gemeente lingewaard

Rapportage lokale stresstest Ruimtelijke Adaptatie gemeente Lingewaard

Als aanvulling op de regionale stresstest

C. de Jong

14 januari 2020 | Definitief

Naam opsteller	C. de Jong	Datum vaststelling	Collegebesluit 21 januari 2020
Team	Projectrealisatie	Vastgesteld door	College van B en W gemeente Lingewaard
Zaaknummer	52721	Eventueel publicatiedatum	Na collegebesluit 21 januari 2020
Datum en versie	14 januari 2020, Definitief		

Samenvatting

Het klimaat is aan het veranderen. Daardoor kan schade ontstaan als gevolg van wateroverlast, droogte, hitte en overstromingen. Dit heeft invloed op onze gezondheid, veiligheid, leefbaarheid en economie.
Om de extremen van de natuur te kunnen opvangen, moeten we ons land klimaatbestendig en waterrobuust inrichten. Dit proces heet klimaatadaptatie en zorgt ervoor dat we minder kwetsbaar worden voor het veranderende klimaat. Klimaatadaptatie betekent eveneens dat we kijken naar de kansen, die klimaatverandering ook met zich mee brengt.

Er is een Deltaplan Ruimtelijke adaptatie. Met dit plan willen de gezamenlijke overheden het proces van (ruimtelijke) klimaatadaptatie versnellen en intensiveren. Het uiteindelijke doel is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Het plan bestaat uit zeven ambities of stappen.

Om invulling te geven aan de zeven stappen uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie werkt de gemeente Lingewaard samen in een regionaal samenwerkingsverband. Daarnaast is er ook een soortgelijk lokaal, gemeentelijke traject.

Deze rapportage gaat in op het lokale traject en geeft voor de gemeente Lingewaard invulling aan de eerste twee stappen uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie:

1) De stresstest: het in beeld brengen van de kwetsbaarheden als gevolg van klimaatverandering.
2) Het voeren van de risicodialoog en opstellen van adaptatiestrategie.

Met de zogenaamde stresstest zijn in deze rapportage de kwetsbaarheden voor de gemeente Lingewaard voldoende in beeld gebracht voor de thema's Wateroverlast, Droogte en Hitte. Daarbij is gebruik gemaakt van de regionale stresstest van het samenwerkingsverband. De resultaten van deze regionale stresstest zijn in te zien via een website/platvorm. Daarnaast heeft de gemeente Lingewaard een belangrijke lokale aanvulling. Er is uitvoering onderzoek gedaan naar funderingsschade aan woningen door extreme droogte. Dit onderzoek wordt in deze rapportage beschreven en is opgenomen in de bijlage.

De tweede stap uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie betreft het voeren van risicodialogen, ook wel klimaatgesprekken genoemd. Tijdens deze gesprekken wordt met alle relevante betrokkenen afgewogen of, en welke maatregelen in de leefomgeving kunnen worden genomen om minder kwetsbaarheid te worden voor klimaatverandering. Ook wordt besproken wie wat oppakt en zo nodig financiert.
Belangrijke input voor deze risicodialogen zijn de in beeld gebrachte kwetsbaarheden uit de stresstest. Daarnaast is in deze rapportage extra relevante informatie verzameld die ondersteunend kan worden gebruikt tijdens deze risicodialogen.
Ter voorbereiding worden in deze rapportage tevens zes risicodialogen/onderwerpen voorgesteld om te gaan behandelen in de volgende fase. Het gaat om drie algemene en drie specifieke risicodialogen.

Met deze rapportage kan de eerste stap uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie, de stresstest, worden afgerond. Daarnaast geeft het voldoende input voor de volgende fase van risicodialogen.
Het resultaat van de risicodialogen is weer input voor het opmaken van een adaptatiestrategie met een uitvoerings- en investeringsprogramma. Deze documenten worden eind 2020 ter vaststelling voorgelegd aan de gemeenteraad van Lingewaard

Inhoudsopgave

Samenvatting 3
Begrippenlijst 5
1 Inleiding 6
1.1 Doelstelling 6
1.2 Leeswijzer 6
2 Context en afbakening 7
2.1 De aanleiding: Deltaplan Ruimtelijke adaptatie 7
2.2 Afbakening stresstest 8
3 Invulling regionaal en lokaal 9
3.1 Regionaal 9
3.2 Lokaal 9
4 De stresstest 10
4.1 Regionaal 10
4.2 Lokale aanvullingen 11
4.2.1 Aanvullend onderzoek funderingsschade 12
4.2.2 Onderbouwing waarom geen extra investering in lokale klimaateffectatlas 13
4.3 Stresstesten zijn openbaar 14
5 Aanvullende informatie voor de risicodialogen 15
5.1 NAS-adaptatietool en mindmap 'Hitte in de stad' 15
5.2 Landelijke klimaateffectatlas 17
5.3 Overige relevante gegevens 18
6 Voorstel onderwerpen risicodialogen lokaal 19
7 Conclusies en vervolg 21
7.1 Conclusies 21
7.2 Het vervolg 21
Bronnenlijst 22

Bijlagen:

1. Rapport Wareco 'Analyse risico's grondwateronderlast in de gemeente Lingewaard'
2. Uitkomsten sessie interne projectgroep (NAS adaptatietool en mindmap 'Hitte in de stad')

Begrippenlijst

Fysieke domein	Het fysieke domein betreft het terrein van de ruimtelijke ordening, infrastructuur, het milieu en volkshuisvesting.
Hitte-eilandeffect	Het hitte-eilandeffect is het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. De belangrijkste oorzaken zijn de absorptie van zonlicht door de in de stad aanwezige donkere materialen en de relatief lage windsnelheden. Door het hitte-eilandeffect worden problemen tijdens hittegolven, zoals hittestress, verergerd. Onder andere bouwkundige maatregelen en meer groen in de stad verminderen dit fenomeen.
Klimaatadaptatie	Het verminderen van de kwetsbaarheid door klimaatverandering, of het profiteren van de kansen die een veranderend klimaat biedt.
Klimaatbestendig	Zodanig ingericht dat de effecten van de klimaatverandering opgevangen kunnen worden.
Klimaateffectatlas	Een klimaateffectatlas brengt middels een online platform in beeld wat de (toekomstige) dreigingen en kansen in een bepaald gebied zijn, als gevolg van het veranderende klimaat. Het gaat over het algemeen om de volgende vier thema's: Wateroverlast, Droogte, Hitte en Overstromingen.
Meekoppelkansen	Slim meekoppelen van (klimaatadaptatie) maatregelen met andere opgaven in de fysieke leefomgeving. Zeker in stedelijk gebied biedt dit meekoppelen allerlei kansen: de uitvoering van maatregelen kan versnellen, er is minder vaak overlast voor inwoners en bedrijven en er zijn financiële voordelen.
Risicodialoog	Een risicodialoog is een iteratief – zich herhalend – proces. Het proces dient twee doelen: bijdragen aan bewustwording ten aanzien van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering en bespreken welke maatregelen nodig zijn om die kwetsbaarheden te verkleinen. Het gesprek gaat over risico´s, kansen, ambities, strategische keuzes en inzet. Onderwerpen zijn bijvoorbeeld: welke risico's zijn in onze regio wel en niet acceptabel, welke maatregelen zijn nodig en wie neemt die maatregelen? Vaak vormen de uitkomsten van de stresstest de basis voor de gesprekken.
Stresstest	In een stresstest worden de potentiële kwetsbaarheden voor de klimaatthema's Wateroverlast, Droogte, Hitte en Overstromingen binnen een gebied geïdentificeerd.
Waterrobuust inrichten	Waterrobuust inrichten is het zodanig vormgeven en inrichten, dat de impact van bijvoorbeeld ernstige neerslag zo klein mogelijk blijft.
WH scenario KNMI	Het KNMI heeft veertien klimaatscenario's beschreven. Deze klimaatscenario's van het KNMI geven inzicht in het toekomstig klimaat van Nederland en zijn gebaseerd op de laatste wetenschappelijke inzichten.
Zetting	De verticale vervorming van grondlagen, hoofdzakelijk ten gevolge van de bovenbelasting.

1 Inleiding

Het klimaat verandert. Hierdoor worden de zomers heter en de winters zachter en natter. Ook nemen de weersextremen toe: piekneerslagen, extreme hitte en extreme droogte. Dit alles heeft invloed op onze gezondheid, veiligheid, leefbaarheid en economie.

Er is een omslag in het denken nodig om ook in de toekomst nog prettig te kunnen wonen, werken en recreëren. Klimaatbestendig en waterrobuust inrichten moet een vanzelfsprekend onderdeel van ruimtelijke (her)ontwikkelingen worden. Hierdoor wordt Nederland minder kwetsbaar voor de nadelige gevolgen van deze klimaatverandering, maar daarnaast kunnen we ook gebruik maken van de kansen die deze verandering met zich mee brengt. Dit proces van aanpassen heet ruimtelijke (klimaat) adaptatie. Niet alleen de overheden zijn daarbij aan zet, maar het is van belang dat iedereen z'n steentje bijdraagt. Dus ook het bedrijfsleven, de inwoner, maatschappelijke organisaties, belangenorganisaties en verenigingen.

In dit document is specifiek ingegaan op de lokale stresstest. Met deze stresstest zijn de kwetsbaarheden als gevolg van de klimaatverandering voor de gemeente Lingewaard in beeld gebracht. De volgende drie thema's komen aan bod: wateroverlast, hitte, droogte.
Met het in beeld brengen van de kwetsbaarheden ontstaat basisinformatie voor de volgende fase: de klimaatgesprekken met alle betrokkenen, de zogenaamde risicodialogen. Tijdens deze gesprekken wordt afgewogen of en welke maatregelen in de leefomgeving kunnen worden genomen, maar ook wie wat oppakt en zo nodig financiert. In dit document is al veel informatie verzameld voor deze risicodialogen, en ook zijn de onderwerpen alvast geselecteerd.
Het resultaat van de risicodialogen is weer input voor het opmaken van een adaptatiestrategie met een uitvoerings- en investeringsprogramma. Deze documenten worden eind 2020 ter vaststelling voorgelegd aan de gemeenteraad van Lingewaard.

1.1 Doelstelling

De doelstellingen van deze rapportage zijn om:

1) De potentiele lokale kwetsbaarheden door klimaatverandering in beeld te brengen voor de gemeente Lingewaard; dit als aanvulling op de regionale kwetsbaarheden.
2) Relevante informatie te verzamelen en de onderwerpen te selecteren voor de vervolgfase: de risicodialogen.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie en de plaats die de stresstest daarin inneemt. Ook is beschreven waarom in dit document het thema 'Gevolgbeperking overstromingen' niet wordt behandeld.
Hoofdstuk 3 beschrijft dat zowel lokaal als regionaal gewerkt wordt aan de stresstest en de overige ambities uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie.
De regionale stresstest en de lokale aanvullingen daarop zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4. Dit is de kern van dit document.
In hoofdstuk 5 is ingegaan op de aanvullende informatie voor de risicodialogen. Deze informatie is ondersteunend tijdens de risicodialogen zelf, maar is ook gebruikt voor de selectie van onderwerpen voor deze vervolgfase.
Tot slot is in hoofdstuk 6 is een concreet voorstel gedaan welke onderwerpen binnen de gemeente Lingewaard te behandelen tijdens de volgende fase van risicodialogen.

2 Context en afbakening

2.1 De aanleiding: Deltaplan Ruimtelijke adaptatie

In 2018 bevat het landelijke Deltaprogramma voor het eerst een Deltaplan Ruimtelijke adaptatie. Met dit plan willen de gezamenlijke overheden het proces van ruimtelijke adaptatie versnellen en intensiveren. Zo moet dit onderwerp al vanaf 2020 onlosmakelijk onderdeel zijn van beleid en handelen. Het uiteindelijke doel is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Meer informatie over het Deltaprogramma en het Deltaplan is te vinden op internet; zie Literatuurlijst voor de hyperlink.

In het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie zijn zeven belangrijk ambities opgenomen, zie figuur 1 hieronder. Ook de gemeente Lingewaard volgt deze ambities.

Figuur 1: 7 ambities voor een waterrobuuste en klimaatbestendige inrichting (bron: Deltaplan Ruimtelijke adaptatie)

<u>Korte uitleg ambities</u>

1) De eerste stap is het in beeld brengen van de kwetsbaarheden met een stresstest (2019).
2+3) Daarna kunnen de risicodialogen/klimaatgesprekken worden opgestart en een adaptatiestrategie en uitvoeringsagenda worden opgesteld (2020).
4) Belangrijk is dat gebruik wordt gemaakt van meekoppelkansen als het gaat om het uitvoeren van de benodigde maatregelen in het fysieke domein. Zo kunnen bijvoorbeeld bij een infrastructureel project al snel klimaatadaptieve maatregelen worden doorgevoerd zonder veel extra meerkosten.
5) Om in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te zijn ingericht, is de ambitie ‘Reguleren en borgen’ van groot belang. Dit betekent onder meer een goede vertaling van de adaptatiestrategie en uitkomsten risicodialogen, naar visies, plannen en standaarden. Denk daarbij onder andere aan de nieuwe omgevingsvisies en -plannen.
6) Daarnaast is het van belang om de beschikbare kennis, instrumenten en ervaringen zo veel mogelijk te delen met alle betrokkenen zodat niet iedereen het wiel hoeft uit te vinden, en om partijen te stimuleren een bijdrage te leveren.

7) Tot slot kunnen calamiteiten niet volledig worden voorkomen, ook niet met een klimaatadaptieve inrichting. Voor die situaties moet er een plan op zijn gesteld die beschrijft hoe te handelen bij een calamiteit.

Dit document gaat in op de eerste ambitie van het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie: kwetsbaarheden in beeld brengen. In het Deltaplan is afgesproken dat de stresstest ongeveer iedere zes jaar wordt geactualiseerd om het beeld van de kwetsbaarheden bruikbaar te houden. De volgende stresstest zal dan plaatsvinden rond 2025.

2.2 Afbakening stresstest

In de regionale stresstest en ook in deze lokale rapportage, worden de thema's Wateroverlast, Hitte en Droogte behandeld.

Het thema 'Gevolgbeperking overstromingen' wordt ook genoemd in het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie, maar niet behandeld in dit document. Dit komt omdat bij een doorbraak van de primaire waterkering al gauw forse overstromingsdiepten ontstaan van twee meter of meer. Hierdoor zijn de mogelijkheden voor gevolgbeperkende ruimtelijke adaptieve maatregelen zeer gering en al snel niet effectief/doelmatig. De kans op zo'n doorbraak is daarbij in 2050 zeer klein (1x per 3.000 tot 30.000 jaar) tot extreem klein (minder dan 1x per 30.000 jaar), een en ander afhankelijk van de verschillende overstromingsdiepten die dan ontstaan (bron: landelijke Klimaateffectatlas).
Daarom wordt naast laag 1, ingezet op de derde laag van het concept 'Meerlaagsveiligheid':

- Laag 1: investeren in een combinatie van preventieve maatregelen zoals dijkversterking en rivierverruiming.
- Laag 2: investeren in gevolgbeperkende maatregelen door ruimtelijke ordening of waterrobuust bouwen (dit is ruimtelijke adaptatie, onderwerp van onderhavig document).
- Laag 3: investeren in rampenbeheersing en evacuatie.

Deze derde laag betreft een verantwoordelijkheid van de Veiligheids- en Gezondheidsregio Gelderland-Midden (VGGM).

3 Invulling regionaal en lokaal

Zowel regionaal als lokaal wordt invulling gegeven aan de zeven ambities van het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie. Dit geldt dus ook voor ambitie één: de stresstest. Hieronder volgt een beschrijving van de beide trajecten.

3.1 Regionaal

Regionaal werkt de gemeente Lingewaard voor deze opgave samen binnen het samenwerkingsverband Samenwerkende Netwerken Rivierenland (SNR). Hiervoor is een bestaand samenwerkingsverband gebruikt dat vanuit de waterketen (riolering/water) was ontstaan. Als gevolg van de toevoeging van het onderwerp Ruimtelijke adaptatie is een nieuwe samenwerkingsovereenkomst opgesteld. De portefeuillehouder van iedere gemeente heeft zitting in het bestuur van SNR. Klimaatadaptatie wordt behandeld in het netwerk Klimaat Actief Rivierland (KAR).
Het samenwerkingsverband bestaat uit de volgende partijen:

- Gemeente Buren;
- Gemeente Culemborg;
- Gemeente West Betuwe;
- Gemeente Maasdriel;
- Gemeente Neder-Betuwe;
- Gemeente Tiel;
- Gemeente Zaltbommel;
- Gemeente Overbetuwe;
- Gemeente Lingewaard;
- Waterschap Rivierenland;
- Provincie Gelderland (als stakeholder).

Het regionale traject loopt meestal voor op het lokale traject. Regionaal wordt op een ander schaalniveau gewerkt en zijn er ook andere kwetsbaarheden, stakeholders en oplossingen. Wel worden zoveel mogelijk verbindingen gelegd tussen het lokale en het regionale traject.

3.2 Lokaal

Binnen de gemeente Lingewaard wordt voor invulling van de zeven ambities van het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie het lokale traject opgepakt. Zo is een projectgroep ingericht met verschillende disciplines uit de organisatie:

- Riolering/Water;
- Groen/Landschap;
- Sociaal domein;
- Communicatie;
- Duurzaamheid;
- Ruimtelijke ordening;
- Omgevingsvisie.

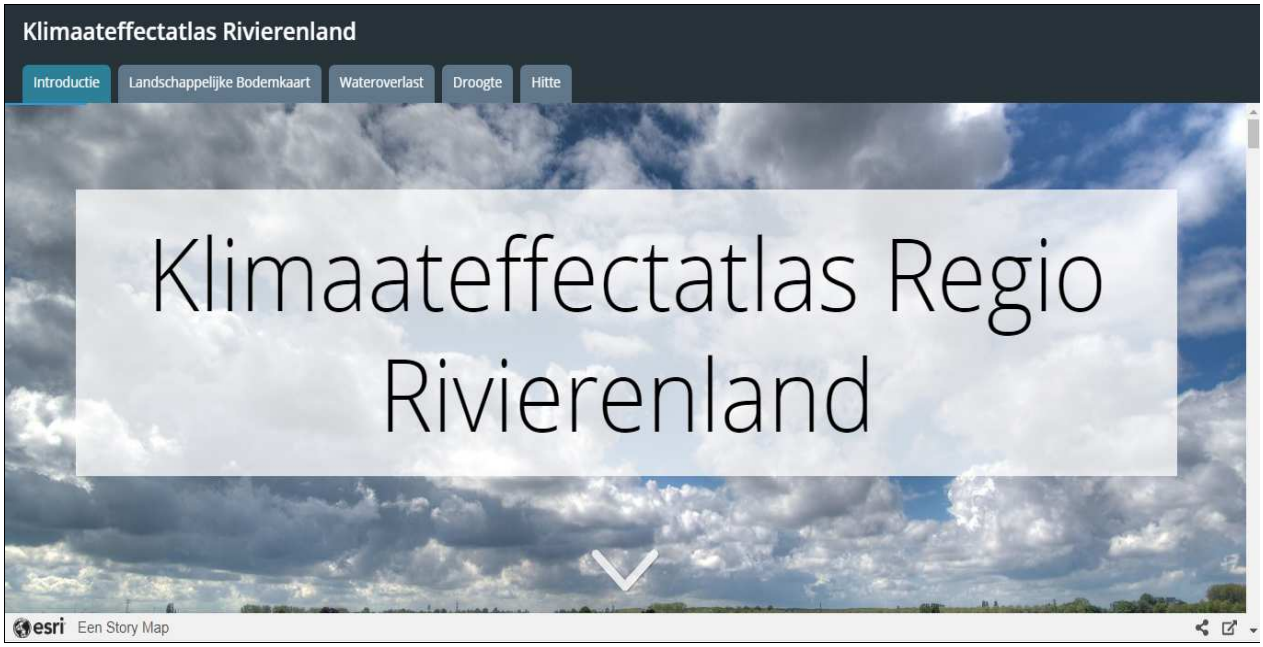
Daarnaast is vanuit de projectgroep een kerngroep opgericht met drie personen. Deze kerngroep heeft de ruimte voor een verdiepende slag en zorgt ervoor dat onderwerpen goed worden voorbereid ter bespreking in de projectgroep.

4 De stresstest

In dit hoofdstuk wordt eerst in gegaan op de uitgevoerde regionale stresstest. Daarna wordt de lokale stresstest behandeld met de lokale aanvullingen. Het gaat hier om de eerste stap/ambitie uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie.

4.1 Regionaal

Door het samenwerkingsverband SNR zijn mogelijke regionale kwetsbaarheden in beeld gebracht voor de thema's wateroverlast, droogte en hitte. Ook is er een landschappelijke bodemkaart opgesteld om goed te begrijpen hoe de omgeving in elkaar zit en op welke wijze klimaatverandering hierop van invloed is. Deze inzichten kunnen tegelijk ook worden gebruikt bij de zoektocht naar oplossingsmaatregelen.
De resultaten van de regionale stresstest zijn te zien op een online platform waarbij 'story maps' voor het gehele werkgebied zijn gemaakt. In deze kaarten kan worden ingezoomd op gemeentelijk niveau. De hyperlink naar het platform, de Klimaateffectatlas Regio Rivierenland, is opgenomen de Literatuurlijst.



Figuur 2:Openingspagina Klimaateffectatlas Regio Rivierenland

In de regionale klimaateffectatlas is ook voor lokaal gebruik waardevolle informatie te vinden over de kwetsbaarheden. In de tabel hieronder is die informatie per thema verzameld.

Thema/tabblad	Relevante lokale informatie uit regionale klimaateffectlas SNR
Wateroverlast	Voorspeld wordt dat winters natter worden en **extreme buien** steeds vaker gaan voorkomen in de zomer. Deze buien kunnen dan wateroverlast veroorzaken. Dit is vooral het geval in de bebouwde kernen van de gemeente, met name waar veel verharding is aangebracht (centra). Regenwater kan op die plaatsen niet in de bodem infiltreren.
	Ook wordt **grondwateroverlast** door kwel vaker voorspeld. Dit als gevolg de hoge waterstand in de rivieren. Het gaat hier met name om gebieden direct achter de eerste waterkering van de Waal en het Pannerdensch Kanaal.
	Om wateroverlast als gevolg van extreme neerslag zoveel mogelijk te voorkomen is het belangrijk dat water ter plekke geborgen en waar nodig afgevoerd kan worden. **Berging** kan plaatsvinden in het oppervlaktewatersysteem en in de bodem, maar de hoeveelheden variëren per locatie.
Droogte	**Droge zomers** gaan vaker voorkomen door neerslagtekort en verdamping. Droge periodes gaan ook langer duren. Wanneer vooruit wordt gekeken naar een extreem droge zomer in 2050, dan is ook de gemeente Lingewaard kwetsbaar. Daarbij zijn er bijvoorbeeld negatieve effecten op landbouw, (vochtminnende) natuur of openbaar groen. Het gaat in de gemeente Lingewaard om een **potentieel vochttekort** van veelal 25-200 mm, maar ook zijn er gebieden in de gemeente met een vochttekort van 200-375 mm of zelfs meer.
	Door klimaatverandering worden vaker (extreem) **lage rivierstanden** verwacht. Hierdoor verlagen ook de grondwaterstanden. Dit kan dan weer zetting van kleilagen tot gevolg hebben waardoor panden en infrastructuur kunnen gaan verzakken. Ook kunnen de waterstanden in de rivier zo laag zakken, dat inlaat van rivierwater in het rivierengebied niet meer mogelijk is. Dit kan dan weer tot schade leiden voor landbouw en fruitteelt.
Hitte	Verwacht wordt dat de zomers warmer worden en de winters milder. De gemiddelde zomertemperatuur gaat stijgen. Daarnaast gaat het aantal tropische nachten (gelijk of hoger dan 20 graden Celsius) en dagen (gelijk of hoger dan 30 graden Celcius) fors toenemen in de toekomst. Stedelijke gebieden zijn gevoeliger voor hitte en het **hitte-eilandeffect**. Dit heeft te maken met de grote mate van verharding en de verlaagde aanwezigheid van groen. In de gemeente Lingewaard zijn deze stedelijke gebieden maar beperkt warmer dan het koelere buitengebied. Het gaat dan om 0,5 tot 1 graad Celsius, waarbij het in delen van Gendt, Bemmel en Huissen 1 tot 1,5 graden Celsius warmer kan worden. Benadrukt moet worden dat het hier gaat om het gemiddelde temperatuurverschil over het jaar. Bij windstille condities en zonnige dagen kan dit verschil beduidend hoger zijn.
	Het **oppervlaktewater wordt ook warmer** door de stijgende temperaturen. Zo wordt in 2050 voorspeld dat het oppervlaktewater steeds vaker warmer is dan 20 graden Celsius, en dat de aaneengesloten periode dat dit het geval is steeds meer dagen gaat duren. Hierdoor neemt voor die wateren de kwetsbaarheid voor blauwalg en botulisme toe, ook binnen de gemeente Lingewaard. Ook ziekteverwekkers groeien vaak makkelijker in warm water en de verspreiding van ziektes kan door klimaatverandering veranderen.
	Groen (en water) zorgen voor een verkoelend effect. In de gemeente Lingewaard is goed zichtbaar dat dit type verkoeling veel minder aanwezig is in bebouwd gebied, met name in het centrum van Huissen, Bemmel en Gendt. Vaak is er dan een relatie met het percentage verharding. Waar veel verharding aanwezig is, blijft minder ruimte over voor groen. Daar komt nog eens bij dat verharding juist zorgt voor opwarming.

Tabel 1: Relevante lokale informatie uit regionale klimaateffectatlas SNR

4.2 Lokale aanvullingen

De uitkomsten van de regionale stresstest vormen eveneens de basis voor de lokale stresstest. Daarnaast heeft de gemeente Lingewaard voor één onderwerp een aanvullend lokaal onderzoek opgestart, namelijk voor het onderwerp 'Funderingsschade door droogte'. Zie hiervoor subparagraaf 4.2.1.

