

Stapsgewijs naar een klimaatbestendige stad

Een onderzoek naar een stapsgewijze methodiek voor de uitvoering van een integrale klimaatscan op wijkniveau



M.G. van Meijel

Land- en watermanagement
In leeropdracht van Hogeschool Van Hall Larenstein
1 juni 2017, Deventer

Stapsgewijs naar een klimaatbestendige stad

Een onderzoek naar een stapsgewijze methodiek voor de uitvoering van een integrale klimaatscan op wijkniveau

In leeropdracht van Hogeschool Van Hall Larenstein
Larensteinselaan 26A
6882 CT Velp
Begeleider Jack Schoenmakers
jack.schoenmakers@hvhl.nl



Opdrachtgever Wareco Ingenieurs
Zutphenseweg 51
7418 AH Deventer
Begeleider Maaïke Klein Overmeen
m.kleinovermeen@wareco.nl



Trefwoorden Methodiek klimaatscan Wareco

Auteur M.G. (Marloes) van Meijel
Studentnummer 000002658
marloes.vanmeijel@hvhl.nl

Datum 1 juni 2017
Plaats Deventer

Voorwoord

Deventer, mei 2017

Voor u ligt mijn afstudeerscriptie waarin staat beschreven hoe een klimaatscan stapsgewijs kan worden uitgevoerd. De opdracht is uitgevoerd ter afronding van mijn opleiding Land- en watermanagement aan Hogeschool Van Hall Larenstein. De afgelopen 18 weken heb ik met veel plezier gewerkt bij Wareco Ingenieurs in Deventer. Hierbij wil ik mijn collega's bedanken voor de fijne werksfeer en de betrokkenheid van iedereen. Met vragen kon ik bij iedereen terecht. In het bijzonder wil ik graag Maaïke Klein Overmeen en Wisse Beets bedanken voor de goede begeleiding. Er werd altijd tijd vrijgemaakt en meegedacht als dit nodig was. Ook wil ik mijn begeleider vanuit school bedanken, Jack Schoenmakers, voor zijn feedback.

Ik wens u veel leesplezier.

Marloes van Meijel

Samenvatting

De effecten van klimaatverandering hebben steeds een grotere rol in stedelijk gebied. De overheid wil Nederland op een klimaatbestendige manier inrichten. Daarvoor is het Deltaprogramma opgesteld. Hierin zijn deltabeslissingen opgenomen die richting moeten geven aan de maatregelen in Nederland. Één van deze deltabeslissingen is de deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie. De kern hiervan is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Om steden zo in te kunnen richten neemt bij gemeente de vraag naar een integraal beeld van risicogebieden toe. Om risicogebieden in kaart te brengen biedt Wareco de klimaatscan aan. Binnen Wareco is nog geen eenduidig stappenplan of methodiek aanwezig waarmee de klimaatscan uitgevoerd kan worden.

Dit onderzoek geeft Wareco inzicht in hoe een integrale klimaatscan stapsgewijs kan worden uitgevoerd en hoe de resultaten omgezet kunnen worden naar het signaleren van kwetsbaarheden in een gebied. Daarvoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Hoe kan een integrale klimaatscan stapsgewijs worden uitgevoerd en hoe kunnen de uitkomsten hieruit omgezet worden naar kwetsbaarheden gerelateerd aan klimaatverandering, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het thema en de ruimtelijke spreiding van de overlast op wijk en/of stadsniveau.*

In de klimaatscan worden de klimaatthema's opgenomen die spelen in stedelijk gebied. De thema's die in dit onderzoek zijn meegenomen zijn: Water-op-straat, grondwateroverlast, grondwateronderlast en hittestress. Gemeenten bepalen zelf in welke mate ze welk thema naar voren willen laten komen. Per thema worden risicokaarten gemaakt waarop komt te staan welke gebieden voor het desbetreffende thema schade kunnen lopen. De grootte van het risico wordt bepaald aan de hand van risicobepaling $\text{Risico} = \text{Kans} \times \text{Kwetsbaarheid}$, naar het principe van Kinney & Wiruth. Hierbij hangt de kans samen met wat de klimaatscenario's doen op het gebied van water, bodem en groen. De kwetsbaarheid hangt af van de mensen, eigendommen en openbare ruimte die consequenties ondervinden naar aanleiding van de klimaatverandering. Met behulp van scores voor 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' wordt onderscheid tussen de klassen gemaakt. Op deze manier kunnen urgente locaties benadrukt worden met een hogere score. Hoe groter de kans van optreden, hoe hoger de score. Voor de kwetsbaarheid geldt dat hoe gevoeliger een gebied is, hoe hoger de score wordt. De locaties die risico lopen volgens de risicokaarten, worden samengevoegd tot een integrale kwetsbaarhedenkaart. Op deze kaart kan de gemeente in één oogopslag zien welke thema's op welke locaties voor schade kunnen zorgen. Wareco kan voor deze locaties een voorstel van adaptatiemaatregelen maken om de knelpunten op te lossen.

Dit wordt uitgevoerd in de klimaatscan volgens de volgende zes stappen:

1. Initiatief
2. In gesprek met gemeente
3. Detailniveau gegevens per klimaatthema vaststellen
4. Risicokaarten per klimaatthema opstellen
5. Integraal beeld creëren
6. Mogelijkheden van adaptatiemaatregelen benoemen

Deze stappen zijn getest op Pesse, een kern ten noorden van Hoogeveen. Voor deze kern zijn de thema's water-op-straat, grondwateroverlast en hittestress opgenomen in de klimaatscan. Het thema grondwateronderlast speelt niet voor deze kern en is daarom niet meegenomen. Uit de integrale kwetsbaarhedenkaart komt naar voren dat het gebied rond de basisschool kwetsbaar is voor water-op-straat en hittestress. Door de toepassing van een groen schoolplein kunnen beide thema's worden aangepakt.

Inhoud

Lijst van verklarende begrippen/ afkortingen	9
1. Inleiding	10
Kader	10
Aanleiding	10
Probleem	11
Doel en resultaat	11
Hoofd- en deelvragen	11
Afbakening	11
Onderzoeksopzet	12
2. Theoretisch kader	13
2.1 Klimaatverandering	13
2.1.1 Temperatuur	13
2.1.2 Neerslag	13
2.1.3 Zeespiegel	14
2.2 Algemene gevolgen klimaatverandering	14
2.2.1 Overstromingsrisico	14
2.2.2 (Grond)wateroverlast	14
2.2.3 Hitte	15
2.3 Effecten klimaatverandering specifiek voor stedelijke gebieden	15
2.3.1 Regenwateroverlast	15
2.3.2 Grondwaterover- en onderlast	15
2.3.3 Inundatie vanuit oppervlaktewater	16
2.3.4 Hitte	16
2.4 Doel klimaatscan	16
2.5 Huidige uitvoering van klimaatscan door Wareco	17
2.6 Thema's in de klimaatscan	18
3. Onderzoeksmethode	19
3.1 Risicobepaling	19
3.1.1 Input gegevens	19
3.1.2 Output gegevens	21
3.2 Detailniveau gegevens	21
3.3 Risicofactor	22

4. Uitwerking per klimaatthema	24
4.1 Water-op-sstraat	24
4.1.1 Kans	24
4.1.2 Kwetsbaarheid	25
4.2 Grondwateroverlast	27
4.2.1 Kans	27
4.2.2 Kwetsbaarheid	27
4.3 Grondwateronderlast	29
4.3.1 Kans	29
4.3.2 Kwetsbaarheid	29
4.4 Hitte	32
4.4.1 Kans	32
4.4.2 Kwetsbaarheid	33
5. Stappenplan klimaatscan	35
5.1 Stresstest klimaatbestendigheid	35
5.2 Stappenplan klimaatscan Wareco	35
5.3 Handelingen per stap	36
6. Toepassing klimaatscan op studiegebied Pesse	38
Conclusie	44
Discussie en aanbevelingen	46
Reflectie	48
Bibliografie	49

Lijst van verklarende begrippen/ afkortingen

Grondwateronderlast

Dit begrip wordt door Wareco gebruikt om te vermelden dat er schade of problemen worden ondervonden als gevolg van een (sterk) dalende grondwaterstand.

UHI = Urban Heat Island

Het stedelijk hitte-eiland dat ontstaat doordat de temperaturen in steden over het algemeen hoger zijn dan in het buitengebied.

RHG= Representatief Hoogst gemeten Grondwaterstand

De RHG wordt in beeld gebracht met behulp van statische waarden op basis van langjarige meetreeksen. De RHG is de 90^e percentielwaarde van een reeks gemeten grondwaterstanden: 10% van de metingen in de reeks is hoger dan de RHG. Dit betekent dat ongeveer 36 dagen per jaar de grondwaterstand hoger is dan de RHG. De RHG-methode is vergelijkbaar met de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) (Wareco, 2017).

RLG= Representatief Laagst gemeten Grondwaterstand

De RLG wordt in beeld gebracht met behulp van statische waarden op basis van langjarige meetreeksen. De RLG is de 10^e percentielwaarde van een reeks gemeten grondwaterstanden: 10% van de metingen in de reeks is lager dan de RLG. Dit betekent dat ongeveer 36 dagen per jaar de grondwaterstand lager is dan de RLG. De RLG-methode is vergelijkbaar met de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) (Wareco, 2017).

Ontwatering

Het verschil tussen de grondwaterstand en het maaiveld.

SVF = Sky View Factor

De SVF geeft voor een bepaalde locatie de fractie van de hemel weer, die zichtbaar is wanneer je met je rug op de grond ligt (Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht, z.d.).

Ontwerpbui08

Een rioolstelsel is meestal ontworpen op een ontwerpbui met een herhalingsdij van circa $T = 2$ jaar (Leidraad Riolerings bui 08). Dit staat gelijk aan een bui-intensiteit van 19,8 mm/uur.

BRP = Basis Rioleringsplan

Een BRP is een hydraulische berekening van het gehele stelsel van de gemeente op basis van een betrouwbare inventarisatie. In een BRP wordt aangegeven waar de knelpunten van het stelsel zitten en of en hoe deze opgelost kunnen worden (Moon Ingenieurs, 2017). Gemeenten controleren de bergings-/ledigingscapaciteit van rioolstelsels of infiltratievoorzieningen met de buien zijn afgeleid uit de 15-minutenregenreeks van De Bilt, periode 1955-1979 (Reichard, et al., 2011). De afvoercapaciteit van rioolstelsels controleren zij met (een van) de ontwerpbui(en) 05 t/m 10 (meestal bui 08, 09 of 10), met een herhalingsdij van 1 tot 10 jaar.

1. Inleiding

Kader

De klimaatverandering heeft grote gevolgen voor mensen, dieren en hun leefomgeving die nu al merkbaar zijn. Een bekend effect van klimaatverandering is de stijging van de gemiddelde wereldtemperatuur. Maar klimaatverandering heeft ook andere effecten zoals het verschil in neerslagpatronen en extremer weer. Nederland zal waarschijnlijk te maken krijgen met nattere winters en drogere zomers. Er zullen waarschijnlijk meer, langere en intensievere hittegolven zijn. En als deltaland krijgt Nederland te maken met de stijging van de zeespiegel (WUR, 2016).

De effecten van klimaatverandering hebben ook een steeds grotere rol in stedelijk gebied. Extreme buien in de stad kunnen voor water-op-straat zorgen. In wijken met veel verharding kan de temperatuur ernstig oplopen en ook de grondwaterstand wordt beïnvloed. Bovendien kunnen te hoge en lage grondwaterstanden schade veroorzaken aan woningen.

De overheid wil ons land klimaatbestendig inrichten en heeft daarvoor het Deltaprogramma laten opstellen in samenwerking met andere relevante organisaties. De overheid zorgt ervoor dat Nederland is voorbereid op meerdere klimaatscenario's (Deltaprogramma, 2017). Het Deltaprogramma heeft in 2014 voorstellen voor deltabeslissingen uitgebracht. Deze deltabeslissingen geven richting aan de maatregelen die Nederland inzet, op korte en lange termijn (Deltabeslissingen, 2017). Één van deze deltabeslissingen is de deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie. De kern van de deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Overheden gaan ervoor zorgen dat schade door hittestress, wateroverlast, droogte en overstromingen zo min mogelijk toeneemt en letten daar op bij de aanleg van nieuwe woonwijken en bedrijventerreinen, het opknappen van bestaande bebouwing, vervanging van riolering en wegonderhoud. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de klimaatscenario's (Deltacommissaris Ruimtelijke Adaptatie, 2017).

Aanleiding

Om steden waterrobuust en klimaatbestendig in te kunnen richten is er behoefte aan een integraal inzicht in de knelpunten die zich in een gebied kunnen voordoen als gevolg van de klimaatverandering. Extreem weer (zoals zware buien, extreme droogte en hitte) en veranderende gemiddelde (grond)waterstanden beïnvloeden onze leefomgeving. Bij het klimaatbestendig inrichten van een stad moet met deze aspecten rekening gehouden worden. Om een integraal inzicht te krijgen is een interdisciplinaire aanpak noodzakelijk door samenwerking tussen architecten, stedenbouwkundigen, rioolbeheerders, beleidsmakers, etc. Een klimaatscan is hiervoor een goed hulpmiddel.

Een klimaatscan brengt risicogebieden in kaart. Voor de uitvoering hiervan bestaat nog geen uitgewerkte standaard methodiek. De bestaande 'Handreiking voor de uitvoering van een Stresstest Klimaatbestendigheid' (van de Ven, Buma, & Vos, 2014) is onderdeel van de deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie. Het document biedt onvoldoende concrete handvatten over hoe zo'n scan het best kan worden uitgevoerd. De brede en uitvoerige handleiding nodigt niet uit tot actie. Adviesbureaus als Wareco, die overheden adviseren,

willen meer concrete handvatten om aan de toenemende vraag naar klimaatinventarisatie in gemeenten te voldoen.

Probleem

Door een toenemende vraag vanuit gemeenten naar een integraal beeld, rijst bij Wareco de vraag om een stappenplan te maken voor de uitvoering van de klimaatscan. Door Wareco zijn de afgelopen jaren verschillende losse onderdelen van de klimaatscan in beeld gebracht. Hieronder vallen bijvoorbeeld de kwetsbare plekken in de stad ten aanzien van hoog en laag grondwater of probleemlocaties ten aanzien van afstromend regenwater bij piekbuien. Maar het maken van een integraal beeld met daarop kwetsbaarheden als gevolg van klimaatverandering is op dit moment nog niet gedaan een daarvoor willen ze een methodiek ontwikkelen.

Doel en resultaat

Dit onderzoek geeft Wareco inzicht in hoe een integrale klimaatscan stapsgewijs kan worden uitgevoerd en hoe de uitkomsten uit de scan kunnen worden omgezet naar het signaleren van kwetsbaarheden in een gebied. Hierbij wordt een generiek stappenplan (een beschreven methodiek) opgesteld voor de uitvoering van een klimaatscan door Wareco. Gemeenten kunnen de scan gebruiken om knelpunten inzichtelijk te maken zodat ze gericht en doelmatig maatregelen kunnen treffen tegen de gevolgen van klimaatverandering. Het rapport dient als toelichting op het gemaakte stappenplan.

Hoofd- en deelvragen

De onderzoeksvraag die voor dit onderzoek is opgesteld luidt als volgt:

Hoe kan een integrale klimaatscan stapsgewijs worden uitgevoerd en hoe kunnen de uitkomsten hieruit omgezet worden naar kwetsbaarheden gerelateerd aan klimaatverandering, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het thema en de ruimtelijke spreiding van de overlast op wijk en/of stadsniveau?

Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag, zijn onderstaande deelvragen opgesteld:

- Welke aspecten van klimaatverandering spelen een belangrijke rol in stedelijke gebieden?
- Wat is het doel van de klimaatscan en wat gebeurt er met de uitkomsten van de scan?
- Welke probleemdefiniërende parameters, gerelateerd aan klimaatsverandering, moeten in kaart gebracht worden bij een klimaatscan?
- Over welke relevante gegevens van de thema's waterveiligheid, waterover- en -onderlast en hitte beschikt Wareco (of andere bronnen als open source data) al bij de huidige werkwijze voor de klimaatscan en hoe worden deze gegevens gebruikt in de huidige scan?
- Hoe kan de informatie uitgewerkt worden tot risicokaarten per thema met behulp van GIS-modellen?
- Hoe kunnen resultaten van de klimaatscan uit GIS gecombineerd worden tot een integrale kwetsbaarhedenkaart?

