 dan kan daar mogelijk wateroverlast ontstaan.

Door de intensievere neerslag 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.

2.2 Methodiek

Voor het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de regio Hart van Brabant met betrekking tot wateroverlast zijn reeds bestaande analyses van gemeenten verzameld. In verband met een verschil in beschikbare gegevens tussen de gemeenten zijn twee typen analyses toegepast.

Wateroverlastanalyse op basis van hydraulisch (riool)model

Met gebruik van hydraulische rekenmodellen is de riolering doorgerekend en is met behulp van een maaiveldmodel inzichtelijk gemaakt welke delen van het bebouwde gebied overstromen en wat de waterdiepte op deze locaties is. De waterdiepte is vanaf 0,05 m diepte ruimtelijk weergegeven.

Deze analyses geven inzicht in de locaties waar in de bebouwde omgeving water op straat ontstaat als gevolg van een bui van 70 mm in één uur. Dit is een gestandaardiseerde neerslaggebeurtenis afkomstig uit de bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie. In het huidige klimaat heeft deze neerslaggebeurtenis een herhalingsstijd van eens in de 200 jaar. In het KNMI-klimaatscenario WH2050 is de herhalingsstijd van deze neerslaggebeurtenis gehalveerd naar eens in de 100 jaar.

Deze analyse is toegepast bij de volgende gemeenten:

- Tilburg
- Dongen
- Heusden
- Goirle
- Gilze-Rijen: in deze analyse is ook het landelijk gebied meegenomen. Niet bekend is of het rioleringsmodel is meegenomen in de berekening.
- Waalwijk: in deze analyse is ook het landelijk gebied meegenomen. Niet bekend is of het rioleringsmodel is meegenomen in de berekening.

Wateroverlastanalyse op basis van de Klimaateffectatlas

Voor de gemeenten die op het moment van schrijven niet over deze analyseresultaten beschikken zijn de resultaten van de Klimaateffectatlas meegenomen. Dit betreft een versie die op 11 september 2017 is gepubliceerd. De kaart uit de Klimaateffectatlas geeft een indicatie van de maximale waterdiepte die op een plek kan optreden als gevolg van kortdurende intense neerslag. Voor de modellering is een bui gebruikt van 70 mm in twee uren. In het huidige klimaat komt deze bui circa 1 keer in de 100 jaar voor. Er is in deze analyse geen riolering meegenomen. Het uitgangspunt is dat het water over maaiveld gaat stromen omdat de riolering volledig gevuld is en geen water meer afvoert. De kaart is ontwikkeld door Deltares.

Deze analyse is toegepast bij de volgende gemeenten:

- Loon op Zand
- Oisterwijk
- Hilvarenbeek
- Haaren

2.3 Resultaten

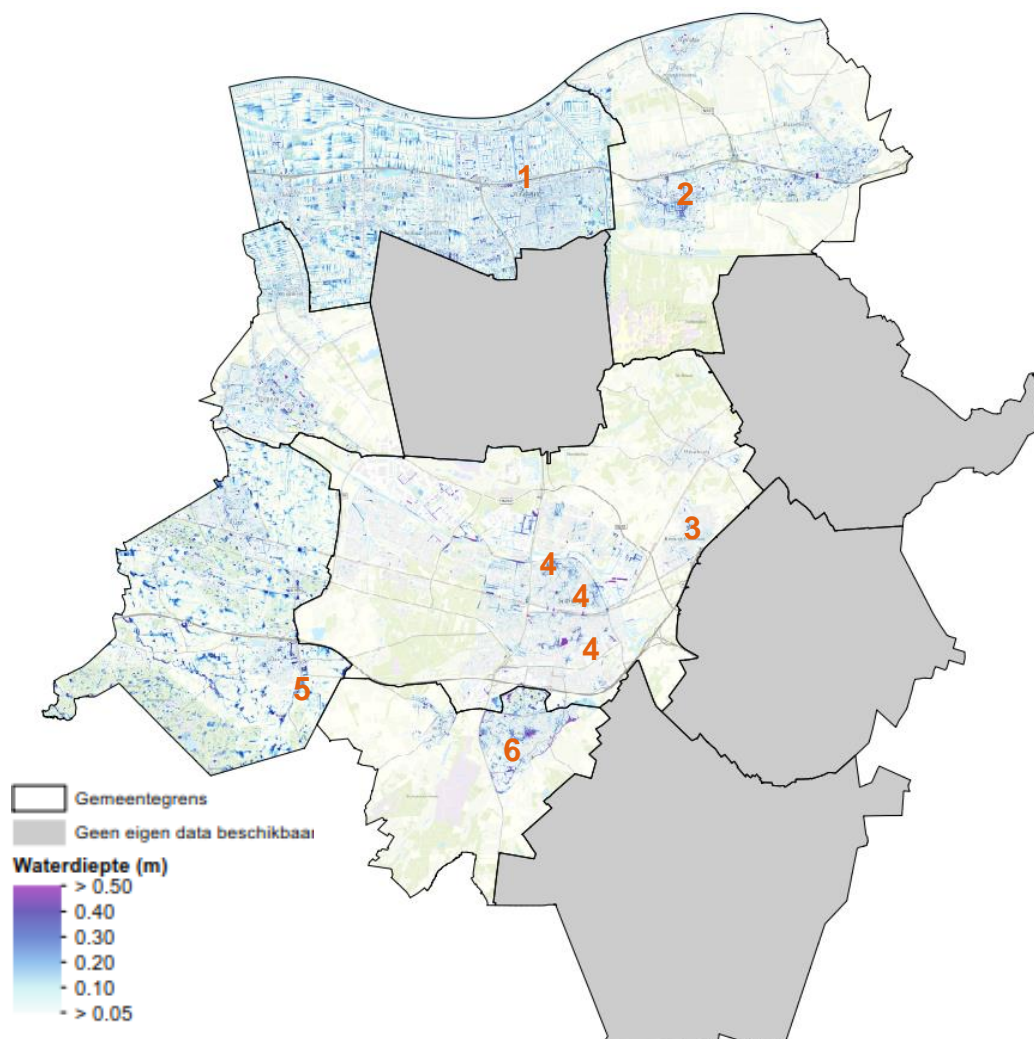
In de onderstaande figuren zijn de gebieden weergegeven die gevoelig zijn voor wateroverlast. In Figuur 2 worden de potentieel kwetsbare gebieden of locaties weergegeven voor de gemeenten die over een hydraulisch rioolmodel beschikken (bovenstaande methode 1). In Figuur 3 worden de potentieel kwetsbare gebieden of locaties weergegeven voor de gemeenten die niet over een hydraulisch rekenmodel beschikken.

Bij het analyseren van de kwetsbare gebieden en locaties is specifiek gelet op wijken met veel water op straat in combinatie met grote waterdiepten. Onderstaand zijn de gebieden beschreven die naar voren komen als potentieel kwetsbaar voor wateroverlast.

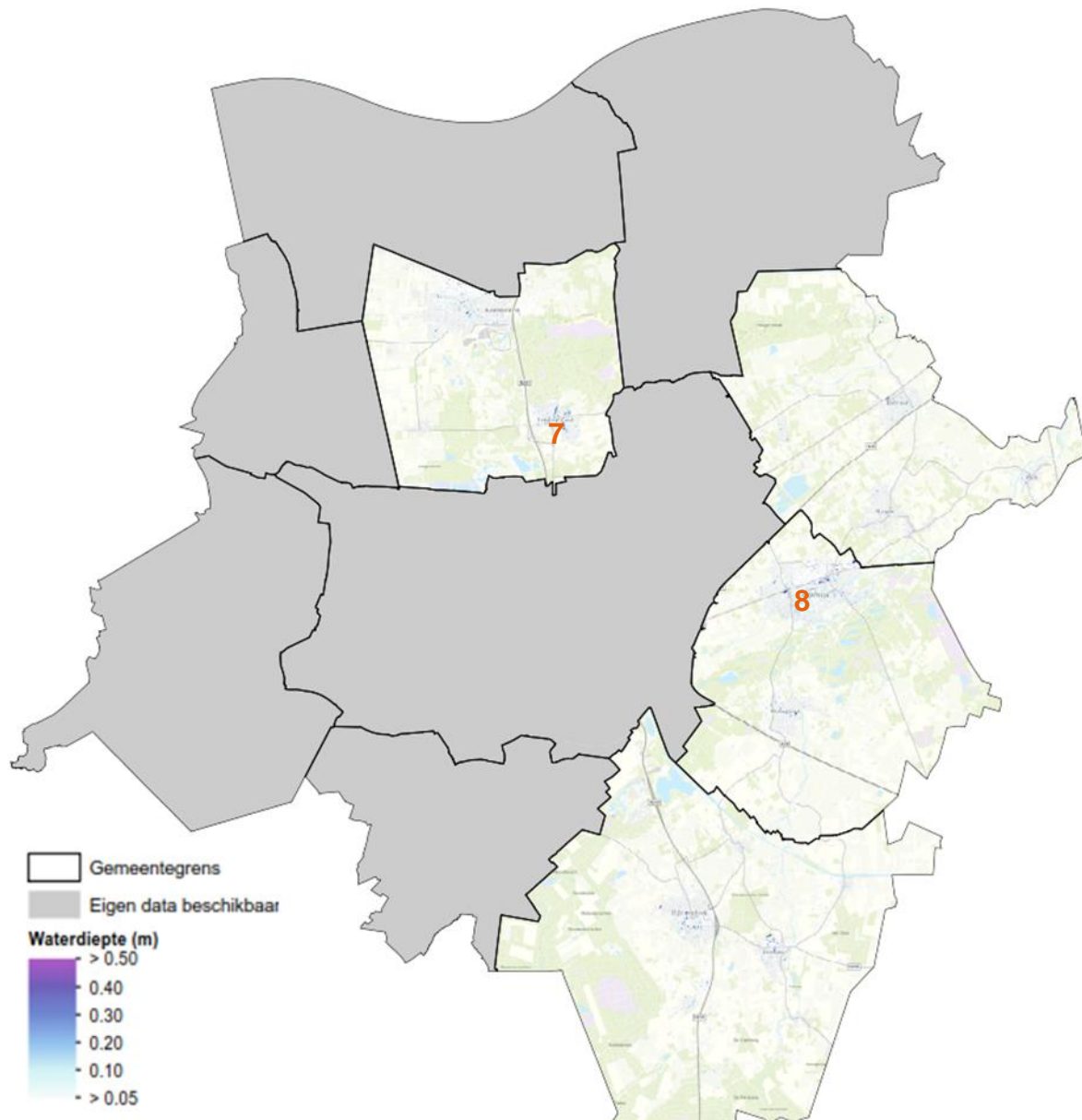
Uit deze analyse blijkt ook dat in de gemeenten Dongen, Haaren en Hilvarenbeek minder locaties voorkomen die gevoelig zijn voor wateroverlast.