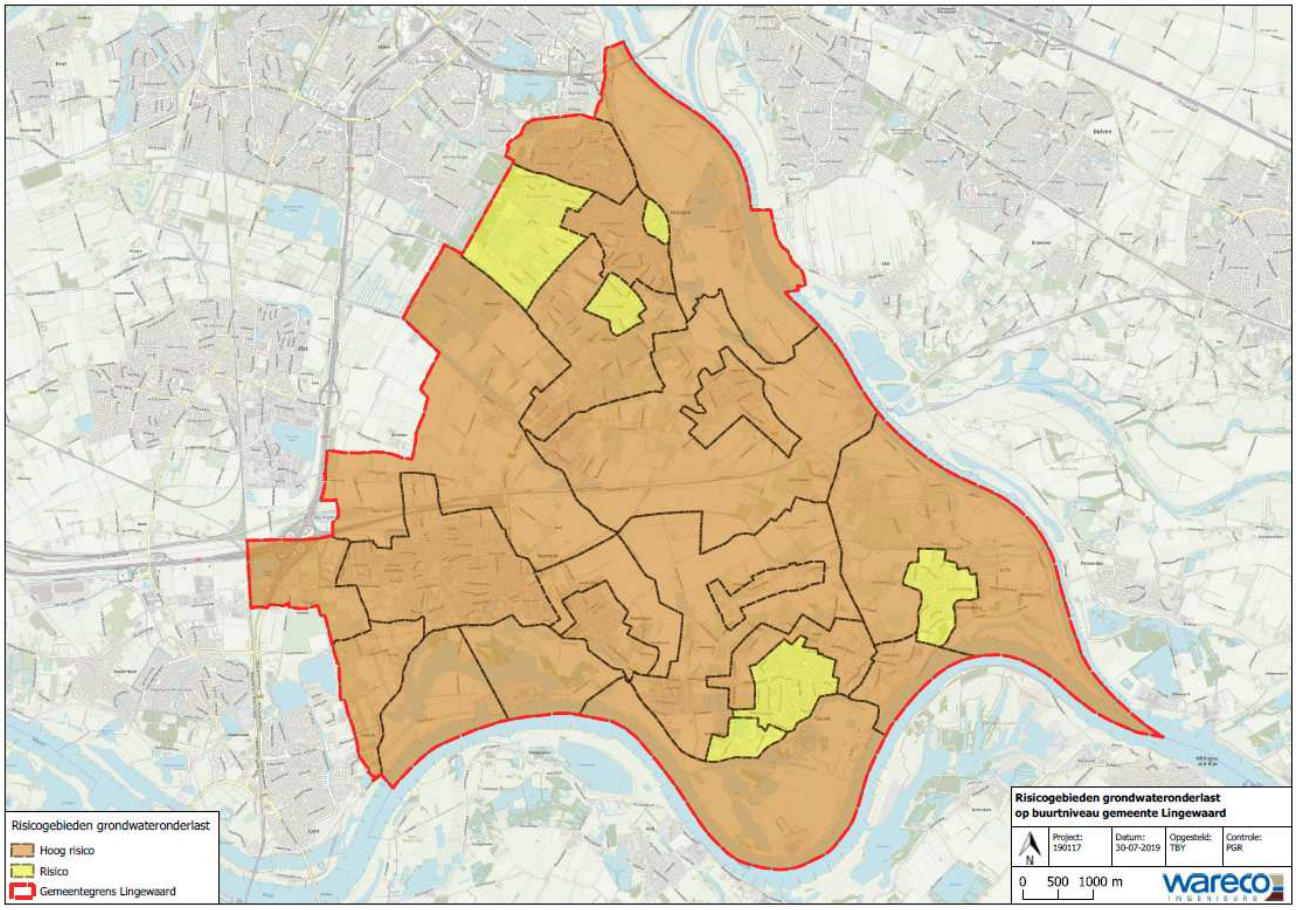
Verder heeft de gemeente Lingewaard er bewust voor gekozen niet extra te investeren in onderzoeken om te komen tot meer detailinformatie, of voor bijvoorbeeld een eigen lokale klimaateffectatlas. De onderbouwing van die keuze wordt omschreven in paragraaf 4.2.2.

Benadrukt wordt wel dat zo nodig tijdens de risicodialogen alsnog kan worden besloten gericht te zoeken naar nieuwe informatie of meer detail. De uitkomsten daarvan kunnen worden toegevoegd aan de regionale klimaateffectatlas middels icoontjes (nog niet zichtbaar in de eerste versie). Door in te zoomen op een gemeente worden dan de lokale kwetsbaarheden zichtbaar. Hierover zijn afspraken gemaakt binnen het samenwerkingsverband SNR. Zo wordt voorkomen dat iedere gemeente een eigen platform moet inrichten, met de daarbij behorende kosten.

4.2.1 Aanvullend onderzoek funderingsschade

In de zomer van 2018 en daarna, heeft de gemeente Lingewaard meer dan honderd meldingen ontvangen van plotselinge scheurvorming in panden. Deze zomer was zeer droog en de grondwaterstand was ook extreem laag.
Door deze bijzonder lage grondwaterstand kunnen bodemlagen zijn drooggevallen, die normaal gesproken in het grondwater liggen. Bij zettingsgevoelige bodemlagen kan dan zetting optreden in de ondergrond. Afhankelijk van de wijze waarop de woning is gebouwd en gefundeerd, is het dan mogelijk dat de woning ongelijkmatig gaat wegzakken. Hierdoor ontstaat scheefstand van de woning. Is de scheefstand groot, dan kan scheurvorming optreden.

De gemeente Lingewaard heeft het adviesbureau Wareco opdracht gegeven onderzoek te doen naar de precieze oorzaak van de vele meldingen van scheurvorming. Zo is een beter beeld verkregen van de risico's en ook waar, wanneer en waardoor deze kunnen optreden.
De rapportage van Wareco is opgenomen in bijlage 1 en heeft als titel 'Analyse risico's grondwateronderlast in de gemeente Lingewaard'. Het document bevat ook een vlakdekkende risicokaart, zie figuur 3.



Figuur 3: Vlakdekkende risicokaart

Uit de risicokaart blijkt dat in de gemeente Lingewaard overal risico, tot zelfs groot risico aanwezig is op funderingsschade/scheurvorming door grondwateronderlast/droogte. Wel moet worden benadrukt dat het risico sterk afhankelijk is van wanneer het pand is gebouwd en op welke wijze is gefundeerd. Zie hiervoor een gedeelte tekst uit het rapport van Wareco in het tekstblok van figuur 4. Ook is in dit verband de type bebouwing van belang, en bijvoorbeeld of er gedeeltelijke onderkeldering of aanbouw heeft plaatsgevonden.

De ouderdom van de bebouwing geeft een indicatie van de kwetsbaarheid van de bebouwing voor grondwaterstanden. Over het algemeen geldt dat oudere bebouwing gevoeliger is voor zowel hoge als lage grondwaterstanden. Bij droogte (lage grondwaterstanden) spelen de volgende factoren een rol:
▪ Woningen die niet op palen zijn gefundeerd (op staal), zijn gevoelig voor ongelijkmatige zettingen. Dit kan worden veroorzaakt door te lage grondwaterstanden in zettingsgevoelige gebieden.
▪ Paalfunderingen van voor 1930 zijn over het algemeen van hout. Houten paalfunderingen zijn gevoelig voor droogstand door lage grondwaterstanden.
▪ Na 1930 werd begonnen met het gebruik van betonopzetters op de houten palen. Op deze manier werd geprobeerd het bovenste funderingshout altijd onder de grondwaterstand te houden.
▪ In 1960 werd het gebruik van grenenhouten palen verboden. Grenenhout is gevoeliger voor aantasting door bacteriën (ook onder de grondwaterstand).
▪ Over het algemeen geldt dat na 1980 volledig betonnen palen zijn gebruikt (of betonopzetters die voldoende lang zijn rekening houdend met de grondwaterfluctuatie). Paalfunderingen van na 1980 zijn niet gevoelig voor variaties van de grondwaterstand, met uitzondering van negatieve kleef. Negatieve kleef is een verschijnsel dat optreedt indien zettingen optreden in zettingsgevoelige bodemlagen, waardoor de bodemlagen aan de funderingspaal gaan 'hangen', wat een extra belasting op de funderingspaal teweegbrengt. Schade kan ontstaan als een funderingspaal deze belasting niet aan kan en zakt.

Figuur 4: Gedeelte tekst uit rapport Wareco met betrekking tot bebouwing

4.2.2 Onderbouwing waarom geen extra investering in lokale klimaateffectatlas

Behalve voor het onderwerp 'Funderingsschade door droogte', is er vooralsnog voor gekozen verder niet te investeren in extra onderzoeken voor meer detail en het opzetten van een gemeentelijke klimaateffectatlas. Dit is een bewuste keuze en daarvoor gelden de volgende punten ter onderbouwing, die daarna inhoudelijk worden toegelicht:

1) Vooralsnog is er geen behoefte aan extra detailinformatie.
2) De inhoud van de 'Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie'.
3) De hoge kosten en tijdsbeslag.
4) Uitkomst overleg met in- en externen.

<u>Ad. 1) Vooralsnog is er geen behoefte aan extra detailinformatie</u>
De regionale klimaateffectatlas bevat voor de gemeente Lingewaard voldoende informatie. Er zijn, naast de funderingsproblemen van subparagraaf 4.2.1., geen onderwerpen die als bijzonder kwetsbaar worden ervaren en waarvoor op dit moment nieuw detailonderzoek noodzakelijk is. Wel kan vanuit de risicodialogen alsnog die behoefte ontstaan.
Overigens is er binnen de gemeente Lingewaard al veel relevante informatie aanwezig die nog bruikbaar kan zijn voor de volgende fase: de risicodialogen. Zie hiervoor hoofdstuk 5.

<u>Ad. 2) De inhoud van de 'Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie'</u>
De 'Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie' is opgesteld in opdracht van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Ook de bijsluiter is duidelijk als het gaat om het vergaren van detailinformatie. Hierin adviseert men kritisch en weloverwogen om te gaan met het uitvoeren van aanvullend onderzoek. Het tekstblok hieronder geeft dit weer.

Het adaptatieproces is niet altijd gediend met meer precisie
Vanwege de complexiteit van de vraagstukken en de onzekerheden ontstaat snel de neiging om te zoeken naar meer gedetailleerde informatie en meer onderzoek uit te voeren. Hierbij moet in gedachten gehouden worden dat meer precisie (meer detail) niet altijd meer nauwkeurigheid garandeert. De dreigingen zijn in hun aard bijvoorbeeld slechts met beperkte nauwkeurigheid te bepalen en elke aanpak kent systematische fouten. Bovendien moet de vraag gesteld worden welke nauwkeurigheid nodig is voor het nemen van een beslissing. Het gaat erom of de informatie voldoende is om een beslissing te nemen. Bij relatief eenvoudige en betaalbare maatregelen met niet of nauwelijks negatieve bijwerkingen zal dat punt eerder bereikt worden dan bij complexe, dure maatregelen die een grote impact op de omgeving hebben. Wanneer de aandacht volledig dreigt uit te gaan naar het zo nauwkeurig mogelijk kwantificeren van knelpunten en technische details, kan een mismatch ontstaan met de wensen en belangen van de brede doelgroep, waardoor partijen afhaken en het adaptatieproces stokt.

Figuur 5: Gedeelte tekst uit 'Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie'

Ad. 3) De hoge kosten en tijdsbeslag
Extra onderzoek en het opzetten van een lokaal platform/klimaateffectatlas zijn kostbaar en nemen veel tijd in beslag. Er moet dan ook voldoende nut en noodzaak aanwezig zijn. Geconcludeerd is al in deze subparagraaf dat dit niet het geval is als het gaat om extra onderzoek naar detailinformatie, behalve dan voor het lokale onderwerp 'Funderingsschade door droogte'.
Hierdoor is het tevens niet doelmatig meer om een aparte lokale klimaateffectatlas in te richten voor de gemeente Lingewaard. Er is naast het onderwerp 'Funderingsschade door droogte' te weinig materiaal om deze lokale klimaateffectatlas te vullen. Daarnaast is afgesproken dat de regionale effectatlas van het SNR mag worden aangevuld met lokale kwetsbaarheden met icoontjes (nog niet het geval in de eerste versie). Zo kunnen de lokale kwetsbaarheden toch zichtbaar en openbaar worden gemaakt. Binnen het samenwerkingsverband is afgesproken dat het niet mogelijk is om per gemeente extra kaartlagen en kaartverhalen toe te voegen. Dit om te voorkomen dat het regionale karakter van deze regionale klimaateffectatlas verloren gaat. Mede daarom is dan ook onderhavige rapportage opgesteld.

Ad. 4) Uitkomst overleg met in- en externen
Er is met in- en externen gesproken over nut en noodzaak van extra onderzoek en het opzetten van een lokale klimaateffectatlas:

- Op 23 april 2019 heeft een vergadering plaatsgevonden met zowel interne projectgroepsleden als externe personen van het waterschap, adviesbureau Antea en adviesbureau CAS;
- Op 17 juli 2019 heeft het kernteam van de interne projectgroep vergaderd over dit onderwerp.

Beide overleggen hadden zo ongeveer dezelfde uitkomst: investeer in het onderzoek van funderingsschade, maar wees verder voorlopig terughoudend met nieuw onderzoek en het opzetten van een lokale klimaateffectatlas.

4.3 Stresstesten zijn openbaar

In het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie is afgesproken dat overheden de resultaten van de stresstesten openbaar maken, zodat ook burgers, bedrijven en maatschappelijke organisaties inzicht hebben in de kwetsbaarheid van hun gebied. Dit betekent dat de regionale klimaateffectatlas voor iedereen is in te zien, en dit geldt ook voor deze lokale rapportage. Via diverse mediakanalen wordt deze openbaarmaking bekend gemaakt.

5 Aanvullende informatie voor de risicodialogen

De regionale klimaateffectatlas en de lokale aanvulling met betrekking tot de funderingsschade uit hoofdstuk 4, zijn input voor de volgende fase: de risicodialogen. Maar er is meer relevante informatie die van belang kan zijn voor deze fase en het selecteren van geschikte onderwerpen voor deze risicodialogen. In dit hoofdstuk is deze informatie opgenomen en beschreven. Het voeren van risicodialogen is de tweede stap/ambitie uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie.

5.1 NAS-adaptatietool en mindmap 'Hitte in de stad'

De interne gemeentelijke projectgroep is aan de slag gegaan met de NAS-adaptatietool (Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie, 2019) en mindmap 'Hitte in de stad' (Hogeschool Amsterdam, 2019). NAS staat voor Nationale klimaatadaptatiestrategie.
Dit om vanuit de diverse vakdisciplines belangrijke onderwerpen te selecteren voor de aanstaande risicodialogen. Dus wat vindt men het meest urgent, vanuit zijn of haar vakgebied, en gericht op de gemeente Lingewaard. De twee betreffende tools zijn hiervoor gebruikt als hulpmiddel; zie Literatuurlijst voor de websites van deze tools. Op deze websites worden de tools ook verder toegelicht.

Tijdens de sessie met de projectgroep[1] zijn vier analoge bladen per persoon voorgelegd, zie daarvoor bijlage 2:

1) NAS Bollenschema 'Het wordt natter'.
2) NAS Bollenschema 'Het wordt droger'.
3) NAS Bollenschema 'Het wordt warmer'.
4) Mindmap 'Hitte in de stad'.

De deelnemers zijn concreet de volgende vragen gesteld:

1) Selecteer per blad vijf onderwerpen die je het belangrijkst/urgentst vindt.
2) Kijk daarbij ook naar je eigen vakgebied.
3) Richt je op de gemeente Lingewaard.

Het resultaat is terug te zien in bijlage 2. Daarin is opgeteld hoeveel personen een bepaalde bol (gevolg) hebben geselecteerd[2].

In de tabel hieronder zijn vanuit bijlage 2 de meest geselecteerde onderwerpen samengevat. Het gaat dan om vier stemmen of meer. Het aantal stemmen is weergegeven bovenin de kolom rechts naast het onderwerp. Daarnaast is ook beoordeeld op welk niveau het onderwerp het beste thuishoort als het gaat om de volgende fase: de risicodialogen. Dit is aangegeven onderin de kolom rechts naast het onderwerp, waarbij meerdere opties mogelijk zijn:

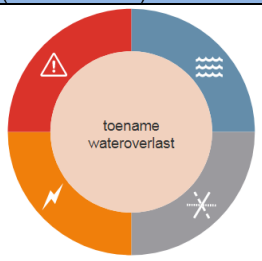
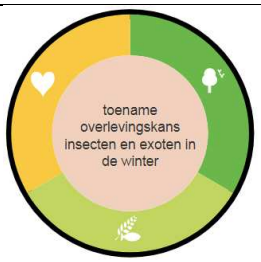
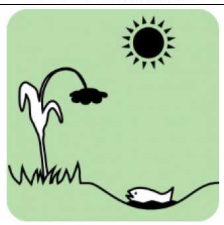
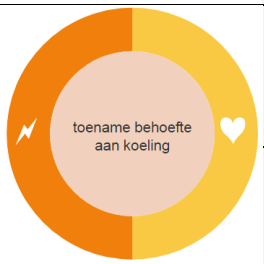
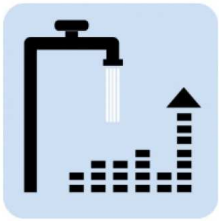
- Landelijk (la) of zelfs mondiaal;
- Regionaal (re) binnen het samenwerkingsverband SNR;
- Lokaal (lo) binnen het traject van de gemeente Lingewaard.

Voor deze rapportage zijn vooral de met 'lo' beoordeelde onderwerpen van belang. Het gaat dan om onderwerpen waar <u>lokale</u> maatregelen mogelijk doelmatig zijn.

De deelnemers hebben hierbij enkele opvallende onderwerpen geselecteerd. Zo wordt aandacht gevraagd voor de kwaliteit van het lokale (zwem)water en blauwalg. Daarnaast is er veelvuldig een onderwerp geselecteerd dat een relatie heeft met de (lokale) natuur(gebieden): 'verandering ecosysteem/verschuiving

[1] *De projectgroep bestaat uit negen personen. Daarnaast is ook de interne stedenbouwkundige gevraagd om deel te nemen aan deze sessie. Totaal hebben dus tien personen deelgenomen.*
[2] *Daarbij moet worden opgemerkt dat voor de drie NAS Bollenschema's telkens één persoon een bol te veel heeft geselecteerd. Die extra stem per schema is meegenomen bij de totalen. Daarentegen heeft voor de mindmap 'Hitte in de stad' één persoon een item te weinig geselecteerd.*

soorten…', 'verlies aan soorten en habitats', 'verandering hydrologie natuurgebieden' en 'schade aan natuur'.

NAS Bollenschema Klimaattrend **natter** (Wateroverlast)		NAS Bollenschema Klimaattrend **droger** (Droogte)		NAS Bollenschema Klimaattrend **warmer** (Hitte)		Mindmap **Hitte in de stad** (Hitte)	
	7 la re **lo**		7 la re **lo**		6 **lo**	Waterkwaliteit	6 re **lo**
	5 **lo**		5 la re **lo**		5 la re **lo**	 Schade aan natuur	6 la re **lo**
	5 la re **lo**		5 la re		4 re **lo**	Gezondheidsproblemen	5 la re **lo**
	5 re **lo**		4 la re **lo**		4 la re **lo**	Comfort in de stad	5 **lo**
	4 **lo**		4 la re		4 la re **lo**	 Watervraag	4 la re
			4 la re **lo**				

Tabel 2: De meest geselecteerde onderwerpen tijdens de sessie met de projectgroep

5.2 Landelijke klimaateffectatlas

Door verschillende kennisinstellingen en adviesbureaus is ook een landelijke klimaateffectatlas ontwikkeld. De website geeft een eerste indruk van de (toekomstige) dreigingen van overstromingen, wateroverlast, droogte en hitte voor geheel Nederland. Er kan worden ingezoomd op gemeentelijk niveau. Dit geeft zo een indicatie van de ordegrootte van effecten die mogelijk gaan spelen. De atlas is gebaseerd op landelijk beschikbare gegevens en maakt gebruikt van het zogenaamde 'WH scenario' van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). De klimaateffectatlas is voor iedereen gratis toegankelijk. Een hyperlink van deze website is opgenomen in de Literatuurlijst.

De kaartverhalen en de viewer van deze landelijk klimaateffectatlas zijn op gemeentelijk niveau goed bestudeerd op nadere relevante informatie en mogelijke kwetsbaarheden. Deze informatie kan als input dienen voor de fase van de risicodialogen. Alleen relevante informatie die aanvullend is op de inhoud van paragraaf 4.1 (regionale stresstest, tabel 1) en paragraaf 4.2 (lokale stresstest), is opgenomen in de tabel hieronder. Dubbele informatie wordt zo voorkomen.

Thema	**Relevante lokale informatie en kwetsbaarheden uit de landelijk klimaateffectatlas (enkel informatie welke aanvullend is op inhoud van paragraaf 4.1 (tabel1) en paragraaf 4.2)**
Wateroverlast	**Grondwateroverlast** voor stedelijke functies (gebouwen, infrastructuur, tuinen en groenvoorziening) neemt in 2050 toe in de gemeente Lingewaard. Dit komt omdat de neerslag in de winter toeneemt, terwijl de verdamping ongeveer gelijk blijft. Een gevolg daarvan is dat de aanvulling van het grondwater groter is en de grondwaterstand stijgt. Het gaat dan in de gemeente Lingewaard voor het grootste gebied om een 'Kleine toename kans' , maar er zijn ook gebieden langs de eerste waterkeringen die worden geclassificeerd als 'Aanmerkelijke toename kans' .
	Het risico op **zuurstofstress voor planten** neemt toe in het jaar 2050. Dit kan dan ontstaan bij hevige regenval, omdat de bodem verzadigd raakt met water. Daardoor wordt de toevoer van zuurstof naar wortels van planten belemmerd. Als het warmer is dan wordt dit erger, omdat planten dan extra zuurstof nodig hebben. Vooral in het lager gelegen centrale deel van de gemeente Lingewaard zal het risico op zuurstofstress voor grote gedeelten toenemen tot 'Hoog' (groter dan 40% jaarlijkse opbrengstderving bij gras)
Droogte	In Lingewaard en de regio kunnen **oppervlaktewatertekorten** optreden tijdens een extreem droge zomer in 2050 (te weinig). Tekorten treden op wanneer het beschikbare water niet voldoende is om aan de oppervlaktewatervraag te voldoen. Dit is de totale vraag van het oppervlaktewatersysteem in een regio, na levering vanuit neerslag, kwel en interne uitwisseling van oppervlaktewater. De vraag betreft het water dat nodig is voor beregening, doorspoeling en peilbeheer.
	Te lage grondwaterstanden vormen voor veel functies een bedreiging: natuur, landbouw , wegen, infrastructuur, openbaargroen en gebouwen. De grondwaterstanden kunnen in de gemeente Lingewaard behoorlijk gaan zakken in vergelijking met het jaar 2050, zowel als het gaat om 'Gemiddeld Laagste Grondwaterstand' (GLG) als 'Laagste grondwaterstand in een extreem droog jaar'. Het gaat dan in grote gebieden van de gemeente om een verlaging van 0,1-0,25 m, en in enkele gebieden (langs de rivier) zelfs om 0,25 tot 1 m.
	Uit de 'Signaalkaart **Bodemdaling** okt 2016 – okt 2018' blijkt dat in de periode van oktober 2016 tot oktober 2018 grote gebieden in Lingewaard een significante (2-6 mm per jaar) daling hebben ondergaan, en dat er ook gebieden zijn met een sterkte daling (meer dan 6 mm per jaar). Het gaat hier om de periode met daarin de erg droge zomer van 2018 en de extreem lage grondwaterstanden. De daling is op veel plaatsen ook hoger dan in andere jaren/perioden. Deze droge zomer is hiervan mogelijk de oorzaak, omdat grondlagen zijn drooggevallen en zetting/inklinking is opgetreden.
Hitte	*Er zijn voor het thema Hitte geen noemenswaardige lokale aanvullingen te vermelden vanuit de landelijke klimaateffectatlas, bovenop hetgeen al is omschreven in paragraaf 3.1 en 3.2.*

Tabel 3: Relevante lokale informatie uit landelijke klimaateffectatlas,

5.3 Overige relevante gegevens

In de tabel hieronder zijn de overige bij de gemeente aanwezige en relevante gegevens per thema weergegeven. Deze kunnen aanvullend worden gebruikt om kwetsbaarheden beter in beeld te brengen. Daarnaast betreft het nuttige informatie die kan worden gebruikt bij het zoeken naar oplossingsrichtingen tijdens de risicodialogen.

Thema	Relevante gegevens	Toelichting
Wateroverlast	Hydraulische berekeningen rioolstelsels	Van alle kernen is een actuele berekening beschikbaar met informatie over de bergings- en afvoercapaciteit van rioolstelsels
	Tekeningen verhard oppervlakten	Van alle kernen is een vrij gedetailleerde actuele tekening beschikbaar. Door verhard oppervlakten (panden en (weg)verhardingen) kan regenwater niet meer in de grond infiltreren en wordt versneld afgevoerd naar riolering en watergangen. Dit kan problemen veroorzaken in lagere gedeelten
	Meetgegevens eigen grondwatermeetnet	De gemeente heeft een eigen grondwatermeetnet om na te gaan of er sprake is van grondwateronderlast of -overlast
	Rapportage 'Infiltratiekansen in gemeente Lingewaard'	Dit rapport geeft aan waar er kansen zijn voor (diep) infiltratie van hemelwater. Zo kan wateroverlast worden verminderd
Droogte	Meetgegevens eigen grondwatermeetnet	Zie toelichting bij hierboven bij thema 'Water'
	Rapportage 'Infiltratiekansen in gemeente Lingewaard'	Zie toelichting bij hierboven bij thema 'Water'. Aanvulling: door meer water te infiltreren in de bodem en vast te houden, kan verdroging worden tegengegaan
Hitte	Gedetailleerde en actuele groenbeheerkaarten uit de beheersoftware GBI	Groen is een belangrijk middel tegen hittestress, met name geldt dat voor bomen. De groenkaarten kunnen worden gebruikt om potentieel kwetsbare locaties te signaleren.
	Tekeningen verhard oppervlakten	Zie toelichting bij hierboven bij thema 'Water'. Aanvulling: door stenen te vervangen door groenstroken kan hittestress worden tegengegaan.

Tabel 4: Overige relevante gegevens aanwezig bij de gemeente

6 Voorstel onderwerpen risicodialogen lokaal

Dit kwetsbaarheden zijn in beeld en er is voldoende informatie is verzameld. In dit hoofdstuk wordt een voorstel gedaan welke onderwerpen te behandelen tijdens de volgende fase van risicodialogen, de tweede stap/ambitie uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie. Hiervoor is de inhoud gebruikt van hoofdstuk 4 en 5, specifiek de paragrafen 4.1, 4.2, 5.1 en 5.2.

Deze geselecteerde onderwerpen zijn per thema weergegeven in de tabel hieronder. Ieder onderwerp wordt daarbij een risicodialoog genoemd. Het gaat om algemene en specifieke risicodialogen. Ook wordt aangegeven welke stakeholders zouden kunnen worden uitgenodigd. Daarbij zijn de volgende stakeholders te onderscheiden:

- Overheden: gemeente Lingewaard, Waterschap Rivierenland, Provincie Gelderland;
- Inwoners van de gemeente Lingewaard;
- Bedrijven uit de gemeente Lingewaard;
- Maatschappelijke organisaties: zoals scholen, verzorgings- en verpleeghuizen en woningcorporaties;
- Belangenorganisaties: zoals milieu-, natuur of patiëntenorganisaties;
- Verenigingen: bijvoorbeeld voetbal- of andere sportclubs.

Het proces van de risicodialogen moet nog verder worden uitgewerkt. Zo kunnen mogelijk meerdere risicodialogen tegelijk worden behandeld, denk daarbij aan de algemene risicodialogen. Tijdens dit proces wordt informatie verzameld voor de lokale adaptatiestrategie en wordt een lokaal uitvoerings- en investeringsprogramma opgesteld. Het is daarbij van belang dat regelmatig een relatie worden gelegd met het regionale traject van risicodialogen, zodat overlap van de uiteindelijk te bepalen maatregelen wordt voorkomen en de beide adaptatiestrategieën op elkaar aansluiten.