Afbakening

Klimaatverandering kent vele aspecten en speelt op diverse vlakken. Dit onderzoek beperkt zich tot de thema's die spelen in stedelijk gebied. Het buiten gebied wordt buiten

beschouwing gelaten. De thema's in dit onderzoek (water-op-straat, grondwateroverlast en -onderlast en hitte) zijn afgestemd met Wareco. In dit rapport wordt de keuze voor deze thema's verder toegelicht. De beschreven methodiek is gebaseerd op de handelingen die al door Wareco werden gedaan. Deze handelingen wil Wareco verder uitgeschreven en onderzocht hebben. Er is daarom niet gekeken naar totaal andere methodes maar er is voortgebouwd op een al bestaande methode. Bij het toetsen van de beschreven methodiek wordt gebruik gemaakt van de interne gegevens van Wareco en open data. De laatste twee deelvragen worden beantwoord door gebruik te maken van een testgebied. In overleg met Wareco en de gemeente Hoogeveen is dit Pesse, een kern ten noorden van Hoogeveen, geworden.

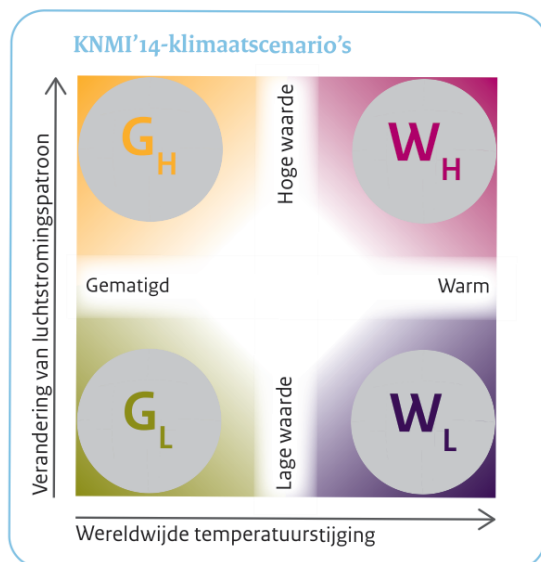
Onderzoeksopzet

Het tweede hoofdstuk licht het theoretisch kader toe. Hierbij wordt ingegaan op de klimaatverandering en de effecten die hierdoor verwacht worden in stedelijk gebied. Ook wordt er ingegaan op het doel van de klimaatscan, wat Wareco op dit moment hieraan doet en welke klimaatthema's in dit onderzoek meegenomen zullen worden. In het derde hoofdstuk volgt een uitleg over de onderzoeksmethode. Hierbij komt de risicobepaling aan bod en wordt uitgelegd hoe de grootte van het risico wordt bepaald. Daarna volgt in hoofdstuk vier de uitwerking van de methode per klimaatthema. Hoofdstuk vijf beschrijft het stappenplan dat Wareco, na aanleiding van dit onderzoek, zou kunnen gaan gebruiken voor de klimaatscan. Hoofdstuk zes omvat een uitwerking van de klimaatscan voor het studiegebied Pesse. Als laatste komen de conclusie, discussie en aanbevelingen aanbod.

2. Theoretisch kader

2.1 Klimaatverandering

Als gevolg van klimaatverandering verandert het gemiddelde klimaat. Het KNMI heeft scenario's gemaakt die informatie geven over zowel de gemiddelde verandering als de verandering in extremen van het toekomstig klimaat in Nederland (KNMI, 2017). De meest recente scenario's zijn de KNMI'14-scenario's. De KNMI'14-scenario's bestaan uit combinaties van de wereldwijde temperatuurstijging en de mogelijke veranderingen van het luchtstromingspatroon. Voor de temperatuurstijging gelden de scenario's 'Gematigd' en 'Warm', de luchtstroming kan veranderen in 'Lage waarde' en 'Hoge waarde' (KNMI, 2015). Dit is weergegeven in figuur 1. Ieder scenario geeft een samenhangend beeld van veranderingen in twaalf klimaatvariabelen waaronder temperatuur, neerslag, zeespiegel en wind (KNMI, 2015).



Figuur 1 KNMI'14-scenario's

Bron: (KNMI, 2015)

2.1.1 Temperatuur

De gemiddelde temperatuurstijging in de periode van 1880-2012 zo'n 0,9 °C wereldwijd en zo'n 1,8 °C in Nederland (KNMI, 2015). Deze stijging is in Nederland circa tweemaal hoger dan gemiddeld over de wereld en in Nederland is de afgelopen 20 jaar geen afzwakking van deze stijgende trend te zien (van Minnen & Ligtoet, 2012). De snellere opwarming in onze omgeving wordt verklaard doordat landmassa's in het algemeen sneller opwarmen dan wereldgemiddeld (doordat oceanen langzaam opwarmen) (van Minnen & Ligtoet, 2012). Verder heeft Nederland te maken met meer (zuid)westenwind in de late winter en het vroege voorjaar, meer bewolking, stijgende temperaturen van het Noordzeewater en een toename in de hoeveelheid zonnestraling in het voorjaar en de zomer (KNMI, 2008).

2.1.2 Neerslag

Jaarlijks valt er in Nederland ongeveer 850 millimeter neerslag. Dit is een toename van 20 procent ten opzichte van de 700 millimeter die een eeuw geleden viel ten opzichte van 2012. Deze toename geldt voornamelijk in de winter, terwijl de hoeveelheid neerslag in de zomer nauwelijks is veranderd. De toename aan neerslag, voornamelijk aan de kust,

wordt ook bevorderd door het opwaven van het zeewater van de Noordzee. Zo zorgt het warmere zeewater voor het ontstaan van meer wolken boven zee, die zwaardere buien kunnen veroorzaken boven land, vooral langs de kust. Zware buien kunnen lokaal zorgen voor wateroverlast, beperkingen in het zicht, schade voor bebouwing en land- en tuinbouw. De frequentie van dit soort hevige regenbuien neemt toe (van Minnen & Ligtoet, 2012).

2.1.3 Zeespiegel

De zeespiegel is in de periode van 1912-2012 ongeveer twintig centimeter gestegen (van Minnen & Ligtoet, 2012). Voor de Noordzee is geen duidelijke versnelling zichtbaar in het tempo van stijging die uitstijgt boven de natuurlijke variaties van de zeespiegel. Bij het wereldgemiddelde is dit wel zichtbaar (KNMI, 2015). De zeespiegel stijgt niet alleen absoluut door het afsmelten van landijs en het uitzetten zeewater, maar ook relatief door bodemdaling (Leenaers, Donkers, & Noordhoff Atlasproducties, 2010).

2.2 Algemene gevolgen klimaatverandering

Klimaatverandering heeft in Nederland uiteenlopende effecten, welke positief en negatief kunnen zijn voor de menselijke gezondheid, de waterveiligheid en zoetwatervoorziening, de natuur, de landbouw en de recreatie. Deze effecten zullen naar verwachting doorzetten. Hieronder wordt besproken wat dit betekent voor Nederland in de toekomst.

2.2.1 Overstromingsrisico

De rivierafvoer van de Maas en Rijn zijn (mede) relevant voor de overstromings- en droogterisico's in Nederland. De vier klimaatscenario's geven voor de Rijn en de Maas een eenduidige toename in de gemiddelde afvoer in de winter. Door Van Minnen & Ligtoet zijn in 2012 nog geen trends waargenomen voor piekafvoeren. Hoewel er nog geen trendmatige verandering waarneembaar is, wordt een toename van piekafvoeren als gevolg van verdere klimaatverandering wel mogelijk geacht, vooral in de winter en het voorjaar (van Minnen & Ligtoet, 2012).

Zwaardere en langere perioden van regen zorgen er in de winter voor dat grotere piekafvoeren ontstaan. De rivieren moeten meer water afvoeren dan gebruikelijk waardoor het rivierpeil stijgt. Bovendien zal het rivierpeil van de Rijn stijgen doordat sneeuw eerder smelt door de hogere temperaturen. Dit overschot moet de Rijn in het voorjaar afvoeren. De dijken en waterkeringen in Nederland zijn niet gedimensioneerd op dit hoge waterpeil. De druk op de dijken neemt toe en rivieren treden buiten hun bedding. Hierdoor neemt de kans op overstromingen en dijkdoorbraken toe.

2.2.2 (Grond)wateroverlast

De piekbuien, de toe- en afname van de gemiddelde rivierafvoeren en de optredende bodemdaling kunnen grondwateroverlast veroorzaken. Hogere rivierpeilen zorgen voor een stijging van de grondwaterstand. Bij gebieden met nu al te weinig of krappe ontwatering kan hierdoor grondwateroverlast optreden. Wareco is expert in het uitvoeren van grondwateronderzoek en komt met effectieve oplossingen om grondwateroverlast tegen te gaan (Wareco, 2017).

Ook het tegenovergestelde kan voorkomen. Door toename van piekbuien in combinatie met langere periodes van droogte, wordt de rivierafvoer lager. Dit heeft grondwaterstanddaling tot gevolg, als het grondwater niet kunstmatig op peil wordt

gehouden. Dit kan gevolgen hebben voor de landbouw, scheepvaart en energievoorzieningen (van Minnen & Ligtvoet, 2012).

2.2.3 Hitte

Volgens alle vier de KNMI'14-scenario's zal de temperatuur in Nederland stijgen (KNMI, 2015). Het aantal warme extremen in Nederland vertoont een stijgende trend terwijl het aantal koude extremen een dalende trend weergeeft. Het aantal jaarlijkse zomerse dagen nam met negentien toe terwijl het aantal vorstdagen met zeventien dagen daalde in 2012 ten opzichte van 1950 (van Minnen & Ligtvoet, 2012). Het KNMI heeft berekend dat er meer tropische dagen zullen zijn in de toekomst. Dat zijn dagen waarop de maximum temperatuur hoger is dan 30 °C (Döpp, 2011).

2.3 Effecten klimaatverandering specifiek voor stedelijke gebieden

De klimaatverandering heeft aanzienlijke gevolgen voor de stedelijke samenleving.

Belangrijke gevolgen voor stedelijke gebieden zijn (Kwadijk & Drunen, 2006):

- Het vaker voorkomen van wateroverlast in stedelijke gebieden (waarschijnlijk)
- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter en daarmee een toenemende kans op overstromingen (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)

Aanpassingen aan de effecten van de klimaatverandering zijn belangrijk. Dit kan door het stedelijk gebied klimaatadaptief te gaan inrichten. In de paragrafen hieronder worden de effecten beschreven die specifiek voor problemen in steden kunnen gaan zorgen.

2.3.1 Regenwateroverlast

Door de klimaatverandering neemt de extreme neerslag toe. De extreme buien leiden er soms toe dat het riool de hoeveelheid regenwater niet direct kan verwerken. Per jaar regent het enkele keren (veel) harder dan ontwerpbeurt08, waarop riolen zijn ontworpen. Water-op-straat is daarom onvermijdelijk tijdens extreme neerslag. Water-op-straat betekent niet meteen dat er sprake is van wateroverlast maar kan (zeer) hinderlijk zijn. Er is (pas) sprake van wateroverlast bij materiële of economische schade en risicovolle situaties voor de volksgezondheid. Hierbij kan gedacht worden aan (van Luijtelaar & et al, 2014):

- Regenwater dat via het maaiveld huizen binnenloopt
- Winkelcentra die niet meer bereikbaar zijn
- Blokkade van belangrijke verkeersroutes
- Gevaar door opdrijvende putdeksels
- Mensen die ziek worden van (afval)water op straat

2.3.2 Grondwaterover- en onderlast

Te lage of te hoge grondwaterstanden voor langere tijd kunnen grote problemen geven in stedelijke gebieden. Als gevolg van te lage grondwaterstanden (grondwateronderlast) kan droogstand van houten funderingspalen optreden. Die kunnen hierdoor gaan rotten, met eventuele verzakking of scheuringen van de gebouwen tot gevolg.

Ook maaiveld daling is een gevolg van veranderingen in de grondwaterstand. Door daling van de grondwaterstand, wordt de drooglegging en ontwatering groter. Hiermee klinken veen en/of kleilagen in. Veen oxideert en klei verliest zijn structuur door langdurige droogstand (Royal HaskoningDHV, 2012). Dit is een probleem in met name het westen van het land.

Klachten over te hoge grondwaterstanden gaan vaak over natte tuinen, vocht in kruipruimtes en optrekkend vocht in de woning of langdurig natte groenstroken in de wijk (Wareco, 2017). Deze klachten zullen toenemen als de verwachtingen, besproken in paragraaf 2.2.2, doorzetten.

2.3.3 Inundatie vanuit oppervlaktewater

Hogere rivierafvoeren zorgen voor een grotere kans op overstromingen vanuit de rivieren. De druk op dijken en dammen die ons achterland beschermen neemt toe. Door stijging van de rivierpeilen, stijgt ook het peil van het afvoerende oppervlaktewater. Dit heeft tot gevolg dat ook het peil van kanalen en grachten in steden stijgt en tot overstroming kunnen leiden.

2.3.4 Hitte

De temperaturen in steden zijn over het algemeen hoger dan in het buitengebied. Dit wordt veroorzaakt door het stadeffect, ook wel het stedelijk hitte-eiland effect of urban head island (UHI) effect genoemd (Döpp, 2011). Dit UHI is vooral in steden een probleem doordat in de steden meer warmte wordt gecreëerd en vastgehouden en er minder wind en ventilatie is (van Minnen & Ligtoet, 2012). Gezondheidsrisico's die hierbij horen zijn hittestress en een toename van sterfte onder ouderen en mensen met hart- en vaatziekten (RIVM, 2017). Hittestress treedt op als warmte productie resulteert in een verhoogde kerntemperatuur van het lichaam van mens en dier (Heusinkveld, 2013). Andere gevolgen van hitte op de mens in Nederlandse steden die genoemd kunnen worden zijn afname van de luchtkwaliteit zoals smog en toename van energieverbruik voor airconditioning in de zomer (Döpp, 2011).

2.4 Doel klimaatscan

Gemeenten zien steeds vaker de effecten van de klimaatverandering optreden in hun stedelijk gebied. De vraag om een integraal beeld te krijgen van kwetsbare of risicovolle gebieden, wat betreft deze effecten, neemt toe. De klimaatscan brengt de relevante klimaateffecten van een gebied in kaart. Om deze klimaateffecten in kaart te brengen wordt informatie verzameld van thema's die spelen in stedelijke gebieden wat betreft klimaatverandering. Thema's die in stedelijke gebieden een belangrijke rol spelen zijn de toenemende kans op overstromingen, wateroverlast door extreme neerslag, grondwateroverlast, schade door droogte en hitte in de stad (A.W. Boer namens Wareco, 2016).

Door de overheid zijn al verschillende bronnen beschikbaar gesteld waar de effecten van klimaatverandering worden weergegeven, zoals de Klimaateffectatlas en Risicokaart Nederland. De informatie op deze site is voor gemeenten minder aantrekkelijk omdat ze niet op wijk-/stadniveau zijn gemaakt. De klimaatscan moet dit wijk-/stadniveau wel kunnen dekken. Gemeenten vragen Wareco om gedetailleerdere scans uit te voeren. Met behulp van gegevens die beschikbaar zijn (openbaar, intern of aangeleverd door de gemeente) doet Wareco analyses om inzicht te krijgen in de klimaat problematiek die in een gemeente wel/niet speelt. Met behulp van (GIS)analyses worden kaarten gemaakt (Wareco klimaatscan, 2017).

De kaarten die voortkomen uit de scan geven gemeenten inzicht in welke locaties van de wijk of stad kwetsbaar zijn voor klimaatverandering en welk effect de klimaatverandering daar heeft. De scan geeft inzicht waar welke klimaatthema's spelen en hoe hoog de

urgentie is dat een locatie moet worden aangepakt op basis van het risico. Een voorbeeld van zo'n risicokaart is weergegeven in bijlage 1.