De belangrijkste aandachtslocaties zijn:

1. Enkele straten in het centrum van de gemeente Waalwijk (Sint-Antoniusstraat – Burgemeester Smeelelaan – Felix Timmermansstraat, Margrietstraat en aangrenzende straten)
2. De wijk Venne-oost (gemeente Heusden)
3. Delen van de Vierakkers (gemeente Tilburg)
4. De wijk Stokhasselt, delen van de wijk Oud-Noord en Oud-Zuid (gemeente Tilburg)
5. Bedrijventerrein Broekakkers (gemeente Gilze-Rijen)
6. Bedrijventerrein Tijvoort en delen van het centrum (gemeente Goirle)
7. Enkele straten in de kern Loon op Zand (De Venloonstraat en Perseus)
8. Het centrum ten zuiden van het spoor in gemeente Oisterwijk



Figuur 2. Water op straat na een bui van 70 mm in een uur. In deze figuur worden de resultaten weergegeven voor gemeenten die eigen data hiervan beschikbaar hebben.



Figuur 3. Water op straat na een bui van 70 mm in twee uren. In deze figuur worden de resultaten weergegeven voor gemeenten die geen eigen data van water op straat n.a.v. de bui van 70 mm in een uur beschikbaar hebben.

Toelichting op de resultaten

De aangeleverde data door gemeenten en data van de Klimateffectatlas betreffen een momentopname. De gemodelleerde waterdiepte van beide databronnen kunnen afwijken van de in praktijk ervaren waterdiepte. Dit kan analyses betreffen die een aantal jaar geleden zijn uitgevoerd. Recent ontwikkelde locaties kunnen niet conform de huidige situatie gemodelleerd zijn, bijvoorbeeld omdat met een gedateerde AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) is gerekend. Daarnaast zijn gemeenten doorlopend bezig maatregelen op te stellen om de wateroverlast te verminderen. Dit kan betekenen dat gemodelleerde waterdiepte niet in de praktijk hoeft voor te komen.

Daarnaast is een belangrijk onderscheid te maken tussen het voorkomen van water op straat en het optreden van wateroverlast: water op straat betekent niet dat er ook daadwerkelijk overlast wordt ervaren. Wanneer water zich verzamelt op een laaggelegen braakliggend stuk grond hoeft dit bijvoorbeeld niet tot problemen te leiden. Indien doorgaande wegen onbegaanbaar worden door water op straat vormt dit wel degelijk een probleem. Naast het belemmeren van de normale verkeerstromen kunnen wanneer calamiteitsroutes onbegaanbaar worden ook hulpdiensten hier hinder van ondervinden, terwijl er op bijvoorbeeld juist vaker een beroep wordt gedaan op de brandweer bij extreme weersomstandigheden.

Binnen de regio Hart van Brabant zijn er ook gemeenten waar minder waterdiepte wordt gemodelleerd, zoals bijvoorbeeld in de gemeenten Hilvarenbeek en Haaren. Een mogelijke verklaring hiervoor is bijvoorbeeld het landelijke karakter van gemeenten. Hierdoor kan relatief minder verhard oppervlak aanwezig zijn waardoor neerslag eenvoudiger kan worden afgevoerd. Daarnaast stelt iedere gemeenten een andere acceptatienorm (bijvoorbeeld een bui 9 uit de Kennisbank Stedelijk Water) vast ten aanzien van water op straat. Op deze vastgestelde norm wordt veelal de riolering gedimensioneerd. Ook maken gemeenten steeds vaker bewust beleid om water bovengronds te verwerken (om bijvoorbeeld zo kosten te besparen omdat er minder grote diameters aan riolering ondergronds worden gerealiseerd, of om het waterbewustzijn van burgers te vergroten). Voorgaande redenen verklaren dat er verschillen optreden per gemeente in de afvoer- en bergingscapaciteit van een rioleringsstelsel en daarmee of er water op straat berekend wordt.

3 DROOGTE

3.1 Introductie

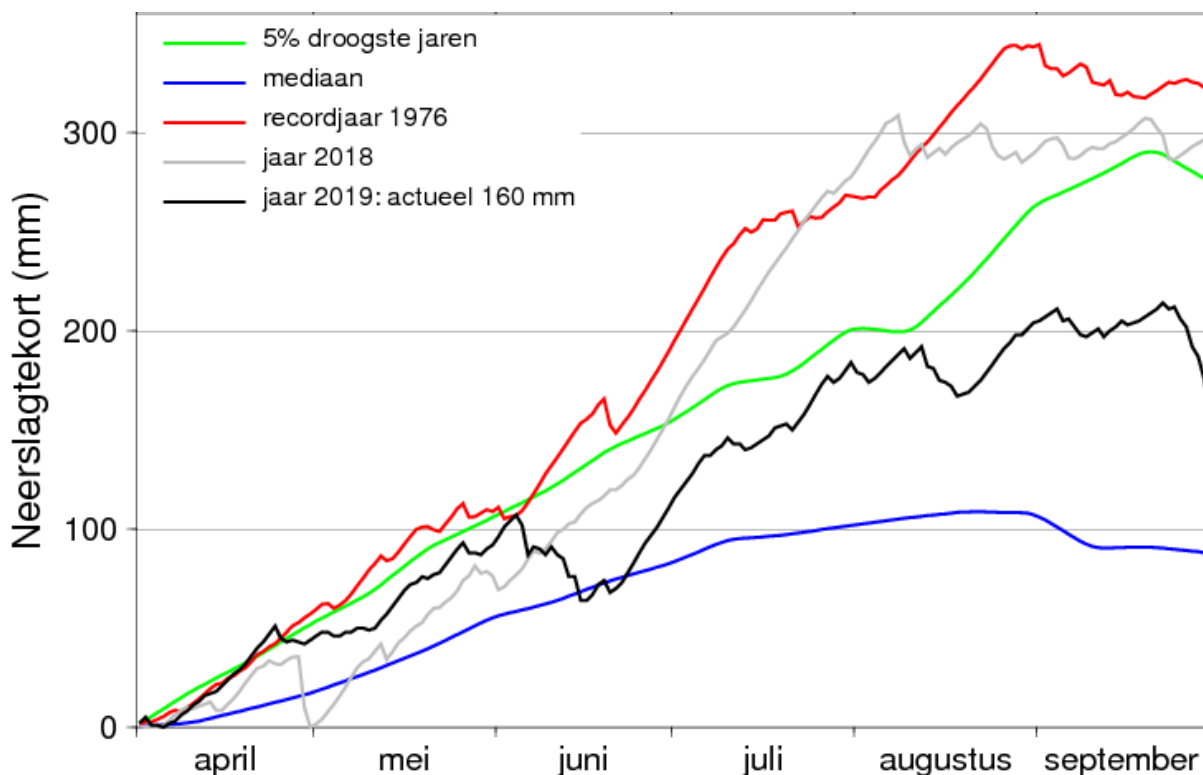
Droogte wordt veroorzaakt door een hoge verdamping en een tekort aan neerslag. Bij zonnig weer met hoge temperaturen en veel wind verdampt veel vocht. Uit de berekeningen van het KNMI blijkt dat de kans op drogere zomers toeneemt: de totale neerslagsom in de zomer neemt af en het aantal opeenvolgende droge dagen stijgt. 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 is (1 april t/m 30 september) voor de meeste gewassen.

In het najaar wordt de potentiële referentiegewasverdamping klein en is dan vrijwel altijd verwaarloosbaar ten opzicht van de hoeveelheid regen. Het potentiële neerslagtekort zoals berekend door het KNMI heeft dan geen toevoegde waarde meer in de droogtemonitoring. Om die reden wordt de berekening van het potentiële neerslagtekort en het doorlopend potentieel neerslagoverschot ieder jaar per 30 september gestopt. (bron: KNMI)

Juli 2018 kende een droogterecord: er viel gemiddeld slechts 11 mm regen. Normaal is dat die maand 78 mm. In onderstaande afbeelding is te zien dat het neerslagtekort in 2019 met uitzondering van een week in juni groter is dan de mediaan van de jaren waarin het neerslagtekort is gemeten.