Thema		**Risicodialogen lokaal (voorstel)**	**Stakeholders**
Wateroverlast	**1**	**Algemene** risicodialoog wateroverlast: meer water vasthouden, bergen en afvoeren. Er is geen acuut probleem of noemenswaardige locatie met wateroverlast in de gemeente Lingewaard. Ook blijkt in de praktijk dat enkele zware regenbuien (soms meer dan 80 mm) redelijk goed zijn verwerkt binnen de gemeente, en er maar weinig klachten zijn ontstaan. Maar bij (nog) zwaardere (piek) buien kan wel degelijk wateroverlast ontstaan. Omdat deze buien vaker worden voorspeld wordt voorgesteld om alle toekomstige mogelijkheden aan te grijpen om meer water vast te houden in de bodem (infiltreren voorkomt ook droogte), (tijdelijk) te bergen, en tot slot er voor te zorgen dat meer water kan worden afgevoerd op plaatsen waar dat nog nodig is. Dit gaan we dan samen doen, zowel op particulier terrein als in openbaar gebied. Tijdens de risicodialoog wordt besproken wat haalbaar is en wie wat gaat en kan oppakken. Het mogelijk wijzigen van gemeentelijke beleid (normen/richtlijnen/subsidie) is ook onderdeel van deze dialoog.	gemeente, waterschap, inwoners/wijkraden, bedrijven (met name hoveniers, tuincentra, boeren en tuinders), relevante maatschappelijke organisaties (o.a. scholen en woningcorporaties) en grondeigenaren
		*De onderwerpen kwel, grondwateroverlast en zuurstofstress (zie informatie in tabel 1 en 3) zijn niet als **specifieke** risicodialoog geselecteerd, en wel om de volgende redenen:* *1) Kwel langs de rivierdijken: het gaat hier om een al reeds bekend en ook telkens terugkerend en tijdelijk verschijnsel voor betrokkenen.* *2) Grondwateroverlast : het gaat in de gemeente veelal om slechts een 'Kleine toename kans' in 2050.* *3) Zuurstofstress: dit onderwerp lijkt meer geschikt voor een regionaal aanpak en ten behoeve van de landbouw/fruitteelt (maatregelen watersysteem).*	

Tabel 5: Voorstel te behandelende risicodialogen lokaal

Thema		Risicodialogen lokaal (voorstel)	Stakeholders
	2	**Algemene** risicodialoog Droogte Naast de specifiek genoemde onderwerpen hieronder met betrekking tot droogte, wordt ook een algemene risicodialoog over droogte voorgesteld. Droogte is een risico in de gemeente, maar het betreft hier veelal ook een regionale aanpak (landbouw/fruitteelt en aanvoer oppervlaktewater). Ook is er veel overlap met risicodialoog 1. Daarom wordt voorgesteld beide risicodialogen gezamenlijk te behandelen met dezelfde stakeholders. Ook hier geldt dat tijdens de risicodialoog wordt besproken wat haalbaar is en wie wat gaat en kan oppakken. Het mogelijk wijzigen van gemeentelijke beleid (normen/richtlijnen/subsidie) is ook onderdeel van deze dialoog.	Dezelfde stakeholders als bij risicodialoog 1
Droogte	3	**Specifieke** risicodialoog 'Funderingsschade door droogte' Uit het onderzoek met betrekking tot dit onderwerp is gebleken dat risico, tot zelfs groot risico aanwezig is op funderingsschade/scheurvorming aan gebouwen door grondwateronderlast binnen de gemeente Lingewaard. Zie verder subparagraaf 4.2.1. Dit onderwerp leent zich voor een risicodialoog. De vraag is welke (financieel) haalbare oplossingsrichtingen er zijn. Bij deze risicodialoog kan tegelijk ook de gevolgen voor de infrastructuur worden meegenomen. Het mogelijk wijzigen van gemeentelijke beleid (normen/richtlijnen/subsidie) is ook onderdeel van deze dialoog.	gemeente, waterschap, gedupeerde eigenaren/bedrijven, woningcorporaties en Adviesbureau Wareco
	4	**Specifieke** risicodialoog 'Natuurgebieden (schade door droge en natte perioden)' In paragraaf 5.1 is gebleken dat er veel zorg en aandacht is voor de onderwerpen die een relatie hebben met (lokale) natuur (gebieden) . Tijdens deze risicodialoog kan gericht worden gezocht naar maatregelen om lokale natuurgebieden te beschermen tegen droge en natte perioden. De vraag daarbij is of die maatregelen dan haalbaar en betaalbaar zijn. Het mogelijk wijzigen van gemeentelijke beleid (normen/richtlijnen/subsidie) is ook onderdeel van deze dialoog.	gemeente, waterschap, omwonenden, natuurorganisaties, landbouworganisaties en grondeigenaren van natuurgebieden
Hitte	5	**Algemene** risicodialoog gericht op het onderwerp hitte en hittestress Er wordt voorspeld dat er steeds meer warme dagen en nachten gaan komen in de toekomst met veel nadelige gevolgen voor ons allemaal. In de centra van dorpen kan in vergelijking met het buitengebied een paar graden warmer worden binnen onze gemeente. Het gaat dan om het gemiddelde temperatuurverschil over het jaar. Bij windstille condities en zonnige dagen kan dit verschil beduidend hoger zijn (hitte eiland effect). Voorgesteld wordt om tijdens de dialoog gezamenlijk met alle betrokkenen na te gaan waar zich de kwetsbare groepen en locaties bevinden, en af te wegen welke haalbare oplossingen er zijn. Daarbij zijn drie soorten adaptatiemaatregelen te onderscheiden waarmee de gevolgen van extreme hitte in te perken zijn: 1) Adaptatie in het sociale domein (zorgplannen, hulpverleningsplannen, tropenroosters, aangepaste openingstijden, hitteplannen en hittewaarschuwingssystemen om aanpassingen in gedrag te bewerkstelligen). 2 Adaptatie aan gebouwen. 3 Ruimtelijke adaptatie: aanpassingen in de stedelijke inrichting zoals groen, schaduw, ventilatie of watervormen om koelte te creëren in de buitenruimte. Het mogelijk wijzigen van gemeentelijke beleid (normen/richtlijnen/subsidie) is ook onderdeel van deze dialoog.	gemeente/GGD, kwetsbare groepen/inwoners, bedrijven, maatschappelijke organisaties en verenigingen
	6	**Specifieke** risicodialoog 'Kwaliteit lokale zwemwateren' Voor dit onderwerp was veel aandacht tijdens de sessie omschreven in paragraaf 5.1. Tijdens deze risicodialoog kan met betrokkenen worden afgewogen of eventuele maatregelen nodig, zinvol en betaalbaar zijn. De kwaliteit van overige oppervlaktewateren leent zich meer voor het regionale traject, maar mogelijk zijn er ook locaties voor het lokale traject.	gemeente, waterschap en eigenaar/beheerders zwemwateren
		Tijdens de sessie omschreven in paragraaf 5.1 is door vier deelnemers het onderwerp '(drink) Watervraag' geselecteerd. Dit onderwerp leent zich meer voor het regionale/landelijke traject .	

Vervolg tabel 5: Voorstel te behandelende risicodialogen lokaal

7 Conclusies en vervolg

In dit hoofdstuk worden enkele conclusies getrokken en kort ingegaan op de volgende stap in het proces.

7.1 Conclusies

Met deze rapportage zijn de lokale kwetsbaarheden voor klimaatverandering voorlopig voldoende in beeld gebracht voor de gemeente Lingewaard. Daarnaast is er voldoende overige relevante informatie verzameld, die ondersteunend kan worden gebruikt tijdens de vervolgfase van risicodialogen. Met behulp van deze informatie en de genoemde kwetsbaarheden, is deze rapportage afgerond met een selectie van zes voorgestelde risicodialogen voor de vervolgfase: drie algemene en drie specifieke.

Tijdens de fase van risicodialogen is mogelijk toch behoefte aan meer detailinformatie. Er kan dan alsnog worden besloten gericht te zoeken naar nieuwe informatie of het opstarten van aanvullend onderzoek. Wel wordt geadviseerd hiermee kritisch en weloverwogen om te gaan, zie ook paragraaf 4.2.2.

7.2 Het vervolg

Met deze rapportage kan de eerste stap/ambitie van het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie, de stresstest, worden afgesloten. Tevens betreft deze rapportage input voor de tweede stap/ambitie: het voeren van risicodialogen en het opstellen van een lokale adaptatiestrategie voor de gemeente Lingewaard.
Daarna wordt aan de adaptatiestrategie een uitvoeringsprogramma gekoppeld, dit betreft de derde stap uit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie.
In het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie is verder afgesproken dat de hierboven genoemde drie stappen in 2020 dienen te worden afgerond, inclusief besluitvorming en vaststelling door de gemeenteraad van Lingewaard.

Bronnenlijst

Websites:

Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (z.d). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie (2018)*. Geraadpleegd juli-september 2019, van https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/deltaplan-ra/

Hogeschool Amsterdam. (2019, 30 mei). *Mindmap - Mindmap hitte in de stad*. Geraadpleegd september 2019, van https://www.hittebestendigestad.nl/mindmap/

Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (2019 juni). *Bijsluiter gestandaardiseerde stresstest Ruimtelijke Adaptatie*. Geraadpleegd augustus 2019, van https://ruimtelijkeadaptatie.nl/stresstest/bijsluiter/

Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (z.d.). *NAS-adaptatietool*. Geraadpleegd september 2019, van https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/adaptatietool/

Klimaateffectatlas. (z.d.). *Viewer en Kaartverhalen - Klimaat Effect Atlas*. Geraadpleegd augustus-september 2019, van http://www.klimaateffectatlas.nl

Klimaateffectatlas Regio Rivierenland. (2020, 1 januari). *Klimaateffectatlas Regio Rivierenland*. Geraadpleegd juni-september 2019, van http://tiny.cc/KlimaatRegioRivierenland

Bijlagen 1

Rapport Wareco ‘Analyse risico’s grondwateronderlast in de gemeente Lingewaard’

wareco
INGENIEURS

Analyse risico's grondwateronderlast in de gemeente Lingewaard

Definitief

BODEM WATER FUNDERINGEN

Wareco is een gespecialiseerd ingenieursbureau op het gebied van water, bodem en funderingen. Onze kracht is onze kennis van de ondergrond te integreren met de bovengrondse opgaven. We verbinden onderzoeken en adviezen aan concrete ontwerpen en uitvoering. Enthousiast, persoonlijk en innovatief. Al 40 jaar leveren we maatwerk, met als resultaat hoge kwaliteit en duurzame, kostenbesparende oplossingen.

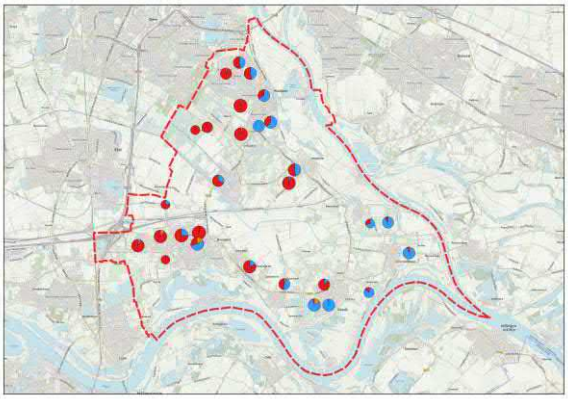
Vanuit meerdere vestigingen verspreid over Nederland bedienen we met circa 80 professionals overheden, bedrijfsleven en particulieren.

We hechten grote waarde aan kwaliteit en duurzaamheid. Het managementsysteem is ISO 9001 (kwaliteitsmanagement) en ISO 14001 (milieumanagement) gecertificeerd. Voor u als opdrachtgever komt dit tot uiting in de vorm van duidelijke afspraken, het afhandelen van klachten volgens vaststaande procedures en het, waar mogelijk en wenselijk, aandragen van duurzame oplossingen.

Daarnaast staat duurzaamheid ook bij onze bedrijfsvoering hoog op de agenda. Dit komt tot uiting in aandacht voor besparing op en hergebruik van grondstoffen en het beperken van milieubelasting.

Amsterdamseweg 71
1182 GP Amstelveen
020 750 46 00

Burg. van der Borchstraat 2
7451 CH Holten
0570 66 09 10



Analyse risico's grondwateronderlast in de gemeente Lingewaard

Auteur	P. Graafstra, MSc.	Kenmerk	190117 RAP20190820
	ing R. Oosterhoff	Datum	10-09-2019
Vrijgave	ing. M. Klein Overmeen	Status	Definitief

Inhoudsopgave

Tekst **pagina**

1. Inleiding 1
1.1. Aanleiding en doel 1
1.2. Gebruikte gegevens 2
2. Gebiedsinventarisatie 2
2.1. Grondwaterstanden en stijghoogtes 2
2.2. Grondwateronttrekkingen 4
2.4. Neerslag en verdamping 5
2.5. Oppervlaktewater 5
2.6. Bebouwing 6
2.7. Zettingsgevoeligheid ondergrond 7
3. Analyse 8
3.1. Oorzaken scheurvorming 8
3.2. Oorzaak lage grondwaterstanden 10
3.3. Risicogebieden grondwateronderlast 11
3.4. Oplossingsrichtingen 11
4. Conclusies en aanbevelingen 13
4.1. Conclusies 13
4.2. Aanbevelingen 13

Bijlagen

1. Overzicht locaties peilbuizen
2. RLG in de referentieperiode, freatische grondwaterstand
3. RLG in 2018, freatische grondwaterstand
4. Verschillen RLG tussen de referentieperiode en 2018, freatische grondwaterstand
5. Laagst gemeten grondwaterstand in de referentieperiode, freatische grondwaterstand
6. Laagst gemeten grondwaterstand in 2018, freatische grondwaterstand
7. Verschillen laagst gemeten grondwaterstand tussen de referentieperiode en 2018, freatische grondwaterstand
8. De duur van de droogte in 2018, freatische grondwaterstand
9. RLG in de referentieperiode, eerste watervoerend pakket
10. RLG in 2018, eerste watervoerend pakket
11. Verschillen RLG tussen de referentieperiode en 2018, eerste watervoerend pakket
12. Laagst gemeten stijghoogte in de referentieperiode, eerste watervoerend pakket
13. Laagst gemeten stijghoogte in 2018, eerste watervoerend pakket
14. Verschillen laagst gemeten stijghoogte tussen de referentieperiode en 2018, , eerste watervoerend pakket
15. De duur van de droogte in 2018, eerste watervoerend pakket
16. Bouwjaren BAG en meldingen scheurvorming
17. Bijdrage van invloeden op de freatische grondwaterstand
18. Bijdrage van invloed rivierpeilen op de freatische grondwaterstand, in relatie tot oude stroomgeulen
19. Risicogebieden grondwateronderlast
20. Methode analyse grondwaterstanden
21. Uitgangspunten zettingsberekening

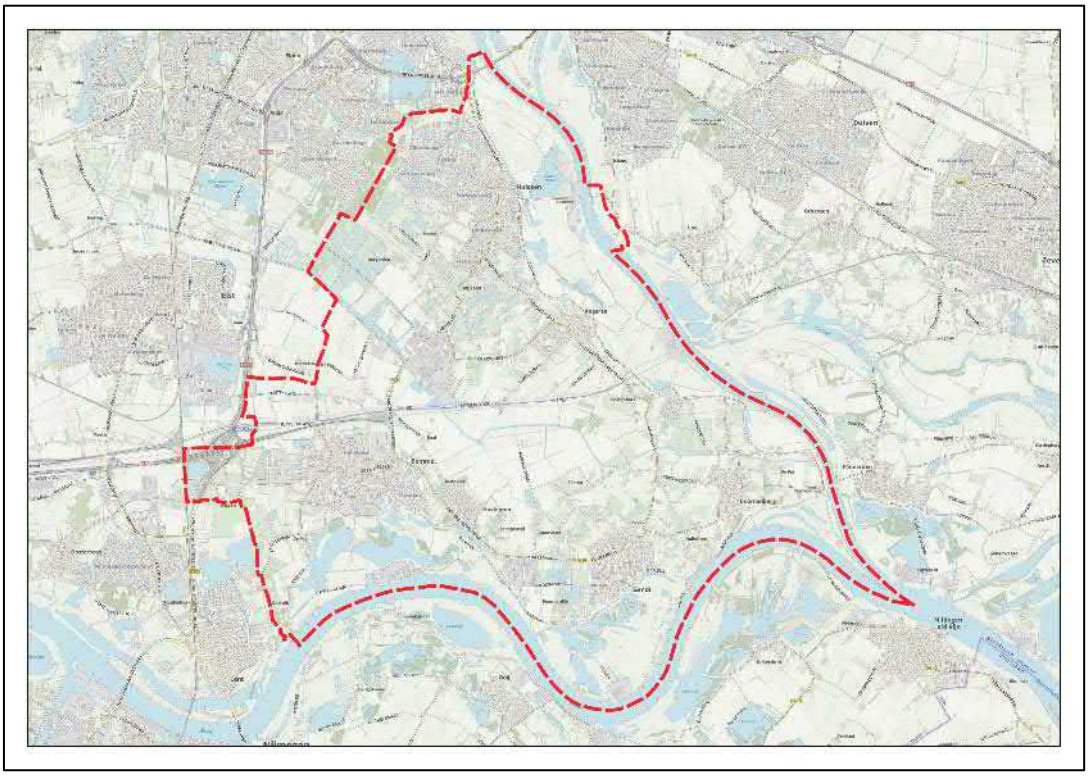
1. Inleiding

Langdurige droge perioden zoals de zomer van 2018 kunnen leiden tot het uitzakken van de grondwaterstand. Het uitzakken van de grondwaterstand kan gevolgen hebben voor zettingen van de bodem en droogstand van houten paalfunderingen.

Ons klimaat verandert. Men verwacht dat klimaatextremen, zoals langdurige droge perioden, vaker voor gaan komen. Om inzicht te krijgen in de gevolgen van zetting op de bebouwing heeft gemeente Lingewaard de relatie tussen scheurvorming in gebouwen, zettingen in de ondergrond en lage grondwaterstanden in kaart laten brengen, en laten onderzoeken welke processen deze zettingen in de ondergrond veroorzaken.

1.1. Aanleiding en doel

Bij de gemeente Lingewaard zijn in de afgelopen maanden meer dan 100 meldingen van inwoners van scheurvorming in bebouwing ontvangen. Een mogelijke (deel)oorzaak hiervan is de extreem droge zomer in 2018. De gemeente wil inzicht in (ruimtelijke spreiding van) de risico’s van grondwateronderlast in haar gebied en onder welke omstandigheden deze zich voortdoen.



Figuur 1: Globale ligging van het onderzoeksgebied

Op basis van de analyse heeft u de risico’s in beeld. U kunt passende en gerichte acties ondernemen wanneer u in beeld heeft waar de risico’s op kunnen treden, wanneer en waardoor. De resultaten kunt u gebruiken in communicatie naar bewoners en in het opstellen van grondwaterbeleid voor grondwateronderlast. Bovendien betreft dit input voor het adaptatiebeleid.

1.2. Gebruikte gegevens

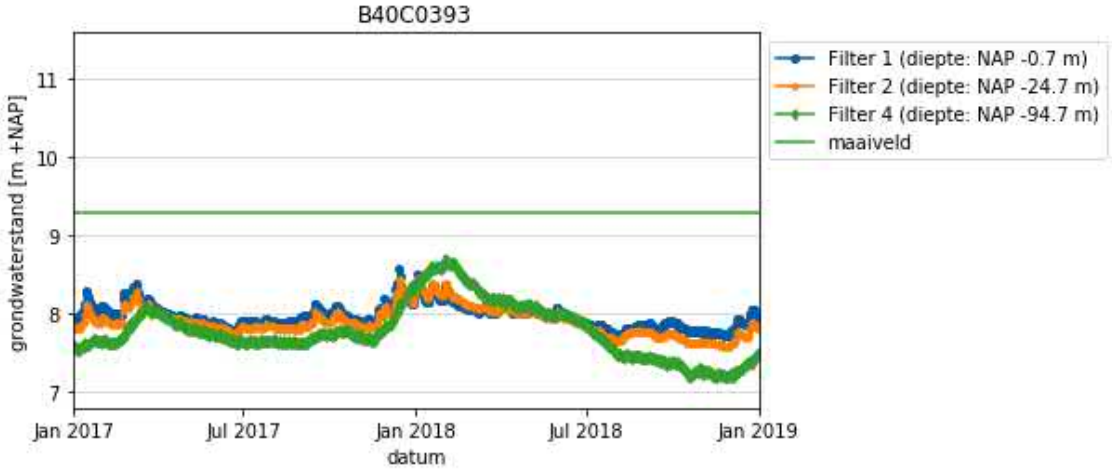
Voor het uitvoeren van het onderzoek hebben wij de volgende gegevens gebruikt:

1. Bouwjaar bebouwing (Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG)
2. Dinoloket van TNO en REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem)
3. Grondwaterstandmetingen gemeentelijk meetnet, drinkwaterbedrijf Vitens
4. KNMI neerslag en verdampingdata (www.knmi.nl)
5. Infiltratiekansen in gemeente Lingewaard, Wareco, BR01 RAP20160810, 10-08-2016
6. Gegevens van de grondwateronttrekkingen Fikkersdries en Ir. H. Sijmons, drinkwaterbedrijf Vitens.
7. Gegevens van de rivierwaterpeilen in Nederrijn en Waal, Rijkswaterstaat
8. Streefpeilenplan Lingesysteem, Waterschap Rivierenland (https://www.waterschaprivierenland.nl/streefpeilenplan-lingesysteem)

2. Gebiedsinventarisatie

2.1. Grondwaterstanden en stijghoogtes

In en rondom het onderzoeksgebied zijn 36 meetlocaties van het grondwatermeetnet van de gemeente aanwezig, waar in 62 peilbuizen wordt gemeten aan het grondwater, zie bijlage 1. Op verschillende locaties wordt in de diepte in meerdere filters gemeten. Dit geeft inzicht in hoe het freatisch grondwater zich verhoudt tot het diepere grondwater, zie figuur 2. Er zijn 56 meetpunten die geschikt zijn om een analyse uit te voeren. Hiervoor zijn de grondwaterstanden in de periode 2014 tot en met 2018 geanalyseerd, waarbij 2018 uitgelicht is vanwege de zeer droge zomer met verhoogd aantal meldingen bij de gemeente over scheurvorming in woningen. De periode 2014 tot en met 2017 is als referentieperiode gehanteerd.



Figuur 2: Locatie B40C0393 (De Plak, Bemmel) is één van de locaties van het gemeentelijk meetnet waar op verschillende dieptes in de ondergrond de hoogte van het grondwater wordt gemeten. Door verschillende filters in de diepte te bemeten, krijgen we inzicht in de interactie tussen het freatisch grondwater en diepere lagen. Op deze locatie is de stijghoogte in de diepere lagen (Filter 2 en Filter 4) overwegend lager dan de freatische grondwaterstand (Filter 1). Er is dan sprake van wegzijging. Van December 2017 tot Juli 2018 is de situatie echter omgedraaid: de stijghoogte in het de diepere lagen is in die periode juist hoger dan de freatische grondwaterstand, waardoor er in die periode sprake is van een kwelsituatie.

Freatisch grondwater
Voor de analyse van het ondiepe grondwater zijn een aantal analyses uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de bijlagen:

- De RLG (Representatief Laagste Grondwaterstand)
  - Bijlage 2: in de referentieperiode
  - Bijlage 3: in 2018
  - Bijlage 4: verschil tussen de twee bepaalde RLG's
- De laagst gemeten grondwaterstand (maximale uitzakking grondwaterstand)
  - Bijlage 5: in de referentieperiode
  - Bijlage 6: in 2018
  - Bijlage 7: verschil tussen de twee bepaalde 'laagst gemeten grondwaterstanden
- De duur (in aantal dagen per kalenderjaar) waarin de grondwaterstand extreem laag was:
  - Bijlage 8: in 2018

Een beschrijving van de termen RLG, laagst gemeten grondwaterstand en de duur waarin de grondwaterstand extreem laag was en de hiervoor gehanteerde methoden is opgenomen in bijlage 20.

Veel van de freatische peilbuizen zijn geheel of gedeeltelijk in de klei geplaatst, omdat de kleilaag op veel plekken binnen de eerste meter vanaf maaiveld begint. Bij verschillende grondwatermeetpunten zijn hierdoor afwijkende meetwaarden geconstateerd; bijvoorbeeld dat op een gegeven moment de grondwaterstand uitvlakt en wekenlang op één niveau blijft (bijvoorbeeld: B40D0313-001). Dit is vermoedelijk omdat bij deze peilbuizen nog een klein restje grondwater in het filter blijft staan. Bij andere meetpunten zorgen deze periodes met droogval juist voor gaten in de data. Gezien beide gevallen de bepaling van statistieken zoals de RLG en laagst voorgekomen meetwaarde beïnvloeden, zijn deze meetpunten in de kaarten in bijlagen onderscheiden met de extra markering *'onvoldoende metingen'.*

De RLG waarden variëren tijdens periode 2014-2017 van NAP +7,75 m tot NAP +9,06 m. In de zomer van 2018 variëren de freatische grondwaterstanden van NAP +6,90 m tot NAP +8,74 m (bijlage 2 en 3). Voor de laagst gemeten grondwaterstanden zijn de variaties tussen de NAP +7,54 m tot NAP +8,88 m (2014-2017, bijlage 5) en NAP +6,76 m en NAP +8,66 m (2018, bijlage 6). Uit de verschilkaarten (bijlage 4 en bijlage 7) blijkt dat het in de zomer van 2018 in de gemeente Lingewaard beduidend droger was dan de referentieperiode.

Dieper grondwater
Voor de analyse van de stijghoogtes in het eerste watervoerend pakket zijn vergelijkbare analyses uitgevoerd als voor het freatisch grondwater. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlagen:

- De RLG:
  - Bijlage 9: in de referentieperiode
  - Bijlage 10: in 2018
  - Bijlage 11: verschil tussen de twee bepaalde RLG's
- De laagst gemeten stijghoogte:
  - Bijlage 12: in de referentieperiode
  - Bijlage 13: in 2018
  - Bijlage 14: verschil tussen de twee bepaalde 'laagst gemeten stijghoogten
- De duur (in aantal dagen per kalenderjaar) waarin de stijghoogte extreem laag was:
  - Bijlage 15: in 2018

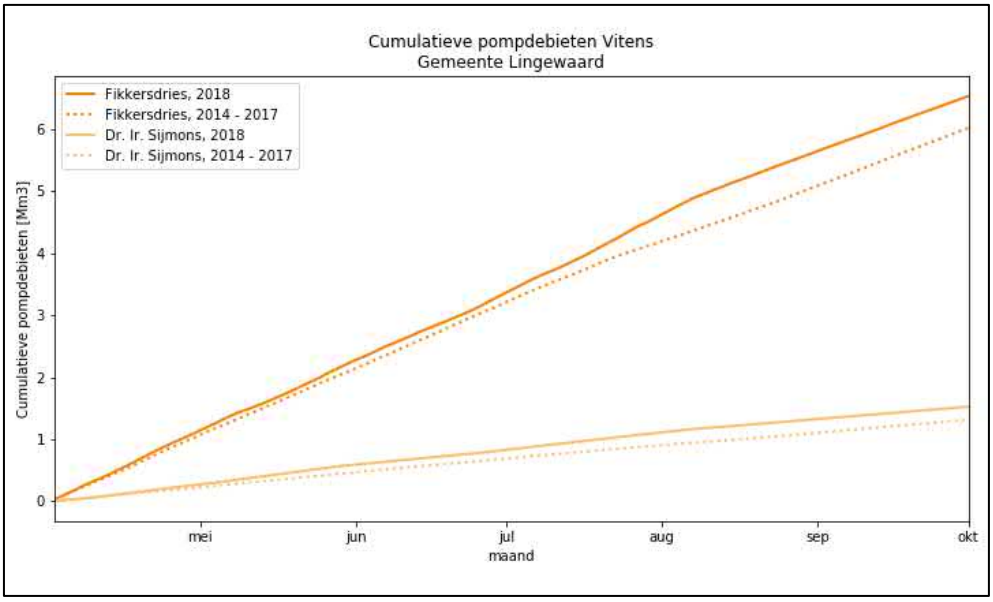
Een beschrijving van de termen RLG, laagst gemeten grondwaterstand en de duur waarin de grondwaterstand extreem laag was en de hiervoor gehanteerde methoden is opgenomen in bijlage 20.

In het voorbeeld in figuur 2 is er duidelijk verschil zichtbaar tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de diepere lagen. De stijghoogten in de diepere lagen (Filter 2 en Filter 4) zijn afgezien van de winter 2017-2018 structureel lager dan het freatische grondwater (Filter 1). Uit beoordeling van de locaties waar meerdere filters in de diepte zijn geplaatst, blijkt dat het verschil tussen freatische grondwaterstand en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket meestal beperkt is, en zich grotendeels beperkt tot de droge periodes, omdat de freatische grondwaterstand dan de onderkant van het peilfilter bereikt, waardoor dit niet meer gemeten kan worden: het freatisch pakket is dan drooggevallen tot op de waterscheidende kleilaag. Het beperkte verschil tussen de niveau's van de grondwaterstand en stijghoogte is een indicatie dat de waterscheidende kleilaag beperkte weerstand heeft, of dat deze op diverse plekken onderbroken is.