De klimaatscan kan door de gemeenten gebruikt worden als onderbouwing om plannen te maken om gebieden klimaatbestendig in te richten. Uit de scan kunnen gebieden voortkomen die eerder misschien nog niet in beeld waren om daar maatregelen te treffen.

Bij het bedenken van een passende oplossing voor de aanpak van problemen zijn diverse partijen betrokken, zoals ontwerpers, (riool)beheerders, beleidsmakers en burgers. Deze groepen hebben elk hun eigen belangen en behoeften. De uitkomsten van de klimaatscan kunnen helpen bij het zoeken naar gezamenlijke belangen van die verschillende partijen (Wareco klimaatscan, 2017). Op deze manier kan er één lijn getrokken worden tussen de verschillende partijen om met een goed ontwerp voor (her)inrichting te komen.

De klimaatscan vormt een uitgangspunt voor (Wareco klimaatscan, 2017):

- Een op te stellen adaptatieplan met maatregelen
- De communicatie met inwoners en bedrijven over maatregelen die zij zelf kunnen of moeten nemen.

2.5 Huidige uitvoering van klimaatscan door Wareco

Op dit moment worden door Wareco al facetten van de scan uitgevoerd. Dit zijn echter allemaal losse onderdelen. Zo doet Wareco veel op het gebied van grondwateronderzoek. Grondwateroverlast en grondwateronderlast zijn problemen waarover gemeenten advies vragen bij Wareco. Over het hele land beheert Wareco peilbuizen en de bijbehorende gegevens in opdracht van verschillende gemeentes. Voor gemeenten met peilbuizen, beheerd door Wareco, hoeven wat betreft grondwater gerelateerde problemen geen open data gebruikt te worden. Het uitlezen en binnenhalen van de gegevens uit de dataloggers gebeurt intern. Voor gebieden waar Wareco niet beschikt over peilbuisgegevens wordt de informatie uit Dinoloket gebruikt, als deze actueel genoeg is. Niet actuele peilbuizen geven mogelijk een verkeerd beeld van de grondwatersituatie.

Regenwateroverlast in stedelijk gebied is een thema waarover Wareco steeds meer vragen krijgt. Door middel van afstromingskaarten die gemaakt worden in ArcGis en Qgis, kan advies gegeven worden aan gemeenten over locaties waar water zich zal verzamelen na hevige neerslag. Deze kaarten worden gemaakt op basis van de AHN die gratis te downloaden en te gebruiken is. De afstromingskaarten worden door Wareco als ondersteuning gebruikt om uitspraken te kunnen doen over de grootte van het probleem en het geven van mogelijke oplossingen. Voor de locaties wordt gekeken hoe het regenwater daar geborgen of afgevoerd kan worden. Verder worden voor dit thema open data als de Klimateffectatlas en Risicokaart Nederland gebruikt om een indicatie te krijgen van de toekomstige problemen die mogelijk zullen gaan spelen.

Het thema hitte is een onderdeel waarover Wareco weinig tot geen informatie intern ter beschikking heeft. Om hierover uitspraken te doen naar gemeenten worden op dit moment externe specialisten gevraagd om mee te kijken of te begeleiden. Open data zoals de Klimateffectatlas en Risicokaart Nederland worden geraadpleegd om een indicatie van de toekomstige effecten te krijgen. Door het beperkte detailniveau van deze gegevens worden deze niet gebruikt om gedetailleerde uitspraken te doen. Het thema hittestress en

de vorming van hitte-eilanden wordt door de beperkte kennis binnen Wareco dan ook weinig tot niet gedaan.

De losse onderdelen zoals hierboven uitgelegd zijn, worden regelmatig aangeboden aan gemeenten. Echter is er steeds meer vraag naar een gecombineerd product waarin meerdere thema's die spelen door de klimaatverandering integraal worden opgenomen. Een voorbeeld hiervan is de Stresstest Klimaatbestendigheid zoals beschreven staat in Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie. Hoe deze stresstest eruit ziet zal verder worden toegelicht in hoofdstuk 5. De methodiek uit dit onderzoek moet er toe leiden dat Wareco de aparte onderdelen kan gaan aanbieden als een totaalproduct, de Klimaatscan.

2.6 Thema's in de klimaatscan

In stedelijke gebieden spelen de toenemende kans op inundatie vanuit oppervlaktewater, wateroverlast door extreme neerslag, grondwateroverlast en hitte een belangrijke rol. Uit gesprekken met adviseurs binnen Wareco blijkt dat dit thema's zijn waar gemeenten duidelijker inzicht in willen. De klimaatthema's die in dit onderzoek worden meegenomen zijn:

- Water-op-straat door beperkingen van de rioolafvoer
- Grondwateroverlast
- Grondwateronderlast
- Hittestress



Er is bewust gekozen om inundatie vanuit oppervlaktewater niet mee te nemen in dit onderzoek. Gemeenten zijn verantwoordelijk voor het beheer van het grondwater in stedelijk gebied, het afvoeren van afvalwater en het afvoeren van overtollig regenwater via de riolering (Rijksoverheid, z.d.). Het oppervlaktewater dat binnen de gemeente ligt en daarmee de kans op inundatie vanuit oppervlaktewater, valt onder de verantwoordelijkheid van het waterschap. Het waterschap is verplicht om de wateren te toetsen aan de normen uit het Nationaal bestuursakkoord Water (NBW) voor waterveiligheid en -overlast. Deze toetsing wordt de NBW-toetsing genoemd. De NBW-toetsing is een terugkerende activiteit van de waterschappen (Velner & Spijker, 2011). De overstromingsrisico's kunnen worden opgevraagd bij de waterschappen. Maatregelen die getroffen moeten worden om de veiligheid te waarborgen liggen bij de waterschappen en Rijkswaterstaat.

Het risico op inundatie is voor gemeenten minder interessant omdat zij niet aan zet zijn bij het treffen van maatregelen. De focus voor de klimaatscan ligt op de thema's waar gemeenten wel invloed op hebben.

3. Onderzoeksmethode

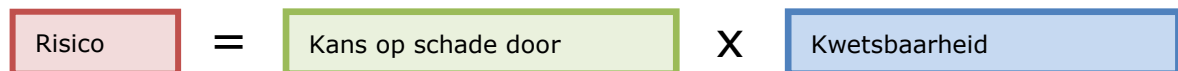
In dit hoofdstuk wordt de risicobepaling uitgelegd en wordt beschreven op welke wijze de grootte van het op te treden risico per klimaatthema bepaald wordt.

3.1 Risicobepaling

De risicokaarten die voort komen uit de klimaatscan zijn gebaseerd op het principe $Risico = Kans \times Effect$. Deze risicobepaling is een wegingsmethodiek van Kinney & Wiruth en is een veel gebruikte rankingsmethode in de arbeidsveiligheid. Het wordt gebruikt voor het bepalen van de grootte van het risico op basis van de parameters kans (K) en effect (E). Hierbij is het risico het product van kans maal effect. In de methodiek van Kinney & Wiruth kan het effect bestaan uit materiële schade of lichamelijk of psychisch letsel (IMA, z.d.). Bij de klimaatscan gaat het niet om arbeidsveiligheid maar over veiligheid tegen effecten die optreden als gevolg van de klimaatverandering.

In de klimaatscan zijn de parameters K en E onderverdeeld in klassen. Zo kan onderscheid gemaakt worden in de grootte van het uiteindelijk op te treden risico en kunnen gradaties worden aangebracht in de kansen en effecten in de klimaatscan.

In dit onderzoek wordt gewerkt met een blokschema (figuur 2) voor de invulling van $Risico = Kans \times Effect$. In het blokschema is gebruik gemaakt van een andere omschrijving voor factor E omdat er in dit onderzoek niet gesproken wordt over effecten maar over gevoeligheid voor een risico die optreedt als gevolg van klimaatverandering. In deze scan wordt de factor 'Effect' vervangen door 'Kwetsbaarheid'. Onder de kwetsbaarheid vallen in dit geval de personen, privé eigendommen en delen van de openbare ruimte die een hoge kwetsbaarheid hebben voor klimaatverandering.



Figuur 2 Schematisatie $Risico = Kans \times Kwetsbaarheid$

Middels de gegevens die vallen onder de groene en blauwe blokken wordt een inventarisatie over het gebied gemaakt. Deze gegevens zijn de input die in GIS verwerkt worden. Het groene blok ('Kans') behandelt de thema's die zijn benoemd in paragraaf 2.6. Het blauwe blok ('Kwetsbaarheid') behandelt de personen, eigendommen en openbare ruimtes die gevoelig kunnen zijn voor het betreffende thema. Meer informatie over de blokken 'kans' en 'kwetsbaarheid' wordt gegeven in paragraaf 3.1.1.

Om de informatie onder de groene en blauwe blokken te kunnen verwerken in GIS worden de criteria onderverdeeld in klassen. De afzonderlijke klassen krijgen dan een score toegekend. De scores onder 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' worden met elkaar vermenigvuldigd. De uitkomst van deze vermenigvuldiging is de output, ook wel het risico dat schade optreedt door klimaatsverandering.

3.1.1 Input gegevens

Hieronder wordt uitgelegd welke gegevens er als input dienen onder het groene blok 'kans op schade door' en het blauwe blok 'Kwetsbaarheid'.

Kans op schade door

In de klimaatscan hangt de kans op schade samen met wat de klimaatscenario's voorspellen op het gebied van water, bodem en groen. In de klimaatscan is het woord 'kans' niet gerelateerd aan de herhalingstijden waarop een effect optreedt. Het gaat dus niet om de statistische waarschijnlijkheid van eens in de 2, 5, 10, 100 of 1000 jaar of met welke ontwerpbui wordt gerekend. Aan de hand van de gegevens onder dit blok wordt een inventarisatie gemaakt over welke thema's er in een gebied spelen en in welke mate. In de groene blokken (Kans) komen antwoorden op vragen als:

- Op welke locaties ontstaat water-op-sstraat na een hevig bui en hoe diep zijn de plassen die ontstaan?
- Hoe ver stijgt het grondwater op bepaalde locaties?
- Is er sprake van grondwaterstanddaling en hoe groot is die daling?
- Waar ontstaan hitte-eilanden als gevolg van te hoge temperatuur?

De klimaatthema's waarvoor de kans op schade bekeken wordt zijn genoemd in paragraaf 2.6.

Kwetsbaarheid

De kwetsbaarheid van de mensen, eigendommen en openbare ruimte die consequenties ondervinden van de klimaateffecten zijn belangrijke input of bij een klimaateffect daadwerkelijk risico optreedt. In de blauwe blokken staan de criteria die antwoord geven op de vraag:

- Wie of wat ondervinden (de meeste) last van mogelijke schade?

De criteria die onder 'Kwetsbaarheid' zijn meegenomen zijn:

- Weg- en wijkrichting
- Bouwjaar bebouwing
- Fundering
- Gebruiksfunctie van het gebied (bebouwd gebied, recreatie etc.)
- Kwetsbare functies (als ziekenhuizen, verpleeghuizen etc.)

Deze criteria spelen niet voor elk klimaatthema een rol. In dit onderzoek is ervoor gekozen om per klimaatthema enkel de criteria onder 'Kwetsbaarheid' mee te nemen die onderscheid kunnen maken in de grootte van het op te treden risico. In tabel 1 staat met een kruisje aangegeven welk criteria per klimaatthema wordt meegenomen. In hoofdstuk 4 wordt toegelicht waarom voor de criteria is gekozen.

Tabel 1 Criteria dat per klimaatthema wordt meegenomen is aangegeven met X

Klimaatthema's→ ↓ Criteria	Water- op-sstraat	Grondwateroverlast	Grondwateronderlast	Hitte- eilanden
Weg- en wijkrichting	X			
Bouwjaar bebouwing		X		
Fundering			X	
Gebruiksfunctie	X			X
Kwetsbare functies				X

3.1.2 Output gegevens

Risico

Om tot de uitkomst (dus het risico) te komen worden de gegevens onder 'Kans' vermenigvuldigd met de gegevens uit 'Kwetsbaarheid'. Het risico is hoog wanneer zowel kans als kwetsbaarheid hoog zijn. In het schema figuur 2 staat in het rode blok wat de grootte van het op te treden risico is per thema als gevolg van de klimaatverandering. Er wordt gekeken naar de schade die optreedt door klimaatverandering aan mensen, eigendommen en openbare ruimten door het optreden van:

- Regenwater op het maaiveld (water-op-straat)
- Een stijgende grondwaterstand (grondwateroverlast)
- Dalende grondwaterstanden (grondwateronderlast)
- Hitte in de stad (hittestress)

3.2 Detailniveau gegevens

De risicobepaling kan op verschillende detailniveaus uitgevoerd worden. Per klimaatthema zijn verschillende detailniveaus opgesteld voor onder het blok 'kans', zie bijlage 2. Dit zorgt voor een onderverdeling van de groene blokken. De detailniveaus komen voort uit de gedachte dat in gemeenten verschillende thema's spelen of dat informatie van verschillend detailniveau beschikbaar is. Een thema kan in de ene gemeente een grote rol spelen, terwijl dit voor een gemeente aan de andere kant van het land meer een bijzaak is. Zo speelt grondwateroverlast in het westen van Nederland vaak een grote rol maar in het oosten of zuiden niet of minder. De detailniveaus geven gemeenten de keuze of ze meer of minder gespecificeerde informatie willen hebben over een bepaald klimaatthema. Het detailniveau hangt af van de beschikbare gegevens bij de gemeente of het gewenste detailniveau van het resultaat. Het detailniveau zegt iets over de mate van detail in de uiteindelijke uitspraak over de grootte van het risico. De onderverdeling van de detailniveaus per klimaatthema wordt toegelicht in hoofdstuk 4.

Er is een samenhang tussen de bron van de gegevens en het detailniveau en schaalniveau waarop de klimaatscan kan worden uitgevoerd. Het eerste detailniveau is gebaseerd op open data sources als Dinoloket. In het tweede en derde detailniveau beschikt de gemeente over zelf gemeten data of kunnen er zelf voldoende metingen worden gedaan ten behoeve van de klimaatscan. Over het algemeen zijn eigen gegevens specifiek en actueler, dan open source data. Zo zijn gegevens van Dinoloket lang niet altijd aanwezig of up-to-date, terwijl een eigen grondwatermodel dit vaak wel is. Hiervoor geldt dat er altijd uitzonderingen zijn en dat open data ook actueel en specifiek genoeg kunnen zijn voor de desbetreffende gemeente. Bij detailniveau 3 worden de uitspraken met behulp van een berekening of modellering onderbouwd.

Voor 'Kwetsbaarheid' wordt geen onderscheid gemaakt in detailniveaus omdat de consequenties voor ieder detailniveau hetzelfde zijn. In hoofdstuk 4 wordt nader uitgelegd hoe er per klimaatthema invulling wordt gegeven aan de kwetsbaarheid.

3.3 Risicofactor

De klimaatscan is gebaseerd op aspecten van een Multi Criteria Analyse (MCA). In een MCA worden verschillende varianten afgewogen en wordt het overzichtelijker gemaakt dan met alleen een effectentabel. Een effectentabel geeft een systematisch overzicht van de te verwachten gevolgen van de verschillende alternatieven. De tabel is het uitgangspunt van een MCA. Door een weging toe te kennen aan de effectentabel krijg je een rangschikking waarin ook het relatieve belang van de criteria zijn verwerkt (Reinshagen, 2007). Voor het toekennen van scores zijn verschillende meetschalen (Hellendoorn, 2001), bijlage 3.

In dit onderzoek wordt geen afweging tussen varianten gemaakt. Toch past het principe van een MCA wel bij dit onderzoek omdat de grootte van het op te treden risico moet worden bepaald. De grootte van het risico wordt bepaald door de kwetsbaarheid van de locatie waar het op te treden probleem ontstaat en de mate waarin de kans op treedt.

De genoemde criteria onder 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' zijn onderverdeeld in klassen, zie bijlage 4. Op deze manier kan men de ene klasse zwaarder laten meewegen dan een andere. Dit zorgt ervoor dat bijvoorbeeld een ziekenhuis als kwetsbaarder kan worden beoordeeld dan een kinderopvang of dat de kans op schade aan woningen op houten palen anders beoordeeld wordt dan woningen op betonnen palen. Een uitgebreide onderbouwing van de klassenindeling (bijlage 4) is voor 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' opgenomen in bijlage 5 en bijlage 6.

