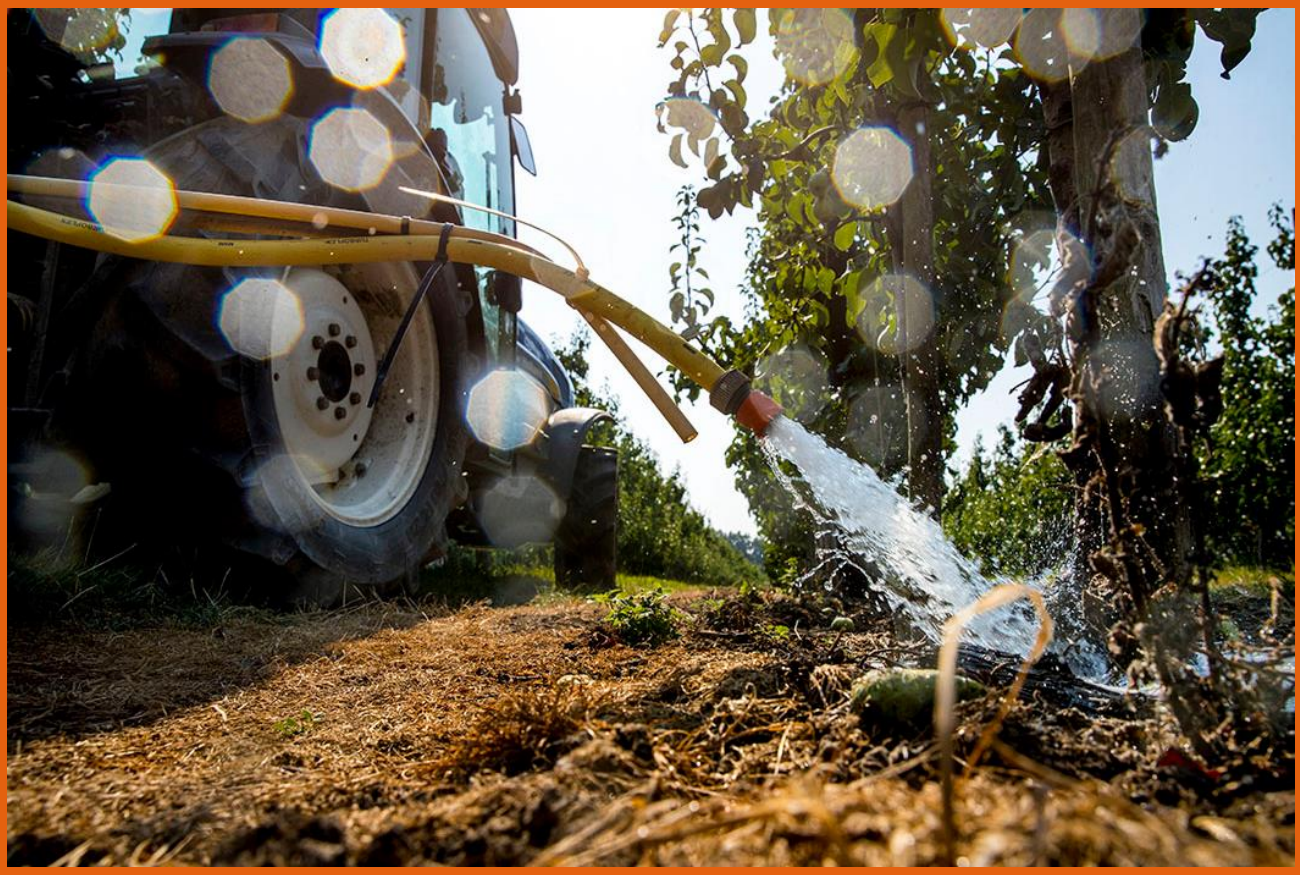
ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ANALYSE NAAR DROOGTE

Gemeente West-Betuwe

11 DECEMBER 2020



Contactpersoon

ERWIN SLINGERLAND
Specialist Stedelijk Water en Klimaatadaptatie

T 0631554378
E erwin.slingerland@arcadis.com

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

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

1.1 Klimaatverandering 5

1.2 Verantwoording 6

1.3 Doelstelling en leeswijzer 7

2 DROOGTE-ANALYSE 8

2.1 Neerslagtekort 9

2.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden 9

2.3 Bodemdaling en funderingsschade 11

2.3.1 Bodemdaling 11

2.3.2 Inventarisatie funderingsschade door (verschil)zetting 13

2.4 Schade aan wegen door droogte 14

2.4.1 Schade aan wegen door zetting 14

2.4.2 Schade aan wegen door wortelopdruk 14

2.5 Kwetsbaarheid van stedelijk groen voor verdroging 15

2.6 Kwetsbaarheid van landelijk gebied voor verdroging 16

2.6.1 Kwetsbaarheid op basis van grondwaterstanden 16

2.6.2 Kwetsbaarheid op basis van gewasderving 17

2.7 Knelpunten waterkwaliteit 18

2.8 Digitale ontsluiting en relatie met regionale stresstesten 19

3 AANPAK SECTORANALYSE 20

3.1 Water en ruimte 21

3.2 Natuur 22

3.3 Landbouw, tuinbouw en visserij 22

3.4 Gezondheid 23

3.5 Recreatie en Toerisme 24

3.6 Infrastructuur 25

3.7 Energie 25

3.8 IT en telecom 26

3.9 Veiligheid 27

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 28

4.1 Conclusies 28

4.2 Aanbevelingen voor vervolg 29

4.2.1 Voeren van risicodialogen en opstellen van klimaatadaptatiestrategie en uitvoeringsagenda 29

4.2.2 Opzetten en uitbreiden van een grondwatermeetnet 30

4.2.3 Inzichten voor volgende droogte-analyse 31

BIJLAGEN

BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYES 32

BIJLAGE B RESULTATEN DROOGTE 34

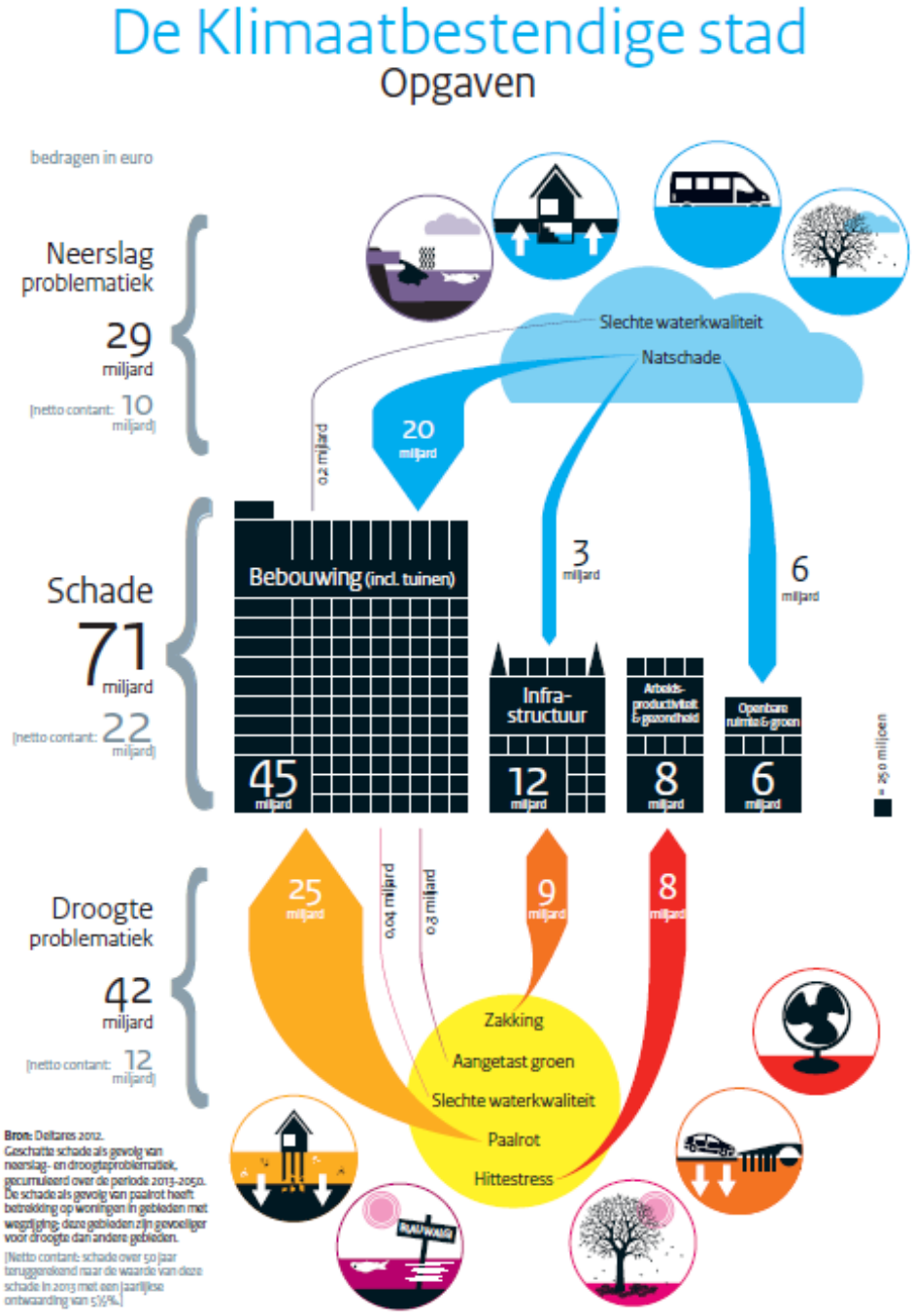
BIJLAGE C KLIMAATGEVOLGEN DROOGTE PER SECTOR 35

COLOFON 36

1 INLEIDING

1.1 Klimaatverandering

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!



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. **Investeringen 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 Deltabeslissing[1] 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 is de “Kwetsbaarheid in beeld brengen” voor de vier klimaataspecten overstromingen, wateroverlast door hevige neerslag, hitte en droogte. Vervolgens worden gemeenten geacht om in 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. Risicodialoog voeren en strategie opstellen
3. Uitvoeringsagenda opstellen
4. Meekoppelkansen benutten
5. Stimuleren en faciliteren
6. Reguleren en borgen
7. Handelen bij calamiteiten

Dit rapport richt zich op de eerste ambitie die in het Deltaplan is aangegeven, namelijk het in beeld brengen van de kwetsbaarheid van de buitenruimte op het klimaataspect: droogte en op de impact daarvan op de 9 sectoren: water en ruimte; natuur; landbouw, tuinbouw en visserij; gezondheid; recreatie en toerisme; infrastructuur; energie; IT en telecom; en veiligheid.

[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 doel van de eerste ambitie is om via een eerste, volledige en eenduidige, analyse het inzicht en de bewustwording bij gemeenten te vergroten. Ambitie één beoogt ook een (bestuurlijke) agendering van de klimaataspecten en de vervolgstappen die genomen dienen te worden na het in beeld hebben van de kwetsbaarheden. Deze klimaatstresstest is hiermee input voor de volgende stappen van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie: risicodialoog en strategie opstellen.

1.3 Doelstelling en leeswijzer

De kwetsbaarheden van de gemeente West-Betuwe voor droogte zijn in deze analyse inzichtelijk gemaakt door een analyse te maken van: kwetsbaarheid van vegetatie (binnen- en buiten de bebouwde kom) door verdroging, kwetsbaarheid voor funderingsschade als gevolg van mogelijke verschilzetting en bodemdaling en tot slot kwetsbaarheden gerelateerd aan de oppervlaktewaterkwaliteit. Hierbij is ook het buitengebied van de gemeente West-Betuwe meegenomen. De droogte-analyse is gebaseerd op het grondwatermodel van waterschap Rivierenland, de Waterwijzer Landbouw, de Klimaateffectatlas en de klimaatatlas van waterschap Rivierenland (zie Bijlage A voor methodiekbeschrijving).

Leeswijzer
In hoofdstuk 2 wordt de analyse van de impact van droogte op de gemeente West-Betuwe nader toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt de aanpak van de sectorenanalyse toegelicht om vervolgens specifiek per sector de invloed van klimaatverandering toe te lichten. De rapportage sluit af met conclusies en aanbevelingen voor het vervolgtraject: het voeren van risicodialogen en het formuleren van een klimaatadaptatiestrategie.