2.2. Grondwateronttrekkingen

Er zijn twee grondwateronttrekkingen in de buurt geanalyseerd: Vitens drinkwaterwinningen Fikkersdries bij Driel en Ir. H. Sijmons nabij Arnhem.

In figuur 3 is het cumulatief onttrokken debiet voor de twee drinkwaterwinningen weergegeven. Hierin is het pompdebiet van de droge zomer 2018 weergegeven, alsmede het meerjarig gemiddelde (periode 2014 – 2017). In 2018 is bijna 10% meer diep grondwater onttrokken dan gemiddelde over periode 2014-2017.



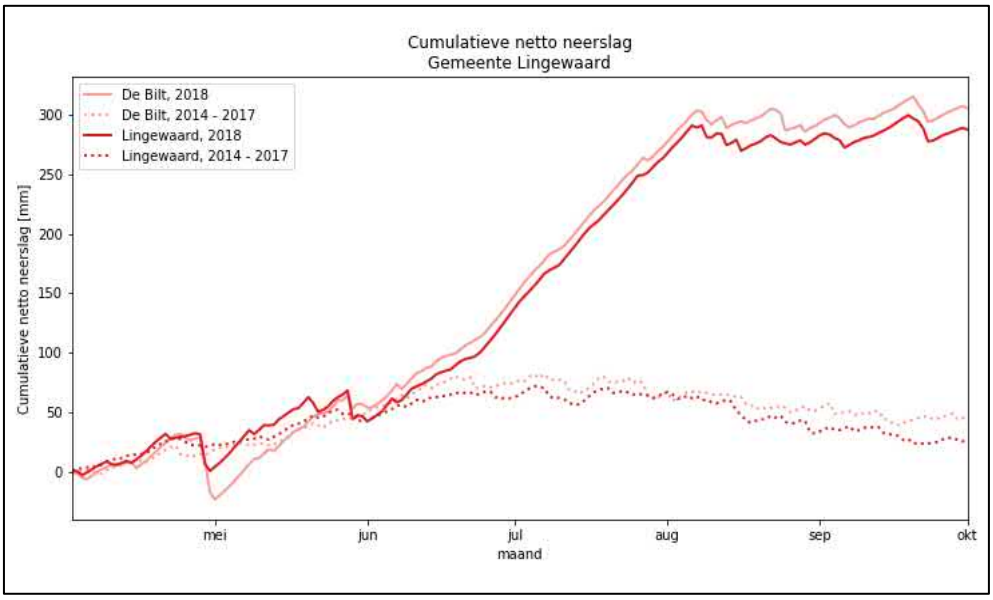
Figuur 3: Hoeveel onttrokken grondwater ten behoeve van drinkwaterwinning nabij gemeente Lingewaard

2.4. Neerslag en verdamping

In de gemeente ligt geen neerslagstation. Om een beeld te krijgen over de neerslag in de gemeente is gebruik gemaakt van de neerslagstations Duiven, Herwen en Ubbergen. Samen met de verdampingreeks van KNMI hoofdstation Deelen, kan hiermee het netto neerslagtekort worden bepaald. Het neerslagtekort is een maat voor de mate van (meteorologische) droogte in een jaar, die door het KNMI wordt gebruikt om te communiceren over droogte. Voor de interpretatie van lage grondwaterstanden is dit waardevolle informatie, omdat een groot deel van de grondwateraanvulling door neerslag tot stand komt.

In figuur 4 is het neerslagtekort weergegeven voor gemeente Lingewaard in de droge zomer van 2018, en het meerjarig gemiddelde (jaren 2014-2017). Uit de figuur is zichtbaar dat het maximale netto neerslagtekort in 2018 met 299 mm ruim viermaal hoger ligt dan het gemiddelde van 72 mm in de voorgaande vier jaar.

Ter vergelijking is ook het neerslagtekort in De Bilt weergegeven. In De Bilt valt het maximale netto neerslagtekort voor zowel het vierjarig gemiddelde (10 mm verschil) en 2018 (15 mm verschil) hoger uit dan die in gemeente Lingewaard.

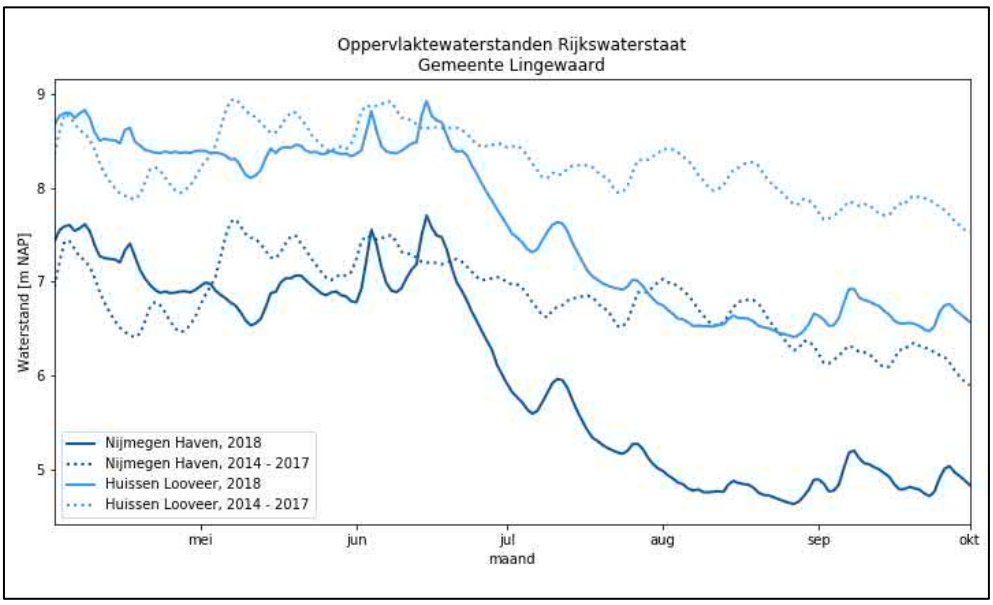


Figuur 4: Netto neerslagtekort gemeente Lingewaard en De Bilt

2.5. Oppervlaktewater

De Rijn splitst zich bij binnenkomst in Nederland in de Waal en Nederrijn. Gemeente Lingewaard bevindt zich als het ware in de oksel tussen beide rivieren. Rijkswaterstaat meet in beide aftakkingen van de Rijn de waterstand nabij gemeente Lingewaard; meetpunt Nijmegen Haven (in de Waal) en meetpunt Huissen Looveer (in de Nederrijn). In figuur 5 zijn de rivierstanden van beide meetpunten weergegeven voor zomer 2018, alsmede voor (het gemiddelde in) de referentieperiode 2014-2017. Beide meetpunten laten een soortgelijk patroon zien, waarbij de dynamiek (maximale fluctuatie) onderling wel verschilt; meetpunt Nijmegen Haven laat een grotere fluctuatie zien dan meetpunt Huissen Looveer.

In de grafiek is te zien dat de rivierstanden voor beide meetpunten in juni 2018 sterk dalen. In de periode juli-oktober liggen de oppervlaktewater peilen gemiddeld respectievelijk 1,5 m (Nijmegen Haven) en 1,2 m (Huissen Looveer) lager dan in de referentieperiode.



Figuur 5: Oppervlaktewaterpeilen in de Waal (Nijmegen Haven) en de Nederrijn (Huissen Looveer), nabij gemeente Lingewaard

2.6. Bebouwing

In bijlage 16 zijn de bouwjaren van de panden op kaart weergegeven, samen met de meldingen die zijn binnengekomen omtrent scheurvorming. De ouderdom van de bebouwing geeft een indicatie van de kwetsbaarheid van de bebouwing voor grondwaterstanden. Over het algemeen geldt dat oudere bebouwing gevoeliger is voor zowel hoge als lage grondwaterstanden. Bij droogte (lage grondwaterstanden) spelen de volgende factoren een rol:

- Woningen die niet op palen zijn gefundeerd (op staal), zijn gevoelig voor ongelijkmatige zettingen. Dit kan worden veroorzaakt door te lage grondwaterstanden in zettingsgevoelige gebieden.
- Paalfunderingen van voor 1930 zijn over het algemeen van hout. Houten paalfunderingen zijn gevoelig voor droogstand door lage grondwaterstanden.
- Na 1930 werd begonnen met het gebruik van betonopzetters op de houten palen. Op deze manier werd geprobeerd het bovenste funderingshout altijd onder de grondwaterstand te houden.
- In 1960 werd het gebruik van grenenhouten palen verboden. Grenenhout is gevoeliger voor aantasting door bacteriën (ook onder de grondwaterstand).
- Over het algemeen geldt dat na 1980 volledig betonnen palen zijn gebruikt (of betonopzetters die voldoende lang zijn rekening houdend met de grondwaterfluctuatie). Paalfunderingen van na 1980 zijn niet gevoelig voor variaties van de grondwaterstand, met uitzondering van negatieve kleef. Negatieve kleef is een verschijnsel dat optreedt indien zettingen optreden in zettingsgevoelige bodemlagen, waardoor de bodemlagen aan de funderingspaal gaan 'hangen', wat een extra belasting op de funderingspaal teweegbrengt. Schade kan ontstaan als een funderingspaal deze belasting niet aan kan en zakt.

In onderstaande tabel is het aantal panden per woonplaats in de gemeente Lingewaard opgenomen.

Tabel 1: Bouwjaar panden gemeente Lingewaard

Woonplaats	Aantal **panden**	Vóór 1930	1930-1980	Na 1980
Angeren	1.987	218	1.128	641
Bemmel	7.120	319	3.015	3.786
Doornenburg	2.007	285	1.128	594
Gendt	4.703	382	2.656	1.665
Haalderen	1.377	116	709	552
Huissen	11.633	263	5.494	5.876
Loo	5	4	1	0
Ressen	109	33	45	31
Totaal:	**28.941**	**1.620**	**14.176**	**13.145**

Meldingen

Bij de klachtenregistratie van de gemeente Lingewaard zijn in de zomer 2018 en direct hierna 103 meldingen geregistreerd rondom scheurvorming. De meldingen hebben betrekking op de woning en/of opstal op het perceel. Onderstaande tabel geeft het aantal meldingen weer per woonplaats binnen de gemeente Lingewaard. De meldingen zijn ruimtelijk weergegeven op kaart in bijlage 16.

Bij binnengekomen meldingen dient te worden opgemerkt, dat er geen informatie beschikbaar is over de ernst en aard van de meldingen.

Tabel 2: Geregistreerde meldingen m.b.t. scheurvorming, zomer 2018 gemeente Lingewaard

Woonplaats	Aantal **panden**	**Aantal meldingen**
Angeren	1.987	9
Bemmel	7.120	27
Doornenburg	2.007	17
Gendt	4.703	19
Haalderen	1.377	7
Huissen	11.633	24
Loo	5	-
Ressen	109	-
Totaal:	**28.941**	**103**

2.7. Zettingsgevoeligheid ondergrond

Bodemopbouw en maaiveld

De maaiveldhoogte in de gemeente Lingewaard varieert tussen de NAP +8 en +12 m. De woonkernen in de gemeente liggen overwegend op de hogere stukken (NAP +10 tot +12 m).

De deklaag bestaat uit slecht doorlatende rivierklei met een dikte variërend van 2 m tot 6 m, afgewisseld met zandige geulafzettingen. Lokaal zijn ook zettingsgevoelige veen- en/of leemlagen aanwezig.

In het stedelijk gebied is bovenop de slecht doorlatende deklaag vaak een antropogene zandlaag aanwezig, aangebracht tijdens het bouwrijp maken van het terrein. Het niveau van de onderzijde van het holocene pakket varieert van circa NAP +4 m tot +8 m.

Het eerste watervoerende pakket bestaat uit een laag Pleistocene overwegend zandige pakketten van de Formaties van Kreftenheye, Drenthe en Peize of Waalre. Plaatselijk zijn slecht doorlatende afzettingen aanwezig binnen het eerste watervoerend pakket van enkele tot tientallen meters dikte, zoals oude kleiige rivierafzettingen (laagpakket van Twello) en keileem (laagpakket van Gieten). De onderkant van dit pakket ligt rond NAP -70 m.

3. Analyse

Om de werking van het grondwatersysteem goed te begrijpen, is een tijdreeksanalyse uitgevoerd. Met een tijdreeksmodel kunnen we voor elk meetpunt in het grondwatermeetnet bekijken hoe het grondwater reageert op verschillende invloeden. De invloeden die voor deze studie zijn meegenomen, zijn de grondwateraanvulling (neerslag en verdamping), de rivierpeilen in de Waal en Nederrijn, en onttrekkingsdebieten van grondwaterwinningen van Vitens. Een korte beschrijving van deze invloeden is opgenomen in hoofdstuk 2.

Voor 28 van de freatische meetpunten (001 filtercode) is een succesvol tijdreeksmodel opgesteld, en 26 diepere peilbuizen. De methode voor analyse van grondwaterstanden is opgenomen in bijlage 20.

3.1. Oorzaken scheurvorming

De zomer van 2018 was zeer droog en heeft in delen van Nederland geleid tot schade aan gebouwen. Ook had de droogte in veel stedelijke gebieden effect op de leefomgeving. Naar verwachting krijgen we in de toekomst steeds vaker te maken met dergelijke droge periodes.

In de gemeente Lingewaard zijn in 2018 103 meldingen van scheurvorming binnengekomen. Voor scheurvorming zijn een aantal zaken mogelijk van belang, als het gaat om de grondwaterstanden:

- Zetting door verandering korrelspanning
  Bij het structureel verlagen van de gemiddelde grondwaterstand en het verlagen van de grondwaterstand tot beneden de laagst van nature voorkomende grondwaterstand neemt de korrelspanning in de ondergrond toe. Hierdoor treden bij zettingsgevoelige bodemlagen zettingen op.
- Zetting door uitdrogen
  Klei en leem kunnen, als dit droogvalt, uitdrogen. Veen oxideert. Hierdoor kan er zetting optreden van de ondergrond. Die zetting kan vervolgens leiden tot (ongelijkmatige) zakking van woningen, wat bijvoorbeeld zichtbaar is in de vorm van scheuren in woningen.

- Duur lage grondwaterstanden
  Schade vanwege droogte hoeft niet direct op te treden: zettingen treden niet direct op als de grondwaterstand één moment lager is dan normaal, maar als dit over langere periode gebeurt kan er wel schade optreden. De daadwerkelijke lengte van een droge periode is daarom van belang bij het inschatten van risico's gerelateerd aan droogte.

Uit de gebiedsinventarisatie van hoofdstuk 2 blijkt dat er in de gemeente Lingewaard in de ondiepe bodem regelmatig zettingsgevoelige kleilagen aanwezig zijn. Lokaal zijn ook zettingsgevoelige veen- en/of leemlagen aanwezig. Daarnaast zijn de in 2018 gemeten grondwaterstanden beduidend lager dan in de voorgaande jaren. Op basis hiervan kunnen alle drie de processen een bijdrage hebben geleverd aan de scheurvorming. Dit wordt onderstaand punt voor punt behandeld.

Zetting door verandering korrelspanning
Bij het structureel verlagen van de gemiddelde grondwaterstand en het verlagen van de grondwaterstand tot beneden de laagst van nature voorkomende grondwaterstand neemt de korrelspanning in de ondergrond toe. Hierdoor treden bij de zettingsgevoelige bodemlagen zettingen op.

De mate van zetting is een tijdsafhankelijk aspect en onder andere afhankelijk van de zettingsgevoeligheid en laagdikte van de zettingsgevoelige bodemlagen, de mate van de freatische grondwaterstandsverlaging en/of verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en eerder opgetreden belastingen op de ondergrond. Dit omdat belasting op de ondergrond toeneemt.

De daadwerkelijke maaiveldzetting is afhankelijk van de locatie-specifieke omstandigheden. Eventuele schade bij infrastructuur en bebouwing als gevolg treedt vooral op bij ongelijke zetting. Bijvoorbeeld als bij het onderkelderde deel van een pand minder zettingen optreden dan bij het niet-onderkelderde deel, er verschillen optreden tussen de voor-/ achtergevel en de zijgevel, of tussen een woning en de aanbouw.

Om inzicht te geven in maaiveldzettingen als gevolg van verlagingen van de freatische grondwaterstand en stijghoogte zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd. Uit de berekeningen volgt dat al in een relatief korte tijd van 90 dagen droogte een maaiveldzetting van circa 1 à 2 cm kan worden verwacht, oplopend tot 1,5 à 2,5 cm in 180 dagen. Bij een permanente daling van de grondwaterstand en/of stijghoogte bedraagt de uiteindelijke zetting circa 2,5 tot 4 cm. De in de berekening gehanteerde uitgangspunten zijn terug te vinden in bijlage 21.

Zetting door uitdrogen
Het verlagen van de freatische grondwaterstand kan ervoor zorgen dat er uitdroging van de kleilaag plaatsvindt. Bij (langdurige) droogte kan de kleilaag inkrimpen, waardoor maaiveldzetting optreedt. Uit eerdere onderzoeken (bron: Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar, 2009-U-R79206, Deltares/TU Delft/Fugro) is bekend dat het krimppotentiaal bij klei circa 30% van de laagdikte na verdroging kan bedragen. Tevens is aangetoond dat zodra de grondwaterstand hoog genoeg is dat de kleilaag weer nat wordt, de klei weer opzwelt, maar niet volledig herstelt. Hierdoor kan ook het uitdrogen van ondiepe kleilagen een relevante factor zijn bij het optreden van maaiveldzettingen, en eventuele schade als gevolg hiervan. Veen oxideert zodra dit droogvalt. Dit is een onomkeerbaar proces; zodra de veenlaag weer nat wordt zal deze, in tegenstelling tot klei, niet weer herstellen.

In dit proces van maaiveldzetting zijn dus met name grondwaterstanden die lager zijn dan in het verleden voorgekomen van belang, en dan specifiek in de zettingsgevoelige klei- en veenlagen.

De droogte van 2018 heeft zowel voor de structurele niveaus (RLG) als de laagst gemeten grondwaterstanden in alle freatische peilbuizen voor een lagere minimale grondwaterstand gezorgd, ten opzichte van de referentieperiode. Daar zijn wel duidelijke ruimtelijke verschillen in zichtbaar: in Bemmel zijn de verlagingen met een maximum van 35 centimeter in het freatisch grondwater kleiner dan in de rest van het gebied. Dit is echter geen indicatie van de risico in het gebied. De verlaging varieert tussen 3 cm en 80 cm. De hoogte van het grondwater in de zomer van 2018 is vergeleken met de hoogte van de zettingsgevoelige bodemlagen in het gebied. Hieruit blijkt dat op de meeste plekken in het gebied de grondwaterstand lager is dan de bovenkant van de kleilaag, waardoor deze in droge periodes uitdroogt en zal krimpen.

Duur lage grondwaterstanden
Voor zettingen als gevolg van het uitdrogen van zettingsgevoelige bodemlagen is de periode van droogte ook van belang. De lengte van de zeer droge periode was in 2018 in het gehele gebied beduidend langer dan in voorgaande jaren: het totaal aantal dagen waarbij dit het geval was, ligt overwegend tussen de 140 en 180 dagen met een gemiddelde van 155 dagen. In de referentieperiode is dat gemiddeld 18 dagen. Het aantal droge dagen in 2018 is weergegeven op kaart, zie bijlage 8 (freatisch) en bijlage 15 (eerste watervoerend pakket). Uit het vergelijken van de twee kaarten blijkt dat het verschil in lengte van de droge periode bij het freatisch grondwater en het eerste watervoerend pakket beperkt is.

3.2. Oorzaak lage grondwaterstanden

Met behulp van tijdreeksanalyse is per peilbuis bepaald welke factoren de grondwaterstand of stijghoogte beïnvloeden en wat het relatief belang is van deze factoren. De factoren die in deze studie zijn beschouwd zijn:

- De netto neerslag (neerslag – verdamping)
- De rivierstanden in de Waal of de Nederrijn
- De grondwateronttrekkingen van Vitens

In de zomer van 2018 viel minder neerslag en was de potentiele verdamping hoger dan gemiddeld. Daarnaast waren de rivierwaterstanden lager, en werd er meer grondwater onttrokken dan in de referentieperiode. Zie ook hoofdstuk 2 voor een korte beschrijving van deze effecten. Om de invloed van deze effecten op de grondwaterstanden in kaart te brengen, is gekeken hoeveel dagen korter de droogte in het grondwater zou hebben geduurd, als het gemiddelde van respectievelijk de netto neerslag, grondwateronttrekkingen en rivierwaterstanden uit de referentieperiode zou hebben plaatsgevonden, in plaats van de situatie uit 2018. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 17.

De invloed van netto neerslag of grondwateraanvulling is het grootst en ook het meest gelijkmatig verspreid over de gemeente met gemiddeld 85 dagen. De rivierpeilen beïnvloeden vooral peilbuizen nabij de rivier. Er zijn echter ook andere peilbuizen die een grote beïnvloeding door de rivierpeilen laten zien, zelfs terwijl nabijgelegen peilbuizen dit niet of nauwelijks tonen. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van oude stroomgeulen in het gebied: de formatie van Echteld bestaat overwegend uit klei, maar deels ook zand (zeer fijn tot uiterst grof, soms grindhoudend).

Omdat dit oude stroomgeulen zijn, kunnen ze nog in verband staan met het oppervlaktewater, en daarmee het grondwater in het gebied versneld draineren als het rivierpeil in de zomer daalt. De aanwezigheid van afzettingen van de formatie van Echteld (op basis van GeoTOP) en de bijdrage van oppervlaktewaterpeilen op de grondwaterstanden in het freatisch pakket zijn weergegeven in bijlage 18. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat in deze verspreiding geen onderscheid wordt gemaakt in de klei- en zandafzettingen uit deze formatie.

De bijdrage van grondwateronttrekking is vooral terug te vinden in drie freatische peilbuizen (B40D2298-001, B40D2291-001, B40C3534-001) langs het traject Bemmel – Gendt. Die liggen in een oude stroomgeul die vermoedelijk een goede verbinding heeft met het pakket waarin verder westelijk drinkwater wordt onttrokken. Het effect van grondwateronttrekking is klein ten opzichte van andere invloeden.

3.3. Risicogebieden grondwateronderlast

De vlakdekkende risicokaart is opgenomen in bijlage 19. Uit analyse blijkt dat in de gemeente overal risico tot hoog risico is op grondwateronderlast.

De risico’s voor grondwateronderlast wordt natuurlijk deels bepaald door de grondwaterstanden in het gebied. In voorgaande paragrafen is al aangetoond dat in een groot deel van het gebied droogval van zettingsgevoelige lagen voorkomt in droge perioden.

Het voorkomen van die zettingsgevoelige lagen is dus ook van belang. Zoals in paragraaf 3.1 is aangegeven, is zetting op zich echter niet per definitie een probleem. Scheurvorming in bebouwing treedt vooral op bij ongelijkmatige zetting. Dit is deels afhankelijk van het type bebouwing, en bijvoorbeeld of er gedeeltelijke onderkeldering of aanbouw heeft plaatsgevonden, en kan daarmee ook per woning verschillen. Deze risico’s kunnen per gebouw verschillen, en zijn voor het aanduiden van risicogebieden buiten beschouwing gelaten. Anderzijds is dat risico op ongelijkmatige zetting afhankelijk van de heterogeniteit van de bodem. Om die te vertalen in vlakdekkende risico’s is gekeken naar de volgende aspecten:

- Variatie in weerstand en laagdikte van de deklaag
  Heterogeniteit in de deklaag vergroot de kans op ongelijkmatige zettingen.
- Aanwezigheid oude stroomgeulen
  Afzettingen van oude stroomgeulen bestaan uit het volledige scala van komklei en fijn zand tot grindafzettingen. Dit zorgt dus ook voor een heterogeniteit in de ondergrond.
- Dichtheid historisch slotenpatroon
  De kernen van bijvoorbeeld Bemmel, Huissen en Gendt zijn in de tweede helft van de vorige eeuw en begin deze eeuw uitgebreid. Dit heeft deels plaatsgevonden op gebieden waar voorheen landbouw plaatsvond, die ontwaterd werd door middel van sloten. Veel van die sloten zijn daardoor gedempt, met ander materiaal dan het omliggende gebied. Ook hierdoor wordt heterogeniteit in de bodem veroorzaakt. Hogere dichtheid in het slotenpatroon zorgt derhalve voor een hoger risico.

3.4. Oplossingsrichtingen

Belangrijke vraag voor de gemeente en huiseigenaren is door welke oorzaken schade ontstaat en welke mogelijke oplossingsrichtingen er zijn om deze schade te voorkomen of verminderen.

Afhankelijk van de oplossing, zal dit door de gemeente zelf opgepakt kunnen worden, of de samenwerking en dialoog aangegaan moeten worden met ander bevoegd gezag (Rijkswaterstaat en Waterschap Rivierenland). In de praktijk gaat het om een samenspel tussen deze partijen waarin de watervraag zo goed mogelijk wordt afgestemd op het wateraanbod. De verantwoordelijkheid voor het grondwater op openbaar terrein ligt bij de gemeente, maar is wel afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende water.

Aanvoer van water, via watersysteem

Bij droogte in Lingewaard is er sprake van een wateraanvoerprobleem dat begint op het niveau van het rivierpeil dat gebruikt wordt voor inlaat in het regionale watersysteem via de Linge. Het Lingesysteem wordt met stuwtjes gereguleerd, maar de invloedssfeer van dit systeem [8] is niet groot genoeg om overal in de gemeente over voldoende oppervlaktewater te beschikken in perioden van droogte. Een groot deel van de gemeente is vrij afwaterend waardoor waterlopen alleen bij afvoer van neerslag watervoerend blijven. Juist in droge periodes staan daardoor veel kleinere waterlopen droog. Hierdoor is in het gebied onvoldoende water beschikbaar, om het grondwaterpeil te handhaven.

Aanvoer van water, lokale schaal

Ook voor lokale maatregelen bij droogte dient eerst de wateraanvoer georganiseerd te worden. Door de redelijk tot goed doorlatende ondergrond die soms al direct onder maaiveld begint, zal aangevoerd water gemakkelijk naar de rivier of diepere pakketten wegvloeien. Hierdoor is het van belang om ondiepe infiltratie zo dicht mogelijk bij de kwetsbare bebouwing aan te leggen. Dat zou gerealiseerd kunnen worden door een infiltratieleiding direct langs de gevels, op het eigen perceel. De gemeente kan hierin faciliteren door een aanvoersysteem te realiseren, waar particulieren op aan kunnen sluiten.

Vasthouden en bergen van water in tijden van overschot

Buiten de droge periodes om heeft het oppervlaktewatersysteem een afvoerende functie: het teveel aan neerslag wordt afgevoerd. Door dit overschot lokaal vast te houden of te bergen kan het op een ander moment worden ingezet om droogte te bestrijden. Hierbij zal goed rekening gehouden moeten worden met de bodemopbouw; uit de analyse blijkt namelijk dat het rivierwaterpeil veel invloed heeft op zowel het freatisch grondwater als het eerste watervoerend pakket. Om een dergelijke waterberging doelmatig en effectief uit te voeren, zal er gekeken moeten worden naar mogelijkheden om de waterberging te isoleren van het oppervlaktewaterpeil in de Waal en Nederrijn.

Berging in het oppervlaktewatersysteem

Er kan worden onderzocht of er mogelijkheid is om het oppervlaktewatersysteem van de Linge verder te optimaliseren om meer water vast te houden voor gebruik in droge perioden, bijvoorbeeld door het plaatsen van extra stuwen. De verwachting is echter dat de bergings-capaciteit van het Lingesysteem te klein is om aan de gehele extra watervraag te voldoen.

Berging in de ondiepe ondergrond

Een mogelijke maatregel om het beschikbare water beter vast te houden, is het plaatsen van kleischotten in de ondergrond. Hierdoor worden als het ware kleine ondergrondse dammetjes gemaakt, waardoor neerslag lokaal wordt vastgehouden. Bijkomend betekent dit ook dat eventueel kunstmatig geïnfiltreerd grondwater niet zal afstromen richting de rivieren. Deze maatregel is niet effectief op plekken waar er onderbrekingen of gaten in de slecht doorlatende deklaag zijn, omdat het water hier zal infiltreren richting het diepere grondwater.