Om 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' met elkaar te kunnen vermenigvuldigen, moeten beiden dezelfde eenheid hebben. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de nominale schaal. Hierbij is de eenheid niet hetzelfde omdat er per klasse omschreven wordt wat deze klasse inhoudt. Om dezelfde eenheid te creëren krijgt iedere klasse een eigen score toegekend. De score zorgt ervoor dat de eenheden relatief worden en met elkaar vergeleken kunnen worden. Bij 'Kans' geldt dat hoe groter de kans dat een thema voor problemen gaat zorgen is, hoe groter de score wordt. Bij 'Kwetsbaarheid' geldt dat hoe gevoeliger of kwetsbaarder een gebied is, hoe hoger de score van het criteria in de desbetreffende klasse is. Op deze manier kan onderscheid gemaakt worden tussen bijvoorbeeld hoofdwegen en voetgangerswegen, waarvoor bijvoorbeeld water-op-sstraat een verschillend risico heeft. De verdeling van de scores ziet er als volgt uit:

Tabel 2: Score verdeling

Risico		Kans op schade door			Kwetsbaarheid	
			Score			Score
Nihil ↓ Groot	=	Nihil	1	X	Niet gevoelig	1
		Klein	2		Beperkt gevoelig	2
		Reëel	3		Gevoelig	3
		Groot	4		Erg gevoelig	4

In bijlage 4 is de verdeling van de score per klasse ook opgenomen.

Bij het klimaatthema water-op-sstraat en hitte zijn er onder 'Kwetsbaarheid' twee criteria die meegenomen worden. Dit betekent dat er voor beiden een score uitkomt. Deze twee

scores worden bij elkaar opgeteld. Op deze manier is het duidelijk dat er op de desbetreffende locatie meer kwetsbaarheden zijn die consequenties ondervinden.

De mogelijkheid van optellen zorgt ervoor dat de maximale score voor het risico gelijk is aan 28. Dit is gebaseerd op de maximale getallen die vermenigvuldigd kunnen worden onder 'kans' en 'kwetsbaarheid'. De score 4 is voor 'Kans' de maximale waarde. Voor 'Kwetsbaarheid' is 7 maximaal. Dit komt uit de maximale optelling onder de kolommen 'water-op-straat' en 'hittestress'. Deze is gelijk aan $3+4=7$.

Dus de maximale risicoscore is gelijk aan $7*4=28$. Hierbij is de score op de volgende manier verdeeld:

Risicoscore	Legenda risicokaart
1-7	Nihil
7-14	Klein
14-21	Middel
<21	Grote

In bijlage 7 is een voorbeeld opgenomen over de risicobepaling voor het thema water-op-straat. Voor de andere drie thema's geldt een zelfde aanpak.

4. Uitwerking per klimaatthema

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe per klimaatthema de risicobepaling is vormgegeven. Bij deze uitleg per thema wordt eerst de informatie voor de invulling van 'Kans' en daarna van 'Kwetsbaarheid' toegelicht. Onder 'Kans' wordt eerst uitgelegd wat voor soort informatie wordt gebruikt per detailniveau, zie bijlage 1. Vervolgens worden de scores van de klassen toegelicht. Onder 'Kwetsbaarheid' wordt beschreven waarom de onderdelen (weg- en wijkinrichting, ouderdom en fundering woningen, gebruiksfunctie en kwetsbare objecten) consequenties ondervinden binnen het desbetreffende klimaatthema. Daarna zullen ook hiervan de scores van de klassen worden toegelicht.

4.1 Water-op-sstraat

4.1.1 Kans

Toelichting detailniveaus

Detailniveau 1

De knelpunten uit het BasisRioleringsPlan (BRP) geven aan waar en tijdens hoeveel neerslag de riolering niet in staat is om het regenwater af te voeren, waardoor water-op-sstraat ontstaat. Informatie over de locaties waar water-op-sstraat ontstaat is voldoende bij detailniveau 1.

Detailniveau 2

Enkel het BRP is niet voldoende als men wil weten hoe het water afstroomt over het maaiveld. Hiervoor is het noodzakelijk om de maaiveldhoogte, afkomstig uit het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN), mee te nemen. Zo ontstaat een afstromingskaart waarop te zien is waar het water zich verzamelt als het over het maaiveld afstroomt en hoe diep de plassen zijn die ontstaan. De afstromingskaart houdt geen rekening met de hoeveelheid water dat door het riool wordt afgevoerd. Op de afstromingskaart wordt uitgegaan van de meest extreme situatie dat het riool volledig vol zit en al het water oppervlakkig afstroomt.

Detailniveau 3

De extreme situatie op de afstromingskaart is een worst case scenario. De waterdieptes die erop staan zijn dan ook niet geschikt om een realistisch beeld van het op te treden risico weer te geven. In werkelijkheid zal het riool eerst een deel van het regenwater afvoeren voordat het water zal afstromen. Op het hoogste detailniveau is deze rioolafvoer meegenomen. De plasdieptes die op de kaart op dit niveau staan, geven een meer gedetailleerd beeld van de werkelijke situatie die kan optreden.

Vertaling naar score voor 'Kans op schade' in klimaatscan

Hoe dieper een plas, des te groter de kans op wateroverlast op het maaiveld of ter plaatse van bebouwing. Er is voor de volgende klassenindeling gekozen:

- Geen plasvorming
- Plassen < 0.10 meter
- Plassen 0.10 – 0.20
- Plassen > 0.20,

Bij locaties waar zich geen plassen vormen is de kans op wateroverlast nihil. Plassen tot 0.10 meter zorgen over het algemeen tot weinig problemen omdat het water binnen de



trottoirbanden blijft staan. Is de diepte van de plassen tussen de 0.10 en 0.20 meter dan stroomt het water wel over de trottoirs, maar zal de woningen nog niet bereiken als er tuinen aanwezig zijn. Wateroverlast is hier een reëel risico als tuinen ontbreken of verdiept liggen. Plassen dieper dan 0.20 meter lopen af over het maaiveld en vormen een steeds groter risico dat huizen er schade aan ondervinden. Er geldt dus hoe dieper de plas, hoe hoger de score in de klimaatscan.

4.1.2 Kwetsbaarheid

Toelichting categorieën

De locatie waar water zich verzameld wordt een probleem zodra gevaarlijke situaties ontstaan. Bij water-op-straat is het belangrijk om de weg- en wijkinrichting en de gebruiksfunctie van een gebied mee te nemen. Deze twee factoren bepalen de grootte van de consequenties die kunnen optreden als gevolg van water-op-straat.

Weg- en wijkinrichting

In Nederland zijn verschillende karakteristieke inrichtingsbeelden van straten en wijken (zoals de historische binnenstad, tuinstad of bloemkoolwijk). Straten in Nederland zijn vaak ontworpen volgens een bepaalde filosofie, die typerend is voor een bepaalde tijdsperiode. Daarmee zijn straten vaak te herkennen aan typerende eigenschappen als de grootte van de woningen en tuinen, de ruimte voor openbaar groen en speelplekken, de breedte van de straat of de architectuur van woningen (Kluck & et al, 2017). Op basis van de kenmerken is de volgende indeling gemaakt voor de kwetsbaarheid voor water-op-straat:

- Hoofdontsluiting
- Stadscentrum
- Smal opgezette wijken
- Tuinstad
- Ruim opgezette wijken
- Sub-urbane uitbreiding - Vinex

In bijlage 6.1 staat beschreven welk typen wegen en wijken te onderscheiden zijn en hoe deze zijn onderverdeeld in de hierboven genoemde indeling.

Gebruiksfunctie

De gebruiksfunctie van het gebied waar zich plassen vormen is ook van belang bij de bepaling van de kwetsbaarheid van een locatie. Zo zijn dicht bebouwde gebieden aanzienlijk grasvelden. Om deze reden worden de volgende gebruiksfuncties meegenomen om de kwetsbaarheid te bepalen:

- Onbebouwd gebied
- Bebouwd gebied (hoogbouw en laagbouw)
- Bedrijventerrein
- Recreatie

Vertaling naar score voor 'Kwetsbaarheid' in klimaatscan

Weg- en wijkinrichting

De hoofdontsluitingswegen moeten te allen tijde gebruikt kunnen worden om het gebied te kunnen verlaten. Dit zijn ook de routes van de hulpdiensten. Als deze wegen onberijdbaar

worden door een te grote hoeveelheid water kan dit levensbedreigende risico's opleveren wanneer hulpdiensten hun werk niet meer kunnen uitvoeren. Daarnaast loopt de economische schade op doordat transport niet (of nauwelijks) mogelijk is. Hierdoor kost het meer tijd om goederen te vervoeren. Door de hoge gevoeligheid voor schade is de score hier het grootst.

De karakteristieke inrichtingsbeelden van straten en wijken bepalen de grootte van het op te treden risico op waterschade. Wijken met veel bebouwing, kleine of geen voortuinen en smalle straten zijn gevoeliger voor waterschade dan ruim opgezette wijken met groen en voortuinen omdat water in de laatste soort wijken meer ruimte heeft voordat het de huizen bereikt.

De wijktypen die onder de categorieën 'stadscentrum' en 'smal opgezette wijken' zijn ingedeeld, vallen onder wijken die gevoelig zijn voor water-op-straat door hun smalle opzet en het vaak ontbreken van voortuinen. Water staat doordoor snel tot aan de gevel van de woningen. Deze wijken krijgen een relatief hoge score.

De wijktypen onder 'Tuinstad', 'Ruim opgezette wijken' en 'Sub-urbane uitbreiding' zijn minder gevoelig voor directe schade aan de huizen. De aanwezigheid van brede trottoirs en voortuinen verlengt de weg die het water vanaf de straat moet afleggen naar de huizen toe. Het hangt erg van de inrichting van de voortuinen af of dat water hier ook daadwerkelijk geremd wordt. Over het algemeen kan gezegd worden dat dit type wijken meer ruimte heeft om water te bergen dan de twee hierboven genoemde categorieën. Daarom wordt er een relatief lage score toegepast.

Gebruiksfunctie

Wateroverlast als gevolg van hevige neerslag in gebieden met veel woningen, winkels en bedrijven kan zorgen voor schade aan de gebouwen. Daarnaast zijn dit ook de gebieden die het gehele jaar door veel mensen worden gebruikt en bezocht. Daarom krijgen de categorieën 'laagbouw', 'hoogbouw' en 'bedrijventerrein' de hoogste score.

Een recreatiegebied is een terrein waar men zich in de buitenlucht kan ontspannen (Encyclo, z.d.). Deze gebieden zijn veelal onverhard en na verloop van tijd zal het water hier weer wegstromen. De gevoeligheid van dit soort gebieden is op het gebied van risicovolle situaties voor de volksgezondheid of economische schade niet zo groot. Mogelijk zijn er voorzieningen aangelegd die wel waterschade kunnen oplopen. Daarom krijgt de gebruiksfunctie 'recreatie' een middelhoge score.

Onbebouwd gebied is niet gevoelig voor de wateroverlast. Door de aanwezigheid van open grond kan het water wegzakken in de bodem. Deze gebieden krijgen een lage score.

4.2 Grondwateroverlast

4.2.1 Kans

Toelichting detailniveaus

Detailniveau 1

De ontwateringskaart laat zien hoe hoog de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld staat in respectievelijk natte of droge situaties. Hiervoor wordt de RHG bepaald op basis van gegevens uit Dinoloket. Door de RHG met de maaiveldhoogtes uit de AHN te vergelijken, wordt een ontwateringskaart gemaakt.

Bij een kleine ontwatering, staat het water dicht aan het maaiveld en is de kans op schade door grondwateroverlast groter. Het gebruik van Dinoloket past in dit eerste detailniveau omdat op basis van deze open data een inzicht van de grondwaterstanden verkregen kan worden. Ook staan in Dinoloket de filterstelling aangegeven. Het kan voorkomen dat er binnen een bepaalde wijk geen peilbuisgegevens in Dinoloket bekend zijn. Dan moet gebruik worden gemaakt van de dichtstbijzijnde peilbuizen met bruikbare data. Hierbij is het belangrijk dat in de gaten wordt gehouden in welke periode de gegevens zijn gemeten en of deze actueel genoeg zijn om te gebruiken. De mogelijke afwezigheid en de onzekere meetperiode van meetgegevens is voldoende voor een globale inschatting, maar is niet genoeg om een gedetailleerde uitspraak te doen.

Detailniveau 2

Bij dit detailniveau is de ontwatering gebaseerd op meer detailgegevens uit het grondwatermeetnet van de gemeente. Op basis van deze gegevens wordt de RHG bepaald. Doordat de RHG gebaseerd is op meer peilbuisgegevens dan detailniveau 1 is dit niveau specifiek gericht op de desbetreffende gemeente.

Detailniveau 3

Nog een gedetailleerder beeld wordt verkregen bij het gebruik van een grondwatermodel. Op basis hiervan kan een vlakdekkende ontwateringskaart gemaakt worden door interpolatie tussen de peilbuizen. Doordat er in het grondwatermodel ook rekening wordt gehouden met de bodemopbouw, is de ontwatering specifiek te bepalen. Op dit detailniveau is het ook bruikbaar om bijvoorbeeld gegevens over de aanwezige drainage mee te nemen. Drainage zorgt voor verlaging van het grondwaterpeil. Informatie over waar drainage aanwezig is, geeft zicht op de locaties waar de grondwaterstand gehandhaafd moet worden.

Vertaling naar score voor 'Kans op schade' in klimaatscan

Grondwateroverlast treedt op als het water te dicht aan het maaiveld staat. Als het grondwater dicht onder het maaiveld staat, is de ontwatering klein. Kortom de kans op schade is groter wanneer de ontwatering klein is. Hoe kleiner de ontwatering van een gebied, hoe groter de score in de klimaatscan.

4.2.2 Kwetsbaarheid

Toelichting categorie

Grondwateroverlast treedt op als het grondwater zorgt voor waterschade in kelders of vloeren van woningen. Het is daarom van belang om te kijken uit welk bouwjaar de woningen zijn. In 1992 trad een herziening op het Bouwbesluit in werking. Dit vormde de wettelijke basis voor het bouwen van nieuwbouw in Nederland en gaven een landelijke

uniforme regelgeving (ROC van Twente, z.d.). In art. 89 van het Bouwbesluit 1992 (bijlage 8) staat opgenomen dat de uitwendige scheidingsconstructie waterdicht moet zijn, overeenkomstig met NEN 2778. Grondwater in de kruipruimte mag niet leiden tot optrekkend vocht in de woningen.

Ook het materiaal waarmee de vloer is gemaakt bepaald of er risico op schade is of niet. Zo werden vloeren eerst van hout gemaakt, dit is erg gevoelig voor waterschade. Na de Tweede wereldoorlog werden steeds meer betonnen vloeren toegepast. Deze zijn minder gevoelig voor waterschade.

Op basis van het bouwbesluit en het materiaal van de vloer is gekozen voor de klassenindeling:

- Bebouwing voor 1900
- Bebouwing 1900-1940
- Bebouwing 1940-1992
- Bebouwing na 1992

Vertaling naar score voor 'Kwetsbaarheid' in klimaatscan

Huizen die gebouwd zijn voor het Bouwbesluit zijn gevoelig voor schade door stijgende grondwaterstanden. Huizen voor 1900 hebben daarbij ook vaak een houten vloer. Huizen die gebouwd zijn na 1940 bevatten veelal een betonnen vloer maar voldoen nog niet aan de bouweisen van het Bouwbesluit. Dit type huizen is beperkt gevoelig omdat beton over het algemeen geen last zal hebben van grondwaterstanden, echter kan niet met zekerheid gezegd worden dat deze woningen dampdicht gebouwd zijn. Huizen gebouwd na 1992 voldoen aan de bouweisen uit het Bouwbesluit en zijn dampdicht gebouwd. Hierdoor is optrekkend vocht vanuit de kruipruimte naar de vloer niet meer mogelijk. Voor de score van kwetsbaarheid in de klimaatscan geldt hier dat alle bebouwing voor 1992 een hoge score toegekend krijgen. Bebouwing na 1992 krijgt een lage score.