Figuur 4. Neerslagtekort in Nederland in 2019. Landelijk gemiddelde over 13 stations (bron: KNMI, bijgewerkt op 1 oktober 2019)

Door droogte kan de voedselproductie (landbouwsector) worden bedreigd. 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 ervan verschilt per gewastype. Een tekort aan neerslag en extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot verdroging van vegetatie, met

mogelijke gewasgeving voor de landbouw tot gevolg. Daarnaast neemt de schade aan de natuur en het risico op natuurbranden toe. Of deze gevolgen onwenselijk zijn voor de natuur is echter afhankelijk van natuurdoeltypen.

Ook andere sectoren kunnen onder druk komen te staan, zoals drinkwaterproductie uit oppervlaktewater, koeling voor de industrie en energiecentrales. Door lage waterstanden en verminderde doorstroom kan oppervlaktewaterkwaliteit afnemen.

In het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (zie Figuur 1 uit Manifest Klimaatbestendige stad, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering). In de 'Deltafact: droogte en hitte in de stad' beschrijft Stowa de mogelijke effecten van (tijdelijk) lagere grondwaterstanden in met name de bebouwde omgeving. Hieronder volgen een aantal van effecten van mogelijke schade in stedelijk gebied bij dalende grondwaterstanden (bron: Stowa). Voor meer informatie wordt verwezen naar de Deltafact van Stowa.

- Paalfunderingen zijn met name op klei- en veengronden toegepast. In de regio Hart van Brabant komt grotendeels zandgrond voor. Wanneer houten paalfunderingen droog komen te staan kan door zuurstoftoevoer schimmelaantastig plaatsvinden. Paalrot kan daarna de draagkracht van de fundering verlagen, met mogelijke gebouwschade als gevolg.
- Maaiveldddaling als gevolg van zetting, veenoxidatie of krimp door uitdroging van kleilagen. De maaiveldddaling kan vervolgens leiden tot:
 - Toename van de inundatiehoogte bij regenwateroverlast, en daarmee van de kans op schade.
 - Toename van grondwateroverlast, bij gelijkblijvende (normale) grondwaterstand.
 - Schade aan niet op palen gefundeerde gebouwen, als het maaiveld ongelijkmatig daalt (verschilzetting).
 - Schade aan gebouwen met paalfunderingen 'op kleef'.
 - Schade aan infrastructuur als het maaiveld ongelijkmatig daalt.
- Droogteschade aan groen kan optreden bij bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden vanuit het grondwater.
- Een ander mogelijk effect van droogte in relatie tot groen is dat boomwortels op zoek gaan naar water op grotere diepte en daarbij ondergrondse infrastructuur binnendringen en beschadigen.

In deze studie is voor de regio Hart van Brabant een analyse gedaan om de kwetsbaarheid van vegetatie (gras) voor droogte inzichtelijk te maken. Een analyse voor de kwetsbaarheid van paalrot en zetting is geen onderdeel van deze studie.

3.2 Methodiek

Om een eenduidige vergelijking te maken van droogtegevoelige gebieden is over de gehele regio uitgegaan van 1 referentietype gewas, namelijk gras. Dit is het meest voorkomende gewas in de regio Hart van Brabant: 42% volgens de Basisregistratie Gewaspercelen 2019. Daarna volgt snijmaïs met 22%, en aardappelen met 6%. Wanneer gras onvoldoende wateraanvoer krijgt leidt dit tot verdroging en verkleuring van de graslaag. 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).

Om inzichtelijk te maken hoe kwetsbaar gras is voor verdroging is gebruik gemaakt van de [Water Wijzer Landbouw](#). Voor de analyse is gebruik gemaakt van:

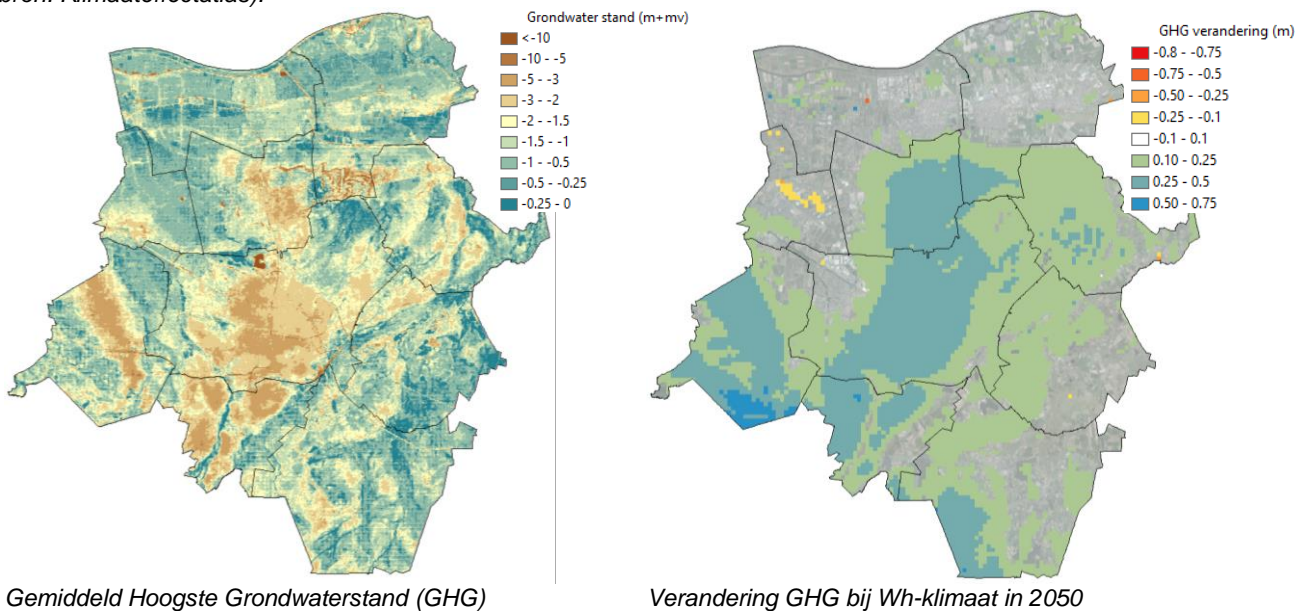
- Eigenschappen van bodem (BOFEK2012).
- Eigenschappen van gewassen/gras (Waterwijzer landbouw – STOWA 2018-48)
- Grondwaterkarakteristieken gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)

Een nadere uitleg van de methodiek is opgenomen in Bijlage B.

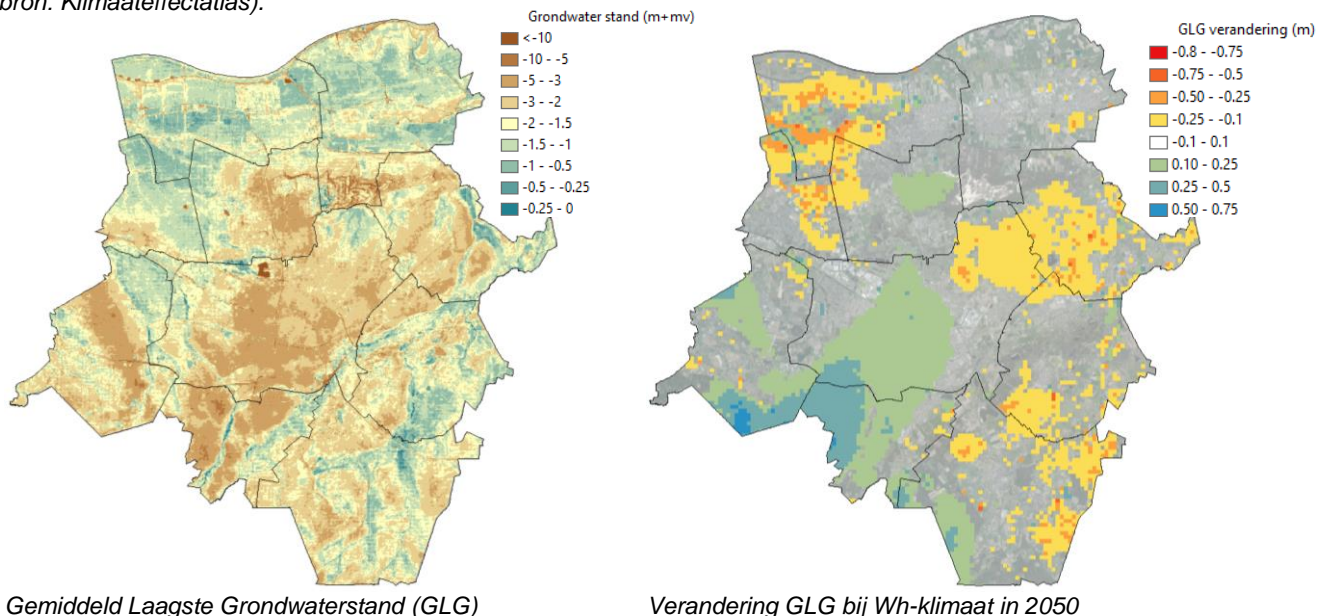
3.3 Resultaten

Door de verwachte klimaatverandering zullen ook de grondwaterstanden in de toekomst veranderen. In Figuur 5 zijn de huidige grondwaterstanden en de verandering opgenomen. Uit de huidige situatie van zowel de gemiddeld laagste als de gemiddeld hoogste grondwaterstanden blijkt dat vooral de ontwatering (maaiveld minus grondwaterstand) vooral in (delen van) Tilburg, Goirle en Loon op Zand ten opzichte van de andere gemeente relatief groot is. Dit komt omdat het maaiveld in deze gemeente relatief hoger gelegen is dan het maaiveld van de direct omgeving. Daarnaast is duidelijk te zien dat de relatieve stijging van de grondwaterstand optreedt in de gebieden waar nu een lagere grondwaterstand te vinden is, zoals bij de Chaamse Bossen (Gilze en Rijen), de oevers van de Leij (Goirle) en in de gemeente Tilburg. Door de relatief diepe grondwaterstanden hier heeft een toename aan verdamping door klimaatverandering hier minder invloed op. Aan de andere kant dalen de laagste grondwaterstanden op locaties waar deze nu relatief hoger zijn, bijvoorbeeld in het noorden van Dongen en ten oosten van Waspik (gemeente Waalwijk). Beiden veranderingen zijn van invloed op de toekomstige gewasgeving. Te hoge grondwaterstanden kunnen zorgen voor zuurstofstress met gewasgeving tot gevolg, en door te lage grondwaterstanden stijgt het grondwater soms niet ver genoeg capillair op om te wortels van gewassen nog te kunnen voeden. Wanneer een grondwaterstand te hoog of te laag is, hangt af van de bodemsoort, het type gewas en de worteldiepte.