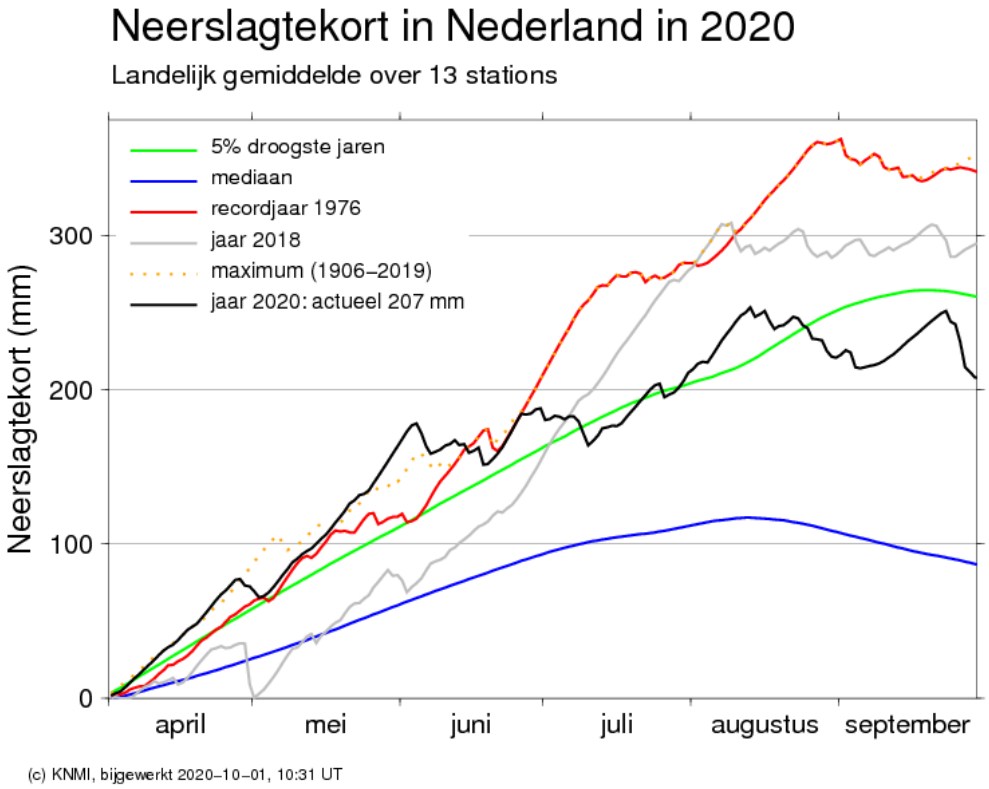
2 DROOGTE-ANALYSE

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

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

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

Juli 2018 kende een droogterecord: er viel gemiddeld 11 mm regen. Normaal is dat die maand 78 mm. In onderstaande afbeelding is te zien dat het in neerslagtekort 2020 groter is dan de mediaan van de jaren waarin het neerslagtekort is gemeten.



Figuur 2: Neerslagtekort in Nederland in 2020. Landelijk gemiddelde over 13 stations (bron: KNMI, geraadpleegd op 22 oktober 2020)

Door droogte kan schade ontstaan in het stedelijk gebied. Bij langdurige droogte kan funderingsschade en groenschade voorkomen. De groenschade, veroorzaakt door het afsterven van bomen en planten in de gemeente. Daarnaast zijn tijdens periode van droogte aanvullende kosten nodig voor het bewateren van de beplanting. Door droogte kan de voedselproductie (landbouwsector) worden bedreigd. Ook andere sectoren kunnen onder druk komen te staan, zoals drinkwaterproductie uit oppervlaktewater, koeling voor de industrie en energiecentrales. Daarnaast neemt de schade aan de natuur en het risico op natuurbranden toe. In het stedelijk gebied in Nederland is de verwachte schade ten gevolge van klimaatverandering door droogte groter dan die door wateroverlast (zie Figuur 1 uit Manifest Klimaatbestendige stad, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering).

De kwetsbaarheid van West-Betuwe voor droogte is in beeld gebracht voor de (ontwikkeling van de) volgende aspecten:

- Het neerslagtekort voor de gemeente;
- Ontwikkeling van de gemiddeld laagste grondwaterstand;
- Bodemdaling en funderingsschade als gevolg van mogelijke verschilzetting;
- Impact op de infrastructuur door zetting en wortelopdruk;
- Kwetsbaarheid van vegetatie (binnen- en buiten de bebouwde kom) voor verdroging;
- Waterkwaliteit.

2.1 Neerslagtekort

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

Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?
Volgens meerdere KNMI-klimaatscenario's loopt het potentieel jaarlijks gemiddelde neerslagtekort op (Tabel 1). Dit oplopende neerslagtekort heeft nadelige gevolgen voor de beschikbaarheid van water voor gewassen (landbouw), flora en fauna (natuur) en de waterkwaliteit. Ook zal de vraag naar water stijgen vanuit de bewoners en bedrijven, terwijl de beschikbaarheid van oppervlaktewater in de gemeente zal afnemen.

	Gemiddeld Neerslagtekort (mm)	Potentieel 10-jarig neerslagtekort (mm)
Huidige Klimaat	150-180	210-270
Wh-klimaat	210-240	270-330

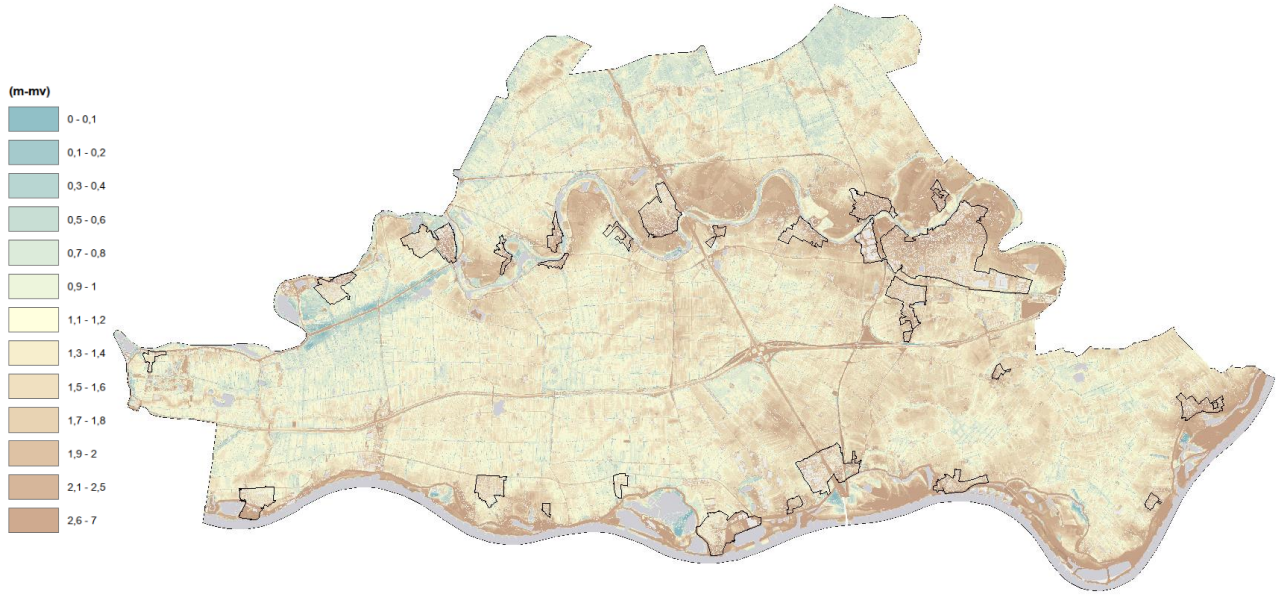
Tabel 1- Modelresultaten voor neerslagtekort van KMNI-klimaatscenario 2050.

2.2 Ontwikkeling gemiddeld laagste grondwaterstanden

In tijden van droogte wordt de grondwaterstand minder door neerslag aangevuld terwijl mogelijk een groter beroep wordt gedaan op grondwater en/of oppervlaktewater. Bij een te lage grondwaterstand kan schade ontstaan. In de analyse is gebruik gemaakt van het grondwatermodel MORIA van waterschap Rivierenland. Daarnaast is met behulp van de Klimaateffectatlas gekeken naar de te verwachten gemiddeld laagste grondwaterstand in 2050 bij klimaatscenario WH+. Hiervan is het verschil ten opzichte van het huidige klimaat gepresenteerd. Bij de analyse is rekening gehouden met verandering van klimaat en water- en landgebruik.

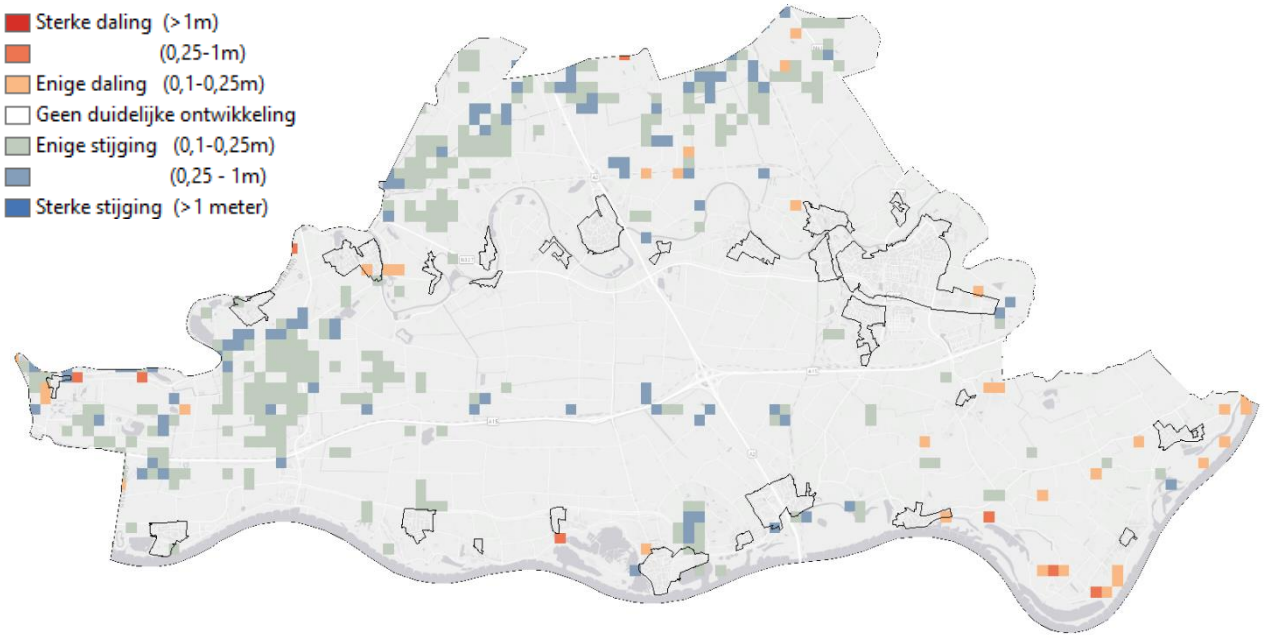
De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt doorgaans aan het einde van de zomerperiode bereikt. In het merendeel van Nederland is er geen duidelijke ontwikkeling in de GLG (een lichte daling van 5 tot 10 centimeter). Over het algemeen geldt voor Nederland dat op een deel van de hoge zandgronden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

Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?
In het huidige klimaat bevindt de gemiddeld laagste grondwaterstand zich met name nabij rivieren (o.a. de Waal en de Linge) dieper beneden maaiveld dan in de rest van gemeente West-Betuwe (zie Figuur 3 –). Een andere grotere trend is dat de GLG zich in het oosten van de gemeente dieper onder maaiveld bevindt dan in het westen als gevolg van een hoger gelegen maaiveld.



Figuur 3 – Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) op basis van het MORIA-model (periode 2010-2019).

Voor het klimaatscenario WH2050 zullen de GLG in delen van de gemeente stijgen (zie Figuur 4), hierdoor zal de gemeente minder kwetsbaar worden voor droogte in deze gebieden.



Figuur 4 – Verandering van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand tot 2050 bij een WH-klimaatscenario. Bron: Klimaateffectatlas.