Berging in de diepe ondergrond
In de diepere pakketten die niet in directe verbinding staan met de Waal en Nederrijn kan gekeken worden naar mogelijkheden voor diepinfiltratie. Hiermee kan overtollige neerslag in het diepe pakket worden opgeslagen, en in perioden van droogte worden opgepompt.

Bouwkundige maatregelen
Omdat het gebrek aan water in het gebied bij droogte waterbeheersoplossingen bemoeilijkt, kan worden afgewogen om bouwkundige maatregelen te treffen. Hierbij kan gedacht worden aan het onderheien van op staal gefundeerde woningen. Met name in laag Nederland wordt in sommige gemeenten met funderingsproblematiek door de gemeente gefaciliteerd richting getroffen bewoners, bijvoorbeeld door bekostiging van funderingsonderzoek of het verstrekken van leningen ten behoeve van funderingsherstel vanuit de gemeente, waarbij relatief gunstige voorwaarden voor de bewoner worden geboden.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. Conclusies

Op basis van het onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De zettingsgevoelige deklaag in het gebied is op verschillende plekken in het gebied drooggevallen in de zomer van 2018, en in ergere mate dan dit in voorgaande jaren het geval is geweest. Dit heeft tot uitdroging van de kleilaag geleid, die gepaard gaat met zetting. In mindere mate speelt zetting vanwege toename in korrelspanning in de bodem ook een rol.
- Er is een duidelijke relatie tussen zowel de freatische als diepere grondwaterstanden, met het oppervlaktewaterpeil. In de zomer van 2018 waren de rivierwaterstanden dusdanig laag, dat watergangen en rivieren een drainerende werking hadden.

4.2. Aanbevelingen

Op basis van het onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan:

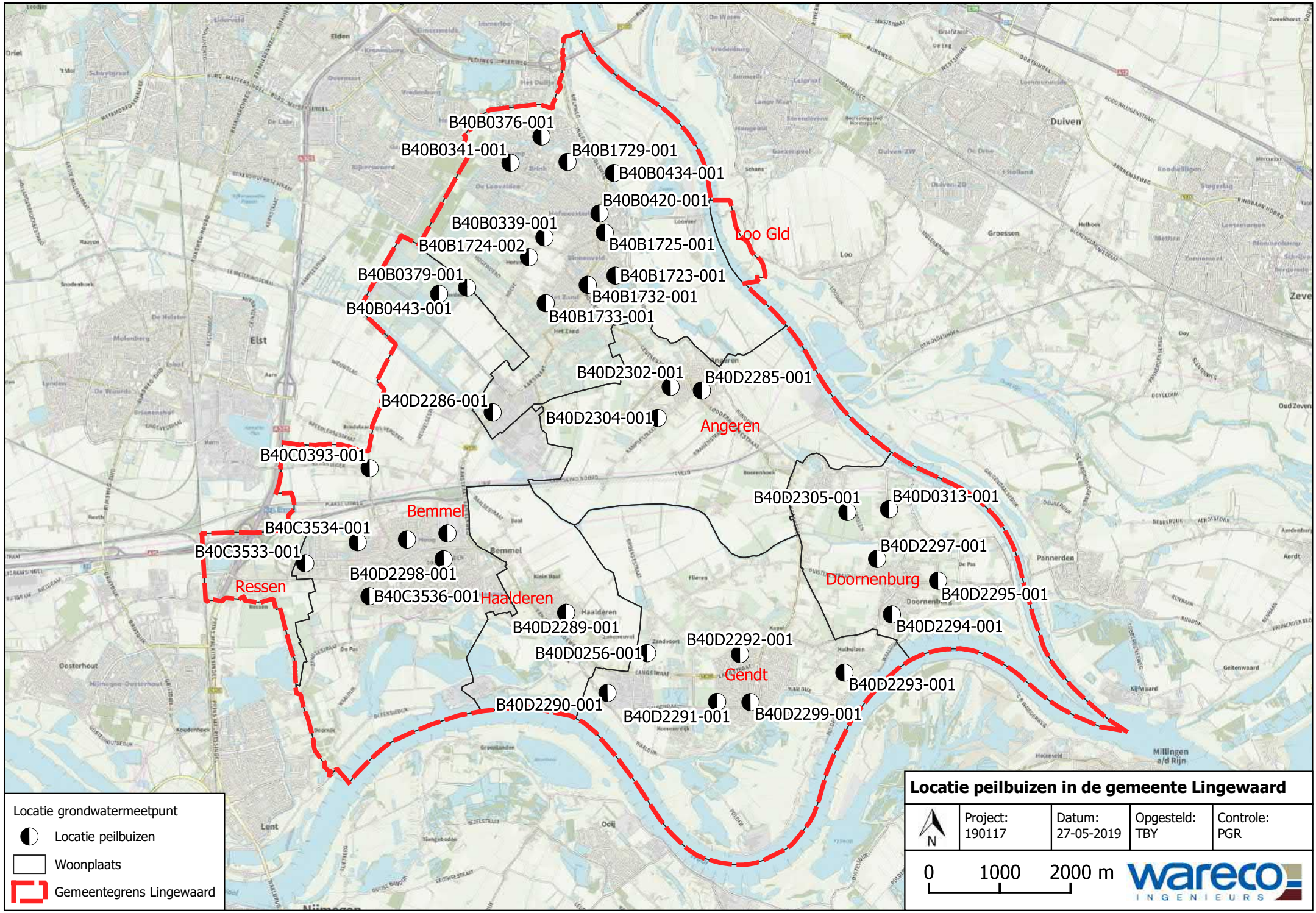
- Uitvoeren gestructureerd bebouwingsonderzoek
  Bij iedere doelmatigheidsafweging is het van belang om vast te stellen wat de totaal te verwachten zetting en (eventuele) bijbehorende schade aan bebouwing zal zijn. Hier kan een bebouwingsonderzoek voor worden opgestart. Hierbij is het aan te bevelen om dit vanuit de gemeente gestructureerd op te zetten: zowel het onderzoeken van woningen waar meldingen zijn gedaan, maar ook waarom er bij andere locaties geen meldingen hebben plaatsgevonden. Hierdoor wordt meer inzicht verkregen in de kritieke risicofactoren voor schade aan bebouwing, en kan de doelmatigheid van eventuele maatregelen worden afgewogen.
- Uitvoeren analyse naar effecten cumulatieve droogte
  Doordat gemeente Lingewaard zeker in de zomer slechts beperkte aanvoer van gebiedsvreemd water heeft, is er een extra risico met betrekking tot het aaneenschakelen van droge jaren. In de doelmatigheidsafweging is het belangrijk om vast te stellen wat er maximaal aan zetting op basis van grondwaterstanden is te verwachten; als het grondwater nog niet geheel is hersteld na een droge zomer, zijn de opeenvolgende zomer dan nog extra risico’s te verwachten?
- Uitvoeren van een doelmatigheidsafweging van oplossingsrichtingen
  Er worden in voorgaande hoofdstukken meerdere oplossingsrichtingen genoemd. Met het uitvoeren van een haalbaarheids- en doelmatigheidsanalyse kan een basis worden gelegd voor het vervolg.

- <u>Vastleggen van informatie over drooggevallen peilbuizen</u>
  Zoals aangegeven in paragraaf 2.1, kan droogval van peilbuizen de bepaalde statistieken beïnvloeden. Bij peilbuizen waarbij nog een klein restje grondwater in het filter blijft staan en de grondwaterstand als gevolg hiervan uitvlakt en wekenlang op één niveau blijft, zal dit ook invloed hebben op kalibratie van tijdreeks- en grondwatermodellen. Hoewel deze metingen dus niet onjuist zijn, kunnen ze afhankelijk van het doel waarvoor de metingen gebruikt worden soms wel onwenselijk zijn. Veel softwarepakketten voor het valideren van grondwatergegevens bieden mogelijkheden om dergelijke afwijkende metingen te markeren met een speciale validatiecode of opmerking. Dit maakt het makkelijker om in de toekomst de metingen, als dit het doel van een analyse dient, weg te filteren.
- <u>Breder inzetten resultaten rapport</u>
  De aanleiding voor dit onderzoek waren de meldingen die de gemeente Lingewaard rondom scheurvorming heeft ontvangen in zomer 2018. De inzichten die in dit rapport zijn opgedaan over de werking van het grondwatersysteem, de invloeden van oppervlaktewaterpeilen, De analyse die in dit rapport heeft plaatsgevonden, kan echter ook als basis voor overige onderzoeken dienen. Hierbij kan worden gedacht aan thema’s zoals een klimaatstresstest droogte en wateroverlast, maar ook waterhuishouding in het buitengebied (natuur, landbouw).

BIJLAGEN

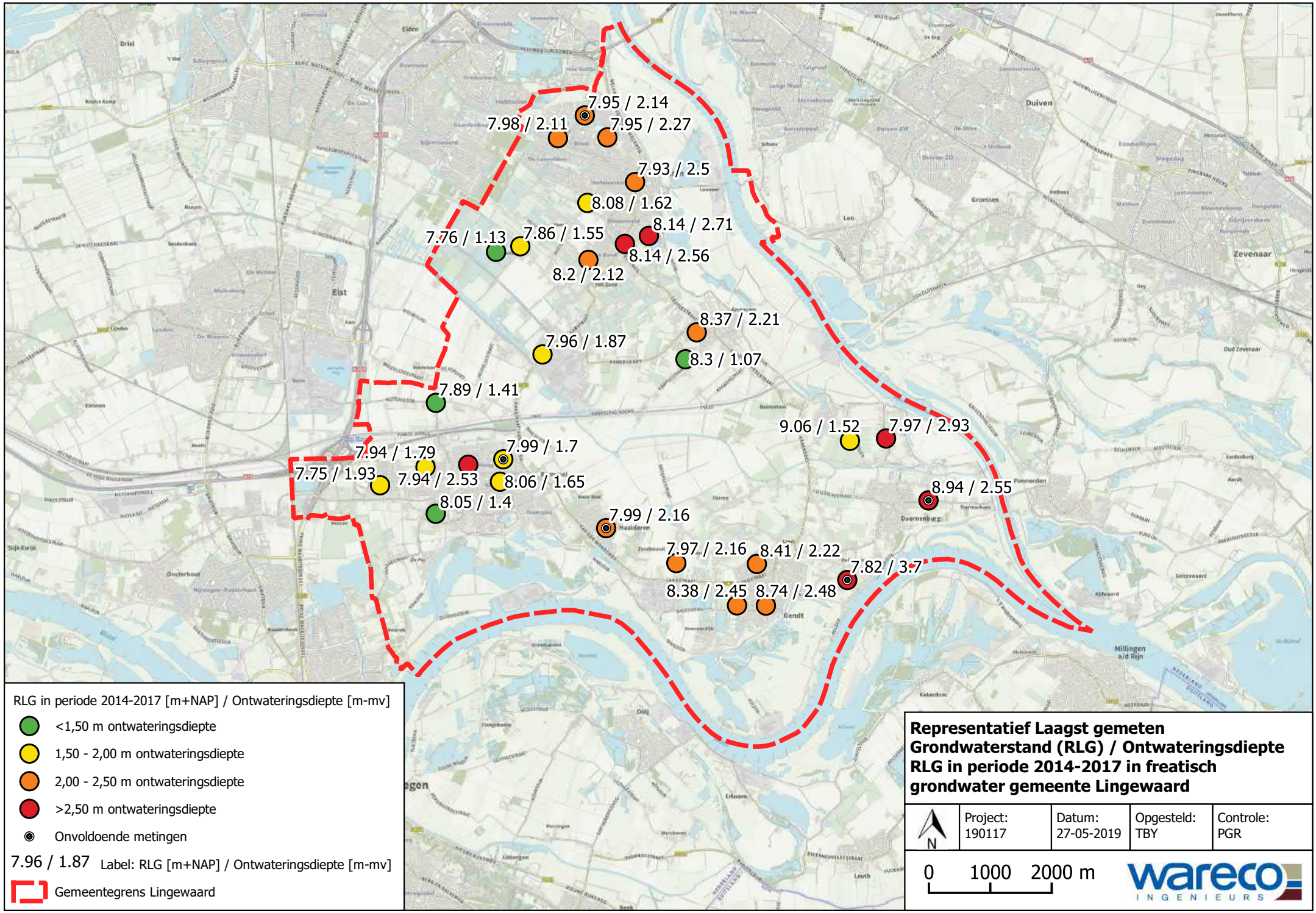
BIJLAGE 1

Overzicht locaties peilbuizen


B40B0376-001
B40B0341-001
B40B1729-001
B40B0434-001
B40B0420-001
B40B0339-001
B40B1724-002
B40B1725-001
Loo Gld
B40B0379-001
B40B1723-001
B40B1732-001
B40B0443-001
B40B1733-001
B40D2302-001
B40D2285-001
B40D2286-001
B40D2304-001
Angeren
B40C0393-001
B40D2305-001
B40D0313-001
Bemmel
B40C3534-001
B40C3533-001
B40D2297-001
B40D2298-001
Doornenburg
B40D2295-001
Ressen
B40C3536-001
Haalderen
B40D2289-001
B40D2294-001
B40D2292-001
B40D0256-001
Gendt
B40D2293-001
B40D2290-001
B40D2291-001
B40D2299-001
Locatie grondwatermeetpunt
Locatie peilbuizen
Woonplaats
Gemeentegrens Lingewaard
Locatie peilbuizen in de gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 27-05-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 2

RLG in de referentieperiode, freatische grondwaterstand



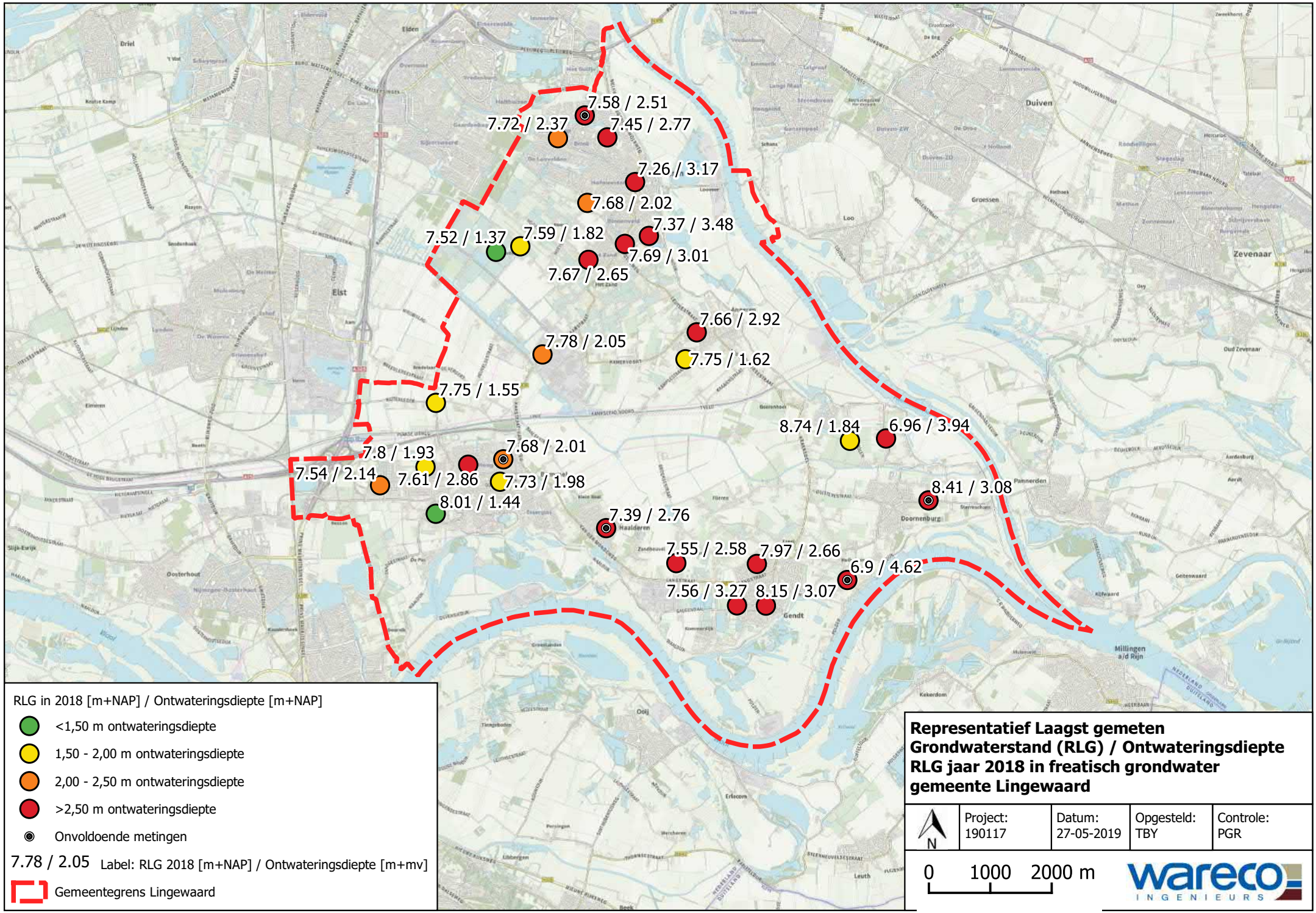
Representatief Laagst gemeten Grondwaterstand (RLG) / Ontwateringsdiepte RLG in periode 2014-2017 in freatisch grondwater gemeente Lingewaard

Project:	Datum:	Opgesteld:	Controle:
190117	27-05-2019	TBY	PGR

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 3

RLG in 2018, freatische grondwaterstand

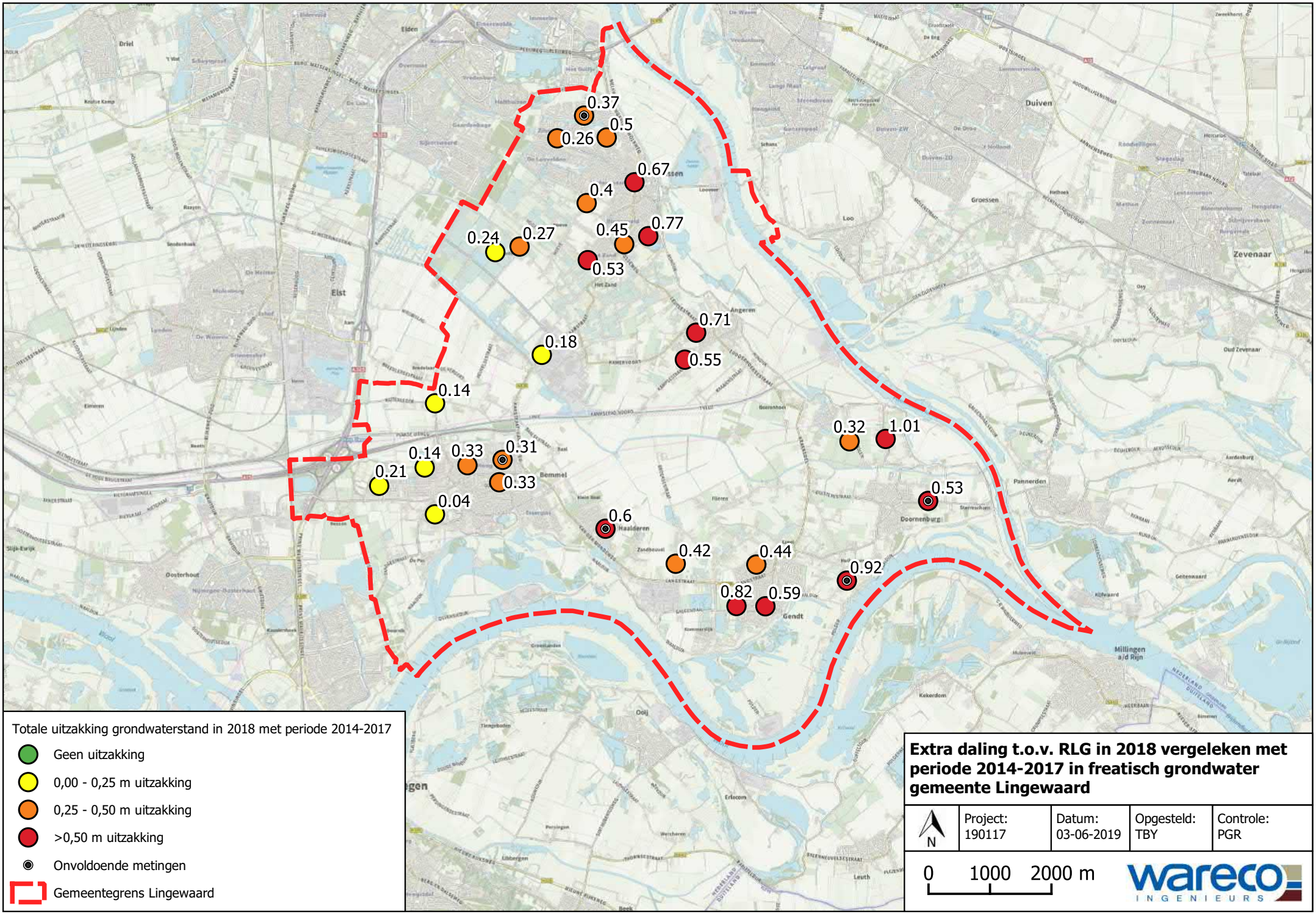


Representatief Laagst gemeten Grondwaterstand (RLG) / Ontwateringsdiepte RLG jaar 2018 in freatisch grondwater gemeente Lingewaard

Project:	Datum:	Opgesteld:	Controle:
190117	27-05-2019	TBY	PGR

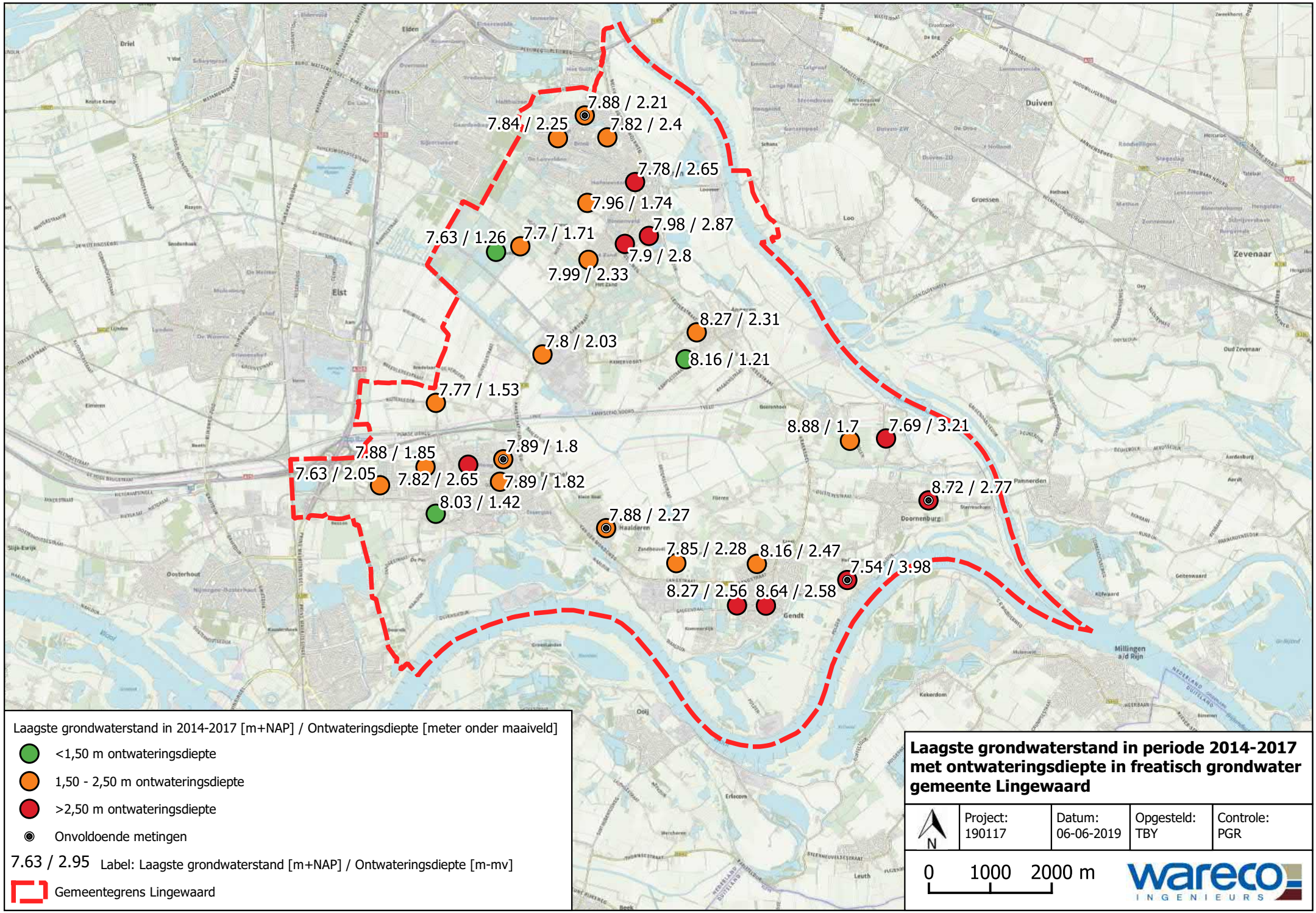
BIJLAGE 4

Verschillen RLG tussen de referentieperiode en 2018, freatische grondwaterstand


0.37
0.5
0.26
0.67
0.4
0.24
0.27
0.45
0.77
0.53
0.71
0.18
0.55
0.14
0.32
1.01
0.14
0.33
0.31
0.21
0.33
0.04
0.53
0.6
0.42
0.44
0.92
0.82
0.59
Totale uitzakking grondwaterstand in 2018 met periode 2014-2017
Geen uitzakking
0,00 - 0,25 m uitzakking
0,25 - 0,50 m uitzakking
>0,50 m uitzakking
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Extra daling t.o.v. RLG in 2018 vergeleken met periode 2014-2017 in freatisch grondwater gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