Figuur 5. Huidige- en toekomstige hoogste grondwaterstanden en de verwachte verandering in regio Hart van Brabant (bron: Klimaateffectatlas).

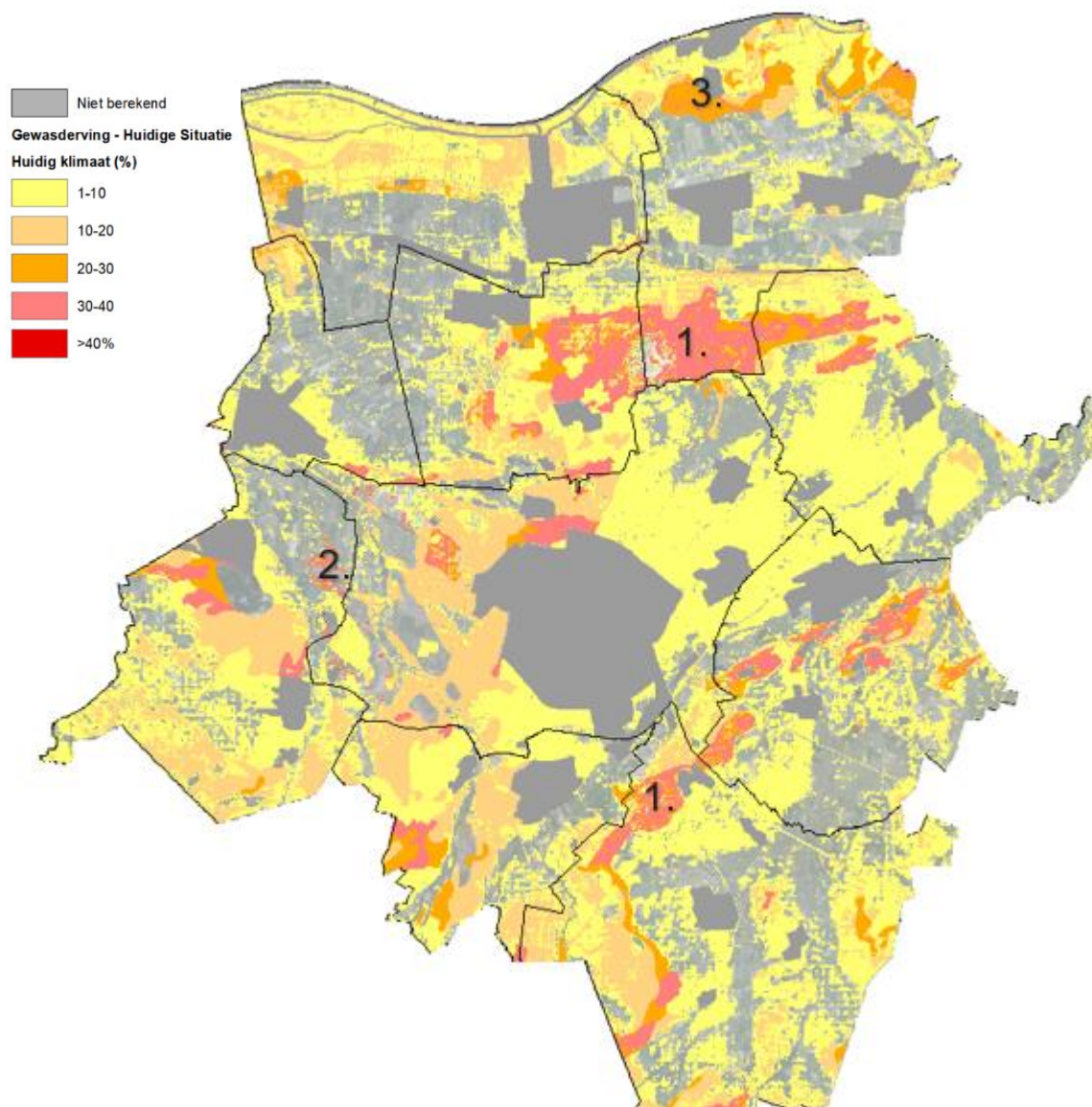


Figuur 6. Huidige- en toekomstige laagste grondwaterstanden en de verwachte verandering in regio Hart van Brabant (bron: Klimaateffectatlas).



In Figuur 7 is de hoeveelheid (potentiele) gewasderiving te zien voor de regio Hart van Brabant in het huidige klimaat (uitgangspunt: gewastype gras). Enkele opvallende resultaten zijn:

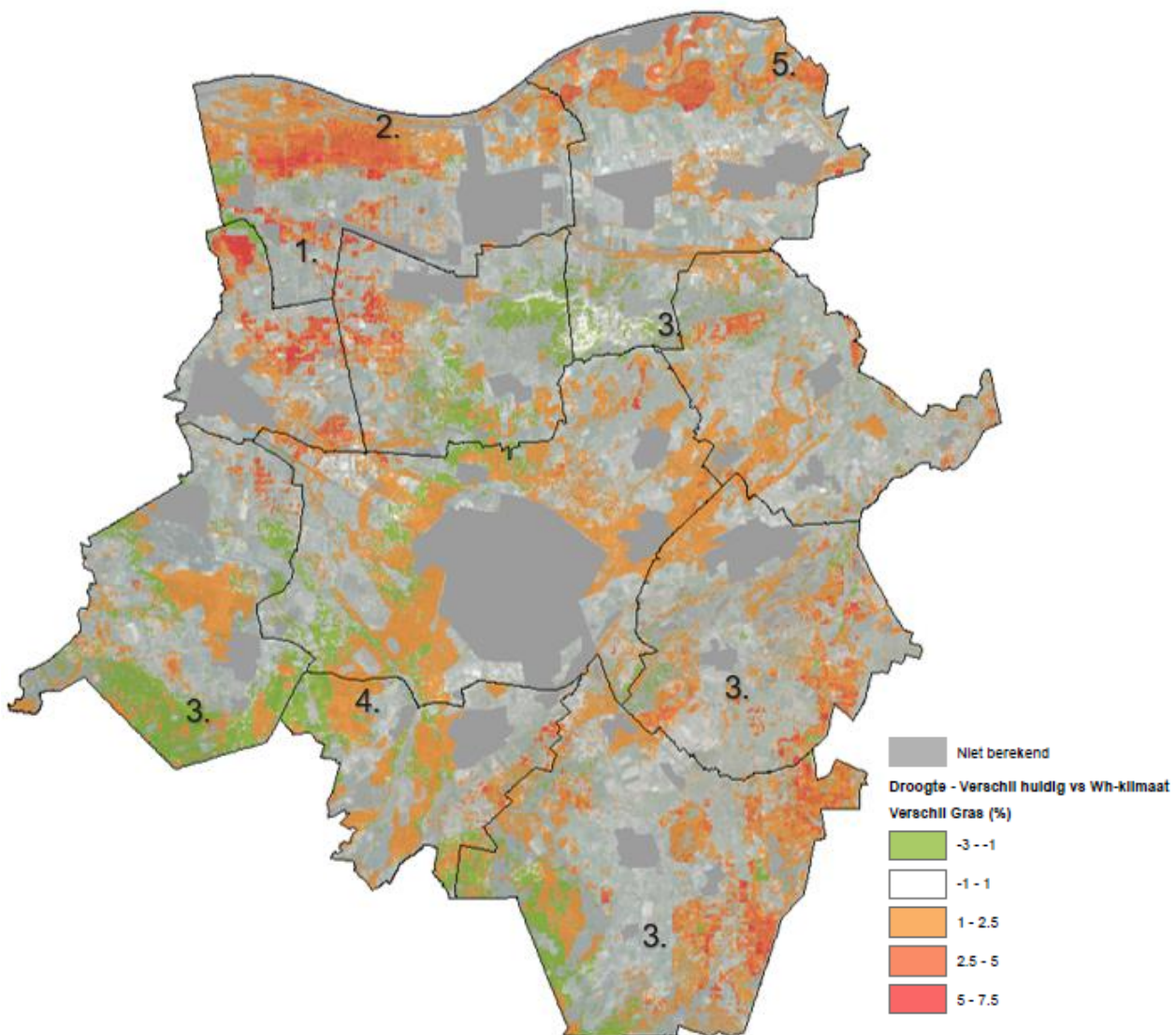
1. Met de WaterWijzerLandbouw is een grote gewasderiving van gras berekend in een aantal natuurgebieden binnen Hart van Brabant. Dit komt door de relatief lage grondwaterstanden (tussen 2 en 5 meter onder maaiveld) op deze hoge (zand)gronden, zoals te zien is in Figuur 6.
2. In het huidige klimaat geven de modelresultaten nabij de Grote Lei in Gilze en Rijen meer dan 30% gewasderiving aan. In dit gebied zijn veel gewaspercelen te vinden. Ook hier zijn de oorzaken een combinatie van zwak lemige zandgronden met grof zand in de ondergrond en daarmee een laag watervasthoudend vermogen, en een lage grondwaterstand.
3. In de gemeente Heusden treedt tussen de 20-30% gewasderiving op in een gebied met gewaspercelen. Hier wordt de derving niet veroorzaakt door een lage grondwaterstand, maar door de kleiige ondergrond (404 Klei op veen (fluviatiel)). Klei kan dichtslaan (slechte verluchting en drainage) en het moeilijk maken voor (gras)wortels om water te onttrekken van de ondergrond.