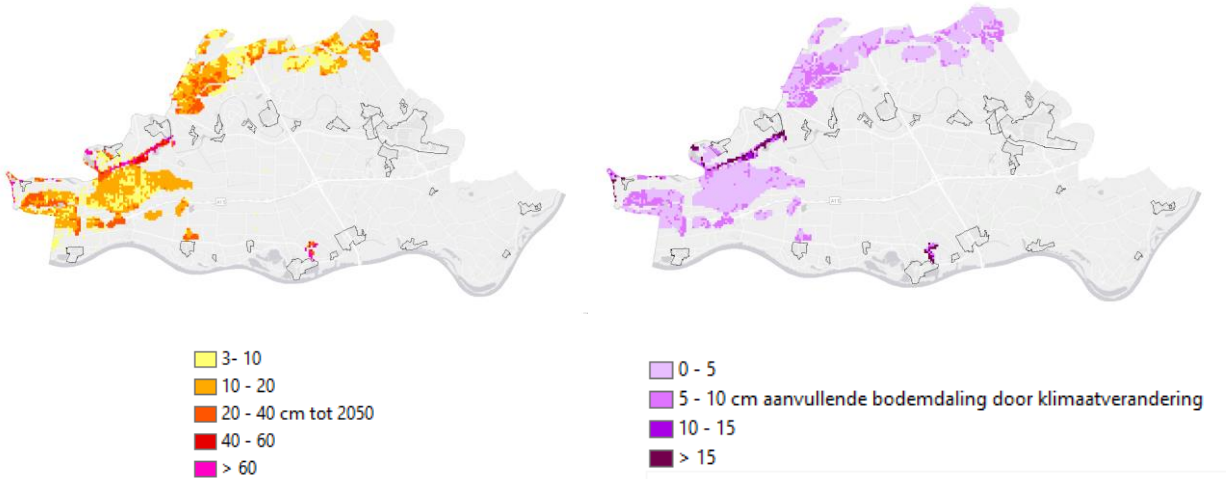
2.3 Bodemdaling en funderingsschade

2.3.1 Bodemdaling

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

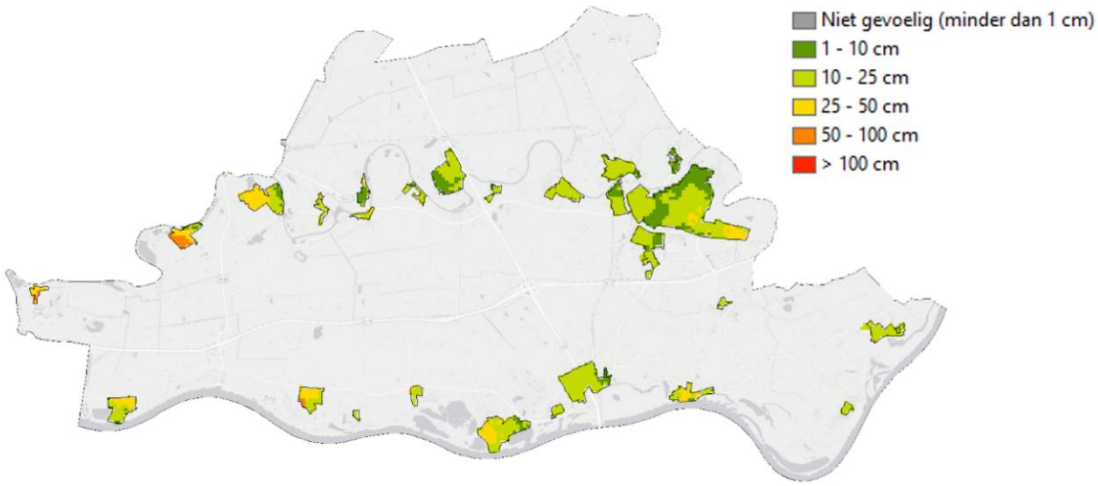
Aangezien de bodem in de gemeente West-Betuwe voornamelijk in het westen bestaat uit klei (Figuur 7), bestaat daar de kans op bodemdaling (zetting) na ophoging met zand. In nieuwe stedelijke gebieden vindt ophoging plaats in het kader van het bouwrijp maken van een gebied. In bestaande stedelijke gebieden 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.

Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?
Uit de analyseresultaten in de Klimaateffectatlas blijkt dat in het huidige klimaat bodemdaling berekend wordt. In het KNMI ’14 klimaatscenario 2050WH wordt aanvullende bodemdaling verwacht. In het huidige klimaat is berekend dat de bodemdaling die optreedt tot 2050 zal liggen tussen de 10 cm tot meer dan 60 cm. Deze bodemdalingen treden op in het westen van West-Betuwe. Deze regio in de gemeente wordt juist door de provincie Gelderland als kansrijk gezien voor het realiseren van een toekomstig drinkwaterwingebied. In het klimaatscenario WH2050 is de verwachting dat de huidige bodemdaling-locaties verder zullen zakken vanaf 2050 met een extra 5 cm tot meer dan 15 cm (zie Figuur 5). Ten noorden van de kern Haaften valt op dat er veel bodemdaling is verwacht, met en zonder klimaatverandering. Dit komt doordat het gebied een bodemtype Moeras heef toegekend gekregen in de BOFEK2012 (Figuur 7)

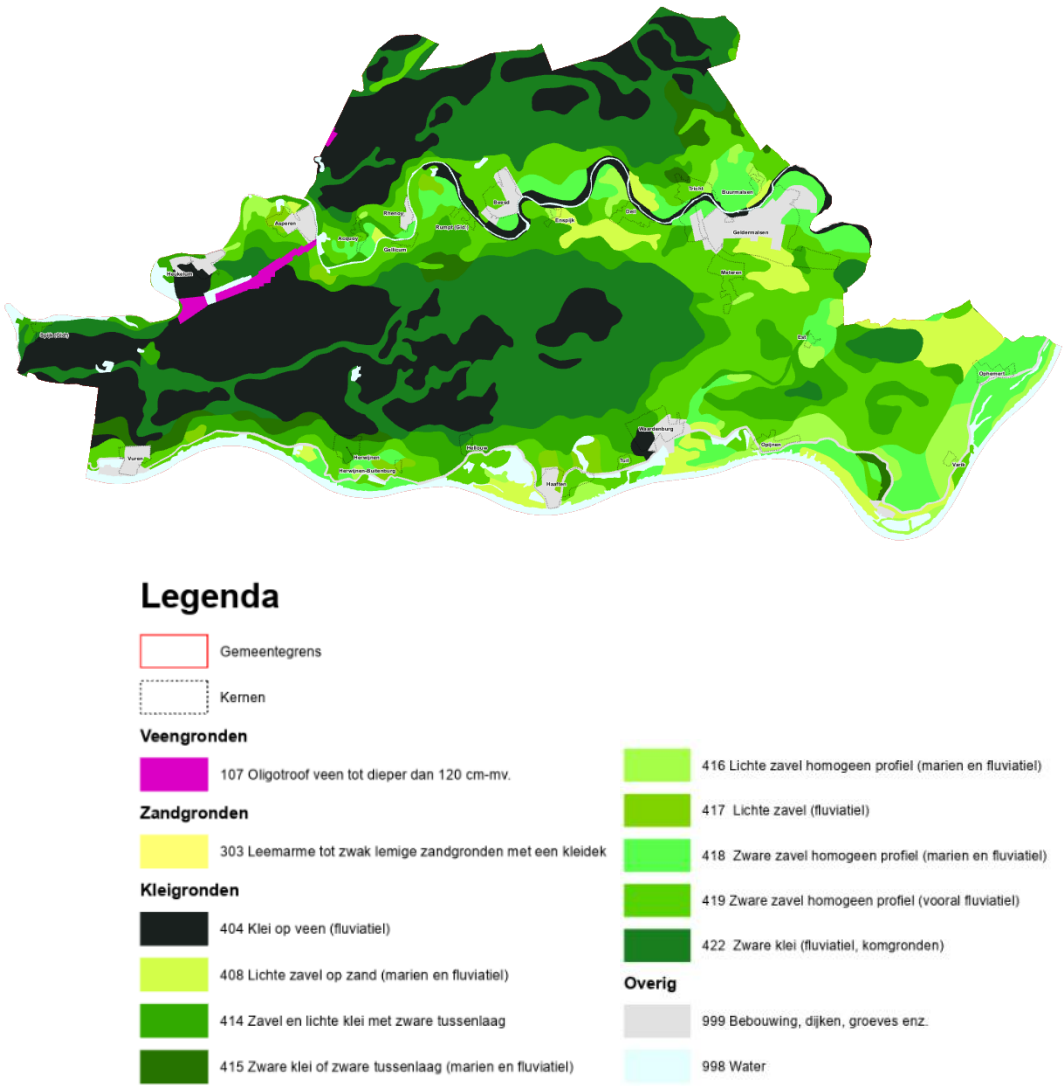


Figuur 5 - Bodemdaling huidige klimaat (links) en aanvullende bodemdaling door klimaatverandering volgens scenario WH 2050 (rechts).

In Figuur 6 is het resultaat weergegeven van een berekening waarin een fictieve situatie doorgerekend is, waarbij één meter zand is aangebracht. Deze kaart geeft een globale indruk van de gevolgen van het belasten van de slappe ondergrond. Omdat de gemeente West-Betuwe voornamelijk klei-ondergrond heeft, is er een grote kans op forse bodemdaling (zetting). Dergelijke zettingen zijn vaak aanleiding voor nieuwe ophoging. Het proces van bodemdaling door ophoging is daarmee niet volledig afhankelijk van klimaatverandering.



Figuur 6 - Bodemdaling huidige klimaat in stedelijk gebied bij extra belasting.



Figuur 7 - Bodemopbouw van de gemeente West-Betuwe op basis van de BOFEK2012.

2.3.2 Inventarisatie funderingsschade door (verschil)zetting

De gemeente heeft aangegeven dat voor zover bekend er nauwelijks panden op houten palen zijn gefundeerd. Dit maakt het risico op funderingsschade door paalrot vanzelfsprekend laag. Wel heeft de gemeente verschillende meldingen ontvangen van funderingsschade door (verschil) zetting. Navolgende analyse is een inventarisatie van panden gebouwd voor 1970 in relatie tot zettingsgevoelige gebieden. Deze oudere panden zijn veelal slechter gefundeerd dan jongere panden.

Een daling van de grondwaterstand kan leiden tot (aanvullende) bodemdaling, ofwel zetting. Deze zetting mag niet te groot zijn, hooguit een paar millimeter per jaar, en van belang is dat gelijkmatige zetting (overal even groot) plaatsvindt. Ongelijkmatige zetting zorgt voor scheefstand, scheuren en schade aan panden. Zetting hoeft niet altijd problematisch te zijn, aangezien het vaak gelijkmatig is.

In Tabel 2 is het aantal panden weergegeven gebouwd voor 1970 in de gemeente West-Betuwe. Het risico is daarbij gebaseerd op het verschil tussen de GHG en GLG. Hoe groter deze fluctuatie van grondwaterstanden, hoe groter de kans op aanvullende bodemdaling en (verschil)zetting.

Risico	Aantal panden per klasse
Laag risico: 0 - 0,5m	5.857 (16%)
Gemiddeld risico: 0,5 - 1m	7.257 (20%)
Hoog risico: >1m	1.538 (4%)
Totaal panden gebouwd voor 1970	14.652 (40%)

Tabel 2 - Aantal panden gebouwd voor 1970 jaar en risico op slechte fundering in aantallen en percentage van totaal aantal panden in de gemeente West-Betuwe.

De bouwperiode en bodemkenmerken van een gebied geven een eerste indicatie van het risico op funderingsschade in het gebied. Zie Bijlage A voor een beschrijving van de methodologie van de analyse voor het bepalen van de gevoeligheid voor funderingsschade.

Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?

Volgens de BAG zijn er 14.652 panden in West-Betuwe die gebouwd zijn voor 1970 en dus mogelijk slecht gefundeerd. Op basis van de aannames in de analyse komen roodgekleurde panden als kwetsbaar voor funderingsschade naar voren door (verschil)zetting. In gemeente West-Betuwe is het aantal woningen/panden dat als kwetsbaar is geclassificeerd circa 14.600 groot, onverdeeld in mate van risico (zie Tabel 2). Dit is op basis van fluctuatie in de grondwaterstanden (verschil GHG en GLG) en de leeftijd van de panden (BAG).

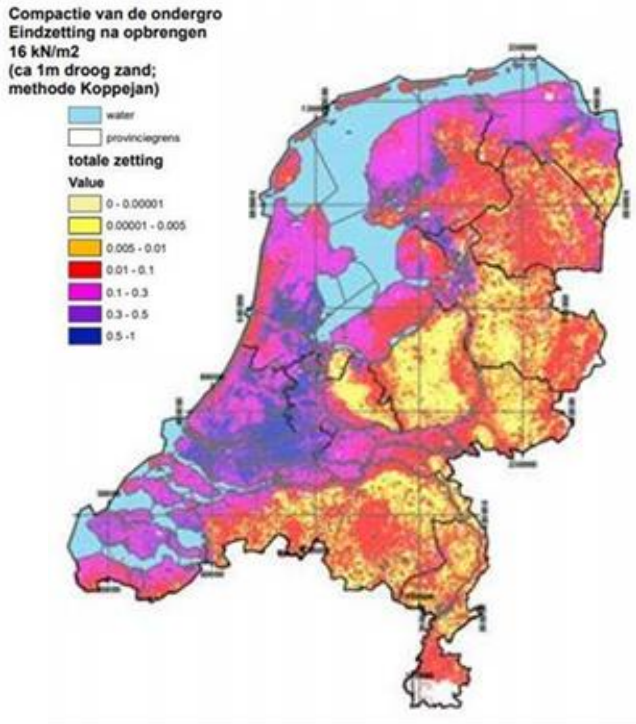
Figuur 8.Voorbeeld van funderingsschade door droogte: Asperen.

In Figuur 8 zijn de panden van de kern Asperen weergegeven op kaart. Uit deze afbeelding kan worden opgemaakt dat het oudere deel van Asperen kwetsbaarder is dan het jongere deel van Asperen.

2.4 Schade aan wegen door droogte

2.4.1 Schade aan wegen door zetting

Schade aan infrastructuur (wegen, tunnels, bruggen etc.) kan optreden door zetting van de ondergrond. Dit betekent dat voornamelijk wegen in zettingsgevoelige gebieden kwetsbaar zijn (zie Figuur 5 en Figuur 6).