4.3 Grondwateronderlast

Grondwateronderlast treedt alleen op wanneer verwacht wordt dat de grondwaterstand gaat dalen onder de RLG. De RLG wordt in droge zomerperiodes bereikt.

4.3.1 Kans

Toelichting detailniveaus

Detailniveau 1

De verwachte grondwaterstanddaling ten opzichte van de RLG bepaalt of er kans is op het optreden van grondwateronderlast. De RLG wordt bepaald op basis van gegevens uit Dinoloket. Deze open data voldoet aan dit eerste detailniveau omdat het bruikbaar is om een beeld te schetsen van de grondwaterfluctuaties. De onzekerheid van de gegevens uit Dinoloket speelt ook hier.

Op basis van de huidige gegevens uit Dinoloket wordt een schatting (expert judgement) gemaakt over hoe de grondwaterstanden in de toekomst zouden kunnen zijn. De stijging of daling ten opzichte van de huidige RLG bepaalt de kans op grondwateronderlast.



Detailniveau 2

De RLG gebaseerd op peilbuisgegevens van Dinoloket is minder gedetailleerd dan dat er vanuit de gemeente gegevens aangeleverd worden vanuit een grondwatermeetnet. Op dit niveau wordt op basis van de gegevens uit het grondwatermeetnet de RLG bepaald. Door middel van of een schatting (expert judgement) of een trendanalyse worden de te verwachten grondwaterstanden voorspeld. De stijging of daling ten opzichte van de huidige RLG bepaalt ook hier de kans op grondwateronderlast.

Detailniveau 3

Net als bij grondwateroverlast wordt op dit detailniveau gebruik gemaakt van de gegevens uit een grondwatermodel om de RLG nog specifieker te bepalen.

Op dit detailniveau is het bijvoorbeeld ook bruikbaar om informatie over bekende lekkages van riolen mee te nemen. Deze lekkende riolen werken eigenlijk net als een drainage systeem waardoor de grondwaterstand afneemt. Het aanpakken van deze riolen kan zorgen voor de stijging van de grondwaterstand. Dit gaat grondwateronderlast dan juist tegen.

Vertaling naar score voor 'Kans op schade' in klimaatscan

Grondwateronderlast speelt voornamelijk een rol in laaggelegen gebieden met zettingsgevoelige lagen in de ondergrond waar paalfundering is toegepast. Dit is met name in het westen van Nederland. Het oosten en zuiden van het land zijn hoger gelegen gebieden met stabiele bodemlagen. Het verschilt per gebied en locatie hoe groot de kans op grondwateronderlast kan zijn. Om de kans te bepalen is de RLG een goede indicatie. Als er paalfundering is toegepast geldt dat hoe verder het grondwater onder de RLG daalt, hoe groter de kans op schade. Op stabiele gronden is fundering op staal toegepast. Hier speelt grondwateronderlast geen rol. Er geldt dan ook hoe verder de grondwaterstand daalt onder de RLG bij gebieden met paalfunderingen, hoe hoger de score in de klimaatscan. Bij gebieden waar fundering op staal is toegepast, is de score laag.

4.3.2 Kwetsbaarheid

Toelichting categorie

In bepaalde gebieden van Nederland is de ondergrond vaak niet stabiel genoeg om op te bouwen zonder de kans dat er verzakking optreedt of er scheuren in het gebouw ontstaan.

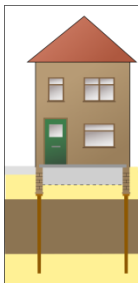
Afhankelijk van de stabiliteit van de ondergrond wordt wel of geen fundering toegepast. Er zijn verschillende type funderingen afhankelijk van de grondsoorten. Zandgronden zijn relatief stabiel. Hier wordt fundering op staal toegepast of meteen direct op de ondergrond gefundeerd. Veen, klei en leem ondergronden zijn minder stabiel. De kans op zettingen is groot in dit soort gebieden. Door zetting kan (lokale) verzakkingen of scheurvorming optreden als er zou worden gefundeerd op staal. Daarom wordt op deze onstabiele bodems gefundeerd op palen die worden geheid tot in de stabiele zandlaag. Het type paal hangt af van het bouwjaar waarin de huizen zijn gebouwd.

Indien er geen informatie beschikbaar is over de wijze van funderen in het gebied, kan op basis van het bouwjaar een indicatie van het type fundering en daarmee van de kwetsbaarheid van de gebouwen gegeven worden, bijlage 6.3. De klassenindeling is dan als volgt:

- Bouwjaar voor 1930
- 1930 – 1960
- 1960 – 1980
- Bouwjaar na 1980

Vertaling naar score van 'Kwetsbaarheid' in klimaatscan

In het westen van het land is de draagkracht van de bodem matig tot zwak. Bebouwing wordt door middel van heipalen tot op een draagkrachtige ondergrond gefundeerd. In het oosten en zuiden van het land is de bodem op veel plaatsen draagkrachtig genoeg om verzakkingen te voorkomen. Hier is tijdens de bouw geen gebruik gemaakt van heipalen. Het verschilt dan ook per locatie en ondergrond wat voor type funderingen er voor komen.

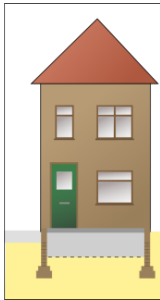


Matig tot zwakke draagkracht van de bodem

Voor 1930 werden in het westen voornamelijk houten paalfundering gebruikt. Houten paalfunderingen zijn gevoelig voor te lage grondwaterstand. Door daling van de waterstand kan droogstand van de paal plaatsvinden. Hierdoor treedt paalrot op. Ook kan negatieve kleef plaatsvinden (Schuurman, 2017). Hierdoor wordt de paal als het ware naar beneden getrokken door inklinkende lagen (de Vree, Negatieve kleef, z.d). Fundering op houten palen krijgt daarom de hoogste score.

Na 1930 tot ongeveer 1980 werd begonnen met het gebruik van betonopzetters op de houten palen. Op deze wijze wordt beoogd het bovenste funderingshout altijd onder de grondwaterstand te houden. Beton is niet gevoelig voor paalrot. Als het water onder de kop zakt, zullen dezelfde risico's optreden als bij fundering op houten palen (Schuurman, 2017). Daarom heeft de 'fundering op palen met betonnen kop' de een na hoogste score.

Na 1980 geldt dat er volledig betonnen bepalen zijn gebruikt (of betonopzetters die voldoende lang zijn rekening houdend met de grondwaterstand). Deze paalfunderingen zijn niet gevoelig voor variaties van de grondwaterstand, met uitzondering van negatieve kleef (Schuurman, 2017). 'Fundering op betonnen palen' heeft daarom de laagste score.



Draagkrachtige bodem

Zandige gebieden zijn zeer geschikt om op te bouwen. Hier wordt fundering op staal toegepast. De module Geotechniek van KIVI legt de term uit: "Funderingen op staal hebben betrekking op constructies die op relatief geringe diepte op de draagkrachtige ondergrond worden gefundeerd, veelal door tussenkomst van een verbrede voet. Deze verbrede voet is nodig om de druk die vanuit de constructie wordt uitgeoefend en die groter is dan de ondergrond kan opnemen, te spreiden over een groter oppervlak." Het woord staal in 'funderen op staal' staat niet voor het materiaal staal maar is afkomstig van het Oudgermaanse woord stal, wat staan of rusten op betekent. Bij deze manier van funderen wordt veelal gebruik gemaakt van beton (de Vree, Staal: fundering op staal, z.d.). Dit materiaal is niet gevoelig voor grondwateronderlast. De score van 'fundering op staal' is daarom laag.

4.4 Hitte

4.4.1 Kans

Toelichting detailniveaus

De toenemende verstedelijking, de verdichting en de verharding van het grondoppervlak hebben niet alleen gevolgen voor de wateropgave maar leiden in toenemende mate tot verhoging van de temperatuur en tot hittestress in de stad. Bij het ontstaan van hittestress in steden spelen factoren als groen, water, verharding, het albedo, de emissiviteit van oppervlakken en de sky view factor een belangrijke rol (Groenblauwe Netwerken, 2017). Hittestress is in grote mate een subjectief gegeven. Hitte wordt bijvoorbeeld door mediterrane bevolking anders ervaren dan door bevolking uit de noordelijke regio's van Europa. Het is ook zo dat er grote verschillen zijn in interpersoonlijke hitte ervaring waarbij zaken zoals het metabolisme een belangrijke rol spelen (Maiheu, 2011).

In dit rapport worden de factoren groen, water en verharding meegenomen. In bijlage 9 is omschreven wat het albedo, de emissiviteit en de sky view factor (SVF) inhouden. Voor de bepaling van kans op het optreden van hitte worden het albedo, de emissiviteit en de SVF niet als aparte eenheid meegenomen in dit onderzoek. Dit komt omdat gemeenten veelal onvoldoende informatie beschikbaar hebben over deze drie onderdelen. Zelf data inwinnen over deze onderdelen is bovendien erg tijdrovend en dan verdwijnt het principe van een 'scan'. Het wordt dan meer een klimaat onderzoek. Het albedo en de emissiviteit spelen wel een belangrijke rol in het reflecteren en absorberen van warmte. Dit heeft invloed op de oppervlakte temperatuur en daarmee de luchttemperatuur in de stad (Groenblauwe Netwerken, 2017). Met dit absorberen en reflecteren wordt wel rekening gehouden door gebruik te maken van de verdeling tussen groen, water en verharding. Hierbij houden groen en water weinig warmte vast. Verharding houdt veel warmte vast en straalt dit later weer uit.

Detailniveau 1

De Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) is een gedetailleerde digitale kaart van Nederland. Hierop worden alle objecten als gebouwen, wegen, water, spoorlijnen en groen op een eenduidige manier vastgelegd (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017). De vlakken en de daarbij horende functie geven informatie over de verdeling tussen groen, water en verharding in de wijk of stad. Door de BGT onder te verdelen in deze drie categorieën ontstaat een globale kaart met de verdeling van verharding, groen en water.

Detailniveau 2

Op dit detailniveau wordt gebruik gemaakt van kaarten die geleverd worden door de gemeente. Zij leveren een kaart aan met daarop de locaties van de hitte-eilanden die ontstaan in hun gemeente. Deze kaart is gedetailleerder dan die op niveau 1 omdat er meer gegevens bij zijn gebruikt zoals het type verharding en de hoogte van gebouwen. Op dit moment worden deze gedetailleerde hittekaarten (nog) niet gemaakt bij Wareco.

Vertaling naar score voor 'Kans op schade' in klimaatscan

Groen- en waterstructuren zorgen voor verkoeling in de stad. Het zijn hiermee juist aspecten die vorming van hitte-eilanden en het oplopen van hittestress tegen gaan. Deze krijgen een lage score toegekend.

Verharding, waaronder ook al de bebouwing valt, speelt wel een grote rol in het vasthouden van warmte. Het vasthouden van de warmte zorgt ervoor dat oppervlaktematerialen warmer worden dan de omliggende groen- en waterstructuren. Doordat de verharding de warmte vasthoudt, koelt het in deze gebieden minder goed af. Dit heeft tot gevolg dat de warmte blijft hangen. De kans op de vorming van hitte-eilanden is daarom groot in het stedelijk gebied. Verharde gebieden krijgen een hoge score. Uiteindelijk geldt dat hoe meer verharding er in een gebied is, hoe groter de kans op hittestress.

4.4.2 Kwetsbaarheid

Bij hitte in de stad spelen de gebruiksfuncties en het voorkomen van kwetsbare objecten een belangrijke rol bij het bepalen van de kwetsbaarheid.

Gebruiksfunctie

De gebruiksfunctie bepaalt hoe een gebied is ingericht. Zo zijn woongebieden en bedrijventerreinen veelal verhard door de aanwezigheid van gebouwen en wegen. Dit wordt afgewisseld door grote dan wel kleinere groen- en waterstructuren. Het vasthouden van hitte in de stad hangt samen met de indeling, zoals de verspreiding en hoogte van gebouwen, en materiaal van het gebied. Op basis van de gebruiksfunctie kan daarmee bepaald worden wat het overheersend oppervlaktemateriaal is dat voorkomt en in hoeverre dit bijdraagt aan de vorming van hitte-eilanden. Het soort materiaal en de kleur wordt niet in de klimaatscan meegenomen omdat deze gegevens niet in het BGT staan.

Voor de bepaling van hittestress is ook de concentratie en hoogte van gebouwen belangrijk om mee te nemen. Veel hoge gebouwen bij elkaar houden de hitte in de stad vast. Daarom is er voor het klimaatthema 'hitte' onderscheid gemaakt in hoog- en laagbouw.

Kwetsbare objecten

Hittestress komt voornamelijk voor bij specifieke kwetsbare bevolkingsgroepen, zoals ouderen en sociaal zwakkeren (Mees, z.d). Deze kwetsbare bevolkingsgroepen komen veel al voor op locaties van kwetsbare objecten, hebben daarmee een hoge gevoeligheid. Op basis van de kwetsbare objecten die gedefinieerd zijn in artikel 1 van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), is de klassenindeling gemaakt (bijlage 6.4).

Vertaling naar score van 'Kwetsbaarheid' in klimaatscan

Gebruiksfunctie

Hitte in de stad hangt samen met de hoeveelheid verharding, het materiaal en de compactheid van de bebouwing. Als deze eigenschappen veel aanwezig zijn, is er een groter risico dat op deze plekken hitte-eilanden ontstaan. Bebouwde gebieden bestaan voor het grootste gedeelte uit verhard oppervlak. Deze krijgen een hoge score toegekend. Er is onderscheid gemaakt tussen hoog- en laagbouw omdat een hoge concentratie van hoge gebouwen leidt tot het vasthouden van warmte tussen de gebouwen. Bij laagbouw kan de warmte beter weg waardoor meer afkoeling optreedt. Hoogbouw krijgt dan ook een hogere score dan laagbouw.

Bedrijventerreinen en woongebieden vallen beiden onder bebouwd gebied. In woongebieden is, over het algemeen, meer groen aanwezig dan op bedrijventerreinen. Bomen in de straat, groen in tuinen en kleine groenstructuren verspreid door de wijk zorgen ervoor dat er meer afkoeling kan plaatsvinden. Op bedrijventerreinen zijn veel gebouwen, parkeerplaatsen en brede wegen aanwezig. Ook zijn er het algemeen weinig groenstructuren aanwezig. Daarom zijn bedrijventerrein gevoeliger voor hitte-eilanden dan bebouwd gebied waar de afwisseling tussen groen en verharding groter is. De score is gelijk aan hoogbouw en hoger dan laagbouw.

Recreatiegebieden bestaan voor het grootste gedeelte uit onverhard oppervlak. Dit is gunstig voor de bestrijding van hitte-eilanden omdat groen en water juist voor afkoeling zorgen. De inrichting van deze gebieden is wel aangepast op de mens. Dit betekent dat er ook delen verhard oppervlak aanwezig zijn als parkeerplaatsen, verharde rijwegen en restaurants. Dit zorgt ervoor dat deze gebieden beperkt gevoelig zijn voor de vorming van hitte-eilanden en krijgen een relatief lage score toegekend.

Onbebouwde gebieden omvatten de groen- en waterstructuren in de stad. Deze plaatsen zorgen juist voor verkoeling in de stad. Het heeft dan ook een positief effect op de bestrijding van hitte-eilanden. Door deze verkoelende werking en de ongevoeligheid voor warmte is de score van dit soort gebieden laag.

Kwetsbare objecten

De leefbaarheid en gezondheid van mensen in stedelijke gebieden kan leiden tot hittestress bij mens en dier. Locaties waar het aantal mensen dat behoort tot de kwetsbare groepen hoog is, zijn gevoelig voor hittestress. Om die reden krijgen onderwijsinstellingen/tehuizen en ziekenhuizen de hoogste score.

Voor andere kwetsbare objecten speelt hitte eigenlijk niet echt een bepalende rol voor de functionering ervan. Deze krijgen dan ook de laagste score.