Figuur 7. Kwetsbaarheid van gras voor verdroging in het huidige klimaat.

Figuur 8 laat het verschil in gewasderiving zien tussen het huidige klimaat en het Wh2050-klimaatscenario. Enkele opvallende resultaten zijn:

1. De toe- en afname van gewasderiving rondom Waspik-Zuid en 's Gravenmoer. De ondergrond van dit gebied is gecategoriseerd als kleilig moerige bovengrond of kleidek op veen en zandondergrond binnen 120 cm-mv (code 102, zie bodemkaart in Bijlage C). Door de daling van de GLG in dit gebied (Figuur 6), neemt de gewasderiving toe bij in het toekomstige Wh-klimaat. De gewasderiving, veroorzaakt door droogte, neemt hier met bijna 10% toe (van 7% naar 17% derving). De afname van gewasderiving kan worden verklaard door een lokale stijging van de GLG (zie Figuur 6) van 10-25 cm.
2. Het tweede gebied dat opvalt, zijn de agrarische percelen ten zuiden van de A59, ter hoogte van Capelle. Deze grond bestaat volgens de BOFEK2012 uit klei en veen (code 402). Veen is een kwetsbare grond voor droogte en daarom dus ook voor gewasderiving. Hier zal de gewasderiving toenemen met ca. 3-10%.
3. De gemiddeld laagste grondwaterstand in deze natuurgebieden zal in klimaatscenario Wh2050 voornamelijk stijgen (Figuur 6). Waar de gemiddeld laagste grondwaterstand stijgt neemt veelal de droogtegevoeligheid door klimaatverandering af.
4. Er is ook sprake van een afname van gewasderiving door een stijging van grondwaterstand. Dit gebeurt bijvoorbeeld rondom de gemeentelijke grenzen tussen Gilzen en Rijen en Goirle. In dit gebied stijgt zowel de GLG als de GHG bij het Wh2050-klimaatscenario (Figuur 5 en Figuur 6).
5. Ook in Heusden is een kleilige bodem te vinden. Dit is terug te zien in de toename van gewasderiving van zo'n 3%. Daarnaast is de grondwaterstand al relatief laag (tussen 1 m en 1,6 m onder maaiveld (Figuur 5 en Figuur 6) en zal deze, ook in het Wh-klimaat, stabiel blijven.



Figuur 8. Toe-/afname van kwetsbaarheid van vegetatie voor verdroging van huidig klimaat naar klimaatscenario Wh2050

Toelichting op de resultaten

Er dient te worden opgemerkt dat andere vegetatie dan gras tevens een andere watervraag heeft en een andere worteldiepte kan hebben, en dat grondwaterstanden ook lager kunnen zijn dan de gemiddeld laagste grondwaterstand. In werkelijkheid kan de optredende gewasgeving dus afwijken van de weergegeven waarden in Figuur 7 en Figuur 8.

De locaties die uit de analyse naar voren komen laten met name zien welke bodemsoorten in combinatie met (de ontwikkeling van) de grondwaterstand droogtegevoelig zijn. De resultaten zeggen dus niet of dit op een locatie wel of niet als probleem wordt beschouwd. Dit heeft te maken welke effecten dit op de sectoren heeft en of deze effecten (on)gewenst zijn. Zo kan bijvoorbeeld droogte voor landbouw wel als probleem worden ervaren maar voor bepaalde natuurdoeltypen niet.

4 HITTE

4.1 Introductie

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. De afgelopen zomer van 2019 is het 75 jaar oude hittestrecord verbroken. Op 25 juli 2019 werd het in Gilze-Rijen 40,7 °C. Nog nooit eerder kwam de temperatuur boven de 40 °C in Nederland.

Hitte kan bij kwetsbare groepen zoals zieken en ouderen gezondheidsproblemen opleveren (hittestress). Langdurig aanhoudende hitte kan 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. Naast gezondheidsproblemen kunnen infrastructuur en gebouwen schade oplopen door het uitzetten van materialen.

4.2 Methodiek

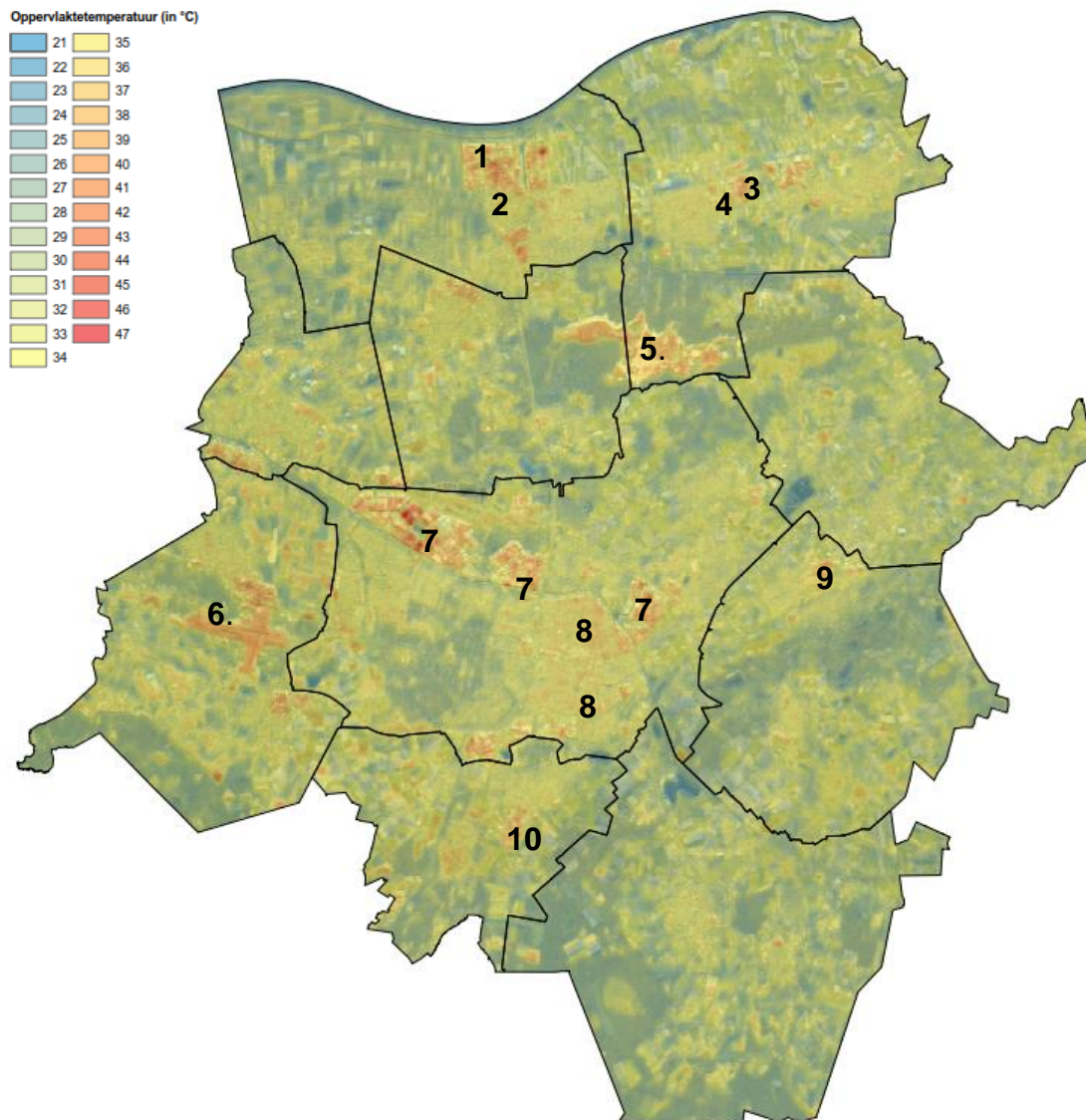
In de stresstest is gebruik gemaakt van een thermisch infrarode opname van de Landsat 8 satelliet. Het grote voordeel van deze opname is dat het in één oogopslag een waarheidsgetrouw en dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. Het is dus in zekere zin op te vatten als een praktijkmeting. 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). 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 opname van de satelliet die gebruikt is in deze analyse vond plaats op 26 juli 2018 om 12:30u. Juli 2018 was een erg warme maand en op 26 juli werd het in de gehele provincie Noord-Brabant meer dan 36°C.

Een nadere uitleg van de methodiek is opgenomen in Bijlage D.