Figuur 9. Zettingsgebieden in Nederland. Deltares & TNO (2014)

De meest zettingsgevoelige gronden zijn de gronden die vooral in het westen van Nederland, ten westen van de hogere zangronden liggen en in Friesland, delen van Overijssel en de Zuiderzeepolders. De ondergrond is er slap aangezien er veel veen in de grond zit (Figuur 9). Zand is het slechts samendrukbaar en veen juist heel gevoelig voor zetting. Klei, zavel en leem nemen een middenpositie in. Bij klei is het belangrijk om te beseffen dat het krimpt bij droogte, wat ook tot zetting kan leiden. In de droge zomer van 2018 zijn er door het hele land op verschillende plekken meldingen gedaan van loszittende tegels en schade aan wandel- en fietspaden (o.a. Amsterdam, Leiderdorp, Texel).

Met betrekking tot schade aan infrastructuur en grondwaterstanden, blijkt er een relatie te zijn. In algemene zin leidt een daling van de meerjarig gemiddelde grondwaterstand va 10 centimeter tot een levensduurverkorting van wegen, fietspaden en riolering van ongeveer 25% (van de Velde et al., 2019). Een daling van de grondwaterstand kan echter verschillende redenen hebben. Oorzaak kan zijn extreme droogte, maar ook externe factoren in de buurt van de weg die het grondwater onttrekken, zoals grote bomen of grondwaterpompen.

2.4.2 Schade aan wegen door wortelopdruk

Bomen kunnen ook schade veroorzaken aan wegen door wortelopdruk. Door droogte zakt het grondwater en gaan de boomwortels ‘opzoek’ naar grondwater waarbij de wortels alle kanten kunnen opgroeien. De gevolgen zijn opdruk van verharding, verlies aan draagkracht van de wegconstructie, verzakking van de verharding en het ontstaan van onveilige situaties. Oorzaken van schade kunnen zijn at er onvoldoende afscherming is van de wegconstructie, onvoldoende doorwortelbare ruimtes, onvoldoende afstand tot de wegconstructies, verkeerde boomsoort en/of onvoldoende groeiplaats (kwaliteit, grootte). Hier dient benadrukt te worden dat worteldruk niet alleen veroorzaakt wordt door droogte.

Figuur 10. Schade aan de Nieuwe Zuiderlingedijk (links) en wortelgeleidingspaneel om het wegdek te beschermen (rechts).

Ditzelfde geldt voor de opname van grondwater door de wortels. Daarnaast is niet duidelijk wat de invloed van droogte is op de mate grondwateronttrekking en de gevolgen voor de lokale grondwaterstand.

Om worteldruk tegen te gaan zijn kunnen maatregelen genomen worden als het plaatsen van een wortelweringswand met hoofdzakelijk doel om boomwortels tegen te houden. Bij een wortelweringswand stuit de boomwortel op een barrière en zal langs de wand oppervlakkig verder groeien. Een andere oplossing is het aanbrengen van een wortelwering om een wortelvrije zone tot stand te brengen. Hiermee is de ondergrondse infrastructuur beschermd tegen wortelgroei (Figuur 10).

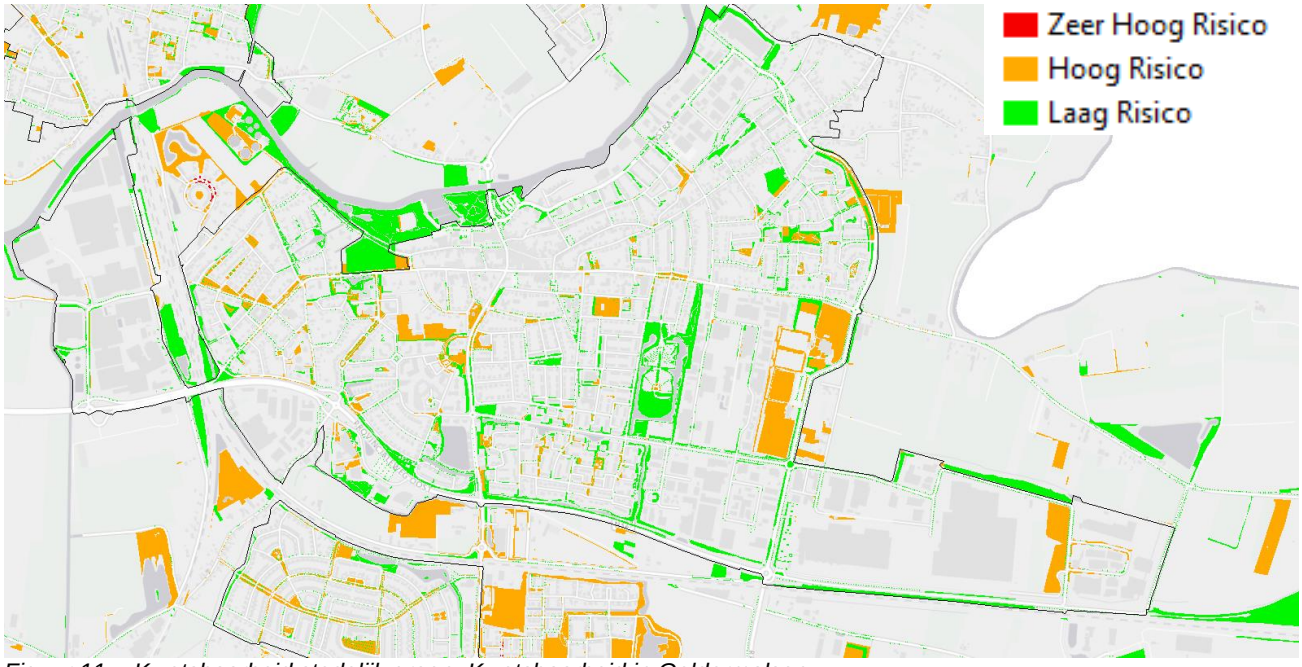
2.5 Kwetsbaarheid van stedelijk groen voor verdroging

Een tekort aan neerslag en extreem lage grondwaterstanden kunnen leiden tot verdroging van stedelijk groen. De gevolgen hiervan verschillen per type vegetatie. Om inzichtelijk te maken welk stedelijk groen problemen kunnen ondervinden als gevolg van langere perioden van droogte is een analyse en inschatting van de kwetsbaarheid gemaakt van het stedelijk groen in de gemeente West-Betuwe.

Aan de hand van het groen uit de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) en het bomenbestand van de gemeente is geanalyseerd hoeveel het grondwater kan fluctueren. Hierbij is onderscheid gemaakt in drie soorten groen: bomen, heesters en gras/sierbeplanting. Voor iedere categorie is een literatuuronderzoek verricht naar de worteldiepte. Hoe verder de grondwaterstand in tijden van droogte af staat van de wortels, hoe groter het risico op droogteschade. Bij het maken van deze analyse is geen rekening gehouden met de lokale bodemgesteldheid, hier is op dit moment onvoldoende informatie van.

Hoe kwetsbaar zijn de stedelijke kernen binnen de gemeente West-Betuwe?
In bijlage B is het kaartmateriaal met de kwetsbaarheid van vegetatie binnen de stedelijke kernen opgenomen. In Figuur 11 is een uitsnede te zien van de kern Geldermalsen. Uit deze analyse wordt opgemaakt dat met name de kleine vegetatie (gras/sierbeplanting) mogelijk droogteschade kan ervaren. De grondwaterstanden fluctueren namelijk met 0,5m onder deze beplanting. Voor heesters en bomen wordt minder schade verwacht, omdat deze relatief diep wortelen. Deze kaarten kunnen worden gebruikt als handvat bij toekomstige aanplanten van groen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de worteldiepte sterk afhankelijk is van het specifieke vegetatiesoort en de lokale bodemkarakteristieken. Ook komt het voor dat het grondwater lager dan de gemiddeld laagste grondwaterstand staat. Dit betekent dat een groter gebied dan weergegeven in Figuur 11 kwetsbaar kan zijn voor verdroging.



Figuur 11 - Kwetsbaarheid stedelijk groen: Kwetsbaarheid in Geldermalsen

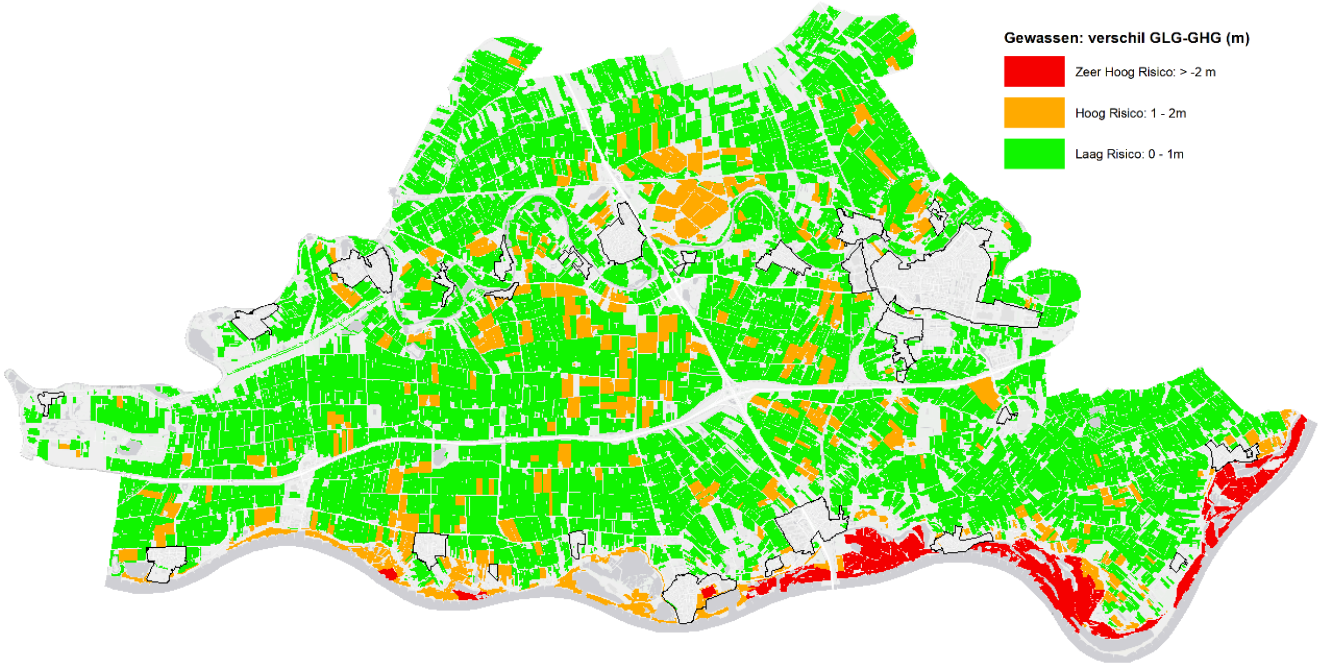
2.6 Kwetsbaarheid van landelijk gebied voor verdroging

2.6.1 Kwetsbaarheid op basis van grondwaterstanden

Wanneer gras onvoldoende wateraanvoer krijgt leidt dit tot verdroging van de graslaag en 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.

De gevolgen van droogte voor struiken en bomen valt te verdelen onder (vroegtijdig) bladafval en uitval (Brolsma, van Meerten, Dionisio, Elbers, 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.

Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?
In Figuur 12 is een kaart weergegeven met het risico op verdroging van de gewaspercelen op basis van het verschil tussen de GHG en GLG. Een grote fluctuatie in grondwaterstanden kan leiden tot gewasderving of droogteschade aan vegetatie.

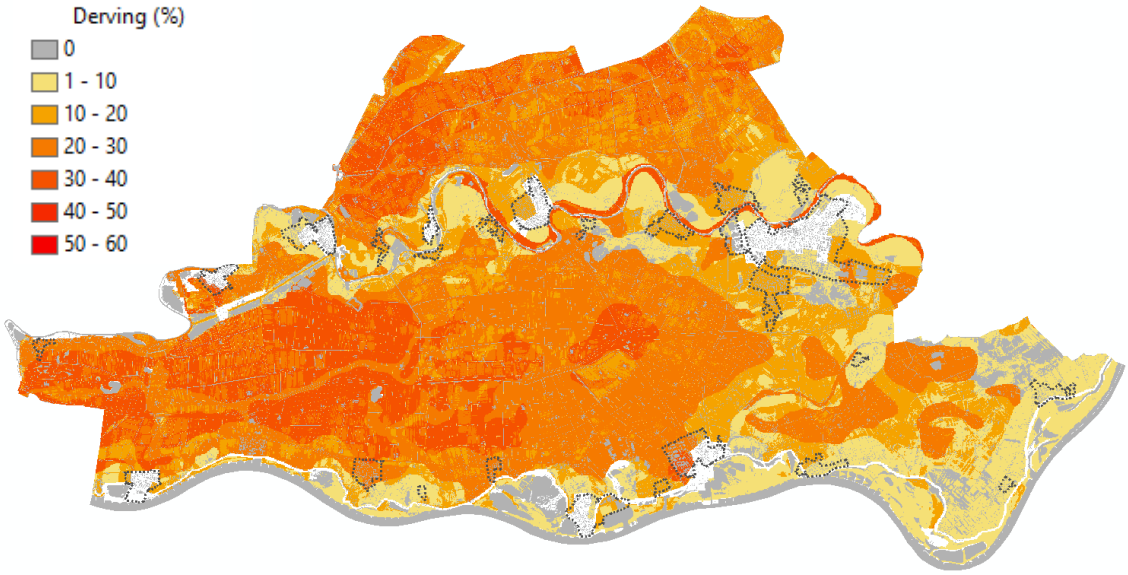


Figuur 12 - Kans op verdroging op basis van de fluctuatie van de grondwaterstanden (GHG-GLG).