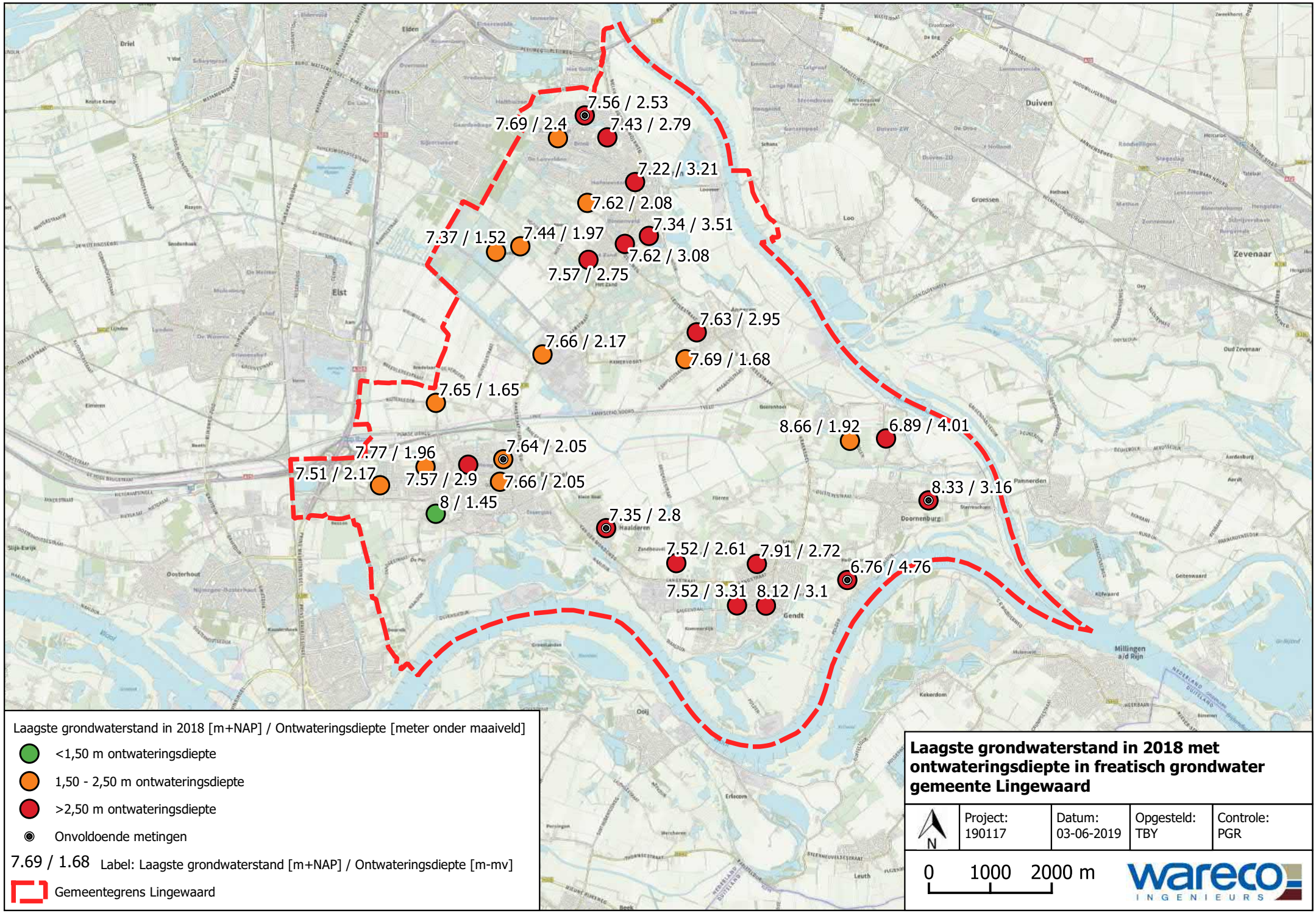
BIJLAGE 5

Laagst gemeten grondwaterstand in de referentieperiode, freatische grondwaterstand


7.88 / 2.21
7.84 / 2.25
7.82 / 2.4
7.78 / 2.65
7.96 / 1.74
7.63 / 1.26
7.7 / 1.71
7.98 / 2.87
7.9 / 2.8
7.99 / 2.33
8.27 / 2.31
7.8 / 2.03
8.16 / 1.21
7.77 / 1.53
8.88 / 1.7
7.69 / 3.21
7.88 / 1.85
7.89 / 1.8
7.63 / 2.05
7.82 / 2.65
7.89 / 1.82
8.03 / 1.42
8.72 / 2.77
7.88 / 2.27
7.85 / 2.28
8.16 / 2.47
7.54 / 3.98
8.27 / 2.56
8.64 / 2.58
Laagste grondwaterstand in 2014-2017 [m+NAP] / Ontwateringsdiepte [meter onder maaiveld]
<1,50 m ontwateringsdiepte
1,50 - 2,50 m ontwateringsdiepte
>2,50 m ontwateringsdiepte
Onvoldoende metingen
7.63 / 2.95 Label: Laagste grondwaterstand [m+NAP] / Ontwateringsdiepte [m-mv]
Gemeentegrens Lingewaard
Laagste grondwaterstand in periode 2014-2017 met ontwateringsdiepte in freatisch grondwater gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 06-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

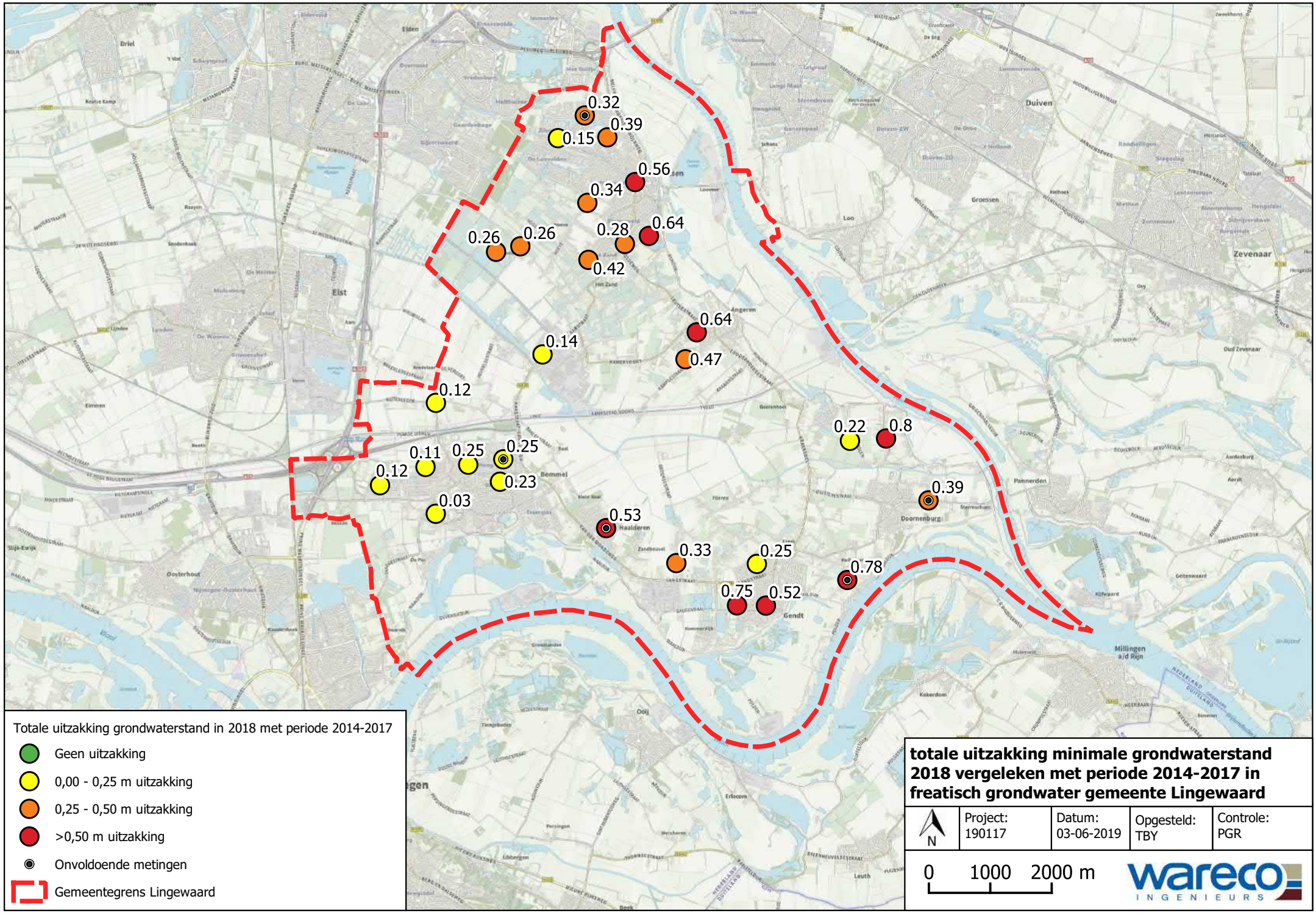
BIJLAGE 6

Laagst gemeten grondwaterstand in 2018, freatische grondwaterstand


7.56 / 2.53
7.69 / 2.4
7.43 / 2.79
7.22 / 3.21
7.62 / 2.08
7.37 / 1.52
7.44 / 1.97
7.34 / 3.51
7.62 / 3.08
7.57 / 2.75
7.63 / 2.95
7.66 / 2.17
7.69 / 1.68
7.65 / 1.65
8.66 / 1.92
6.89 / 4.01
7.77 / 1.96
7.64 / 2.05
7.51 / 2.17
7.57 / 2.9
7.66 / 2.05
8.33 / 3.16
8 / 1.45
7.35 / 2.8
7.52 / 2.61
7.91 / 2.72
6.76 / 4.76
7.52 / 3.31
8.12 / 3.1
Laagste grondwaterstand in 2018 [m+NAP] / Ontwateringsdiepte [meter onder maaiveld]
<1,50 m ontwateringsdiepte
1,50 - 2,50 m ontwateringsdiepte
>2,50 m ontwateringsdiepte
Onvoldoende metingen
7.69 / 1.68 Label: Laagste grondwaterstand [m+NAP] / Ontwateringsdiepte [m-mv]
Gemeentegrens Lingewaard
Laagste grondwaterstand in 2018 met ontwateringsdiepte in freatisch grondwater gemeente Lingewaard
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
N
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

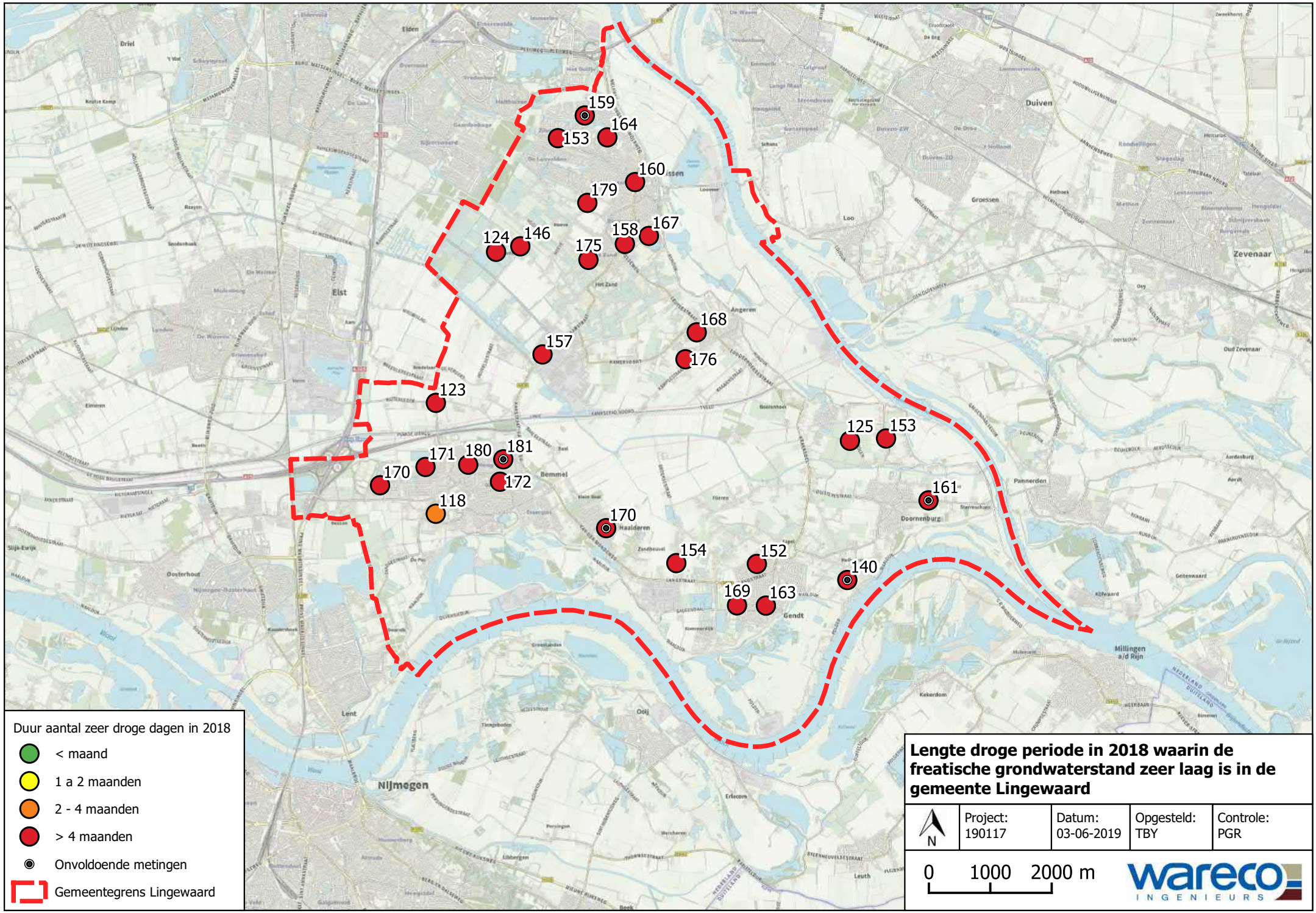
BIJLAGE 7

Verschillen laagst gemeten grondwaterstand tussen de referentieperiode en 2018, freatische grondwaterstand


0.32
0.39
0.15
0.56
0.34
0.26
0.26
0.28
0.64
0.42
0.64
0.14
0.47
0.12
0.22
0.8
0.11
0.25
0.25
0.12
0.23
0.39
0.03
0.53
0.33
0.25
0.78
0.75
0.52
Totale uitzakking grondwaterstand in 2018 met periode 2014-2017
Geen uitzakking
0,00 - 0,25 m uitzakking
0,25 - 0,50 m uitzakking
>0,50 m uitzakking
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
totale uitzakking minimale grondwaterstand 2018 vergeleken met periode 2014-2017 in freatisch grondwater gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 8

De duur van de droogte in 2018, freatische grondwaterstand



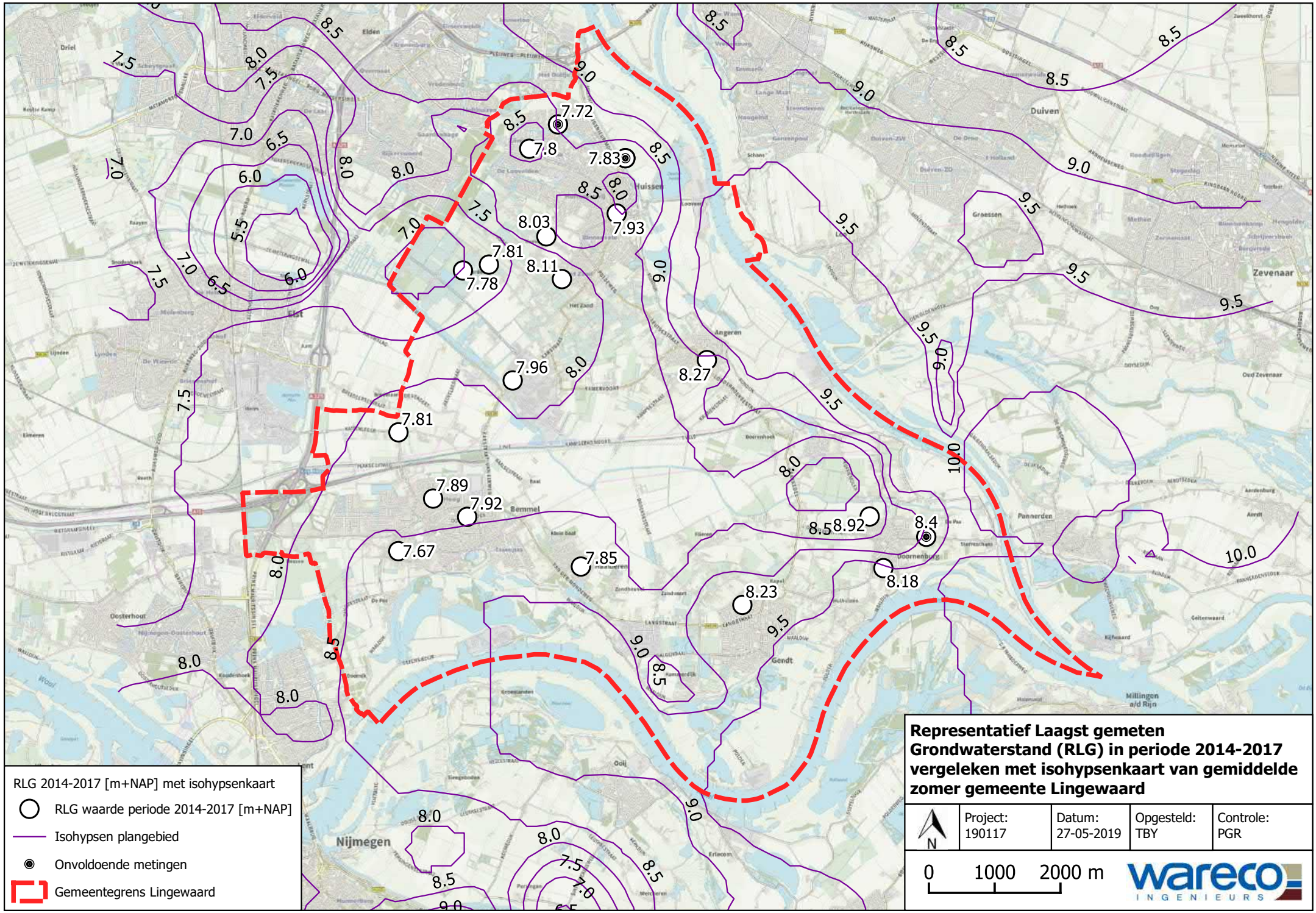
Lengte droge periode in 2018 waarin de freatische grondwaterstand zeer laag is in de gemeente Lingewaard

Project:	Datum:	Opgesteld:	Controle:
190117	03-06-2019	TBY	PGR

wareco INGENIEURS

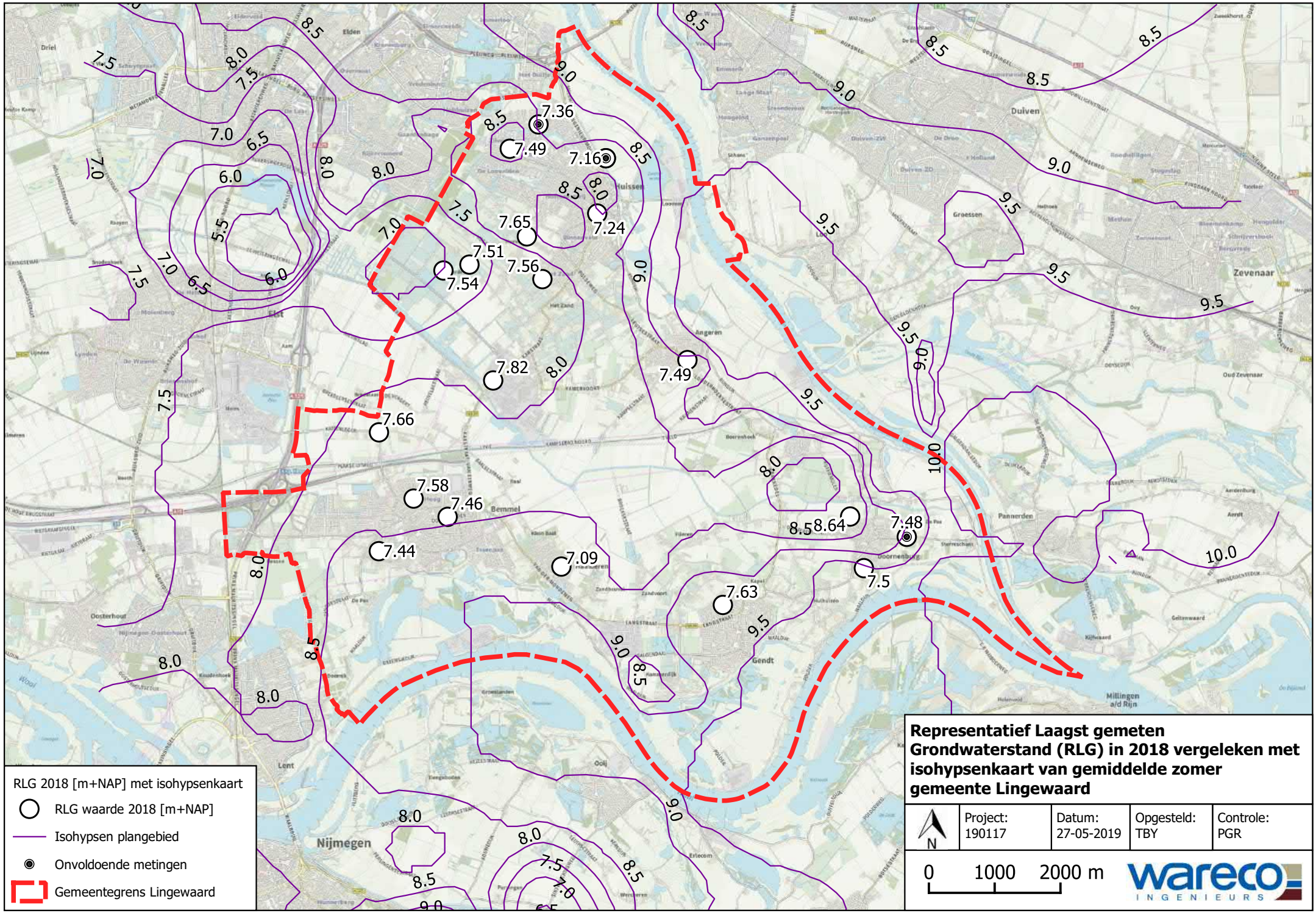
BIJLAGE 9

RLG in de referentieperiode, eerste watervoerend pakket


Driel
Elden
Duiven
Huissen
Groessen
Zevenaar
Elst
Angeren
Oud Zevenaar
Bemmel
Pannerden
Doornenburg
Gendt
Oosterhout
Millingen a/d Rijn
Nijmegen
7.72
7.8
7.83
8.03
7.93
7.81
7.78
8.11
7.96
8.27
7.81
7.89
7.92
7.67
7.85
8.92
8.4
8.18
8.23
RLG 2014-2017 [m+NAP] met isohypsenkaart
RLG waarde periode 2014-2017 [m+NAP]
Isohypsen plangebied
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Representatief Laagst gemeten Grondwaterstand (RLG) in periode 2014-2017 vergeleken met isohypsenkaart van gemiddelde zomer gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 27-05-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

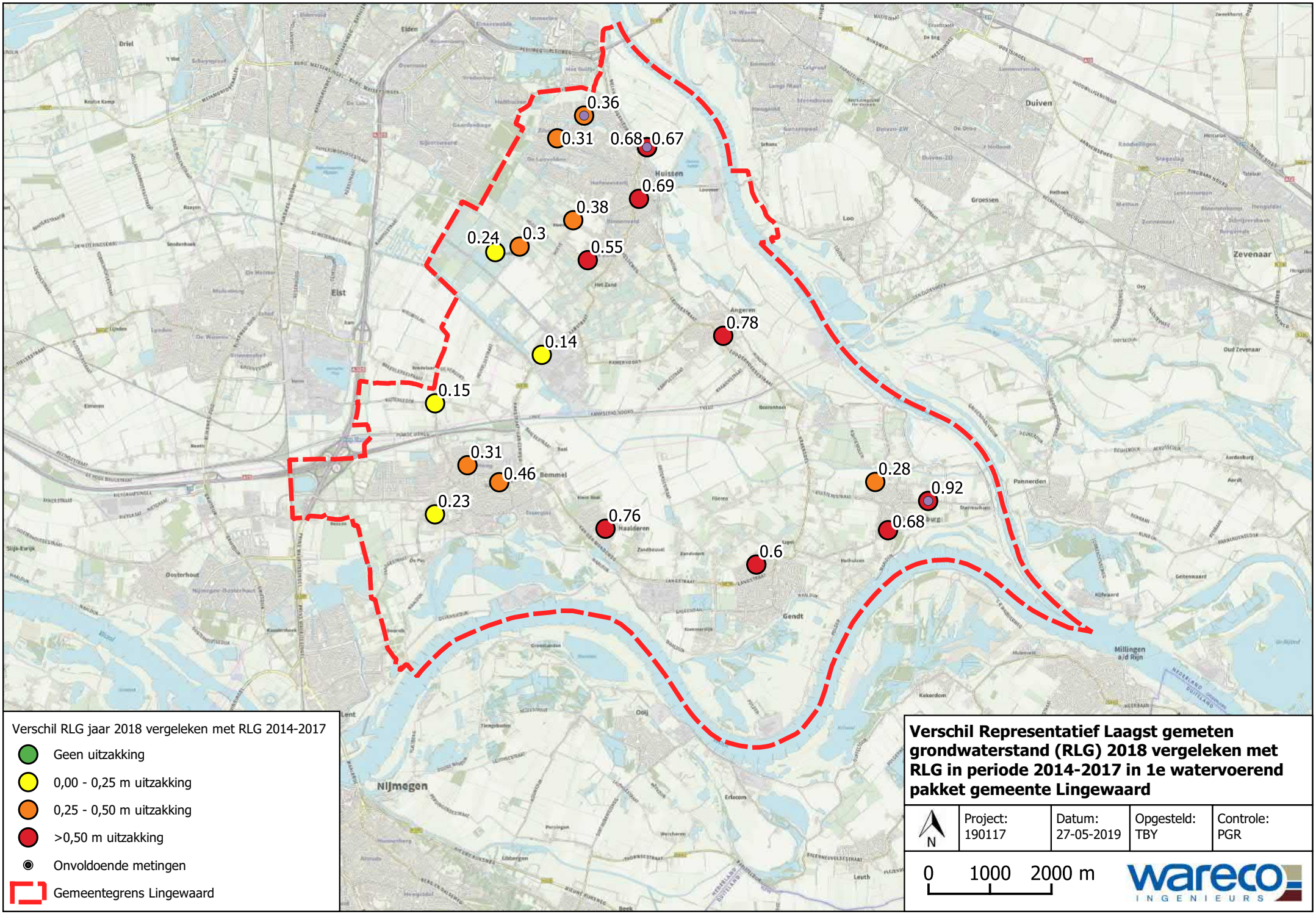
BIJLAGE 10

RLG in 2018, eerste watervoerend pakket


RLG 2018 [m+NAP] met isohypsenkaart
RLG waarde 2018 [m+NAP]
Isohypsen plangebied
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Representatief Laagst gemeten Grondwaterstand (RLG) in 2018 vergeleken met isohypsenkaart van gemiddelde zomer gemeente Lingewaard
Project: 190117
Datum: 27-05-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
N
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS
Driel
Elden
Duiven
Huissen
Zevenaar
Elst
Angeren
Groessen
Bemmel
Pannerden
Doornenburg
Gendt
Oosterhout
Lent
Nijmegen
Millingen a/d Rijn
7.36
7.49
7.16
7.24
7.65
7.51
7.54
7.56
7.82
7.49
7.66
7.58
7.46
7.44
7.09
7.63
8.64
7.48
7.5