5. Stappenplan klimaatscan

De bestaande handreiking *Stresstest Klimaatbestendigheid* dient als uitgangspunt voor het gewenste stappenplan dat Wareco kan doorlopen voor de uitvoering van de klimaatscan. In dit hoofdstuk wordt eerst wat toelichting gegeven over de *Stresstest*. Daarna volgt de aanbeveling voor het stappenplan dat Wareco kan helpen om de klimaatscan stapsgewijs uit te kunnen voeren.

5.1 Stresstest klimaatbestendigheid

De handreiking *Stresstest Klimaatbestendigheid* is onderdeel van het Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. De stresstest is een hulpmiddel voor gemeenten bij het opzetten en uitvoeren van onderzoek naar de klimaatbestendigheid van hun bebouwd gebied en naar mogelijke maatregelen om de leefomgeving aan te passen aan het veranderende klimaat. De handreiking voor de *Stresstest* is opgebouwd uit twee onderdelen (van de Ven, Buma, & Vos, 2014):

1. Kwetsbaarheidsscan
2. Adaptatieplanning

Fase 1 is bedoeld om inzicht te krijgen in de plekken die kwetsbaar zijn voor klimaatverandering, de urgentie van problemen en mogelijke adaptatie.

In fase 2 worden naar aanleiding van de uitkomsten van fase 1 plannen en afspraken gemaakt over hoe het stedelijk gebied klimaatbestendig kan worden ingericht.

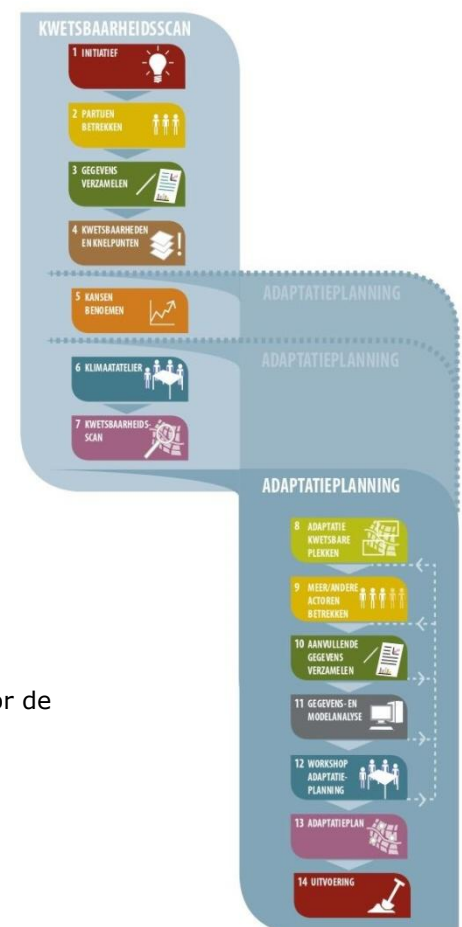
De verschillende stappen die genomen worden in de handreiking zijn weergegeven in figuur 3 (vergrote versie zie bijlage 10). In dit figuur is te zien dat de twee fasen elkaar kunnen overlappen als dat gewenst is. Het is namelijk zo dat zodra de kwetsbare plekken en knelpunten zijn vastgelegd al begonnen kan worden met het beantwoorden van de vraag hoe die weggewerkt kunnen worden (van de Ven, Buma, & Vos, 2014).

5.2 Stappenplan klimaatscan Wareco

De handreiking *Stesstest Klimaatbestendigheid* vormt de basis voor de klimaatscan van Wareco.

Naar aanleiding van dit rapport is het volgende stappenplan voor Wareco opgesteld:

1. Initiatief
2. In gesprek met gemeente
3. Detailniveau gegevens per klimaatthema vaststellen
4. Risicokaarten per klimaatthema opstellen
5. Integraal beeld creëren
6. Mogelijkheden van adaptatiemaatregelen benoemen



Figuur 3: Stappen stresstest
Bron: (van de Ven, Buma, & Vos, 2014)

5.3 Handelingen per stap

1. Initiatief

Gemeenten worden zich bewust van de effecten als gevolg van klimaatverandering in hun stedelijk gebied en gaan op zoek naar een mogelijkheid om een beeld te krijgen van wat er in hun stedelijk gebied speelt.

2. In gesprek met gemeente

Welke thema's spelen er binnen een gemeente of willen ze juist een complete scan van uitgevoerd hebben. In dit gesprek is het noodzakelijk dat de adviseur achter de wensen van de gemeente komt. Op deze manier kunnen de klimaatthema's die moeten worden opgenomen in de scan worden bepaald.

3. Detailniveau gegevens per klimaatthema vaststellen

In stap 2 geeft de gemeente aan hoe belangrijk zij een bepaald klimaatthema vinden. Hoe belangrijker een gemeente een klimaatthema vindt, hoe meer waarde zij hechten aan de risicoscore van dat desbetreffende thema. Om gedetailleerde uitspraken te kunnen doen over het op te treden risico zijn gedetailleerdere gegevens nodig als input dan wanneer een globaal beeld van het op te treden risico voldoet. De adviseur moet duidelijk krijgen hoe gedetailleerd de gemeente een klimaatthema uitgewerkt wenst te hebben. Op basis van het detailniveau moet de gemeente de gegevens aanleveren die behoren tot dit niveau. De verschillende detailniveaus staan in het blokschema (bijlage 2), dit is leidend voor de klimaatscan.

Indien een gemeente niet beschikt over gegevens die thuis horen onder het desbetreffende detailniveau, kan dit niveau alleen behaald worden als er tijd en/of geld is om de gegevens te optimaliseren aan de hand van metingen en modellen. Is dit niet mogelijk, is het ook niet mogelijk om dit niveau op te nemen in de klimaatscan. Er is dan geen andere keus dan te kiezen voor een minder gedetailleerde uitspraak.

In dit niveau is het ook belangrijk om de scores voor de klassenverdeling 'Kans op schade' en 'Kwetsbaarheid' te bespreken. Door de scores samen met de gemeente te bespreken kunnen zij exact aangeven wat voor hen belangrijke elementen zijn die naar voren moeten komen in de klimaatscan.

4. Risicokaarten per klimaatthema opstellen

In deze stap worden met behulp van de risicobepaling en de verdeling van de scores zoals beschreven in hoofdstuk 3 en 4 de risicokaarten per klimaatthema gemaakt. Op deze kaarten is weergegeven welke locaties risico lopen op schade door het desbetreffende klimaatthema.

Op de kaart lopen de rode gebieden het meeste risico op schade aan mensen, eigendommen en openbaar ruimte als gevolg van de klimaatverandering. Des te meer de kleur richting geel en groen gaat, des te kleiner het risico wordt.

5. Integraal beeld creëren

In deze stap worden de risicokaarten uit stap 4 vergeleken met elkaar. Hierbij wordt gekeken hoe de verschillende kaarten gecombineerd kunnen worden tot één beeld waarop in één oogopslag is te zien welk klimaatthema waar een probleem heeft. Het integrale beeld wordt dus een kaart waarop de knelpunten per thema te zien zijn. Locaties die in de risicokaarten als 'geen risico' zijn meegenomen, worden uit dit integrale beeld gehaald.

6. Mogelijkheden van adaptatiemaatregelen benoemen

Als er duidelijk is voor de gemeente welke thema's er op welke locaties spelen, kan er nagedacht worden over maatregelen om de risico's te beperken. De adviseur kan een voorstel maken met daarin verschillende mogelijkheden op welke wijze er maatregelen getroffen kunnen worden om het gebied klimaatbestendig in te richten. Dit is de input voor de tweede fase die genoemd is in de handreiking Stresstest Klimaatbestendigheid, de adaptatieplanning.

Hierbij is het wenselijk om bij de gemeente op te vragen welke locaties al aangepakt (gaan) worden voor onderhoud of (her)inrichting. Op deze manier kunnen die bekende plannen wellicht worden gecombineerd zodat de locatie meteen klimaatbestendig wordt (her)ingericht. De gemeente moet dan openstaan om deze plannen te delen.

6. Toepassing klimaatscan op studiegebied Pesse

In dit hoofdstuk zal de in dit onderzoek beschreven methodiek worden getest op een gebied. In overleg met Wareco is contact opgenomen met de gemeente Hoogeveen met de vraag of zij geïnteresseerd zijn om mee te werken aan dit onderzoek en een studiegebied hebben waar zij graag meer informatie over zouden willen hebben. In overleg met de gemeente Hoogeveen is bepaald dat de beschreven methodiek in dit onderzoek is getest op de kern Pesse. Dit is een dorpje ten noorden van Hoogeveen. In dit hoofdstuk wordt stapsgewijs uitgelegd hoe de klimaatscan voor Pesse eruit ziet en wat de resultaten zijn voor Pesse.

Stap 1: Initiatief

Waterschap Drents Overijsselse Delta heeft in hun Klimaatatlas kaarten opgenomen over hittestress en wateroverlast. Deze kaarten vormen een mooie basis van waar knelpunten liggen op deze twee klimaatthema's. Er is echter nog geen integraal beeld gemaakt waarop de gemeente in één oogopslag kan zien wat er waar speelt. De methode in dit onderzoek is wel gericht op het maken van deze integrale kaart. De gemeente is geïnteresseerd in deze integrale kaart.

Stap 2: In gesprek met gemeente

De wateroverlastkaart gemaakt door het waterschap toont verschillende locaties waar sprake is van wateroverlast. Verder zijn in 2012 en 2014 enkele klachten binnen gekomen van wateroverlast na zware buien. De klachten kwamen overeen met de locaties die op de kaart waren aangegeven. De gemeente zou dan ook graag het thema 'water-op-straat' beter in beeld hebben. Ze zijn benieuwd in hoeverre de door het waterschap berekende wateroverlast daadwerkelijk tot risico's gaat leiden en hoe groot het risico dan is. Voor de klimaatthema's grondwaterover- en -onderlast en hitte is een globaal detailniveau voldoende.

Stap 3: Detailniveau gegevens per klimaatthema vaststellen

De gemeente Hoogeveen beschikt niet over eigen data wat betreft GIS-bestanden. Daarnaast kan de wateroverlastkaart, gemaakt door waterschap Drents Overijsselse Delta, niet worden gebruikt. Het is noodzakelijk om een eigen afstromingskaart te maken in Qgis. Het maken van een afstromingskaart valt onder detailniveau 2. Dit is voldoende gedetailleerd voor de gemeente Hoogeveen.

Alle grondwatergegevens van de gemeente zijn onder beheer van Wareco. Er staan in Pesse twee peilbuizen met meetgegevens van 2009 tot en met 2014. Deze eigen gegevens passen onder detailniveau 2 voor het bepalen van grondwaterover- en -onderlast. Voor dit onderzoek zullen geen verdere metingen worden verricht, de gegevens tot en met 2014 worden gebruikt in de klimaatscan.

Voor het klimaatthema hitte beschikt de gemeente over een hittestresskaart. Deze wordt als naslagwerk gebruikt om de resultaten uit Qgis te vergelijken. Dit omdat de gegevens van deze hittestresskaart onder beheer zijn van Tauw en niet gebruikt konden worden voor dit onderzoek. Daarom zal op basis van de BGT een globale verdeling van de hitte in Pesse worden gemaakt. Dit valt onder detailniveau 1.

Met de gemeente zijn de scores zoals vernoemd in bijlage 4 besproken. De gemeente was het eens met deze indeling. Er is voor Pesse dan ook gebruik gemaakt van dezelfde scoreverdeling als in de beschreven methodiek.

Stap 4: Risicokaarten per klimaatthema opstellen

In bijlage 11 is te lezen welke handelingen in Qgis zijn gemaakt om de kaarten te krijgen en welke gegevens hiervoor zijn gebruikt.

Regenwater

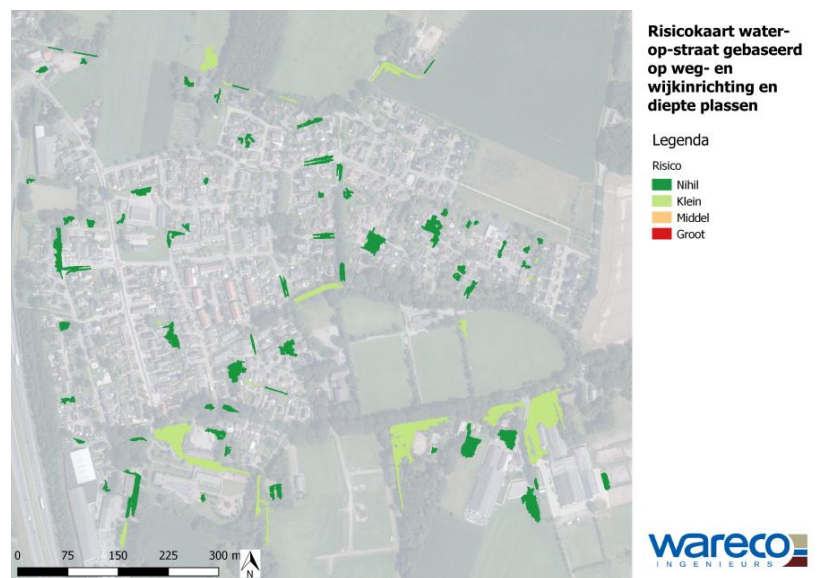
De stroombanen in Qgis geven weer hoe het water over het maaiveld afstroomt. Op basis van deze stroombanen zijn locaties af te leiden waar water-op-sstraat ontstaat en hoe diep de plassen zijn die ontstaan. De stroombanen en de locaties zijn weergegeven in de afstromingskaart (bijlage 12).

De locatie van de plassen bepaalt hoe gevoelig een gebied is voor water-op-sstraat. Plassen die ontstaan op volledig verhard gebied kunnen grote consequenties hebben. Dit zijn locaties waar zich problemen kunnen voordoen. Op basis van de BGT is het verhard en onverhard gebied bepaald bijlage 13. De plassen die ontstaan op volledig verhard gebied zijn op bijlage 14 in het rood aangegeven. Hoe dieper de plas, hoe roder de kleur. Dit zijn de plassen die voor problemen kunnen gaan zorgen in Pesse. De groene plassen op deze kaart zijn plassen die ontstaan op onverhard gebied zoals in weilanden. Plassen op deze locatie leveren hier geen schade op. Daarom worden plassen op verhard gebied verder meegenomen in de scan.

De kwetsbaarheid van de locaties voor water-op-sstraat hangt af van de gebruiksfunctie van de locaties waar de plassen zich vormen en de weg- en wijkinrichting. In Pesse komen de verschillende gebruiksfuncties allemaal voor (bijlage 15). Ook de weg- en wijkinrichting speelt een belangrijke rol. Op de kaart bijlage 16 is te zien dat in Pesse voornamelijk huizen voorkomen die vallen onder de klasse 'Ruim opgezette wijken'. Ook is er nog een deel dat valt onder de klasse 'Tuinstad' en 'Sub-urbane uitbreiding'.

De scores die horen bij de gebruiksfunctie en weg- en wijkinrichting worden in Qgis gecombineerd met de plasdieptes van de plassen op verharding. Zo ontstaat de risicokaart figuur 4 (vergrote versie bijlage 17) waarop staat hoe groot het risico op schade door water-op-sstraat is in het verharde gebied.

Risicolocaties voor water-op-sstraat bevinden zich verspreid door het dorp. Bij de basisschool is een laaggelegen gebied waar veel water zich verzameld. Verder vormen zich in het zuidoosten, bij Manege Smit, enkele grote



Figuur 4: Risicokaart water-op-sstraat gebaseerd op weg- en wijkinrichting en diepte plassen

plassen. Deze resultaten worden veroorzaakt doordat plassen ontstaan in greppels. Hier vormt zich een probleem wanneer het water niet meer geborgen kan worden in de greppels en het maaiveld op stroomt. Naar aanleiding van de risicokaart kan gesteld worden dat er in Pesse een reële kans is op overlast door water-op-sstraat na een hevige bui.