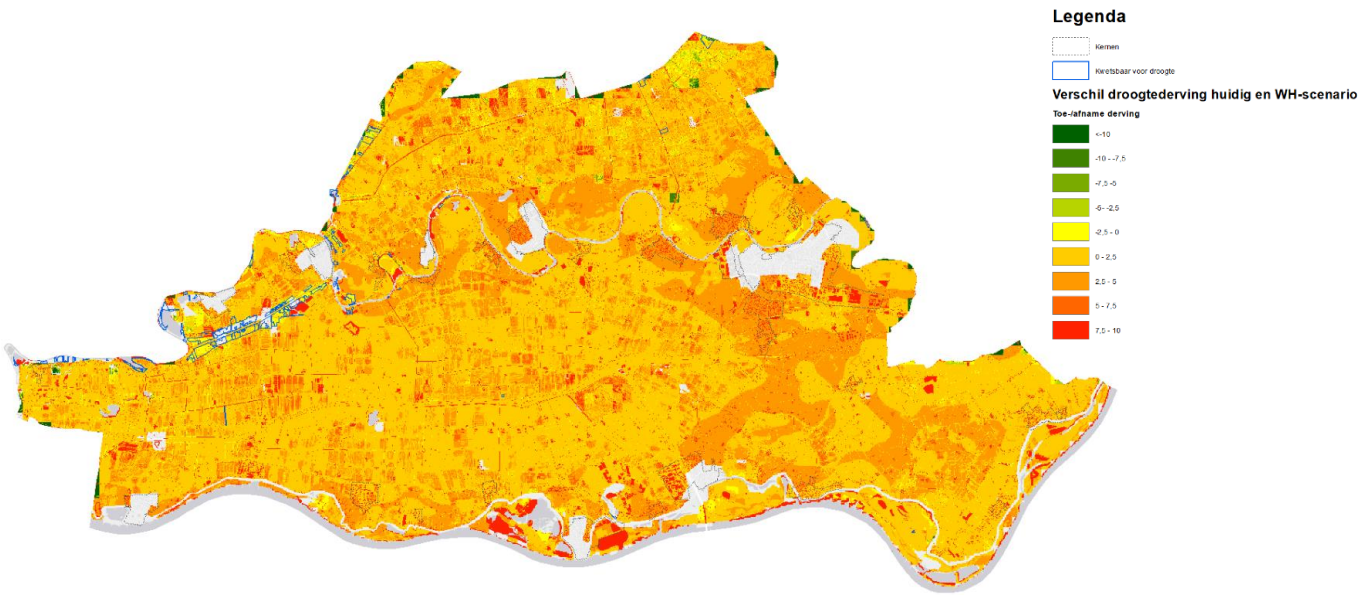
2.6.2 Kwetsbaarheid op basis van gewasderving

De resultaten van gewasderving van de WaterWijzerLandbouw (WWL) kunnen alleen worden gebruikt voor het landelijke gebied. Over het bodemtype (grondsoorten) binnen de bebouwde kom is namelijk niet genoeg bekend om een berekening te maken. De bodem binnen de bebouwde kom is namelijk vaak geroerd en kan niet onder één bodemtype worden beschouwd. Het risico op een toename aan droogteschade aan natuur is in de gemeente West-Betuwe is voornamelijk relevant voor de matig droogteresistente en matig vochtminnende natuur in Figuur 14. Hier wordt op verschillende plekken een toename aan droogte berekend op locaties waar (matig) vochtminnende natuur voorkomt.

Er dient te worden opgemerkt dat sommige vegetatie meer of minder watervraag kan hebben dan gras. Ook kan het voorkomen dat de grondwaterstand lager staat dan de gemiddeld laagste grondwaterstand. Dit betekent dat de getoonde resultaten een gemiddelde gewasderving laten zien en de gebieden waar gewasderving optreedt in een extreme situatie groter kunnen zijn dan.



Figuur 13 – Derving van gras als gevolg van droogte in het huidige klimaat.



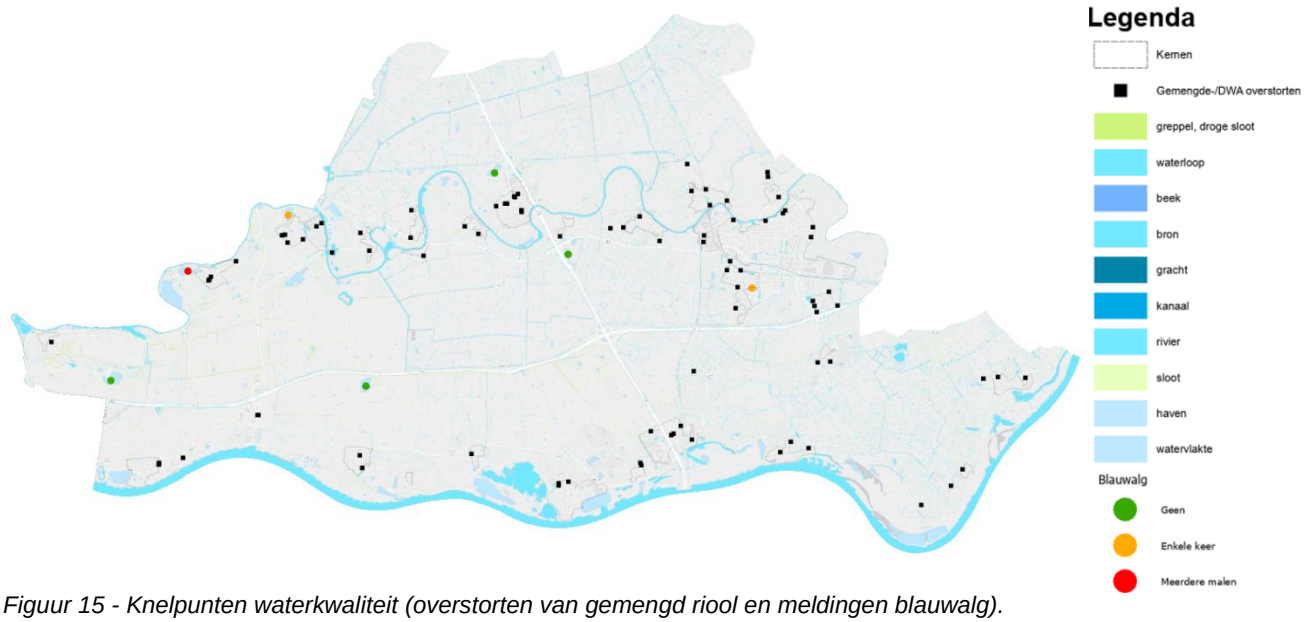
Figuur 14 - Toename gewasderving (%) op gewaspercelen in West-Betuwe door droogte in het WH2050 klimaatscenario

2.7 Knelpunten waterkwaliteit

Perioden van droogte zullen leiden tot lagere waterstanden in oppervlaktewateren. Daarnaast zal de temperatuur van het oppervlaktewater stijgen. Dit zorgt ervoor dat de waterkwaliteit verslechtert. Deze gevolgen kunnen leiden tot (onomkeerbare) schade aan oevers en een verslechtering van de habitat voor flora en fauna. Daarnaast wordt de kans op blauwalg en botulisme groter, met gevolgen voor de gezondheid van mens en dier (Hoogvliet et al, 2012). Tevens kan dit negatieve gevolgen opleveren voor de recreatiesector (zowel recreanten als exploitanten) (de Jonge, 2008).

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

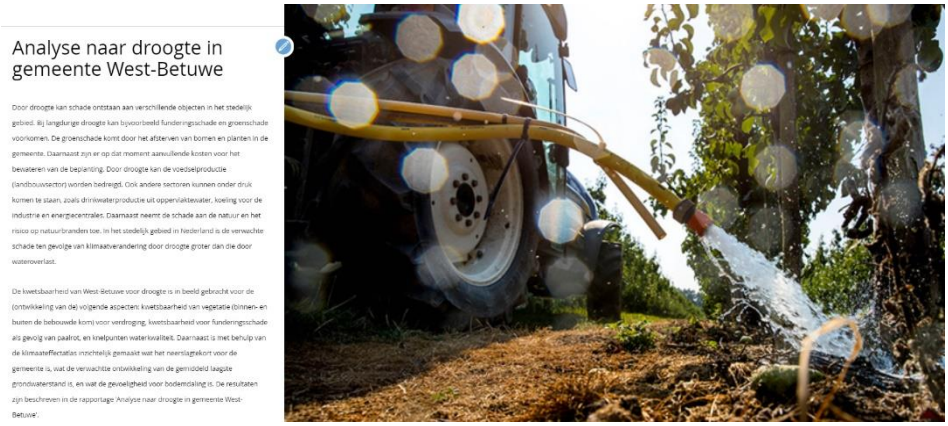
Hoe kwetsbaar is gemeente West-Betuwe?
In het onderstaande kaartbeeld zijn het oppervlaktewater, de locaties van gemengde externe overstorten in beeld gebracht (Figuur 15). Indien in de toekomst vaker vanuit de riolering overgestort wordt door toename van neerslagextremen blijven deze locaties kwetsbaar voor waterkwaliteitsproblemen. Als deze oppervlaktewateren als gevolg van langdurige droogte een laag waterpeil kennen zal de concentratie vervuild water hoger zijn. Daarnaast zijn voor de zwemwateren het aantal meldingen van blauwalg in de periode 2011-2015 weergegeven. Bij zwemwater De Rietput, naast Heukelum, is meerdere malen blauwalg geconstateerd.



Figuur 15 - Knelpunten waterkwaliteit (overstorten van gemengd riool en meldingen blauwalg).

2.8 Digitale ontsluiting en relatie met regionale stresstesten

De resultaten zijn, naast deze rapportage en bijlagen, ook online ontsloten via Storymaps. Storymaps is een interactief webportaal waarop kaarten en teksten kunnen worden weergegeven. Dat biedt de mogelijkheid om in en uit te zoomen. De digitale omgeving van Storymaps is niet alleen om eenvoudig in schaalniveau te kunnen wisselen, maar het is ook een uitgelezen tool om gedurende het proces informatie voor betrokkenen eenvoudig te ontsluiten en te downloaden. De resultaten kunt u online raadplegen middels deze link.



Figuur 16. De online ontsluiting van de analyse naar hittestress in gemeente West-Betuwe.

Deze analyse naar de impact van droogte heeft zich met name gefocust op het stedelijk gebied. Daarmee is het een verdieping op de regionaal uitgevoerde stresstesten. Deze analyses door SNR (Samenwerken in Netwerk Rivierenland) en waterschap Rivierenland zijn met name gefocust op het landelijk gebied. De resultaten van Regio Rivierenland zijn online te raadplegen middels deze link. Het Waterschap Rivierland heeft eveneens een vergelijkbare regionale analyse online beschikbaar gesteld en deze is te raadplegen door deze link.

3 AANPAK SECTORANALYSE

De impact van klimaatverandering op de gemeente West-Betuwe is voor droogte in voorgaand hoofdstuk inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse blijkt dat de gemeente West-Betuwe steeds droger wordt, wat resulteert in een toename van onder andere groenschade, bodemdaling en funderingsproblematiek.

Voor een goede aanpak van deze effecten van klimaatverandering is een gedegen inzicht nodig. Om dit te bereiken zijn de effecten in beeld gebracht voor negen sectoren:

Er is sprake van een breed scala aan effecten, die ingrijpen op verschillende schaalniveaus. De effecten kunnen omvangrijk zijn, beperkt maar talrijk, op korte termijn plaatsvinden of in de loop van de eeuw pas optreden. Ook zijn cumulatieve effecten mogelijk, zowel binnen sectoren als tussen sectoren onderling.

Per sector is een studie verricht waarin de directe en indirecte effecten zijn geïnventariseerd en de verschillende stakeholders zijn benoemd. In de navolgende paragrafen zijn de sectoren geïntroduceerd en beschreven in tabellen. Deze sectoranalyse biedt daarmee tevens een basis voor de aankomende klimaatdialogen. In bijlage C is een overzicht van klimaateffecten opgenomen.