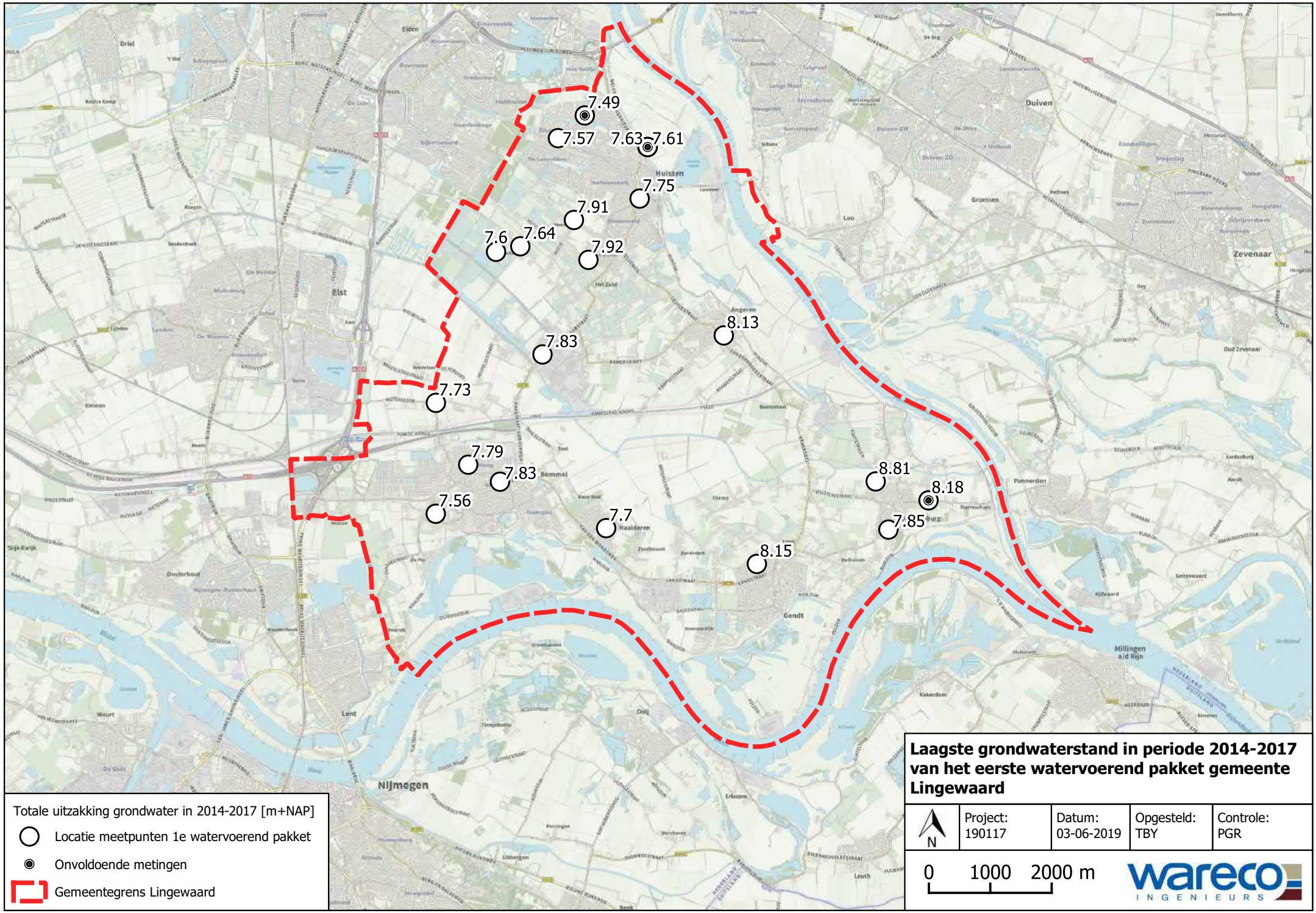
BIJLAGE 11

Verschillen RLG tussen de referentieperiode en 2018, eerste watervoerend pakket


0.36
0.31
0.68
0.67
0.69
0.38
0.24
0.3
0.55
0.78
0.14
0.15
0.31
0.46
0.23
0.76
0.28
0.92
0.68
0.6
Verschil RLG jaar 2018 vergeleken met RLG 2014-2017
Geen uitzakking
0,00 - 0,25 m uitzakking
0,25 - 0,50 m uitzakking
>0,50 m uitzakking
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Verschil Representatief Laagst gemeten grondwaterstand (RLG) 2018 vergeleken met RLG in periode 2014-2017 in 1e watervoerend pakket gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 27-05-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 12

Laagst gemeten stijghoogte in de referentieperiode, eerste watervoerend pakket

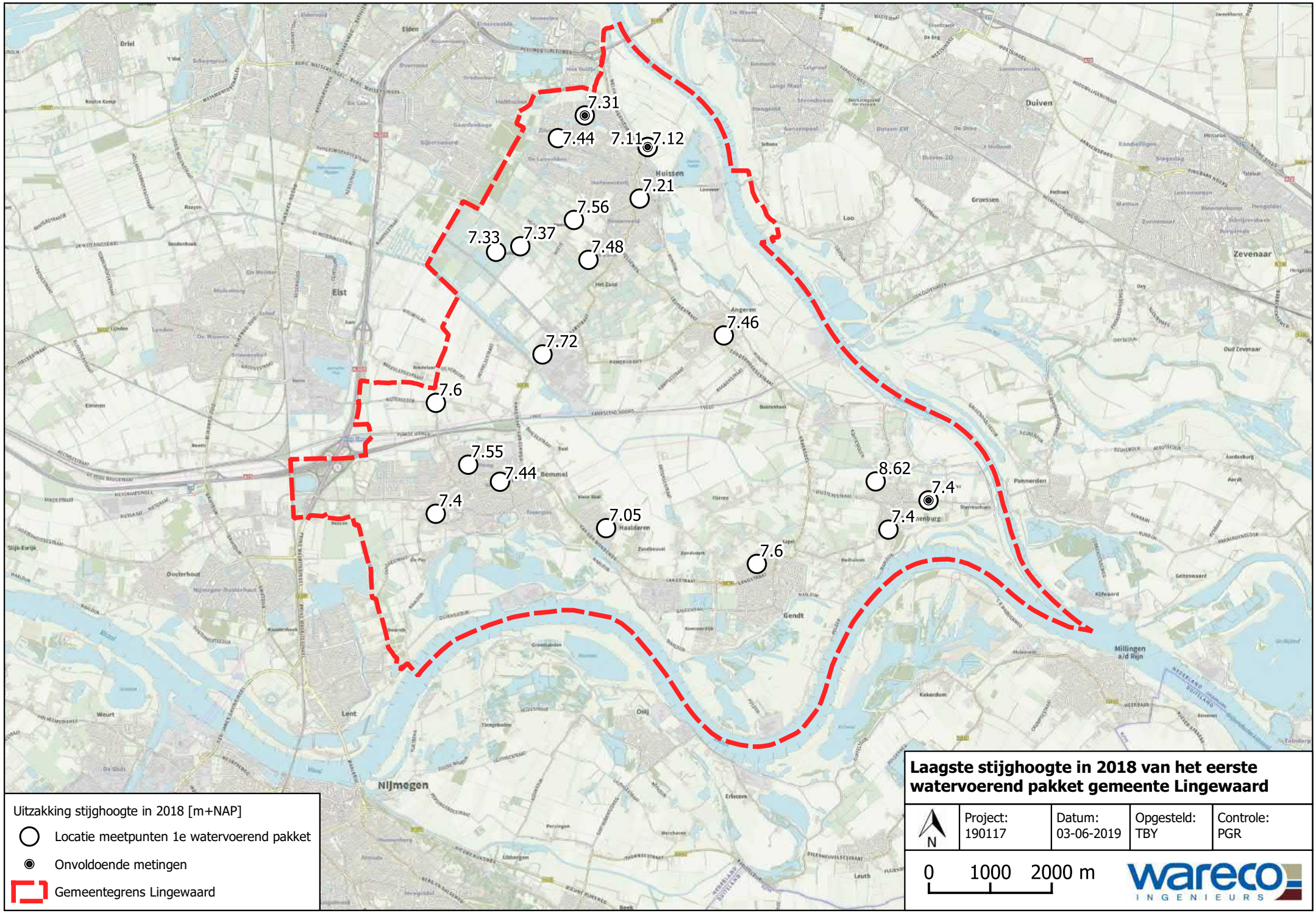


Laagste grondwaterstand in periode 2014-2017 van het eerste watervoerend pakket gemeente Lingewaard

Project:	Datum:	Opgesteld:	Controle:
190117	03-06-2019	TBY	PGR

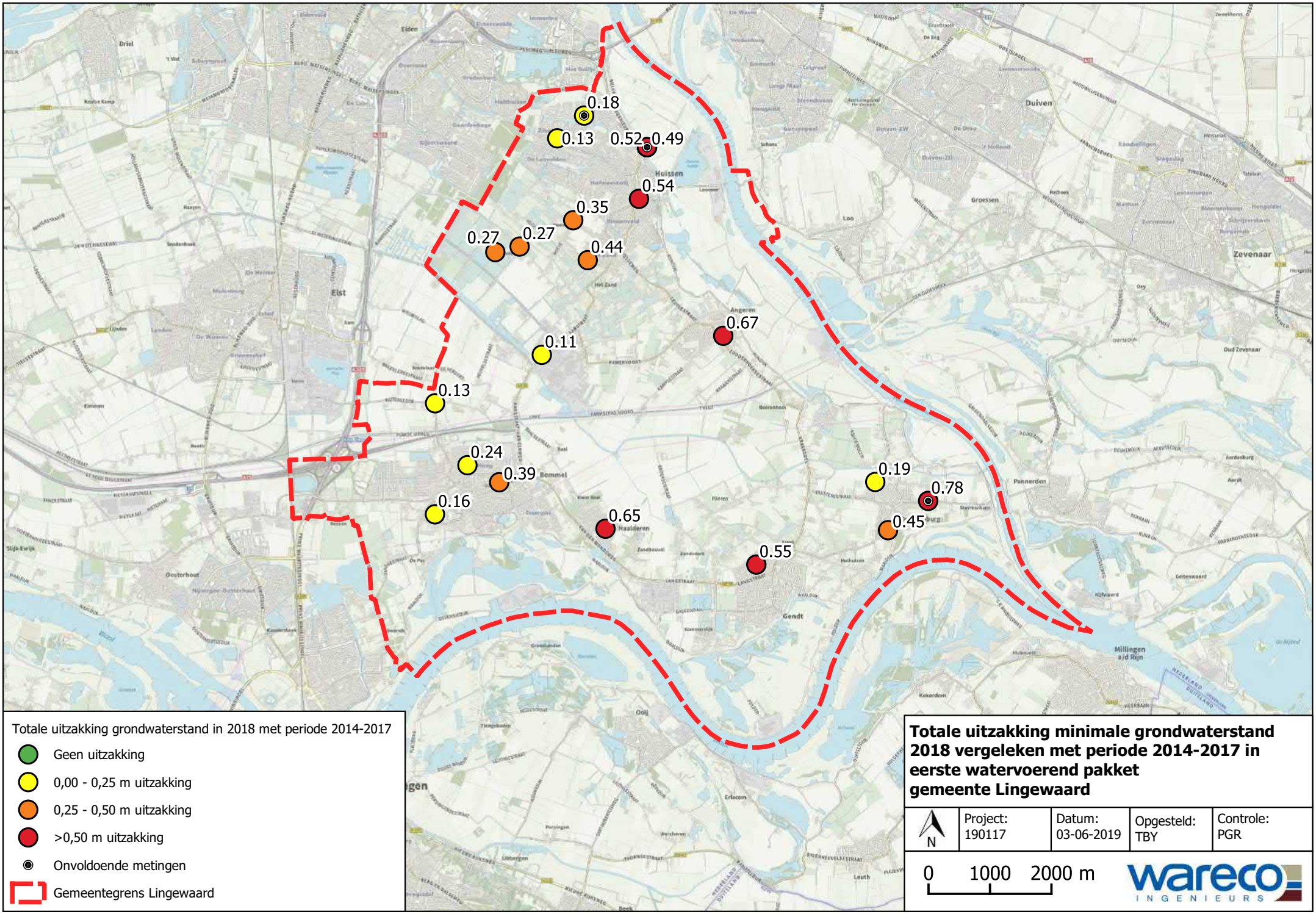
BIJLAGE 13

Laagst gemeten stijghoogte in 2018, eerste watervoerend pakket


7.31
7.44
7.11
7.12
7.21
7.56
7.33
7.37
7.48
7.46
7.72
7.6
7.55
7.44
7.4
7.05
8.62
7.4
7.4
7.6
Elden
Driel
Duiven
Huissen
Groessen
Zevenaar
Elst
Angeren
Bemmel
Haalderen
Pannerden
Oosterhout
Gendt
Millingen a/d Rijn
Lent
Nijmegen
Ooij
Weurt
Uitzakking stijghoogte in 2018 [m+NAP]
Locatie meetpunten 1e watervoerend pakket
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Laagste stijghoogte in 2018 van het eerste watervoerend pakket gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

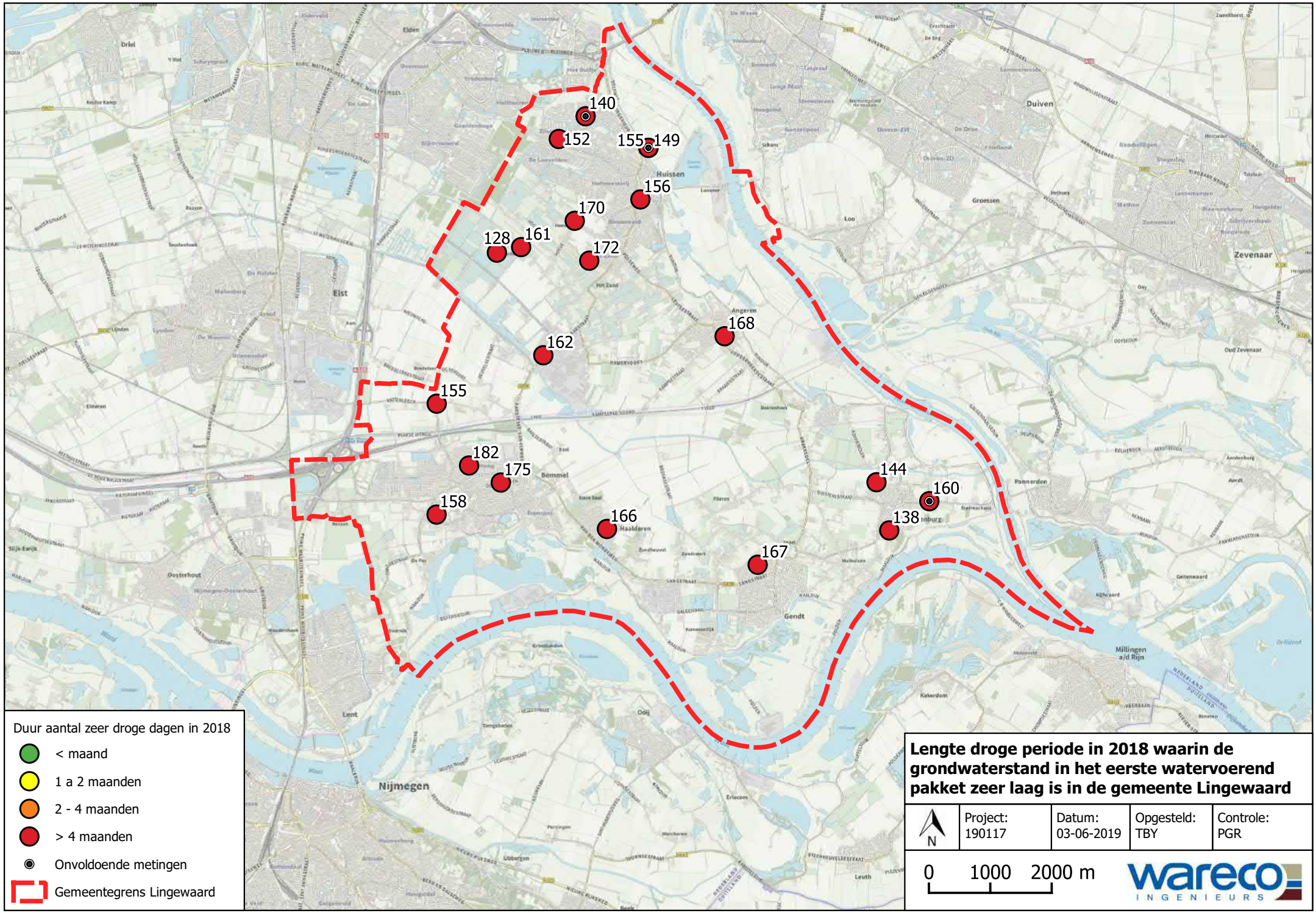
BIJLAGE 14

Verschillen laagst gemeten stijghoogte tussen de referentieperiode en 2018, , eerste watervoerend pakket


0.18
0.13
0.52
0.49
0.54
0.35
0.27
0.27
0.44
0.67
0.11
0.13
0.24
0.39
0.16
0.65
0.19
0.78
0.45
0.55
Totale uitzakking grondwaterstand in 2018 met periode 2014-2017
Geen uitzakking
0,00 - 0,25 m uitzakking
0,25 - 0,50 m uitzakking
>0,50 m uitzakking
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
Totale uitzakking minimale grondwaterstand 2018 vergeleken met periode 2014-2017 in eerste watervoerend pakket gemeente Lingewaard
N
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
0 1000 2000 m
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 15

De duur van de droogte in 2018, eerste watervoerend pakket


140
152
155
149
156
170
128
161
172
168
162
155
182
175
158
166
144
160
138
167
Duur aantal zeer droge dagen in 2018
< maand
1 a 2 maanden
2 - 4 maanden
> 4 maanden
Onvoldoende metingen
Gemeentegrens Lingewaard
N
0 1000 2000 m
Lengte droge periode in 2018 waarin de grondwaterstand in het eerste watervoerend pakket zeer laag is in de gemeente Lingewaard
Project: 190117
Datum: 03-06-2019
Opgesteld: TBY
Controle: PGR
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 16

Bouwjaren BAG en meldingen scheurvorming

Ouderdom panden / scheurvorming binnen gemeente Lingewaard

- Bouwjaar voor 1960
- Bouwjaar 1960 - 1980
- Bouwjaar na 1980
- Melding scheurvorming
- Woonplaats
- gemeentegrens

Ouderdom panden en melding scheurvorming in gemeente Lingewaard

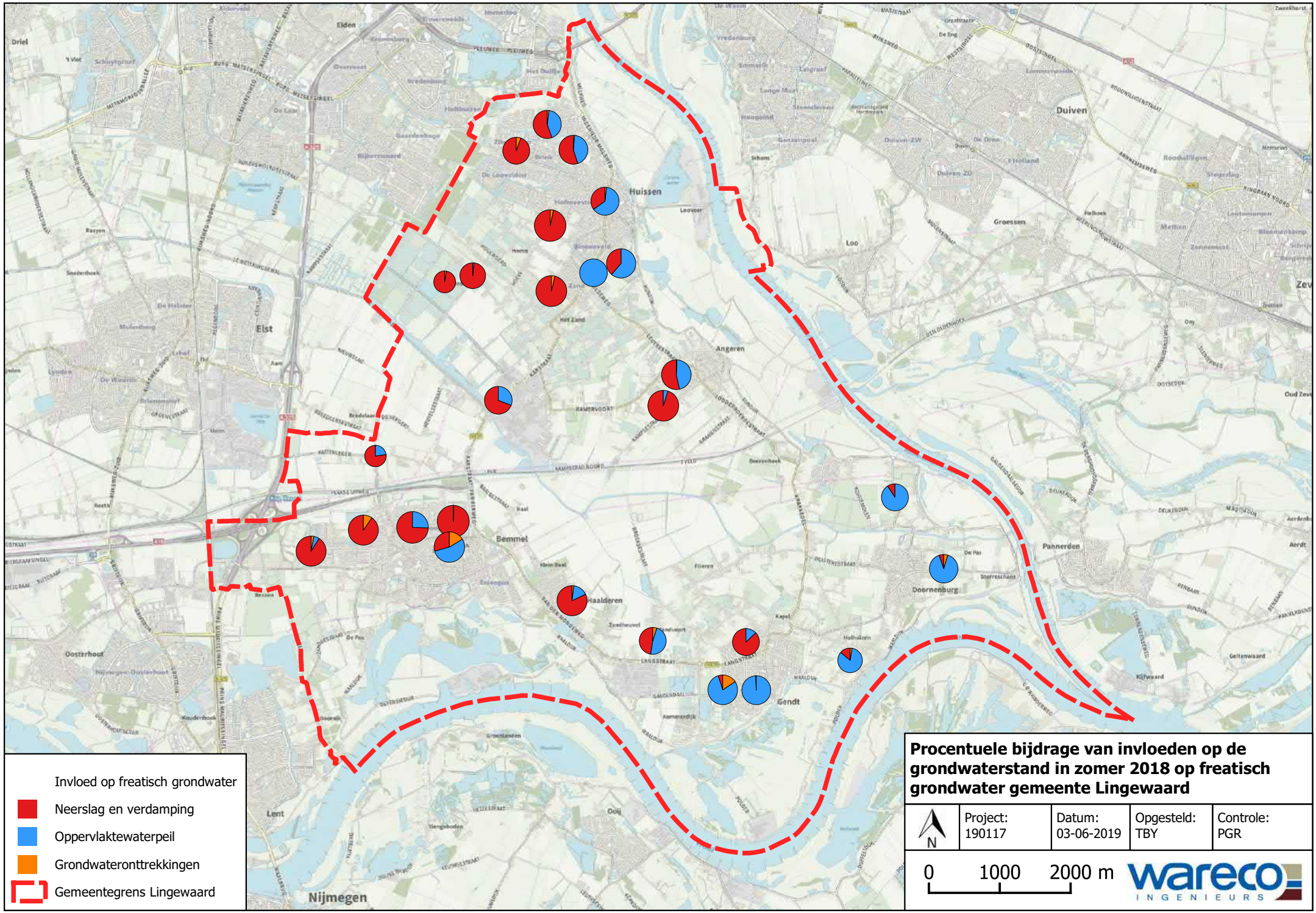
N	Project: 190117	Datum: 03-06-2019	Opgesteld: TBY	Controle: PGR

0 600 1200 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 17

Bijdrage van invloeden op de freatische grondwaterstand



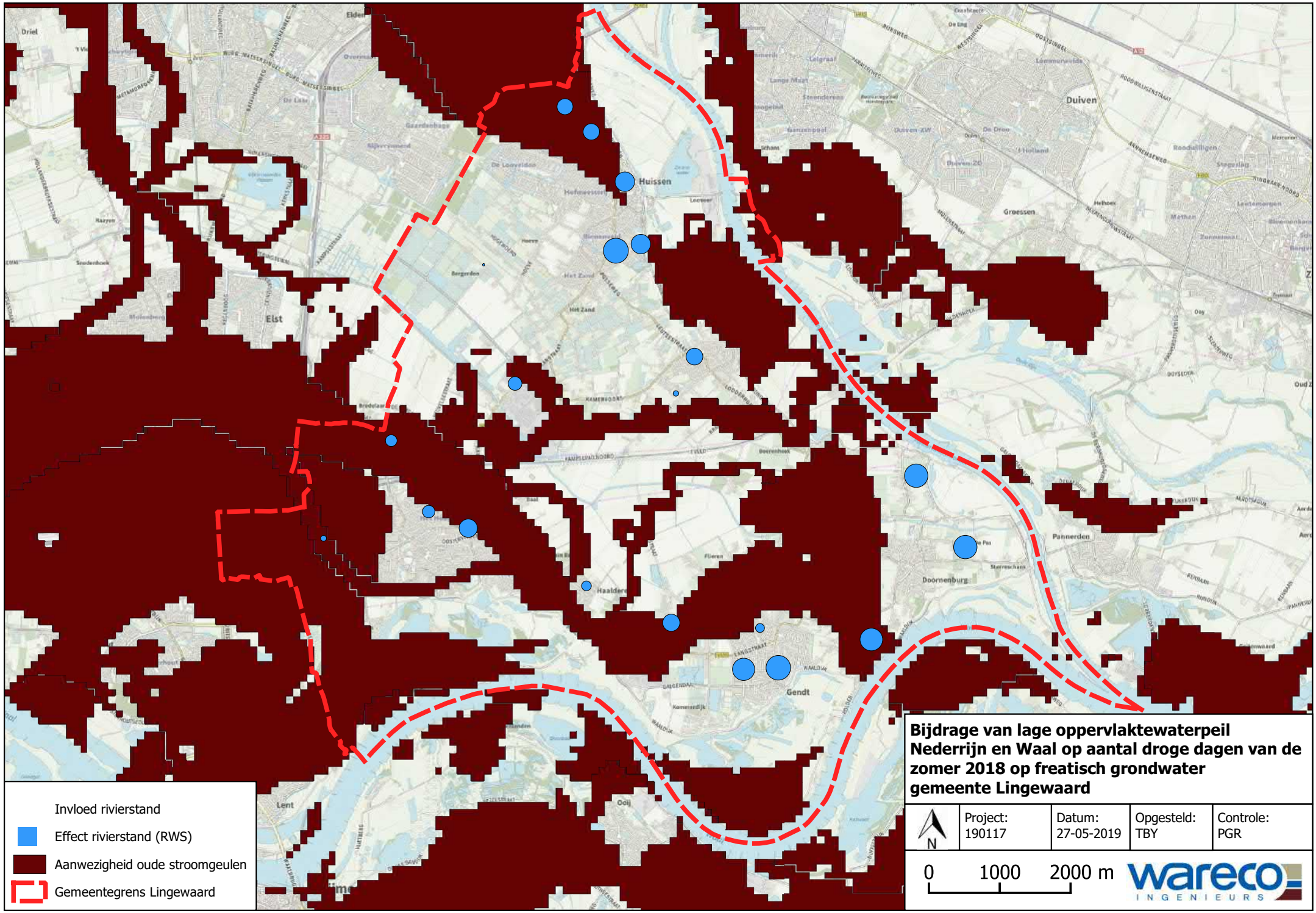
Procentuele bijdrage van invloeden op de grondwaterstand in zomer 2018 op freatisch grondwater gemeente Lingewaard

N	Project: 190117	Datum: 03-06-2019	Opgesteld: TBY	Controle: PGR

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 18

Bijdrage van invloed rivierpeilen op de freatische grondwaterstand, in relatie tot oude stroomgeulen

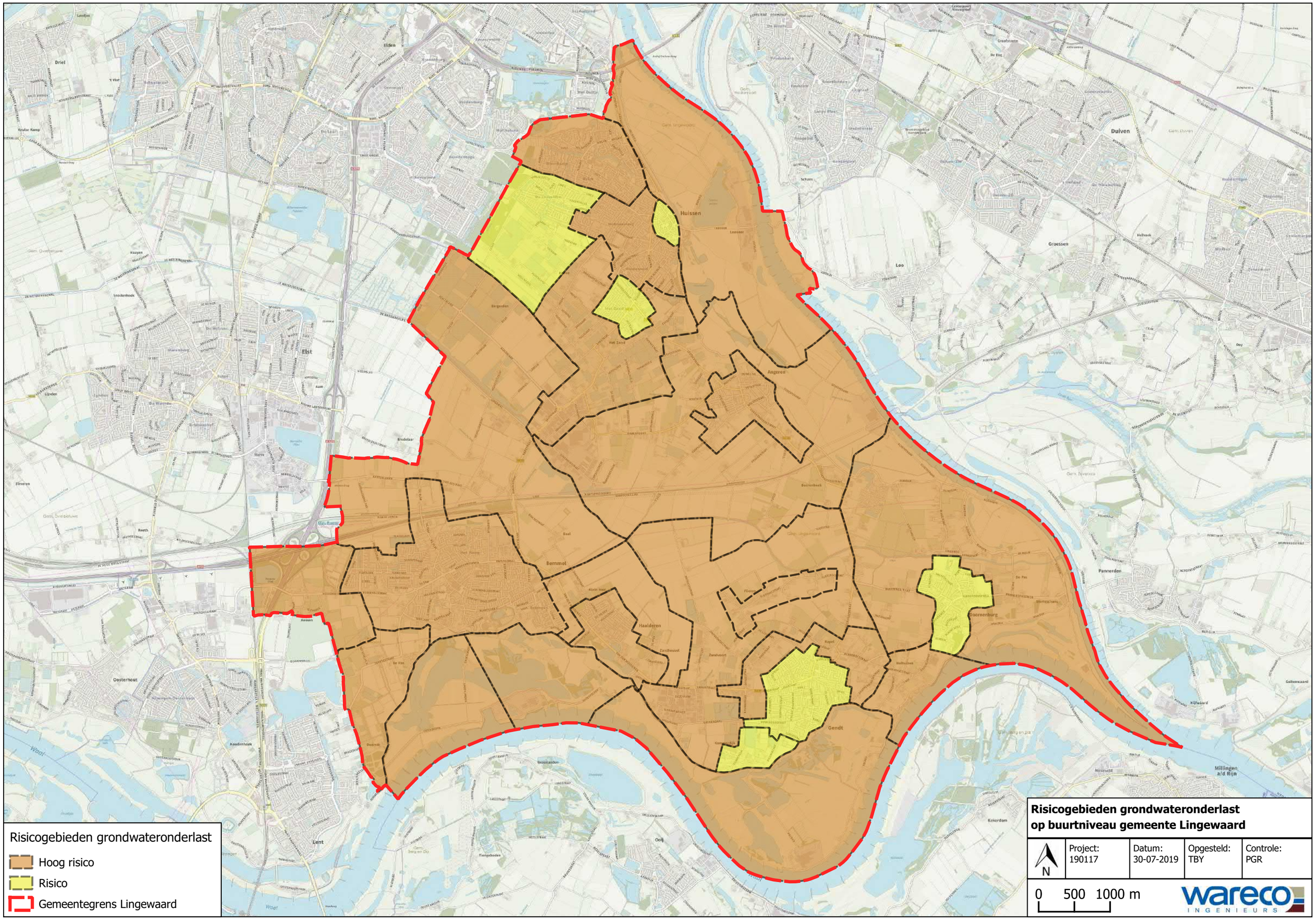


Bijdrage van lage oppervlaktewaterpeil Nederrijn en Waal op aantal droge dagen van de zomer 2018 op freatisch grondwater gemeente Lingewaard

Project:	Datum:	Opgesteld:	Controle:
190117	27-05-2019	TBY	PGR

BIJLAGE 19

Risicogebieden grondwateronderlast


Risicogebieden grondwateronderlast
Hoog risico
Risico
Gemeentegrens Lingewaard
Risicogebieden grondwateronderlast
op buurtniveau gemeente Lingewaard
Project:
190117
Datum:
30-07-2019
Opgesteld:
TBY
Controle:
PGR
N
0 500 1000 m
wareco
INGENIEURS
Huissen
Angeren
Bemmel
Haalderen
Gendt
Doornenburg
Pannerden
Duiven
Groessen
Loo
Elst
Lent
Oosterhout
Millingen a/d Rijn

BIJLAGE 20

Methode analyse grondwaterstanden

BIJLAGE 20: Methode analyse grondwaterstanden

Ten behoeve van de analyse van de gemeten grondwaterstanden in het grondwatermeetnet, is onderscheid gemaakt in de freatisch gemeten peilbuizen en die in het eerste watervoerend pakket.