Grondwateroverlast

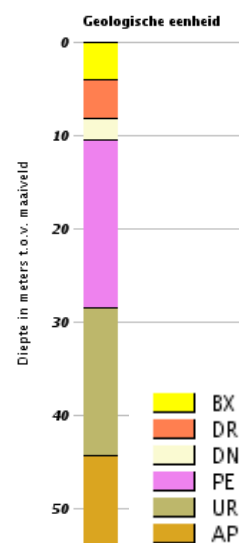
Op basis van de peilbuisgegevens is de RHG bepaald om te bepalen hoe groot het risico op grondwateroverlast is. De noordelijkste peilbuis heeft een RHG van 1.49 m -maaiveld en de zuidelijke van 1.34 m -maaiveld. Beide ontwateringsdieptes vallen onder de categorie '> 0.90 m'. Dit valt onder de score nihil voor 'kans. Op basis van de ouderdom van de bebouwing is een kaart gemaakt welke locaties risicovol zouden kunnen zijn, zie bijlage 18. Deze gegevens zijn gecombineerd met de waarde van de RHG. Hieruit volgt de risicokaart voor grondwateroverlast, bijlage 19.

Door het beperkt aantal aanwezige peilbuizen is de ontwatering indicatief. Met zekerheid kan gezegd worden dat de gebieden met gebouwen die zijn gebouwd na 1992 geen risico lopen. Over andere delen in Pesse zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om de ontwatering te kunnen bepalen. Aangenomen kan worden dat de ontwatering ook in deze gebieden tussen de 1.3 en 1.5 meter -maaiveld zal variëren. Dit valt onder een laag risico. Naar verwachting is het risico op grondwateroverlast dan ook klein in Pesse.

Grondwateronderlast

De gemeente had geen gegevens over de manier waarop in Pesse funderingen zijn aangebracht onder de bebouwing. Daarom is de bodemopbouw bekeken via Dinoloket. De geologische bodemopbouw is weergegeven in figuur 5.

Deze boring laat zien dat ongeveer de eerste 10 meter bestaat uit de formatie van Boxtel en formatie van Drenthe. Dit zijn beiden zandige eenheden. Op basis van deze bodemopbouw wordt verwacht dat er in Pesse sprake is van funderingen op staal onder de bebouwing. Grondwateronderlast is daarmee dan ook een thema dat in Pesse niet zal spelen omdat er zettingsgevoelige lagen in de bodem aanwezig zijn en er een fundering is toegepast die geen schade van grondwateronderlast ondervindt. Omdat er in het gehele gebied geen sprake is van een risico, wordt er geen risicokaart voor dit thema gemaakt.



Figuur 5: Geologische bodemopbouw Pesse
Bron: (Ondergrondmodellen Dinoloket, z.d.)

Hitte

De verhouding tussen groen, water en verharding in de stad bepaalt in welke mate er kans is op hittestress. De verdeling tussen deze drie componenten is uit het BGT gehaald. Op deze manier kan een kaart gemaakt worden waarop de verdeling tussen de componenten groen, water en verharding in Pesse te zien is, zie bijlage 13. De stukken verhard gebied, groen en water krijgen een score toegekend. Verhard gebied loopt meer kans op het optreden van hittestress dan locaties waar groen en water aanwezig zijn.

Of een gebied kwetsbaar is voor hittestress hangt af van de gebruiksfunctie en de aanwezige kwetsbare objecten. De gebruiksfunctie van het gebied bepaalt hoe een gebied is ingericht en welk soort materiaal gebruikt is. De scores worden toegekend volgens de klassenindeling. In Pesse zijn de basisschool en kinderopvang 't Zandmannetje kwetsbare objecten. Deze vallen onder de klasse 'onderwijsinstellingen/tehuizen' en krijgen een kwetsbaarheidsscore van 3 toegekend.

De risicokaart voor hitte is weergegeven in figuur 6 (vergrote versie bijlage 20).

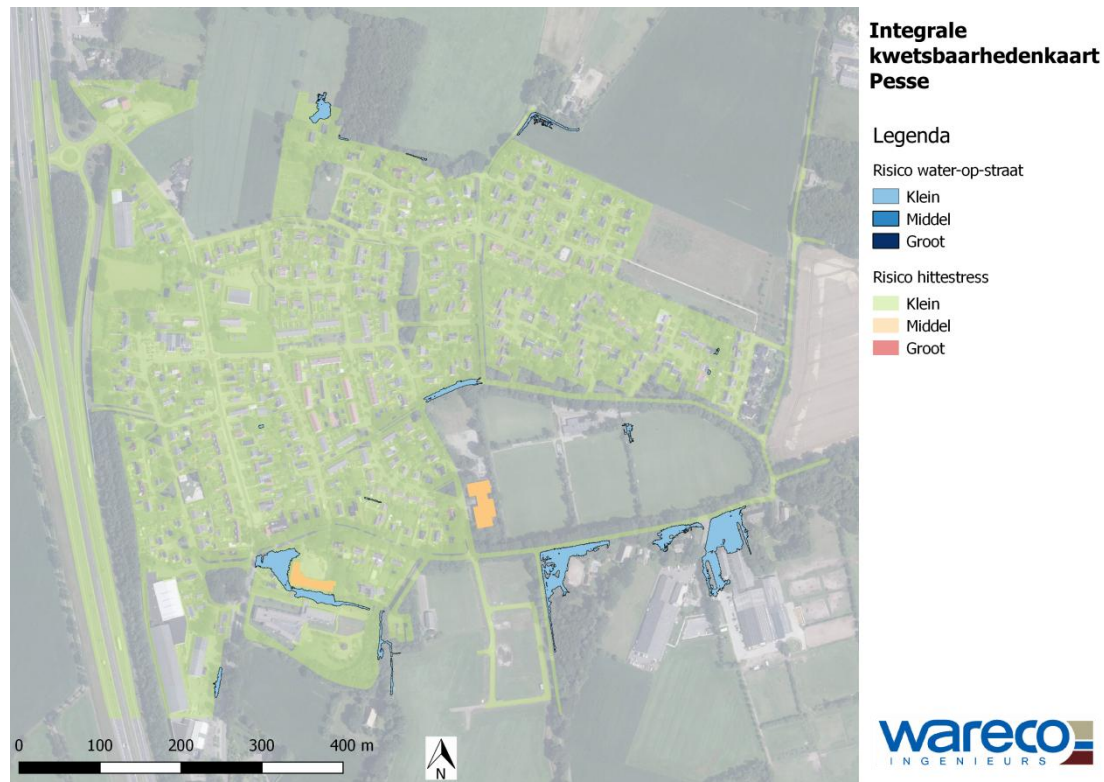
Met name het bebouwde deel van het dorp heeft een hoger risico op hittestress. Toch is er veel groen aanwezig en huizen met voor- en achtertuinen. Dit zorgt voor plaatselijk koelere lucht, waardoor het risico hier kleiner is. De basisschool bevindt zich op een gebied dat als 'bedrijventerrein' is onderverdeeld volgens de BGT. Dit in combinatie met de kwetsbare groep waaronder de basisschool valt, zorgt ervoor dat hier het risico op hittestress middel groot is.



Figuur 6: Risicokaart hittestress gebaseerd op gebruiksfunctie en kwetsbare objecten

Stap 5: Integraal beeld creëren

Voor een integraal beeld over de risico's die spelen, worden alle risicolocaties die voortkomen uit stap 4 samengevoegd. Op de integrale kaart worden de locaties die een nihil risico lopen en thema's die niet spelen in de kern weggelaten. Voor Pesse zijn dit de thema's grondwateroverlast en grondwateronderlast. Op deze manier ontstaat een overzichtelijke integrale kaart met daarop de kwetsbare locaties als gevolg van klimaatverandering in Pesse, zie figuur 7 (vergrote versie bijlage 21).



Figuur 7: Integrale kwetsbaarhedenkaart Pesse

Op de integrale kwetsbaarhedenkaart voor Pesse is te zien dat het thema water-op-sstraat in Pesse zorgt voor het grootste risico. Het heeft met name in het zuiden en aan de randen van de kern een klein risico. Ook zijn er nog gebieden waar hittestress een mogelijk risico speelt. De basisschool en kinderopvang zijn ook weergegeven op de integrale kaart omdat dit objecten zijn waar kwetsbare bevolkingsgroepen zich bevinden. In het zuidwesten van Pesse, in de omgeving van de basisschool, komt een grote kans op hittestress en water-op-sstraat voor. Als advies wordt meegegeven om te overwegen om dit deel van het dorp klimaatbestendig in te richten of maatregelen te treffen die de risico's verkleinen.

Stap 6: Mogelijkheden van adaptatiemaatregelen benoemen

Door toepassing van groen en water in en rond de basisschool kan hittestress worden tegengaan. Daarbij komt dat groen ook een goede oplossing is om het risico van water-op-sstraat te verkleinen. Door het toepassen van groen en water elementen kan water op plekken verzameld worden waar het geborgen kan worden en/of worden afgevoerd. Op deze manier komt het water op een plek terecht waar het niet voor schade kan zorgen.

Een manier om dit te doen is door het huidige schoolplein om te vormen tot een groen schoolplein. Het huidige plein is veelal verhard, zie figuur 8.



Figuur 8: Schoolplein van OBS De Posthoorn

bron: (OBS De Posthoorn)

Door de verharding te vervangen door kiezels, grind, zandpaden of houtsnippers krijgt het schoolplein meteen een natuurlijke uitstraling. Gebruik van natuurlijk materiaal als hout om op te klimmen en klauteren, in combinatie met bomen en planten maakt dat kinderen kunnen spelen in een groene omgeving dicht bij school.

Door dit te combineren met wadi's of greppels aan de rand van het schoolplein, kan regenwater worden geborgen. Dit zorgt ervoor dat de locatie meer regenwater kan vasthouden voordat het gaat afstromen. Figuur 9 en 10 geven sfeerbeelden van deze oplossingen weer.



Figuur 9: Sfeerbeelden groene schoolpleinen

Bron: Foto links (Gijsel, 2015), foto rechts (Snijders, z.d.)



Figuur 10 Sfeerbeelden groene schoolpleinen

Bron: Foto links (Thieme-Schrever, 2012), foto rechts (Martz, z.d.)

Conclusie

De onderzoeksvraag van dit rapport luidt als volgt: *"Hoe kan een integrale klimaatscan stapsgewijs worden uitgevoerd en hoe kunnen de uitkomsten hieruit omgezet worden naar kwetsbaarheden gerelateerd aan klimaatverandering, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het thema en de ruimtelijke spreiding van de overlast op wijk en/of stadsniveau?"*

De thema's die een rol spelen als gevolg van de klimaatverandering verschillen per gemeente. Dit maakt dat gemeenten interesses hebben in verschillende thema's en dit op een ander detailniveau uitgezocht willen hebben. De klimaatthema's die opgenomen zijn in dit onderzoek, zijn thema's waarover gemeenten advies willen wat betreft hun stedelijk gebied. Hierover vragen zij advies bij Wareco. De op wijkniveau spelende klimaatthema's waarover Wareco aanvragen krijgt zijn regenwateroverlast, grondwateroverlast, grondwateronderlast en hittestress. Wareco wil middels een klimaatscan gemeenten duidelijk kunnen maken welke thema's op welke locaties een aandachtspunt vormen.

Om een klimaatscan uit te voeren voor een gemeente moeten zes stappen worden doorlopen. Dit zal leiden tot een integraal beeld met kwetsbare locaties en een voorstel van mogelijke adaptatiemaatregelen. Stap 1 en 2 bestaan uit het initiatief vanuit de gemeente naar Wareco toe en het in gesprek gaan met de geïnteresseerde gemeente. Tijdens dit gesprek moet duidelijk worden welke klimaatthema's de gemeente naar voren wil laten komen in de klimaatscan en wat het detailniveau is waarop uiteindelijk risico-uitspraken gedaan kunnen worden. Het gewenste detailniveau bepaalt welke gegevens de gemeente moet aanleveren voor de klimaatscan. Dit valt onder stap 3. Het kan voorkomen dat een gemeente bepaalde gegevens niet heeft of niet op tijd kan aanleveren. Dan bepalen de beschikbare gegevens welk detailniveau haalbaar is voor de klimaatscan. Samen met de gemeente worden de scores aan de klassenindeling toegekend. Op deze manier kan de gemeente zelf aangeven welke punten er extra uitgelicht moeten worden in de klimaatscan.

In de vierde stap van de klimaatscan worden de risicokaarten voor de afzonderlijke thema's gemaakt. Het risico wordt bepaald aan de hand van de risicobepaling $\text{Risico} = \text{Kans (op schade door)} \times \text{Kwetsbaarheid}$, naar het principe van Kinney & Wiruth. In de klimaatscan hangt de kans op schade samen met wat de klimaatscenario's doen op het gebied van water, bodem en groen. De kwetsbaarheid hangt af van de mensen, privé eigendommen en openbare ruimte die consequenties ondervinden naar aanleiding van klimaatverandering. Om uiteindelijk de hoogte van het risico te bepalen wordt met behulp van scores voor 'Kans' en 'Kwetsbaarheid' onderscheid gemaakt tussen de klassen. Op deze manier kunnen urgente locaties benadrukt worden met een hogere score. Hoe groter de kans op optreden, hoe hoger de score. Voor de kwetsbaarheid geldt dat hoe gevoeliger een gebied is, hoe hoger de score wordt. De scores van beiden worden met elkaar vermenigvuldigd. De uitkomst is de risicoscore en deze wordt weergegeven op de risicokaart voor het desbetreffende thema.

De vijfde stap is het creëren van een integraal beeld. Hierbij worden de risicolocaties van de afzonderlijke risicokaarten samengevoegd. Zo ontstaat een integraal beeld waarop te zien is welk thema op welke locatie speelt. Door het samenvoegen van de losse risicolocaties is in één kaart weer te geven welke locaties kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Hoe meer thema's een risico vormen voor de desbetreffende locatie, hoe hoger de urgentie wordt om te overwegen dit gebied klimaatbestendig in te richten.

De integrale kwetsbaarhedenkaart geeft een totaal beeld van de kern met welke thema's er op welke locatie spelen en hoe deze ten opzichte van elkaar verspreid liggen.

Als laatste worden in stap 6 de mogelijke maatregelen aangedragen door Wareco die de gemeente kan treffen om de meest kwetsbare gebieden klimaatbestendig (her) in te richten. Deze maatregelen vormen de eerste stap voor de adaptatiefase zoals deze staat benoemd in de handreiking Stresstest Klimaatbestendigheid.

Deze zes stappen van de klimaatscan zijn getest voor de kern Pesse, ten noorden van Hoogeveen. Vanuit de gemeente is gevraagd om alle vier de thema's mee te nemen in de klimaatscan. Het thema grondwateronderlast speelt niet in Pesse omdat er naar verwachting geen paalfunderingen zijn toegepast. Deze verwachtingen zijn gebaseerd op de zandige ondergrond en de hierbij behorende fundering op staal. In Pesse is een reële kans op overlast door water-op-straat. Met name bij de basisschool en manege Smit vormen zich plassen met een middelgroot risico. Naar verwachting is het risico op grondwateroverlast klein in Pesse. Het risico op hittestress is middelgroot in Pesse. De risicolocaties bevinden zich rondom de basisschool. Omdat het thema grondwateroverlast niet speelt in de kern, is dit niet meegenomen op de integrale kwetsbaarheden kaart. Deze kaart geeft aan dat het gebied rondom de basisschool een knelpunt in Pesse is. Hier spelen zowel de thema's water-op-straat als hittestress. Om het risico te beperken wordt geadviseerd om dit gebied klimaatbestendig (her) in te richten. Dit kan gedaan worden door toepassing van bijvoorbeeld een groen schoolplein. Met deze maatregel worden beide thema's aangepakt.

Discussie en aanbevelingen

Discussie

Wareco heeft intern weinig tot geen kennis beschikbaar over het thema hitte en de daarbij behorende risico's in stedelijke gebieden. Dit betekent dat de klimaatscan voor dit thema erg nieuw is en er binnen Wareco weinig gegevens beschikbaar zijn. Er is met name gebruik gemaakt van op internet gepubliceerde onderzoeken over hittestress en de vorming van hitte-eilanden om dit thema uit te werken.

Bij het gebruik van open data moet goed gekeken worden wat de inhoud van de gegevens is. Zo is de BGT gebruikt om de verdeling tussen groen, water en verharding te bepalen. In de BGT is niet meegenomen op welke manier mensen hun voor- en achtertuinen hebben ingericht. Dit valt allemaal onder één noemer 'erf'. In dit rapport is er van uit gegaan dat 'erf' voornamelijk bestaat uit verhard gebied. Het kan zo zijn dat er grote delen groen zijn, die hierdoor vallen onder 'erf' en dus als verhard gebied geclassificeerd zijn. Als tuinen veel groen bevatten, heeft dit invloed op de resultaten van hittestress. Groen zorgt voor een verkleining van het risico, waarmee dus de risicokaart kan veranderen als men precies weet hoe tuinen zijn ingericht.