De gemeente heeft op hoofdlijnen de onderstaande instrumenten tot haar beschikking om klimaatadaptatie in de praktijk te brengen. In het overzicht van de verschillende klimaateffecten is aangegeven welke middelen de gemeente potentieel in kan zetten.

- **Voorlichting** – Zorgdragen voor bewustwording, verwijzen en verbinden van stakeholders, delen van kennis en informatie.
- **Beleidskader** – Het reguleren en verankeren van adaptatiemaatregelen/strategie in beleid en vergunningen.
- **Maatregelen** – Aanpassen van ruimtelijke inrichting (binnen/buiten), verandering van ruimtelijke functies.

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

3.1 Water en ruimte

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

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

- Gemeenten: grote rol op lokaal niveau door het verankeren van adaptatie in lokaal beleid en informatievoorziening (voorlichting, kennisdeling etc.).
- Bewoners en bedrijven: veel grondgebied binnen de gemeentelijke grenzen is in privaat beheer. De bewoners en bedrijven die deze gronden bezitten, hebben daarmee een grote invloed en verantwoordelijkheid om de gemeente als geheel klimaatbestendig in te richten.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, provincies: grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid, de inzet van keuringsdiensten en kennisdeling met overige stakeholders. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische bedrijven: bedrijven van akkerbouwers, tuinbouwers, veehouderijen en vissers kunnen adapteren door maatregelen te treffen zoals het aanpassen van hun bedrijfsvoering en de ruimtelijke inrichting. Daarbij kunnen bedrijven zich verenigen en kennis delen. In hoofdstuk 8 wordt specifiek op de landbouw en agrarische sector ingegaan.
- Agrarische ondernemersorganisaties en vakbonden: voornamelijk een adaptatierol in informatievoorziening (bijv. kennisdelen, voorlichting). Ondersteuning bieden aan ondernemers bij adaptatiesamenwerkingen.
- Waterpartners: drinkwaterbedrijven, Rijkswaterstaat en waterschappen.

Klimaateffect	Kans / Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✕ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie strategie
Zeespiegelstijging, afname neerslag				
WR20 Verzilting oppervlaktewater en bodem		✕	Geen verziltingsrisico binnen de gemeente.	-
Toename verzilting riviermonding, afname rivierafvoer zomer				
WR21 Verzilting innamepunten drinkwater		✕	Geen direct risico verzilting.	-
WR22 Beperking drinkwaterproductie door afname beschikbaarheid zoet water		!	Aanwezige en geplande waterwingebied binnen de gemeente West-Betuwe. Te bekijken via deze link.	-
Drogere bodems in de zomer				
WR23 Druk op drinkwaterproductie en transport door toename watervraag		!	Waterleidingen.	V
WR24 Overstromingsrisico door drogere veendijken		!	Er zijn wel op veen gebouwde aanwezig binnen de gemeente zoals de Nieuwe Zuiderlingedijk. Daarnaast lopen de boezemkades een verhoogd risico bij langdurige droogte.	
Extremen nemen toe				
WR25 Beperking groenonderhoud (door beregeningsverbod)		!	Groenvoorzieningen.	VBM
Verandering kwaliteit oppervlaktewater				
WR26 Afname waterkwaliteit door ziekteverwekkers		!	Alle zwemplassen binnen de gemeente. Voorbeelden zijn De Wiel, Steenvliet, De Rietput, In Den Boomgaard	VBM
Toename bodemdaling				
WR27 Bedreiging bebouwing, cultureel erfgoed en waterinfrastructuur door bodemdaling		!	Bodemdaling wordt berekend in het westen van West-Betuwe	
WR28 Toename waterbeheer door bodemdaling		!	Bodemdaling wordt berekend in het westen van West-Betuwe	
Toename verzilting grondwater				
WR29 Mogelijke verandering ecosysteemdiensten en ecologische waterkwaliteit		!	Natuurgebieden en stedelijk groen, -oppervlaktewater.	

3.2 Natuur

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

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adapatatie Strategie
Drogere bodems in de zomer				
N10 Verandering van hydrologie		! ✓	Natuurgebieden.	V
N11 Toename watervraag/ verdroging		!	Natuurgebieden, stedelijk groen	VBM
N12 Toename kans op natuur- en bermbranden		!	Gemeentebreed.	VBM
Toename bodemdaling veengebieden				
N13 Toename kosten waterbeheer		✗	Geen veengebieden in gemeente West-Betuwe	
N14 Toename CO2-uitstoot		✗	Geen veengebieden in gemeente West-Betuwe	
Toename verzilting grondwater kuststreek, drogere bodems				
N15 Veranderingen in ecosystemen en het verschuiven van soorten		✗	Niet van toepassing.	
Afname rivierafvoer				
N16 Verlies soorten en habitats		✗	Niet van toepassing.	

3.3 Landbouw, tuinbouw en visserij

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Afname rivierafvoer				
LTV25 Afname beschikbaarheid zoetwater		!	Afname aanvoer oppervlaktewateren.	V
LTV26 Vissterfte (zuurstoftekort/droogval)		!	Oppervlaktewater, en specifiek vislocaties.	V
Drogere bodems in de zomer				
LTV27 Oogstschade en afname gewasopbrengsten		!	Landbouw.	V
LTV28 Waterschaarste en beregeningsverbod		!	Landbouw.	V
Toename verzilting riviermonding				
LTV29 Verzilting innamepunten rivierwater		✗	Niet van toepassing.	
Toename verzilting grondwater in kuststreek				
LTV30 Kansen zilte teelt		✗	Niet van toepassing.	
Toename verzilting grondwater, drogere bodems				
LTV31 Verandering ecosystemen		! ✓	Landbouw op de drogere bodems.	V
Toename bodemdaling				
LTV32 Hogere kosten waterbeheer t.b.v. landbouwproductie		!	Landbouw.	

3.4 Gezondheid

Definitie sector

De sector Gezondheid bestaat uit alle zorg verlenende diensten gericht op de mens voor zowel genezing, verzorging en verpleging en preventie als maatschappelijke zorg. Onderstaande subsectoren zetten in op gezondheid en o.a. de gevolgen van het klimaat op de gezondheid. Tevens kan iedere inwoner ook zelf preventiemaatregelen treffen om zich te “wapenen” tegen de negatieve gevolgen van het klimaat op gezondheid (b.v. bij hitte extra drinken):

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Drogere bodems in de zomer				
G29 Toename kans op brand		!	Natuurgebieden, bermen, (recreatief) groen.	VBM
Drogere bodems in de zomer, toename verzilting grondwater in kuststreek				
G30 Verandering ecosysteem en verschuiving soorten		✓ !	Gemeentebreed (specifiek natuurgebieden) als gevolg van drogere bodems.	V

Verandering kwaliteit oppervlaktewater				
G31 Hogere blootstelling wateroverdraagbare infectieziekten	♥	!	Zwemwaterlocaties.	VBM
Toename fijnstof				
G32 Toename luchtoverdraagbare infectieziekten en toename fijnstof	♥	!	Gemeentebreed, maar specifiek voor de risicogroepen: geriatrische verpleeg- en verzorgingshuizen, kinderopvang.	V
Afname neerslagsom				
G33 Afname verkeersongelukken wegtransport	♥	✓	Algemeen.	
Toename bodemdaling veengebieden				
G34 Toename blootstelling pollen (hooikoortsklachten)	♥	!	Gemeentebreed.	V

3.5 Recreatie en Toerisme

Definitie sector

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

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Afname rivierafvoer zomer				
RT11 Vervoersbeperking scheepvaart	🚶	✗	Niet van toepassing in gemeente West-Betuwe, de Waal valt buiten het beheersgebied van de gemeente.	V
RT12 Toename inzet beregeningsverbod/ droogteplan bij zwembaden, dierentuin, golflocaties	🚶	!	In samenspraak met Waterschap Rivierenland	V
Hogere temperatuur oppervlaktewater				
RT13 Verandering (sport)visserij	🚶🚶	! ✓	Oppervlaktewater, en specifiek vislocaties zoals onder andere visvijvers.	V
Warmere zomers en toename meerdaagse warme periodes				
RT14 Nederland gunstiger vakantieland	🚶	! ✓	Gemeentebreed.	VB
Drogere bodems in de zomer				
RT15 Toename kans op natuur- en bosbranden	🚶	!	Natuurgebieden	VBM

3.6 Infrastructuur

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

Verwacht dat de volgende stakeholders een rol zullen krijgen in adaptatie:
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.
- Gemeenten: Grote rol in adaptatie voor de lokale infrastructuur door verankering in beleid, het uitvoeren van maatregelen (vooral ruimtelijke inrichting) en informatievoorziening (kennisdelen, voorlichting etc.).
- Rijkswaterstaat: Grote rol in adaptatie omdat de meeste bedreigingen impact hebben op deze partij en deze relatief grote rol (invloed) heeft in de aanleg, beheer en onderhoud van de grote wegen en vaarwegen. Dit omvat dus zowel het uitvoeren van maatregelen als informatievoorziening (kennisdelen, samenwerkingen etc.).
- ProRail, spoorvervoerders: Grootste rol in adaptatie voor de subsector spoorwegen, betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- Luchthavens, vliegmaatschappijen: Grootste rol in adaptatie voor de subsector luchtvaart., betreft vooral het uitvoeren van maatregelen.
- Havenschappen, havenbedrijven, vaarbedrijven: Adaptatie door het uitvoeren van maatregelen (ruimtelijke inrichting, planningen).

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Afname rivierafvoer zomer				
I16 Beperking scheepvaart	✗	✗	Niet van toepassing.	*V*
Drogere bodems in de zomer				
I17 Hinder weg- en spoorverkeer door natuur- en bermbranden	✗	!	Wegen nabij risicogebieden natuurbrand (geen spoor binnen de gemeentegrenzen).	*VBM*
Toename bodemdaling				
I18 Meer onderhoud en schade door bodemdaling	✗	!	Bodemdaling wordt berekend in westen en zuiden van de gemeente.	

3.7 Energie

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

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

- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, provincies: Grote rol door het verankeren van adaptatie in nationaal en regionaal beleid en kennisdeling met overige stakeholders.

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Drogere bodems in de zomer				
E18 Minder capaciteit ondergrondse elektriciteitsleidingen		!	Ondergrondse elektriciteitsnetwerk.	V
Toename bodemdaling				
E19 Beschadiging kabels door zetting bodem		!	Bodemdaling wordt berekend westen van de gemeente	
Afname rivierafvoer zomer				
E20 Minder koelwater voor elektriciteitscentrales		✗	Niet van toepassing.	
E21 Beperking waterkrachtcentrales		✗	Niet van toepassing.	-

3.8 IT en telecom

Definitie sector

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

De volgende stakeholders hebben een rol in adaptatie:

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✗ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Extremen nemen toe				
IT15 Slechtere conditie fysieke ICT-infrastructuur door droogte	@	!	Gemeentebreed.	*V*
Toename bodemdaling				
IT16 Beschadiging kabels door zetting bodem	@	!	Bodemdaling wordt berekend rond de oppervlaktewateren in het zuiden en westen van de gemeente.	V

Lagere luchtvochtigheid				
IT17 Uitval ICT door lage	@	!	Gemeentebreed.	V
Afname bruikbaar water door slechte oppervlaktewaterkwaliteit				
IT18 Verandering kwaliteit oppervlaktewater	@	✕	Geen datacenters.	

3.9 Veiligheid

Definitie sector

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

De volgende stakeholders hebben een rol in adaptatie:

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

Klimaateffect	Kans Bedreiging	✓ Kans aanwezig ! Bedreiging aanwezig ✕ Niet aanwezig binnen de gemeente		Adaptatie Strategie
Drogere bodems in de zomer				
V10 Toename kans op brand	⚠	!	Risicogebied en natuurbrand.	*VBM*
Afname rivierafvoer zomer				
V11 Afname beschikbaarheid voor energie-industrie	⚠	✕	*Niet van toepassing*	

4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

De kwetsbaarheden van de gemeente West-Betuwe voor droogte zijn in deze analyse inzichtelijk gemaakt door een analyse te maken van: kwetsbaarheid van vegetatie (binnen- en buiten de bebouwde kom) door verdroging, kwetsbaarheid voor funderingsschade als gevolg van paalrot en bodemdaling en tot slot kwetsbaarheden gerelateerd aan de oppervlaktewaterkwaliteit. Uit deze analyse kan opgemaakt worden dat de gemeente kwetsbaar is voor de gevolgen van droogte en dat dit in de toekomst, door de verwachte klimaatverandering (KNMI, 2014), zal toenemen. **Door de lage grondwaterstanden (GLG), grote grondwaterstandfluctuaties (GLG/GHG), bodemkarakteristieken en leeftijd van de bebouwing wordt de kans op schade door droogte nog verder vergroot.**

De gemeente is voor het grootste deel gelegen op rivierklei. **Daarom is bodemdaling een groot risico binnen de gemeente.** De voorspellingen van de Klimaateffectatlas geven een bodemdaling weer van meer dan 60 cm tot 2050. Dit kan worden versterkt wanneer het Wh-scenario van het KNMI werkelijkheid wordt. Dan zal er, met name in het westen van West-Betuwe, een additionele bodemdaling plaatsvinden tot wel 60 cm.