4.3 Resultaten

In het regionaal warmtebeeld is te zien dat veel bedrijventerreinen, enkele woonwijken en buitengebieden als hittegevoelig naar voren komen. Uit analyse van de luchtfoto blijkt dat op bedrijventerreinen en soms ook woonwijken in verhouding weinig groen en veel verharding aanwezig is. Een laag aandeel groen betekent dat er weinig verdamping plaats zal vinden, wat resulteert in een gereduceerd verkoelend effect. Ook sommige locaties in het buitengebied komen als hittegevoelig naar voren. Leemarme zandgronden houden bijvoorbeeld weinig water vast, waardoor bodemvocht eerder verdampt en de grond opwarmt. Ook op braakliggende gronden verdampt bodemvocht relatief snel, waardoor deze gronden in vergelijking met de begroeide gronden sneller opwarmen.



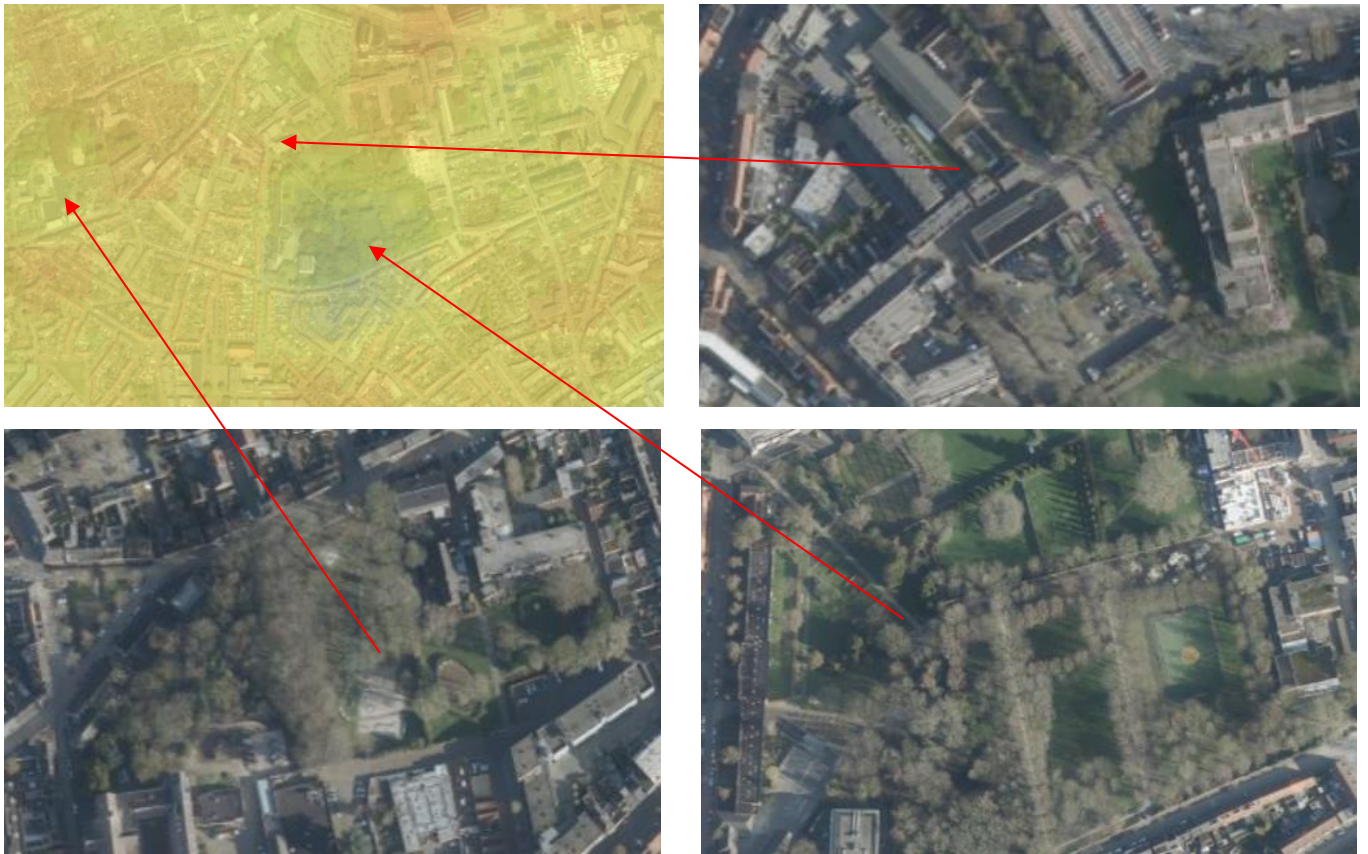
Figuur 9. Resultaten hitte-analyse oppervlaktetemperatuur (Satellietbeeld van 26-07-2018)

De volgende gebieden komen als hittegevoelig naar voren:

1. Haventerrein (gemeente Waalwijk)
2. Woonwijk Besoyen (gemeente Waalwijk)
3. Bedrijventerrein Groenewoud (gemeente Heusden)
4. Woonwijk Braken (gemeente Heusden)
5. De Loonse en Drunense Duinen.
6. Vliegveld Gilze-Rijen (gemeente Gilze-Rijen)
7. Bedrijventerreinen in gemeenten Tilburg (Vossenbergh, Kraaiven en Loven)
8. Delen van de wijken Oud-Noord en Oud-Zuid (gemeente Tilburg)
9. Bedrijventerrein Kerkhoven (gemeente Oisterwijk)
10. Bedrijventerrein Tijvoort (gemeente Goirle)

Of op deze locaties ook daadwerkelijk problemen worden ervaren is afhankelijk van factoren zoals landgebruik en de aan- of afwezigheid van kwetsbare groepen zoals bijvoorbeeld ouderen of zieken hier.

In Figuur 10 is een thermisch infrarood satellietbeeld van de wijk Oud-Zuid in gemeente Tilburg weergegeven. Uit dit beeld blijkt dat delen van de wijk als hittegevoelig naar voren komen, maar er zijn in dezelfde wijk ook koelere gebieden waar te nemen. In het midden van het satellietbeeld is het verkoelende Stadspark Oude Dijk gelegen met daaromheen een woonwijk waar temperaturen tijdens hete dagen behoorlijk kunnen oplopen. Tijdens hete dagen kunnen inwoners van deze wijk verkoeling zoeken in het nabij gelegen Stadspark. Door op deze manier de openbare ruimte in te richten, wordt de wijk minder gevoelig voor hittestress.



Figuur 10. Voorbeeld van een thermisch infrarood satellietbeeld op 26 juli 12:30 2018. Dit beeld laat zien waardoor het verschil in oppervlaktetemperatuur verklaard kan worden

5 OVERSTROMING

5.1 Introductie

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.

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.

5.2 Methodiek

De kwetsbaarheid van de regio Hart van Brabant voor overstroming is met behulp van de Klimaateffectatlas en analyses van de waterschappen in beeld gebracht.

De Klimaateffectatlas brengt in beeld wat de maximale overstromingsdiepte is bij een doorbraak van een primaire kering van het hoofdwatersysteem. Voor de regio Hart van Brabant is bijvoorbeeld de rivier de Maas onderdeel van het hoofdwatersysteem.

Het provinciaal beleid voor regionale wateroverlast is gericht op het zorgen voor bescherming tegen wateroverlast. In de revitaliseringsplannen zijn voor het eerst een aantal regionale waterbergingsgebieden concreet begrensd. Deze gebieden zijn door de waterschappen meerdere keren geactualiseerd en onder andere opgenomen in de Verordening Ruimte.

Regionale waterbergingsgebieden bestaan uit drie soorten gebieden:

- Gebieden die van oudsher al regelmatig inunderen (natuurlijke overstromingsgebieden).
- Gebieden die de afgelopen periode door de waterschappen concreet zijn ingericht (gestuurde waterbergingsgebieden) voor waterberging.
- Gebieden die gedurende de planperiode van de waterbeheerplannen van de waterschappen concreet ingericht zullen worden (in te richten waterbergingsgebieden).

Naast de regionale waterbergingsgebieden zijn er reserveringsgebieden voor waterberging opgenomen. Met de reserveringsgebieden waterberging wordt bedoeld op gebieden die, op basis van een inventarisatie door de waterschappen tijdens de totstandkoming van de reconstructieplannen, zijn vastgelegd omdat deze in de toekomst noodzakelijk kunnen zijn voor waterberging. (bron: Provincie Noord-Brabant).

Een deel van deze gebieden is de afgelopen periode door de waterschappen concreet ingericht voor waterberging (gestuurde waterbergingsgebieden) en een deel hiervan zal gedurende de planperiode van de waterbeheerplannen van de waterschappen concreet ingericht worden als waterbergingsgebieden.