De analyse is uitgevoerd over twee verschillende periodes, 2014-2017 en voor de zomer 2018. Hierdoor kan er een vergelijking worden gemaakt welke invloed de droge zomer van 2018 had. Bij verschillende grondwatermeetpunten zijn onvoldoende of foutieve meetwaardes geconstateerd. Deze meetpunten zijn in de bijlage x aangegeven met onderstaand symbool.

◉ Onvoldoende metingen

Voor de analyse van het freatisch grondwater is voor enkele kaarten gebruik gemaakt van ontwateringsdiepte. De ontwateringsdiepte geeft aan hoe diep het grondwater staat ten opzichte van het maaiveld in meters. Hoger groter de ontwateringsdiepte hoe lager de grondwaterstand staat. Bij een grote ontwateringsdiepte bestaat de kans op wateronderlast. Neem een voorbeeld aan houten paalfundering die droog komen te staan en groenvoorziening die verdorren.

Bepalen effect op droogte vanuit tijdreeksanalyse huidige situatie

De invloeden de lage grondwaterstanden zijn door middel van een tijdreeksanalyse uitgevoerd in het softwarepakket Pastas. Hiermee zijn de meetpunten die voldoende meetwaarde bevatten geanalyseerd. Per meetpunt is er vervolgens een model gemaakt van de grondwaterstand over de gehele meetperiode. Door het toevoegen van neerslaggegevens en verdampingsreeksen, rivierstanden en grondwateronttrekkingen in de buurt is het effect op de droogte bepaald. Na beoordeling van de tijdreeksmodellen zijn er nog twee afgevallen, omdat deze niet betrouwbaar genoeg waren met een verklaarde variantie van respectievelijk 52% en 54% bij B40D2305-001 en B40C3536-001. De verklaarde variantie is een maat waarmee wordt aangeduid hoe goed het model in staat is om de variatie in metingen te benaderen. Een verklaarde variantie van 70% wordt doorgaans als drempel gebruikt. De gemiddelde verklaarde variantie van de overige 54 modellen is 89%.

Ruimtelijke resultaten per peilbuis

Laagst gemeten grondwaterstanden

In deze analyse is de laagst gesimuleerde waarde tussen periode 2014-2017 weergegeven met de ontwateringsdiepte. Hoe lager de ontwateringsdiepte, hoe groter de kans op grondwateronderlast. Tot slot is het verschil in laagst gesimuleerde waarde over periode 2014-2017 en zomer 2018 berekend.

Representatief laagst gemeten grondwaterstanden (RLG)

De Representatief laagst gemeten grondwaterstand (RLG) is ontwikkeld om sneller uitspraken te kunnen doen over de laagste grondwaterstanden, met het oog op de grondwaterzorgplicht. De grondwaterzorgplicht richt zich op structureel nadelige gevolgen. Op basis van de meetreeks wordt de RLG bepaald door het 10^{e} percentielwaarden te bepalen. Door

deze definitie worden incidentele, kortdurende uitschieters buiten beschouwing gelaten. Net als bij de GLG is ook bij deze analyse de ontwateringsdiepte opgenomen.

Representatief laagst gemeten grondwaterstanden (RLG) Isohypsen
Met behulp van ons voorgaand onderzoek [ons kenmerk: BR01 RAP20160810] zijn er voor diverse situaties de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket berekend, ook wel isohypsen. De stroming in het eerste watervoerend pakket is in het algemeen van oost naar west gericht. In bijlage x is een kaart opgenomen met de RLG in het eerste watervoerend pakket vergeleken met de stijghoogte van een gemiddelde zomer (zomer van 2008). De analyse laat zien hoeveel lager de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is.

Duur droogte
Deze analyse geeft een goed beeld van de duur van de droogte in de verschillende periodes. De analyse laat het maximaal aantal opeenvolgende dagen per jaar zien waarin de gesimuleerde grondwaterstand 5% van de laagste modelwaarden laat zien over de gemeten periode.

Invloeden effecten
Deze analyse is uitgevoerd om de invloeden op het freatisch grondwater in beeld te brengen. De analyse bestaat uit een taartdiagram, waarbij de invloed van de *verdamping en neerslag, oppervlaktewaterpeilen en grondwateronttrekkingen* zijn berekend.

BIJLAGE 21

Uitgangspunten zettingsberekening

BIJLAGE 21: Uitgangspunten zettingsberekening

De mate van zetting is een tijdsafhankelijk aspect en onder andere afhankelijk van de zettingsgevoeligheid en laagdikte van de zettingsgevoelige bodemlagen, de mate van de freatische grondwaterstandsverlaging en/of verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en eerder opgetreden belastingen op de ondergrond. Dit omdat belasting op de ondergrond toeneemt.

Om enigszins inzicht te geven in maaiveldzettingen als gevolg van verlagingen van de freatische grondwaterstand en stijghoogte zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd.

Hierbij is uitgegaan van:

- locatie: Bredestraat - Hazekamp te Huissen;
- berekeningsmethode Koppejan – Terzaghi;
- representatieve bodemparameters op basis van de Geotechniek, Eurocode 7 (NEN-EN 1997+1+C1+A1:2016) en het rapport: “HOV-route en reconstructie ir. Molsweg te Huissen”, kenmerk 9V1034.B2, d.d. 25-8-2009, opgesteld door Royal Haskoning.
- bodemopbouw conform boring B40B0339 [Dinoloket]:
  - Maaiveld: NAP +9,6 m;
  - Klei tot: NAP +5,6 m;
  - Zandlagen: NAP -25 m.
- een overconsolidatiefactor (OCR) van 1,1 bij de kleilaag. Hiermee wordt de historische (voor)belasting van de kleilaag gesimuleerd.
- een consolidatiecoefficiënt van de kleilaag van 2^{E}-7 tot 2^{E}-8 m^2/sec. Deze factor bepaald de snelheid van optreden van de maaiveldzettingen.
- een representatief laagste grondwaterstand (RLG t/m 2017) van NAP +8,1 [Peilbuis B40B0339];
- een grondwaterstandsverlaging (RLG 2018) van 0,6 m tot NAP +7,5 [Peilbuis B40B0339];
- een representatief laagste stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (RLG t/m 2017) van NAP +8,0 [Peilbuis B40B1724];
- een verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (RLG 2018) van 0,5 m tot NAP +7,5 [Peilbuis B40B0339];
- Duur grondwaterstands- en stijghoogteverlaging: 90 dagen, 180 dagen en 30 jaar (eindzetting).

Uit de berekeningen volgt dat al in een relatief korte tijd van 90 dagen een maaiveldzetting van circa 1 à 2 cm kan worden verwacht. En bij 180 dagen circa 1,5 à 2,5 cm. Bij een permanente daling van de grondwaterstand en/of stijghoogte bedraagt de uiteindelijke zetting circa 2,5 tot 4 cm.

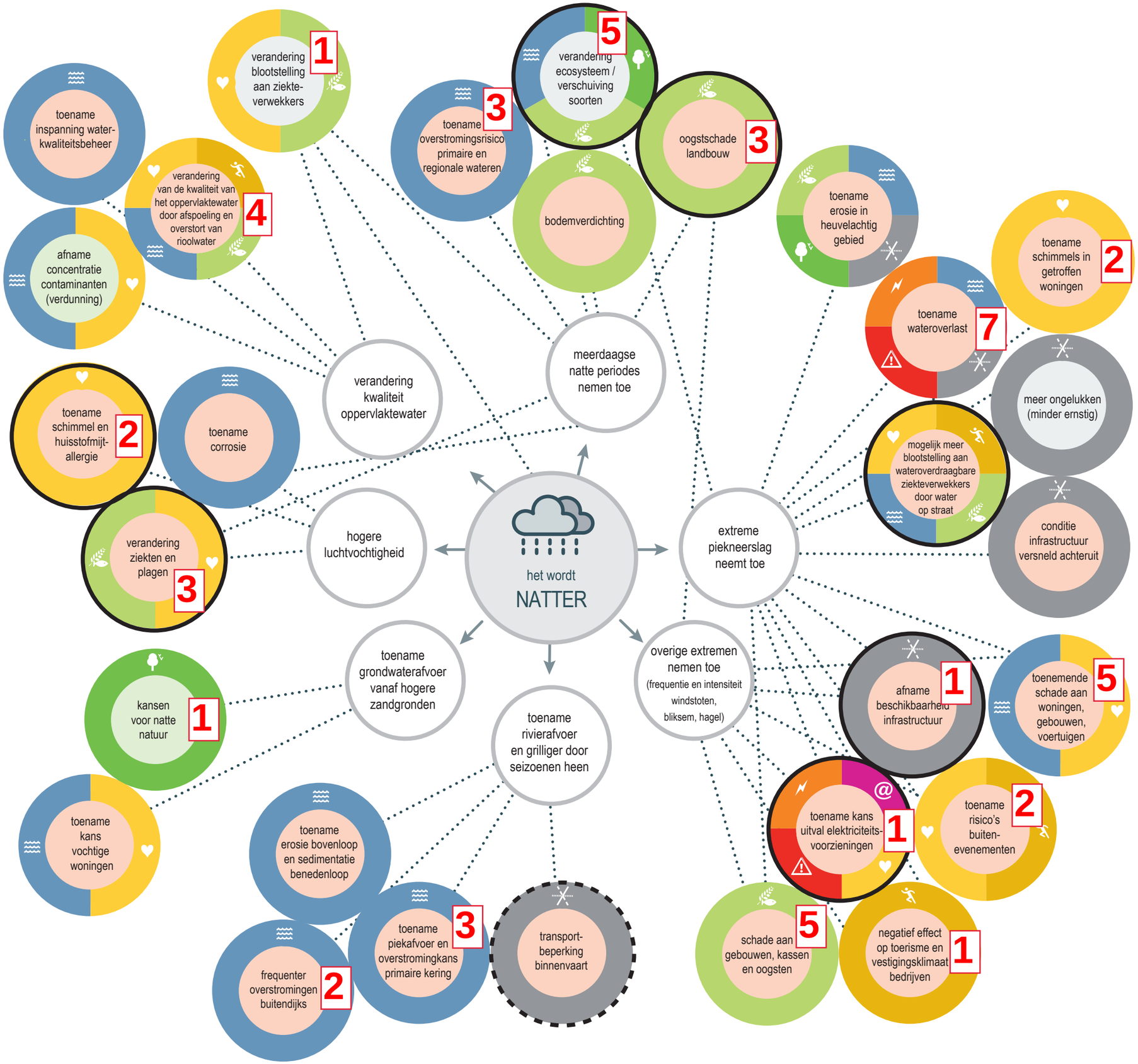
Bijlagen 2

Uitkomsten sessie interne projectgroep

Bijlage 2A: NAS Bollenschema ‘Het wordt natter’
Bijlage 2B: NAS Bollenschema ‘Het wordt droger’
Bijlage 2C: NAS Bollenschema ‘Het wordt warmer’
Bijlage 2D: Mindmap ‘Hitte in de stad’

Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)

Klimaattrends, klimaateffecten en gevolgen voor sectoren



Klimaattrend

het wordt NATTER

Klimaateffect

overige extremen nemen toe (frequentie en intensiteit windstoten, bliksem, hagel)

Gevolg voor sectoren

toename kans uitval elektriciteits-voorzieningen

Sectoren

- Water en ruimte
- Natuur
- Landbouw, tuinbouw en visserij
- Gezondheid
- Recreatie en toerisme
- Infrastructuur (luchtvaart, weg, spoor, water)
- Energie
- IT en telecom
- Veiligheid

Impact

- Middelgroot tot groot gevolg - dit decennium
- Groot gevolg - deze eeuw

Aard gevolg

- Gevolg is kans
- Gevolg is bedreiging
- Onduidelijk of gevolg een kans of bedreiging is

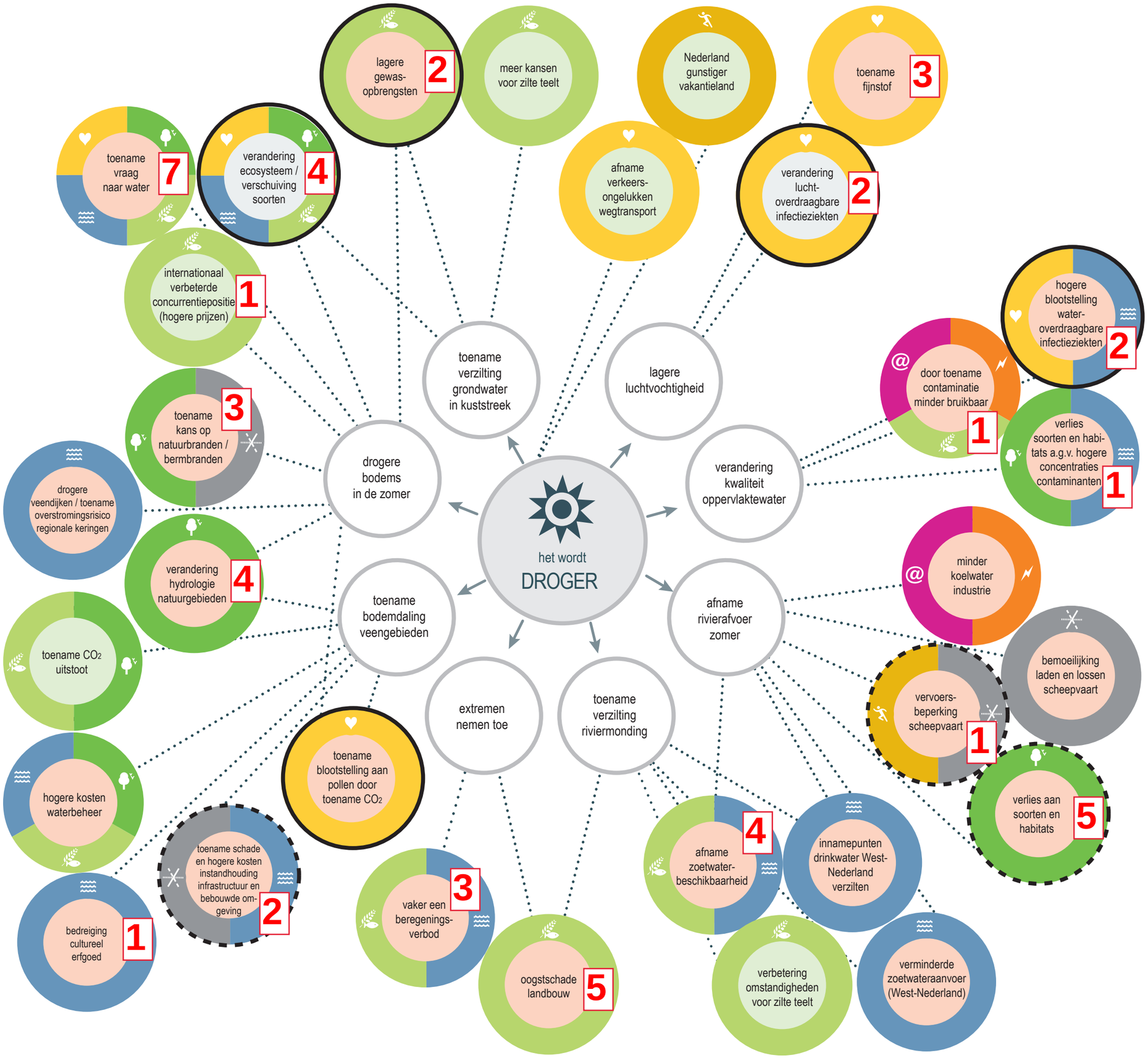
bron:
- PBL, Aanpassen met beleid, 2013
- PBL, Aanpassen aan klimaatverandering, 2015
- NAS werkateliers 07-06-2016, 01-09-2016, 12-10-2016

Disclaimer: Dit schema is een vereenvoudigde, onvolledige weergave van de werkelijkheid waarin omwille van de leesbaarheid en overzichtelijkheid niet alle stappen in causale verbanden in beeld zijn gebracht.
P.M. wetenschappelijke check op deze versie.

Bollenschema_natter_V18C_UP, februari 2018

Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)

Klimaattrends, klimaateffecten en gevolgen voor sectoren



Klimaattrend

Klimaateffect

Gevolg voor sectoren

Sectoren

- Water en ruimte
- Natuur
- Landbouw, tuinbouw en visserij
- Gezondheid
- Recreatie en toerisme
- Infrastructuur (luchtvaart, weg, spoor, water)
- Energie
- IT en telecom
- Veiligheid

Impact

- Middelgroot tot groot gevolg - dit decennium
- Groot gevolg - deze eeuw

Aard gevolg

- Gevolg is kans
- Gevolg is bedreiging
- Onduidelijk of gevolg een kans of bedreiging is

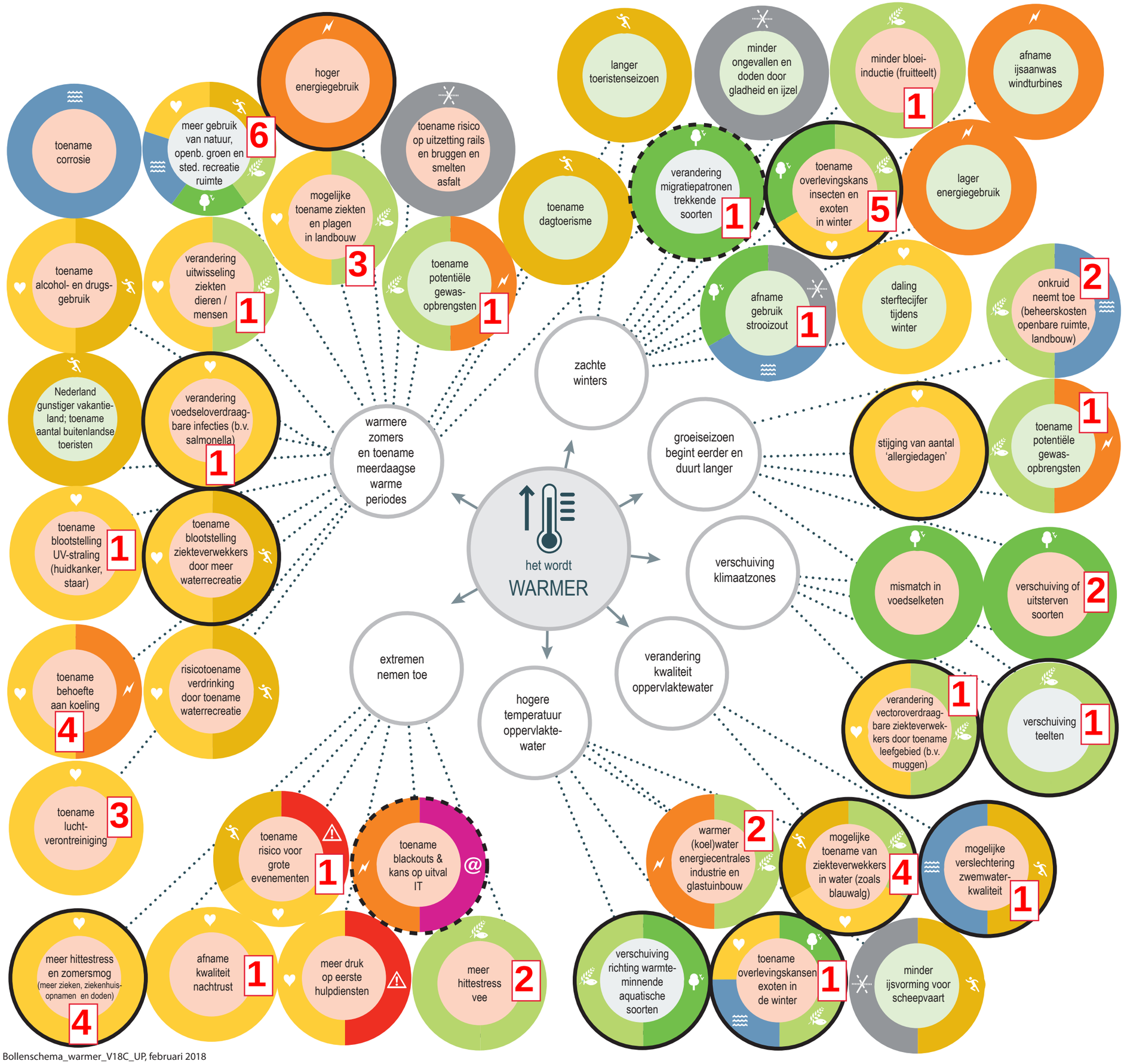
bron:
- PBL, Aanpassen met beleid, 2013
- PBL, Aanpassen aan klimaatverandering, 2015
- NAS werkateliers 07-06-2016, 01-09-2016, 12-10-2016

Disclaimer: Dit schema is een vereenvoudigde, onvolledige weergave van de werkelijkheid waarin omwille van de leesbaarheid en overzichtelijkheid niet alle stappen in causale verbanden in beeld zijn gebracht.
P.M. wetenschappelijke check op deze versie.

Bollenschema_droger_V18C_UP, februari 2018

Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)

Klimaattrends, klimaateffecten en gevolgen voor sectoren



Bollenschema_warmer_V18C_UP, februari 2018

Klimaattrend

het wordt WARMER

Klimaateffect

zachte winters

Gevolg voor sectoren

toename overlevingskans insecten en exoten in winter

Sectoren

- Water en ruimte
- Natuur
- Landbouw, tuinbouw en visserij
- Gezondheid
- Recreatie en toerisme
- Infrastructuur (luchtvaart, weg, spoor, water)
- Energie
- IT en telecom
- Veiligheid

Impact

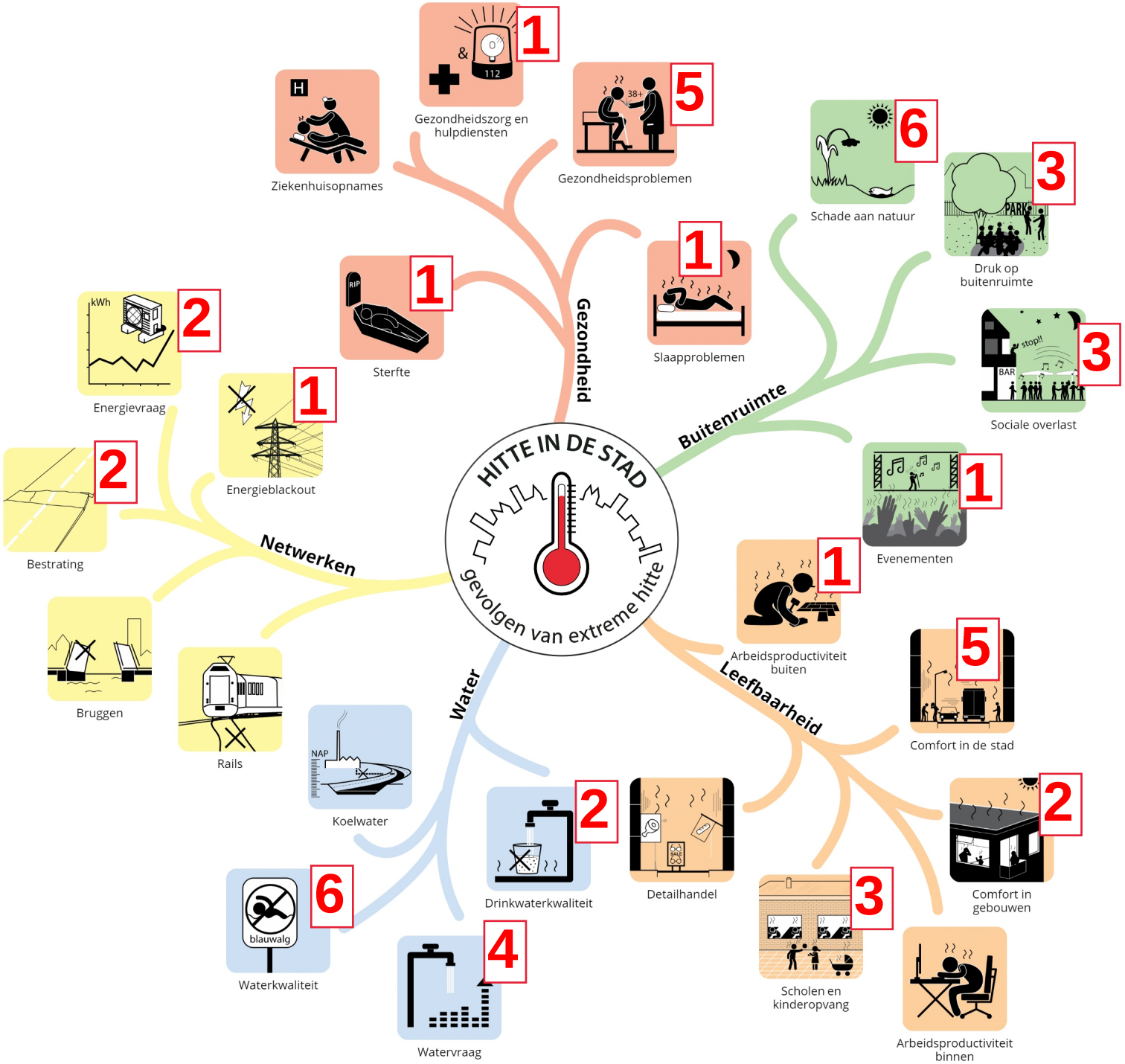
- Middelgroot tot groot gevolg - dit decennium
- Groot gevolg - deze eeuw

Aard gevolg

- Gevolg is kans
- Gevolg is bedreiging
- Onduidelijk of gevolg een kans of bedreiging is

bron:
- PBL, Aanpassen met beleid, 2013
- PBL, Aanpassen aan klimaatverandering, 2015
- NAS werkateliers 07-06-2016, 01-09-2016, 12-10-2016

Disclaimer: Dit schema is een vereenvoudigde, onvolledige weergave van de werkelijkheid waarin omwille van de leesbaarheid en overzichtelijkheid niet alle stappen in causale verbanden in beeld zijn gebracht.
P.M. wetenschappelijke check op deze versie.



De mindmap en de factsheets zijn ontwikkeld door de Hogeschool van Amsterdam in samenwerking met TNO.

Gemeente Lingewaard
Kinkelenburglaan 6
6681 BJ Bemmel
(026) 326 01 11

www.lingewaard.nl