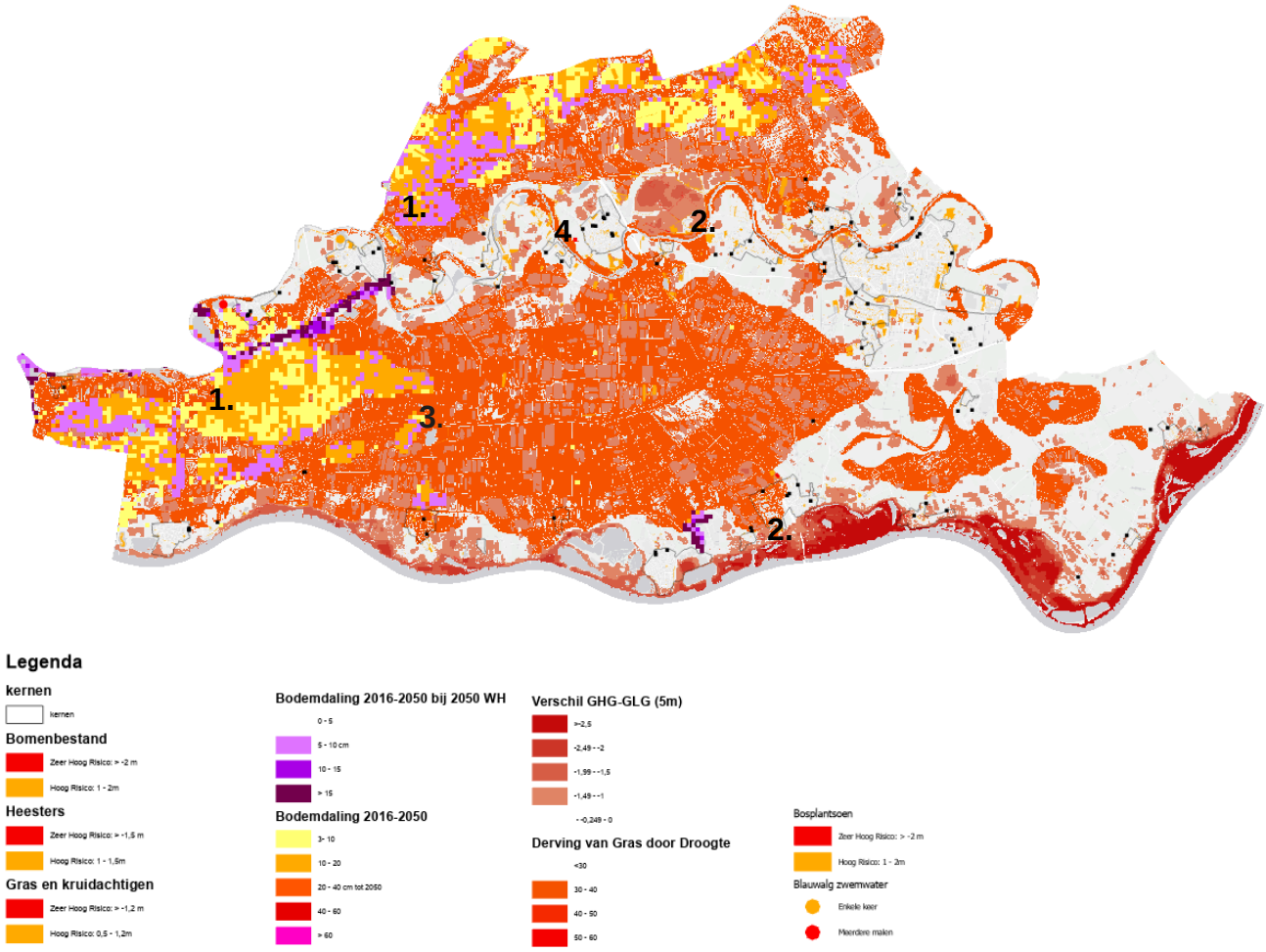
Uit de analyse van het stedelijk groen blijkt dat **de kans op groenschade na perioden van droogte groot is** voor een aantal kernen, met name Geldermalsen-Meteren en Asperen. Dit komt mede door **de grote fluctuatie in grondwaterstanden** door het jaar heen. Hierdoor wordt voornamelijk de **kleinere beplanting** (gras, sierbeplanting en heesters) **kwetsbaar voor droogte**.

Het groen in het landelijk gebied is doorgerekend met behulp van de Water Wijzer Landbouw. De resultaten van deze analyse geven aan dat er in **het huidige klimaat een gewasderving (van gras) kan optreden van tot wel 60% per jaar.** Dit is onder voorbehoud dat niet alle gewassen en vegetatie dezelfde karakteristieken hebben als gras, maar het toont wel aan dat er gebieden buiten de kernen nu al kwetsbaar kunnen zijn voor droogte. Na een doorrekening van **een toekomstige situatie (met stijging/daling van grondwaterstanden) en het Wh-klimaatscenario blijkt, dat de derving door droogte verder toe zal nemen tot 10%.** Ondanks de stijging van waterstanden in sommige gebieden wordt geen vermindering van droogteschade in het buitengebied verwacht.

Er zijn **meerdere overstorten van gemengde riolering aanwezig** in de gemeente. Bij extreme neerslag zorgt dit voor een afvoer van vervuild (verdund) water op het oppervlaktewatersysteem. Als deze oppervlaktewateren **als gevolg van langdurige droogte een laag waterpeil** kennen zal de **concentratie vervuild water hoger** zijn. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de waterkwaliteit en de gezondheid van de mensen die er bijvoorbeeld zwemmen.

Samenvattend komen de volgende gebieden komen als droogtegevoelig naar voren:

1. In het westen van de gemeente treedt mogelijk veel bodemdaling op. In de toekomst wordt dit effect verder versterkt.
2. Met name op de hoger gelegen gronden langs de Linge en in het zuidoosten nabij de Waal treden grote fluctuaties in grondwaterstanden op. Wanneer beplanting hier niet diep genoeg geworteld is of de grondwaterstand te snel daalt, is het extra gevoelig voor periodes van droogte.
3. Het midden en westen van de gemeente komt als kwetsbaar naar voren uit de analyse met de Water Wijzer Landbouw.
4. Binnen de gemeente zijn overstorten aanwezig van gemengde rioolstelsels, deze kunnen mogelijk waterkwaliteitsproblemen veroorzaken in het oppervlaktewater in combinatie met een laag waterpeil. Daarnaast is er meerdere malen blauwalg geconstateerd bij zwemwater De Rietput nabij Heukelum.
5. In de kernen Asperen, Beesd, Geldermalsen-Meteren, Haaften, Opijnen en Ophemert bevinden zich panden die een hoog risico hebben op funderingsproblematiek.



Figuur 17 – Verzamelde resultaten droogte analyse gemeente West-Betuwe

De analyse naar de impact van droogte op negen sectoren laat zien dat de **meeste risicovolle effecten van toepassing zijn op de sectoren Water&Ruimte, Landbouw, tuinbouw en visserij** en **Gezondheid.** In **mindere mate** is de impact van droogte ook aanmerkelijk op de sector **Recreatie&Toerisme**. Naast risico's biedt klimaatverandering **ook kansen**. Deze kansen doen zich met name voor in de sectoren **Gezondheid en Recreatie&Toerisme.**

Deze analyse geeft een eerste beeld met welke sectoren straks de dialogen gehouden kunnen worden en wat de belanghebbende partijen per sector zijn.

4.2 Aanbevelingen voor vervolg

4.2.1 Voeren van risicodialogen en opstellen van klimaatadaptatiestrategie en uitvoeringsagenda

De uitkomsten van de kwetsbaarheidsanalyse van deze stresstest (en stresstest hitte, wateroverlast en regionale stresstesten) kunnen verder worden gebruikt ter bevordering van de bewustwording, agendering, en ter prioritering van bepaalde thema's. De stresstest is een opmaat naar ambitie 2 uit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie; het voeren van risicodialogen en het opstellen van een strategie. Met de risicodialogen kan worden toegewerkt naar een adaptatiestrategie en een gezamenlijke klimaatagenda in 2021.

Ambitie 2

Risicodialoog voeren en strategie opstellen

Richting het voeren van risicodialogen

Risicodialoog voeren en strategie opstellen

Met het bestuurlijk commitment aan de agenda klimaatadaptatie kan er naar een gezamenlijke klimaatagenda 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 uitziet 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.

Vanuit deze stresstest (en stresstest hitte, wateroverlast en regionale stresstesten) zijn onderstaande onderwerpen voorbeelden van te voeren risicodialogen:

1. Hittestress en wateroverlast op bedrijventerreinen in West-Betuwe, een gebiedsdialoog.
2. Landbouw en Natuur en de impact van droogte en overstromingsrisico, een sectordialoog
3. Gemeentelijk klimaatadaptatiebeleid, een beleidsdialoog
4. Bebouwde omgeving en ontwikkelaars, een beleidsdialoog
5. Bestuurlijke dialoog om richting te geven aan de beleidsvorming t.a.v. de klimaatopgave

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

4.2.2 Opzetten en uitbreiden van een grondwatermeetnet

Uit de analyse naar droogte is naar voren gekomen dat er nauwelijks grondwatergegevens beschikbaar zijn voor het stedelijk gebied. De gemeente West-Betuwe heeft momenteel alleen grondwatermeetnet voor de kernen Neerijnen en Gellicum. Inmiddels is de gemeente bezig een grondwatermeetnet op te zetten. Naast het vergelijken van de modelresultaten uit deze studie zijn veel andere doeleinden waarvoor een grondwatermeetnet van toegevoegde waarde kan zijn.

Sinds 2008 hebben gemeenten een zorgplicht voor grondwater. Dit betekent dat de gemeente het eerste aanspreekpunt is voor perceeleigenaren bij grondwaterproblemen en dat de gemeente maatregelen treft in het openbare gebied om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand (overlast) zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Voorwaarde hierbij is dat de te treffen maatregelen doelmatig zijn en niet tot de zorg van het waterschap of de provincie behoren.

Grondwaterproblemen kennen in de praktijk diverse oorzaken en oplossingen: toename van neerslag, onvoldoende oppervlaktewater of een te hoog oppervlaktewaterpeil, storende bodemlagen, stopzetting van grondwateronttrekkingen en vervanging van oude riolen. Inzicht in de grondwatersituatie binnen het stedelijke gebied is essentieel om te kunnen onderzoeken of de overlast wordt veroorzaakt door te hoge grondwaterstanden. Daarnaast kan door monitoring nagegaan worden of wateroverlast of –onderlast een incidenteel of een structureel karakter hebben.

Meetdoelen	Dongen	Goirle	Haaren	Hilvarenbeek	Oirschot	Reusel- De Mierden
Primair meetnet						
Verzamelen van basisgegevens om invulling te geven aan de grondwaterzorgplicht. *Grondwaterzorgplicht*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Opstellen, onderbouwing en toetsen van grondwaterbeleid. *Grondwaterzorgplicht en Watertoets proces, VTH**		✓	✓	✓		✓
Informatievoorziening voor burgers en bedrijven (loketfunctie). *Grond- en hemelwaterzorgplicht, VTH**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inzichtelijk maken van de lokale en regionale grondwatersituatie en trends ten behoeve van o.a. bouw- en wegpeilen, rioolvervanging en renovatie. *Afvalwaterzorgplicht, Watertoets proces, VTH**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bepalen van (algemene) kansen voor infiltratie van hemelwater in de bodem. *Hemel- en grondwaterzorgplicht, Watertoets proces, VTH**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monitoren van het effect van grootschalige grondwateronttrekkingen. *Grondwaterzorgplicht, VTH**		✓				
Verzamelen van basisgegevens ter toetsing van de ontwateringsnormen voor begraafplaatsen. *Besluit op de lijkbezorging, VTH**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Het valideren en kalibreren van gebied dekkende (grondwater)modellen					✓	
Secundair meetnet						
Objectief kunnen behandelen van specifieke klachten en meldingen *Grond- en hemelwaterzorgplicht**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Onderbouwing van bouw- en wegpeilen van specifieke woningbouw- en infrastructurele ontwikkelingen *Watertoets proces en VTH**	✓	✓	✓		✓	✓
Onderbouwing van individuele afkoppelprojecten *Hemelwaterzorgplicht, Watertoets proces en VTH**	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monitoring functioneren ontwateringsmiddelen (bijv. drainage, riolen) *Grondwaterzorgplicht en VTH**		✓	✓	✓	✓	
Informatievoorziening ten behoeve van bodemsanering en bodembeheersing. *Watertoets proces en VTH**						
Verlenen en bewaken van vergunningen *VTH**						
Vastleggen van de nul situatie bij ingrepen *Grondwaterzorgplicht en VTH**	✓					

* *VTH = Vergunningverlening, toezicht en handhaving*

Figuur 18. Voorbeeld van meetdoelen grondwatermeetnet.