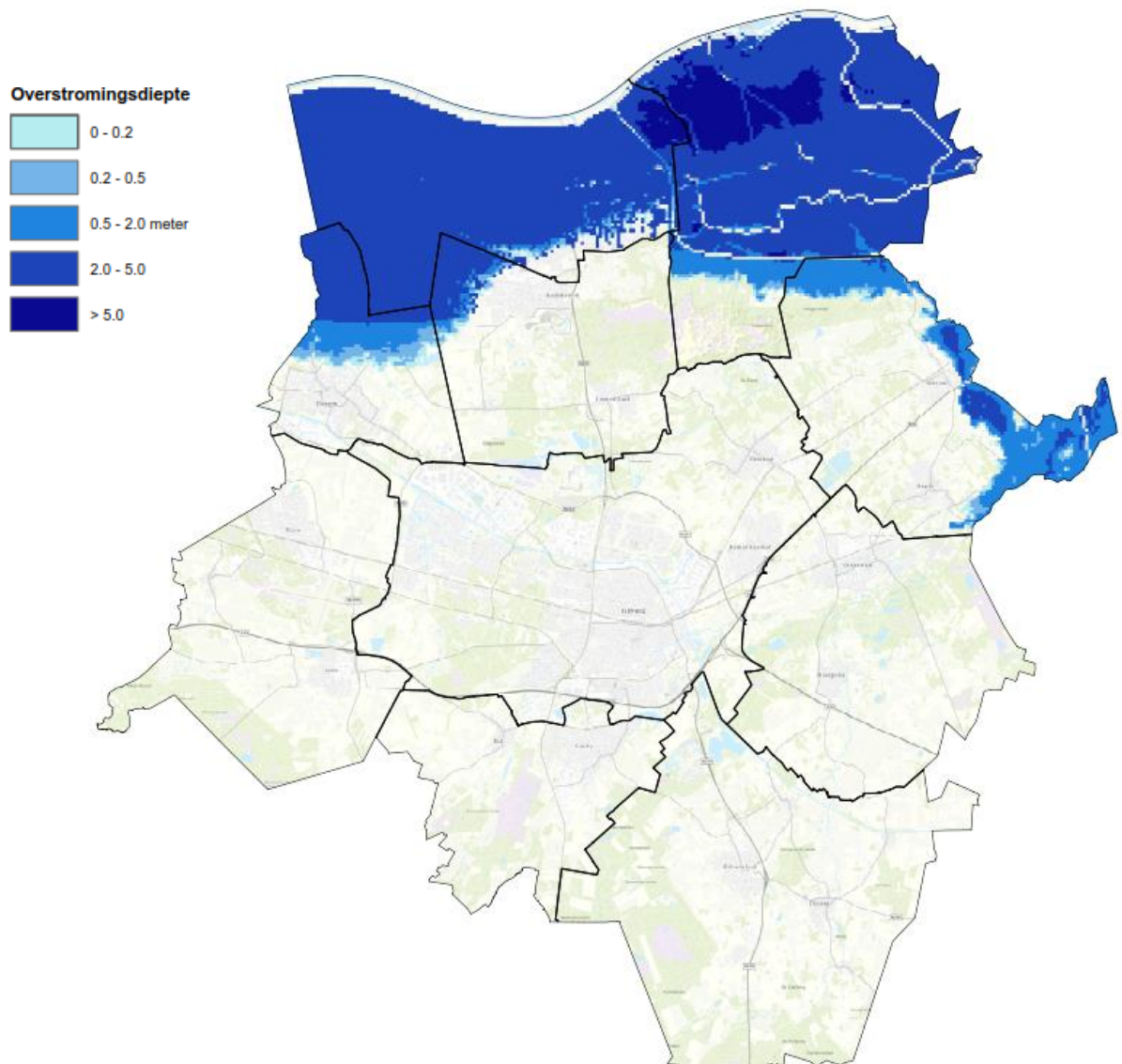
Aanvullend op deze analyse heeft Waterschap De Dommel een inventarisatie gemaakt van overstroomde gebieden in de periode mei tot en met juni 2016. In deze periode is veel neerslag gevallen in de regio Hart van Brabant met overstromingen en overlast als gevolg. Destijds heeft Waterschap De Dommel op basis van huisbezoeken in beeld gebracht welke gebieden overstroomd waren. Voor de waterschappen Brabantse Delta en Aa en Maas was deze informatie ten tijde van de analyse niet beschikbaar, en is dit niet op kaart meegenomen.

5.3 Resultaten

Overstromingsrisico vanuit primair watersysteem

Uit resultaten van de Klimateffectatlas blijkt dat het noorden van de regio Hart van Brabant kwetsbaar is voor een doorbraak van primaire keringen. Bij een doorbraak stroomt het water vanuit de rivier de Maas richting het zuiden. De volgende gemeenten en/of delen van gemeenten zijn kwetsbaar:

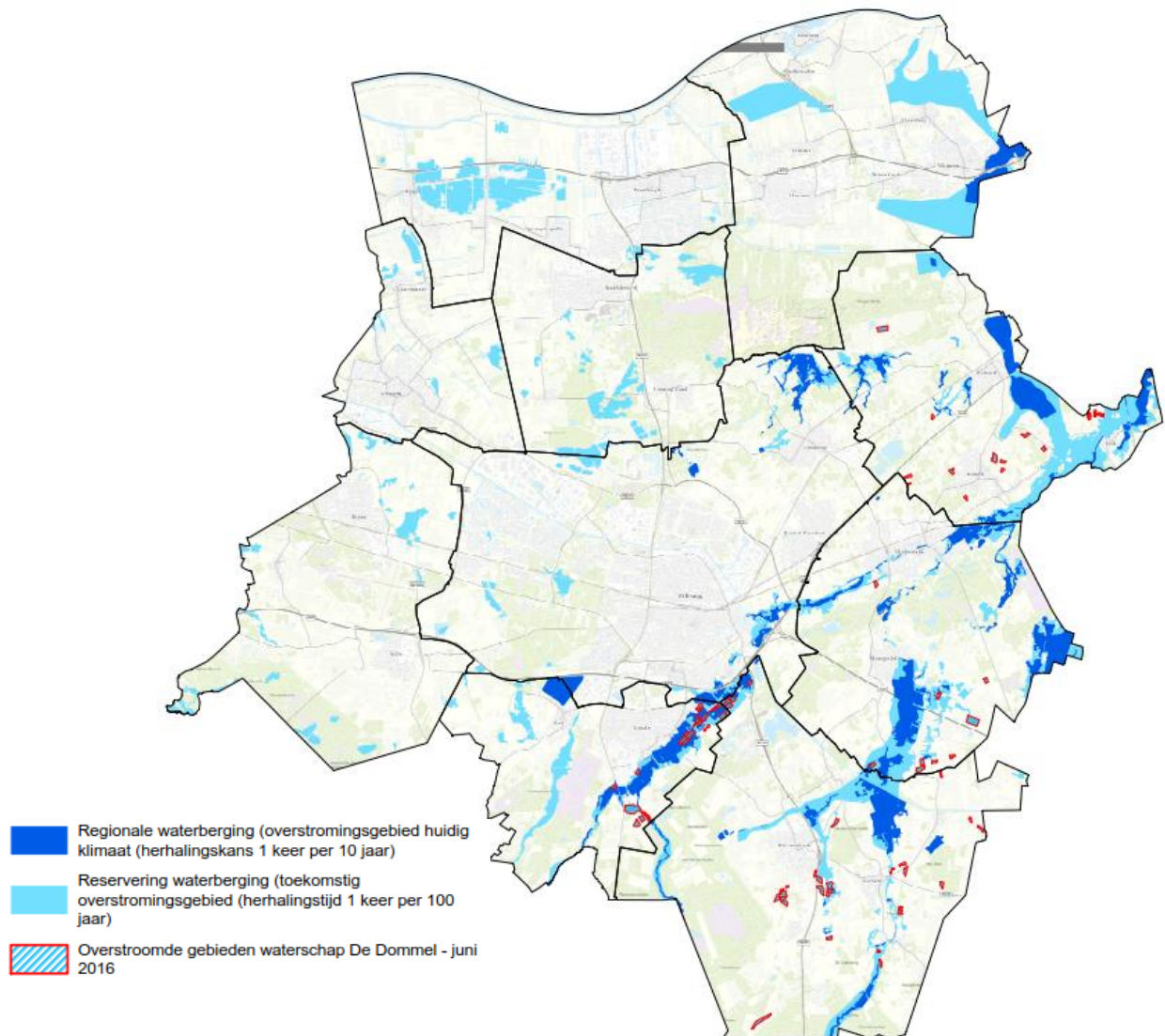
1. De gemeente Waalwijk is kwetsbaar, omdat de gemeente aan de Maas gelegen is. Bij een doorbraak zal de gemeente grotendeels overstromen met overstromingsdiepten tussen de 2 tot 5 meter.
2. Ook de gemeente Heusden is bijzonder kwetsbaar vanwege de ligging aan de Maas. Bij een doorbraak zal de gemeente grotendeels overstromen met overstromingsdiepten tussen de 2 tot 5 meter en er zijn enkele gebieden waar zelfs een overstromingsdiepte van meer dan 5 meter wordt berekend.
3. Het noorden van gemeente Dongen kan overstromen. Overstromingsdiepten in het uiterste noorden kunnen oplopen tot 5 meter en dichterbij de kern Dongen tot 2 meter. De kern zelf zal volgens deze analyse niet overstromen.
4. Delen in het oosten van gemeente Haaren waaronder de kern Heesakker. Overstromingsdiepten kunnen oplopen tot 0,5 meter en voor een enkel gebied tot 2 meter.
5. In noordwesten van de gemeente Loon op Zand worden overstromingsdiepten tot 5 meter berekend.



Figuur 11. Overstromingsdiepte bij een doorbraak vanuit primaire keringen

Waterbergingsgebieden en overstromde gebieden vanuit het regionale watersysteem

Naast een analyse door de Klimateffectatlas van het overstromingsrisico vanuit primaire keringen hebben de waterschappen een analyse gemaakt van het regionale systeem. Op basis van deze analyse zijn waterbergingsgebieden aangewezen.



Figuur 12. Waterbergingsgebieden en reservering waterbergingsgebieden op basis van de Verordening Ruimte, en in 2016 overstromde gebieden in het beheersgebied van waterschap De Dommel.

Met name in het oosten en zuiden van de regio Hart van Brabant zijn in de Verordening Ruimte waterbergingsgebieden en reserveringsgebieden voor waterberging aangewezen. De meeste van deze aangewezen waterbergingsgebieden zijn gelegen in de gemeente Goirle, gemeente Hilvarenbeek, gemeente Oisterwijk en gemeente Haaren. Behalve de waterbergingsgebieden, laat de figuur de in juni 2016 overstromde gebieden binnen het gebied van Waterschap de Dommel zien. Deze gebieden liggen voornamelijk nabij de regionale watersystemen en vallen veelal ook in aangewezen waterbergingsgebieden.

6 SAMENVATTING KWETSBARE LOCATIES

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.

In een klimaatstresstest voor de regio Hart van Brabant zijn voor de klimaatthema's wateroverlast, droogte, hitte en overstroming de kwetsbaarheden voor klimaatverandering in beeld gebracht.

Het kaartmateriaal van de resultaten is beschikbaar in de bijlagen en door middel van [deze link](#).

Op basis van de analyses zijn de onderstaande gebieden het meest kwetsbaar voor de effecten van klimaatverandering:

Wateroverlast

6. Enkele straten in het centrum van de gemeente Waalwijk (Sint-Antoniusstraat – Burgemeester Smeelelaan – Felix Timmermansstraat, Margrietstraat en aangrenzende straten)
7. De wijk Venne-oost (gemeente Heusden)
8. Delen van de Vierakkers (gemeente Tilburg)
9. De wijk Stokhasselt, delen van de wijk Oud-Noord en Oud-Zuid (gemeente Tilburg)
10. Bedrijventerrein Broekakkers (gemeente Gilze-Rijen)
11. Bedrijventerrein Tijvoort en delen van het centrum (gemeente Goirle)
12. Enkele straten in de kern Loon op Zand (De Venloonstraat en Perseus)
13. Het centrum ten zuiden van het spoor in gemeente Oisterwijk

Droogte

Kwetsbaar in huidig klimaat

1. Een aantal natuurgebieden binnen Hart van Brabant zoals de Loonse en Drunense duinen.
2. Het gebied nabij de Grote Lei in Gilze en Rijen.
3. Het noorden van de gemeente Heusden.

Verskil huidige klimaat en klimaatscenario Wh2050, toename van gewasderving door klimaatverandering:

4. Rondom Waspik-Zuid en 's Gravenmoer, zowel toe- als afname van derving door lokale daling/stijging van grondwater.
5. Agrarische percelen ten zuiden van de A59, ter hoogte van Capelle.
6. De zwaardere kleigebieden in het noorden van Heusden.

Hitte

1. Haventerrein (gemeente Waalwijk).
2. Woonwijk Besoyen (gemeente Waalwijk).
3. Bedrijventerrein Groenewoud (gemeente Heusden).
4. Woonwijk Braken (gemeente Heusden).
5. De Loonse en Drunense Duinen.
6. Vliegveld Gilze-Rijen (gemeente Gilze-Rijen).
7. Bedrijventerreinen in gemeenten Tilburg (Vossenbergh, Kraaiven en Loven).
8. Delen van de wijken Oud-Noord en Oud-Zuid (gemeente Tilburg).
9. Bedrijventerrein Kerkhoven (gemeente Oisterwijk).
10. Bedrijventerrein Tijvoort (gemeente Goirle).

Overstroming

Falen primaire kering

1. De gemeente Waalwijk is kwetsbaar, omdat de gemeente aan de Maas gelegen is. Bij een doorbraak zal de gemeente grotendeels overstromen met overstromingsdiepten tussen de 2 tot 5 meter.
2. Ook de gemeente Heusden is bijzonder kwetsbaar vanwege de ligging aan de Maas. Bij een doorbraak zal de gemeente grotendeels overstromen met overstromingsdiepten tussen de 2 tot 5 meter en er zijn enkele gebieden waar zelfs een overstromingsdiepte van meer dan 5 meter wordt berekend.
3. Het noorden van gemeente Dongen kan overstromen. Overstromingsdiepten in het uiterste noorden kunnen oplopen tot 5 meter en dichterbij de kern Dongen tot 2 meter. De kern zelf zal volgens deze analyse niet overstromen.
4. Delen in het oosten van gemeente Haaren waaronder de kern Heesakker. Overstromingsdiepten kunnen oplopen tot 0,5 meter en voor een enkel gebied tot 2 meter.
5. In noordwesten van de gemeente Loon op Zand worden overstromingsdiepten tot 5 meter berekend.

Overstroming vanuit het regionale watersysteem

Gebieden verspreid door de regio zijn aangewezen als (toekomstige) waterbergingslocaties. De meeste van deze aangewezen waterbergingsgebieden zijn gelegen in de gemeente Goirle, gemeente Hilvarenbeek, gemeente Oisterwijk en gemeente Haaren.

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 klimaatdialogen en het opstellen van een strategie.

In een eerder stadium is voor de regio Hart van Brabant een Klimaatonderlegger opgesteld op basis van een systeemanalyse. Ook deze resultaten kunnen worden gebruikt als input voor de klimaatdialogen en als bouwsteen om mogelijke oplossingsrichtingen te identificeren (Bijlage G).



Bijlagen

- Bijlage A – Kaartmateriaal wateroverlast
- Bijlage B – Methodiek droogte
- Bijlage C – Kaartmateriaal droogte
- Bijlage D – Methodiek hitte
- Bijlage E – Kaartmateriaal hitte
- Bijlage F – Kaartmateriaal overstroming
- Bijlage G – Klimaatonderlegger

BIJLAGE A - KAARTMATERIAAL WATEROVERLAST

BIJLAGE B - METHODIEK DROOGTE

De Waterwijzer Landbouw maakt gebruik van de gekoppelde procesmodellen SWAP (Soil-WaterAtmosphere-Plant; Dam et al., 2008; Kroes et al., 2017) en WOFOST (WORLD FOOD STUDIES; Boogaard et al., 2011) waarin de wisselwerking tussen bodem, water, atmosfeer en gewasgroei is beschreven. Met deze procesmodellen zijn circa 6 miljoen berekeningen uitgevoerd met variatie in meteorologie, gewas, bodem en hydrologische omstandigheden. Op basis van deze berekeningen zijn (meta)relaties afgeleid die voor willekeurige hydrologische omstandigheden een inschatting maken van de gewasopbrengst en de opbrengstderving. De gegenereerde kaartbeelden geven inzicht in welke gebieden gevoelig zijn voor gewasderving in het huidige klimaat en de af-/toename in het toekomstige klimaat (WH-scenario; KNMI, 2015) als gevolg van droogte.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van:

- Eigenschappen van bodem (BOFEK2012). De BOFEK van Hart van Brabant is opgenomen in Bijlage B.
 - Bodemfysische Eenhedenkaart, opgesteld op basis van honderdduizenden tussen 1960 en 1995.
 - Eventuele grondverbeteringen zijn mogelijk niet meegenomen.
 - Uit verschillende gebruikerservaringen is gebleken dat de Water Wijzer Landbouw niet betrouwbaar kan omgaan met bodemtype 304 (zwak lemige podzolgronden) uit de BOFEK2012. Om deze reden is dit bodemtype in de BOFEK2012 aangepast naar vergelijkbaar bodemtype 305 (zwak lemige zandgronden met grof zand in de ondergrond).
- Eigenschappen van gewassen/gras (Waterwijzer landbouw – STOWA 2018-48)
- Grondwaterkarakteristieken gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)
 - Voor het toepassen van de GLG en de GHG is het Brabantmodel gebruikt. Dit is een grondwatermodel voor heel Noord-Brabant en dus gebiedsdekkend voor Hart van Brabant. Het voordeel van dit model ten opzichte van de afzonderlijke modellen van de waterschappen is dat deze gemodelleerd is voor het gehele gebied en een eenduidiger beeld geeft dan wanneer er verschillende modellen van bijvoorbeeld de waterschappen worden gebruikt (deze komen op de grensvlakken niet overeen).
- Grondwaterstandswijziging door klimaatverandering (Klimaat-effectatlas)
- KMNI-weerstation De Bilt → weer en klimaatscenario's:
 - Huidige klimaat (1985-2010)
 - WH-klimaat (2036-2065)

BIJLAGE C - KAARTMATERIAAL DROOGTE

BIJLAGE D - METHODIEK HITTE

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 dekkend totaalbeeld geeft van de op dat moment heersende warmteverschillen. In de stresstest zijn de sensorwaarden van de satelliet omgezet naar oppervlaktetemperatuur door middel van een aantal wiskundige formules. Allereerst is de temperatuur aan de 'top van de atmosfeer' (ongeveer 100 km 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. Nabij-infrarood licht wordt door vegetatie geheel 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 (temperatuur aan maaiveld).

BIJLAGE E - KAARTMATERIAAL HITTE

BIJLAGE F - KAARTMATERIAAL OVERSTROMING

BIJLAGE G - KLIMAATONDERLEGGER

COLOFON

TOELICHTENDE NOTITIE KAARTMATERIAAL KLIMAATSTRESSTEST

KLANT

Regio Hart van Brabant

AUTEUR

Tetje Henstra

PROJECTNUMMER

C03131.000120

ONZE REFERENTIE

DATUM

7 februari 2020

STATUS

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

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

www.arcadis.com