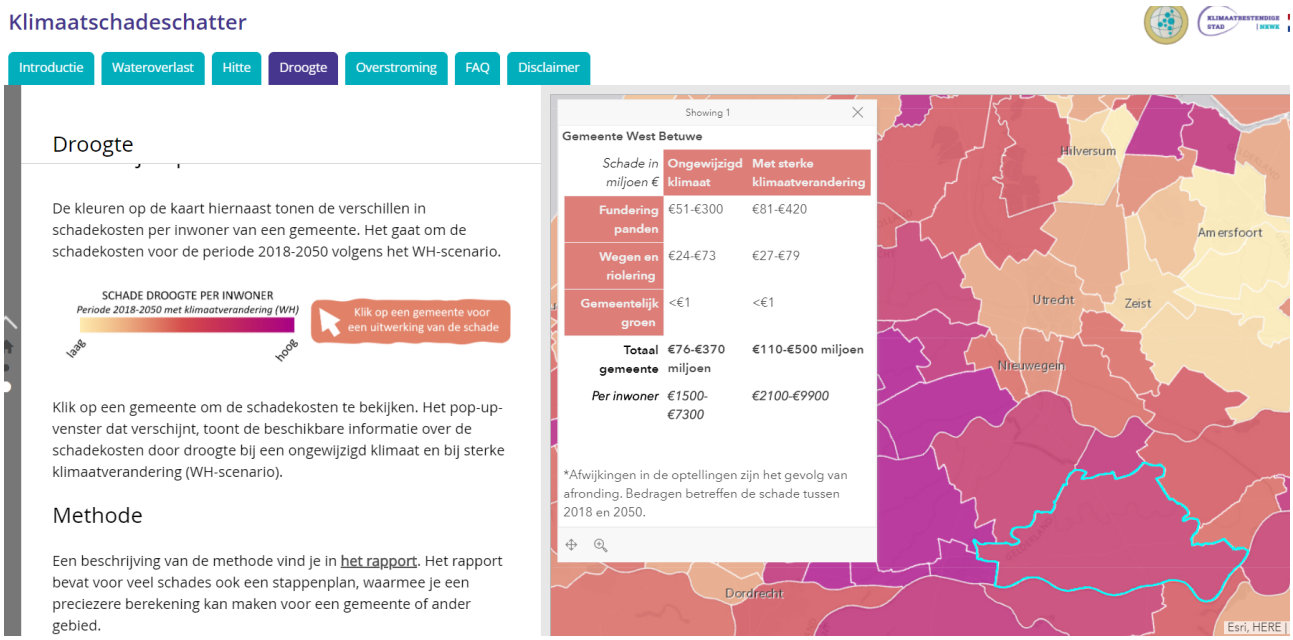
4.2.3 Inzichten voor volgende droogte-analyse

De klimaatstresstest, en daarmee de droogtecomponent, zal iedere circa zes jaar uitgevoerd worden. Daarmee kunnen de resultaten van de laatste stresstest vergeleken worden met een vorige stresstest om verbetering (of verslechtering) aan te tonen ten aanzien van de kwetsbaarheid voor droogte. Op basis van deze uitgevoerde stresstest adviseren wij voor een volgende analyse naar droogte het volgende:

De grondwatergegevens van het gemeentelijk grondwaternet als basis hanteren.
In deze analyse is gebruik gemaakt van het grondwatermodel van het waterschap. Deze kent een relatief hoog detailniveau, maar is met name geschikt voor het buitengebied. Verder zijn het modelberekeningen en geen metingen. De gemeente is bezig om een grondwatermeetnet op te zetten in de kernen van de gemeente. Bij een volgende droogte-analyse is de verwachting dat voldoende metingen zijn verricht om op basis van deze gegevens een analyse te maken naar de kwetsbaarheid van droogte in het stedelijk gebied.

Een meldingenoverzicht van schade en verminderde waterkwaliteit door droogte
Met dit overzicht wordt een completer beeld verkregen van de gevolgen van droogte in de gemeente. De gemeente weet wat speelt op dit gebied en kan deze meldingen ook met berekeningen en analyses vergelijken. Daarnaast krijgt de gemeente inzichtelijk welke gevolgen van droogte urgent zijn en waar eerder actie gewenst is.

Onderzoek naar mate van impact van verschillende droogte-effecten
Voortbordurend op de vorige alinea, is nog onduidelijk welk droogte-effect in de gemeente meer impact heeft in vergelijking met een ander effect. Dit zal deels naar voren komen bij de te voeren risicodialogen, maar kan aanvullend ook worden onderzocht door middel van een (literatuur)studie. Een eerste indicatie naar gevolgen van droogte, uitgedrukt in schade, is door een consortium onder leiding van CAS (Climate Adaptation Services) verricht (Figuur 19).



Figuur 19. Indicatie van verwachte schade door droogte voor gemeente West-Betuwe.

BIJLAGE A METHODEBESCHRIJVING KWETSBAARHEIDSANALYES

Hieronder is de methodebeschrijving voor het klimaataspect droogte beschreven. 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 opgestelde onderzoeksmethodieken. Dezen zijn hieronder verder toegelicht.

Moria grondwatermodel
De GLG en GHG zijn bepaald met behulp van het grondwatermodel MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel). Het grondwater modelinstrumentarium MORIA is ontwikkeld voor het beheergebied van Waterschap Rivierenland. Het modelinstrumentarium is bedoeld voor toepassing in het GGOR-proces en als basis voor gedetailleerde modelstudies waarin o.a. gekoppeld kan worden met oppervlaktewater en kwaliteitsmodules. MORIA is ontwikkeld in opdracht van Waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en Waterbedrijf Vitens door Deltares, Alterra, TAUW en Royal Haskoning.

De data in dit rapport is afkomstig uit de laatste versie van het model (oktober 2020).

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

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

Voor de analyse is gebruik gemaakt van:
- Eigenschappen van bodem (BOFEK2012)
  - Bodemkaart uit de jaren 70
  - Grondverbeteringen kunnen niet meegenomen zijn.
- Eigenschappen van gewassen (BRP gewassen)
- Grondwaterkarakteristieken (GLG/GHG): → grondwatermodel MORIA (waterschap Rivierenland)
- KMNI-weerstation De Bilt → weer en klimaatscenario's:
  - Huidige klimaat (1985-2010)
  - Wh-klimaat (2036-2065).

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

De grondwaterstand die is meegenomen in de analyse betreffen de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Hiervoor is het grondwatermodel van waterschap Rivierenland gebruikt.

Kwetsbaarheid van funderingsschade door zetting en paalrot
Een daling van de grondwaterstand kan leiden tot (aanvullende) bodemdaling, ofwel zetting. Deze zetting mag niet te groot zijn, hooguit een paar millimeter per jaar, en is het van belang dat de zetting gelijkmatig (overal even groot) plaats vindt. Funderingen voor 1970 zijn in zijn van mindere kwaliteit en vanzelfsprekend ouder. Daarmee is het risico op verschilzetting groter, omdat de bodem waarschijnlijk een paar millimeter per jaar zakt. Over deze lange periode is het mogelijk dat de ene kant van het gebouw sneller zakt dan de andere kant.

Kwetsbaarheid stedelijk groen voor verdroging
Door fluctuaties in het grondwaterpeil kan stedelijk groen schade oplopen in perioden van droogte. Om een inschatting te maken van deze groenschade is gekeken naar twee datasets: de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Over het algemeen is bekend dat vegetatie zich wortelt rond de GHG. Dit zou betekenen dat de wortels droog komen te staan wanneer de grondwaterstand daalt in de zomer (GLG). Hierdoor kan gesteld worden dat een fluctuatie van de grondwaterstand kan leiden tot negatieve gevolgen voor de lokale beplanting. Dit is uiteraard een grove inschatting, de situatie kan lokaal sterk verschillen en er spelen nog meer factoren een rol, zoals plantsoort, bodemvochtgehalte en eventuele besproeiing.

In deze methodiek is echter wel een onderscheid gemaakt tussen drie soorten (stedelijk) vegetatie, namelijk:

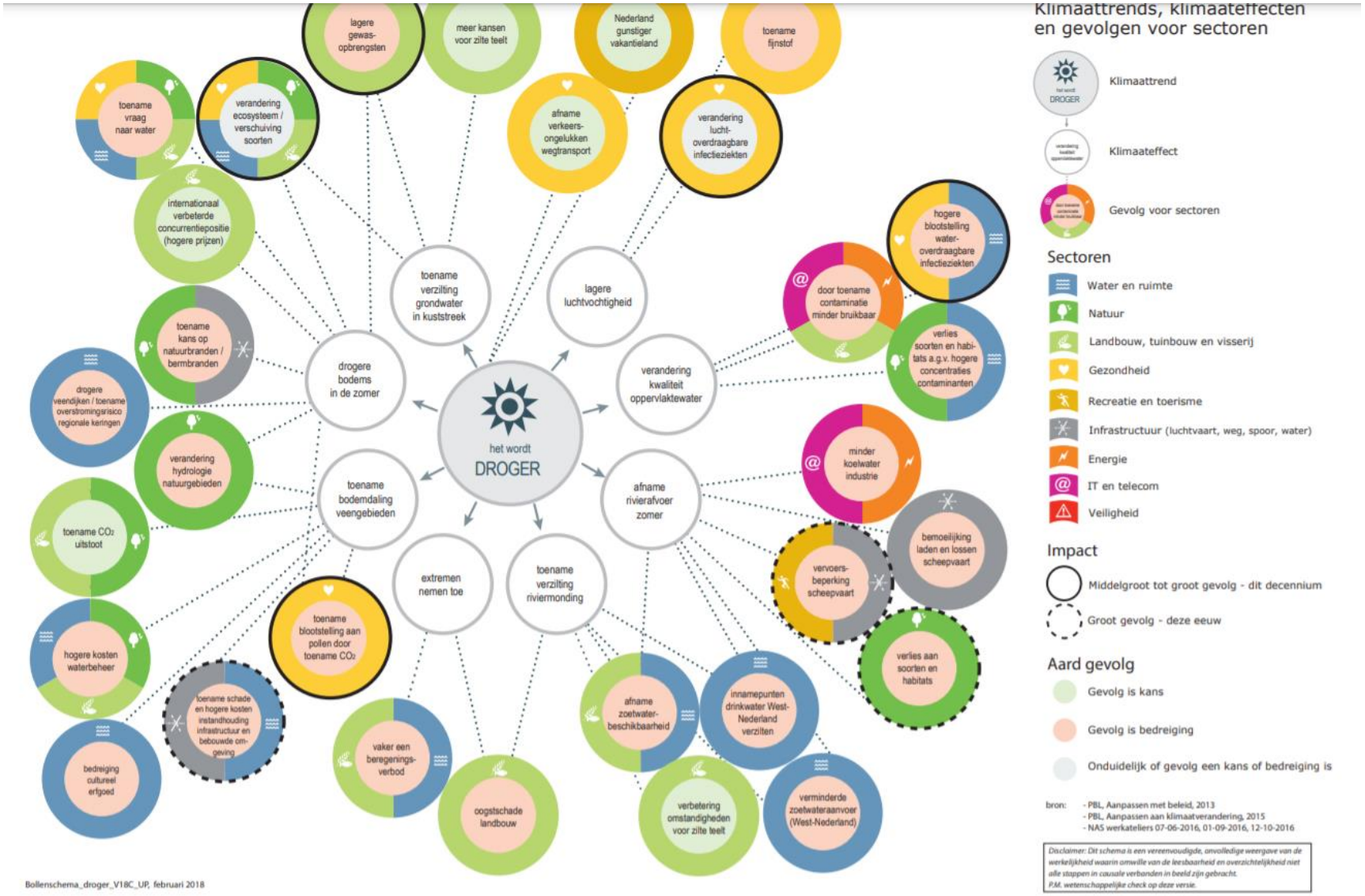
- Gras: worteldiepte tot 0,5m
- Heesters: worteldiepte tot 1m
- Bomen: worteldiepte tot 1,5m.

Hierdoor lopen de verschillende soorten vegetatie niet hetzelfde risico bij een bepaalde grondwaterstandfluctuatie. De fluctuatie is uitgemiddeld over de groenvlakken binnen de gemeente. Dit groen is afkomstig uit de Basis Registratie Grootschalige Topografie.

BIJLAGE B RESULTATEN DROOGTE

Vanwege de omvang is het kaartmateriaal als separaat bestand geleverd.

BIJLAGE C KLIMAATGEVOLGEN DROOGTE PER SECTOR



COLOFON

ANALYSE NAAR DROOGTE

KLANT
Gemeente West-Betuwe

AUTEUR
Erwin Slingerland

PROJECTNUMMER
C03131.000144

ONZE REFERENTIE
D10020026:20

DATUM
11 december 2020

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Ruud Kloosterman
Projectleider Stedelijk Water & Klimaatadaptatie

Arcadis Nederland B.V.

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

www.arcadis.com