Tijdens het vaststellen van de thema's die mee genomen moesten worden in de klimaatscan is ook erg lang inundatie ter sprake geweest. Dit is een erg belangrijk onderdeel in Nederland en daarom ook iets wat veel gemeenten interessant vinden om mee te nemen in een klimaatscan. Door de complexiteit van dit thema is uiteindelijk besloten om dit thema niet mee te nemen in dit onderzoek.

De gemeente Pesse heeft een beperkt aantal gegevens beschikbaar. Vanwege de resterende korte tijdsspanne, is het niet gelukt om gedetailleerdere gegevens te verkrijgen zoals de funderingswijze van de woningen of aanvullende grondwaterstandmetingen. Voor de funderingswijze is uitgegaan van verwachtingen op basis van de bodemsamenstelling.

De gemeente Hoogeveen had de volgende kaarten beschikbaar:

- Hittestresskaart in PDF gemaakt door Tauw
- Kaarten (begaanbaarheid, hittestress, hoogte, landgebruik, stroombanen en wateroverlast) gemaakt door waterschap Drents Overijsselse Delta in hun Klimaatatlas

Al deze kaarten waren niet bruikbaar in Qgis omdat de achterliggende gegevens niet openbaar waren. Helaas is het niet gelukt om de achterliggende gegevens te achterhalen. Dit maakte het noodzakelijk om gebruik te maken van open data voor de thema's water-op-straat en hittestress. Voor water-op-straat is een eigen afstromingskaart gemaakt. De locaties en diepte van de plassen op de afstromingskaart verschillen met de locaties en dieptes die op de wateroverlastkaart staan van het waterschap. Voor hittestress is de open data niet specifiek genoeg omdat gegevens over de temperatuur of het oppervlaktemateriaal ontbreken. Dit zijn echter wel belangrijke thema's om hitte in kaart te kunnen brengen. Door het ontbreken van gegevens konden bijvoorbeeld het albedo, de emissiviteit en de SVF niet worden meegenomen.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om vervolg onderzoek naar de albedo, emissiviteit en de sky view factor uit te voeren om het thema hittestress beter uit te kunnen werken. Door deze componenten toe te voegen aan de klimaatscan kan het temperatuursverschil tussen verschillende typen oppervlaktmateriaal ook weergegeven worden. Op deze manier wordt de indeling voor de bepaling van hittestress veel minder grof dan de indeling in dit onderzoek (verharding, groen, water). Als advies voor Wareco wordt meegegeven om meer algemene kennis op te doen over dit thema. Op deze manier kunnen metingen worden verricht om hittestress beter in kaart te kunnen brengen. Zo kan de informatie verwerkt worden, zonder dat Wareco afhankelijk is van expertise van buitenaf.

Voor een vervolg op deze methodiek is het aan te raden om op zoek te gaan naar een gemeente die beschikking heeft over verschillende soorten detailniveaus. Zo kan dit stappenplan getest worden voor ook de hogere detailniveaus dan alleen het gebruik van open data. Het testen van de klimaatscan aan de hand van de detailniveaus geeft duidelijkheid of de klimaatscan altijd kan worden uitgevoerd of dat gemeenten een soort basis niveau aan informatie moeten kunnen aanleveren om tot goed resultaat te komen. Deze basisgegevens kunnen vervolgens vastgesteld worden nadat alle niveaus getest zijn.

Bovendien is het goed om de methode te testen voor gemeenten uit verschillende delen van het land. Op deze manier komt de mate waarin de thema's voor diverse gebieden spelen aan bod. Door dit te testen wordt de klimaatscan aangevuld vanuit problemen waar tegenaan wordt gelopen tijdens het uitvoeren van de klimaatscan. Met deze informatie wordt de methodiek uit dit onderzoek verbeterd.

Voor een completer beeld van de klimaatverandering en de effecten die optreden is inundatie een belangrijk onderdeel. Aanbevolen wordt om meer onderzoek te doen naar de effecten die naar aanleiding hiervan optreden in stedelijk gebied.

De locaties en plasdieptes die naar voren komen in dit onderzoek voor water-op-straat verschillen met de resultaten van het waterschap. Aanbevolen wordt om de achterliggende gegevens die het waterschap heeft gebruikt op te vragen en in te zien.

Reflectie

De vraagstelling vanuit Wareco was om een stappenplan te gaan schrijven voor de uitvoering van een klimaatscan. Het hele principe van een klimaatscan was mij onbekend. Dit maakte het voor mij een leuke en uitdagende opdracht om aan te beginnen.

Het onderwerp klimaatbestendig is heel breed en heeft veel raakvlakken op stedelijk gebied. Het was erg lastig om het onderzoek goed in te kaderen zodat er voldoende diepgang in zit maar wel blijft voldoen aan de vraag vanuit Wareco. Door me goed in te lezen en gesprekken met adviseurs binnen Wareco hebben we samen bepaald dat er vier thema's meegenomen zouden worden in mijn onderzoek. De vaststelling van de thema's gaf me houvast om gegevens en informatie binnen een desbetreffend thema te kunnen plaatsen. Erg lang is nog geprobeerd om een vijfde thema, inundatie vanuit oppervlaktewater, mee te nemen. Door de complexiteit en de omvang van dit thema op zich zelf is in goed overleg besloten om inundatie in mijn onderzoek buiten beschouwing te laten. Door op tijd de knoop door te hakken om dit onderwerp toch niet mee te nemen, had ik meer tijd over om mijn aandacht op de andere onderwerpen te richten. Dit gaf meer structuur aan mijn bezigheden.

De onderzoeksmethode is gebaseerd op hoe Wareco dit al in kleinere mate toepaste bij de losse onderdelen. Het principe heeft veel weg van een MCA maar is daar niet gelijk aan. Ik heb erg lang gerommeld om mijn onderzoeksmethode goed en helder te kunnen verwoorden. Doordat ik veel heb gewisseld in woordkeuze werd het een verwarrend verhaal. Zelf wist ik heel goed wat ik bedoelde maar vond het lastig om dit ook voor de lezer duidelijk op papier te zetten. De feedback van mijn docent over mijn conceptrapport heeft me gewezen op het feit dat ik verschillende begrippen door elkaar gebruikte wat het verhaal erg verwarrend maakte. Door heel bewust steeds dezelfde woorden onder Risico, Kans of Kwetsbaarheid te gebruiken, is naar mijn mening de leesbaarheid en structuur verbeterd.

Achteraf zou het beter zijn geweest als ik mijn onderzoeksmethode eerder had besproken met mijn docent dan pas bij mijn concept. Ik heb nu nog erg hard moeten werken om mijn scriptie om te gooien en het te verbeteren. Toch ben ik erg blij met het resultaat en is het commentaar zeker een meerwaarde geweest voor mijn scriptie.

Binnen Wareco had ik wat betreft Qgis een andere begeleider. Door regelmatig naar de vestiging in Amstelveen te gaan heb ik hem op de hoogte gehouden van mijn werkzaamheden. De dagen in Amstelveen gebruikte ik om zijn expertise van Qgis te gebruiken en om gesprekken te voeren met collega's daar. Ik ben erg blij dat ik daar regelmatig ben geweest omdat deze vestiging net ander type projecten heeft lopen. Daardoor hadden collega's hier net andere input om de onderbouwing van ieder thema volledig te maken. Ook leerde ik op deze manier veel mensen binnen Wareco kennen, wat ik zeker als meerwaarde zie van een afstudeeropdracht bij een bedrijf.

Bibliografie

- A.W. Boer namens Wareco. (2016). Klimaatimpact in de wijk. Amstelveen, Nederland: Wareco Ingenieurs.
- Beets, W., & Kuiper, M. (2011). *Studie naar aandachtsgebieden grondwateroverlast en -onderlast in de gemeente Zwijndrecht*. Amstelveen.
- de Vree, J. (z.d.). *Negatieve kleef*. Opgeroepen op april 6, 2017, van http://www.joostdevree.nl/shtmls/negatieve_kleef.shtml
- de Vree, J. (z.d.). *Staal: fundering op staal*. Opgeroepen op maart 29, 2017, van joostdevree: http://www.joostdevree.nl/shtmls/staal_fundering_op_staal.shtml
- Deltabeslissingen. (2017). *Deltabeslissingen*. Opgeroepen op februari 6, 2017, van Deltacommissaris Deltaprogramma: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/inhoud/deltabeslissingen>
- Deltacommissaris Ruimtelijke Adaptatie. (2017). *Ruimtelijke Adaptatie*. Opgeroepen op februari 1, 2017, van Deltaprogramma: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/inhoud/gebieden-en-generieke-themas/ruimtelijke-adaptatie>
- Deltaprogramma. (2017). *Deltaprogramma*. Opgeroepen op februari 6, 2017, van Deltacommissaris: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/inhoud/wat-is-het-deltaprogramma>
- Döpp, S. (2011, mei 27). *Kennismontage Hitte en Klimaat in de Stad*. Opgeroepen op april 4, 2017, van TNO: https://www.tno.nl/media/4361/kennismontage-hitte-en-klimaat-in-de-stad_2011.pdf
- Encyclo. (z.d.). *Nederlandse encyclopedie*. Opgeroepen op maart 28, 2017, van <http://www.encyclo.nl/begrip/recreatiegebied>
- Gijssel, L. (2015, september). *Groene school maakt kinderen slimmer*. Opgeroepen op mei 23, 2017, van Zeronaut: <http://www.zeronaut.be/blog/2015/9/21/groene-school-maakt-kinderen-slimmer>
- Groenblauwe Netwerken. (2017). *Hitte*. Opgeroepen op maart 7, 2017, van Groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/heat/>
- Hellendoorn, J. (2001). *Evaluatiemethoden Ex Ante, een introductie*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Heusinkveld, B. (2013). *Stedelijk warmte-eiland Utrecht*. Wageningen: WUR publicatie. IMA. (z.d.). Opgehaald van <https://www.imaonline.nl/sites/default/files/faq/files/wegingsmethodiek-van-kinneyw.pdf>
- Kluck, J., & et al. (2017). *Het klimaat past ook in uw straatje*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- KNMI. (2008). *De toestand van het klimaat in Nederland*. Den Haag: Drukkerij Opmeer.
- KNMI. (2017). *Klimaatscenario's*. Opgeroepen op februari 16, 2017, van KNMI: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/klimaatscenario-s>
- KNMI. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. Zwolle: Zalsman B.V.
- Kwadijk, J., & Drunen, F. a. (2006). *Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting, WL*. Delft Hydraulics.
- Leenaers, H., Donkers, H., & Noordhoff Atlasproducties. (2010). *De bosatlas van Nederland waterland*. Groningen: Noordhoff Uitgevers bv.

- Maiheu, B. (2011). *Hittekaar voor Tilburg*. Mol (België): VITO NV.
- Martz. (z.d.). *Wadi in het galgenbosje*. Opgehaald van http://nl.worldmapz.com/photo/165809_fr.htm
- Mees, H. (z.d.). Stad nog niet klaar voor klimaatextremen. *www.stad-en-groen.nl*, pp. 22-25.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Basisregistratie Grootchalige Topografie*. Opgeroepen op maart 6, 2017, van Ministerie van Infrastructuur en Milieu: <https://www.basisregistratiesienm.nl/basisregistraties/grootchalige-topografie>
- Moon Ingenieurs. (2017). *Hydraulische berekeningen (BasisRioleringsPlan)*. Opgeroepen op mei 2017, van Moons Ingenieurs: http://www.moons.nl/ingenieurs/diensten_ingenieurs/hydraulische-berekeningen-basisrioleringsplan.html
- OBS De Posthoorn. (sd). *Onze school*. Opgeroepen op mei 23, 2017, van <http://www.obsdeposthoorn.nl/onze-school.html>
- Ondergrondmodellen Dinoloket. (z.d.).
- Reichard, H., Clemens, F., Lobbrecht, A., Hartemink, J., W, M., L.M, P., et al. (2011). *Neerslaginformatie voor het bebouwde gebied. Stand van zaken en ontwikkelingen*. Ede: Stichting RIONED.
- Reinshagen, E. (2007). *Formalisering van toekenning van gewichten binnen een Multi Criteria Analyse, Een toepassing op de bypass bij Kampen*. Universiteit Twente, Civiele Technologie en Management.
- Rijksoverheid. (z.d.). *Waterbeheer in Nederland*. Opgeroepen op maart 15, 2017, van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/inhoud/waterbeheer-in-nederland>
- RIVM. (2017). *Gezonde stedelijke leefomgeving*. Opgeroepen op februari 16, 2017, van RIVM: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/K/Klimaatverandering/Gezonde_stedelijke_leefomgeving
- ROC van Twente. (z.d.). *Het ontstaan van het Bouwbesluit*. Opgeroepen op maart 29, 2017, van <http://www.ifmmmodels.com/ZIL/index.php/en/project-1/item/387-het-ontstaan-van-het-bouwbesluit?showall=1>
- Royal HaskoningDHV. (2012). *Klimaatverandering en maaiveldddaling in veenweidegebieden; ruimtelijke strategie 2030 en uitvoering 2015*. Provincie Zuid-Holland.
- Schuurman, I. (2017). *Grondwatermeetplan gemeente Gemert-Bakel*. Amstelveen: Wareco Ingenieurs.
- Snijders, W. (z.d.). Natuurschoolplein.
- Thieme-Schrever, M. (2012, juni). *Een groen schoolplein? Doen!* Opgeroepen op mei 23, 2017, van chick-a-dees: <https://www.chick-a-dees.nl/nl/blogs/buitenspelen-blog/een-goen-schoolplein-doen/>
- van de Ven, F., Buma, J., & Vos, T. (2014). *Handreiking voor de uitvoering van een Stresstest Klimaatbestendigheid*. Rijksoverheid, Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie.
- van Luijtelaar, H., & et al. (2014). 22. Maatstaven/ meetmethoden. In H. van Luijtelaar, *Ervaringen met de aanpak van regenwateroverlast in bebouwd gebied*. (pp. 306-324). Ede: Stichting Rioned.
- van Minnen, J., & Ligtvoet, W. (2012). *Effecten van klimaatverandering in Nederland*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Velner, i. R., & Spijker, d. M. (2011). *De standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor regionale wateroverlast*. Amersfoort: Stichting

Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

Wareco. (2017).

Wareco klimaatscan. (2017). *Klimaatscan*. Opgeroepen op februari 14, 2017, van Wareco, klimaatbestendige stad: <https://www.wareco.nl/kbs/klimaatscan>

Wareco. (2017). *Onderzoek grondwateroverlast*. Opgeroepen op mei 18, 2017, van Wareco Ingenieurs: <https://www.wareco.nl/water/grondwateronderzoek>

Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht. (z.d.). *Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht*.

Opgeroepen op maart 7, 2017, van KNMI: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/warmte-eilandeffect-van-de-stad-utrecht>

WUR. (2016). *Klimaatverandering*. Opgeroepen op februari 1, 2017, van Wageningen University & Research: <http://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Themas/Klimaatverandering.htm>

Bijlagenboek

Stapsgewijs naar een klimaatbestendige stad

Een onderzoek naar een stapsgewijze methodiek voor de uitvoering van een integrale klimaatscan op wijkniveau



M.G. van Meijel

Land- en watermanagement
In leeropdracht van Hogeschool Van Hall Larenstein
1 juni 2017, Deventer

Inhoud

Bijlage 1: Voorbeeld risicokaart grondwateronderlast door Wareco	4
Bijlage 2: Verdeling detailniveau klimaatscan	5
Bijlage 3: Meetschalen MCA	6
Bijlage 4: Klassenindeling 'Kans op schade' en 'Kwetsbaarheid'	7
Bijlage 5: Onderbouwing klassenindeling 'Kans'	9
Bijlage 6: Onderbouwing klassenindeling 'Kwetsbaarheid'	13
Bijlage 7: Voorbeeld toepassing risicobepaling	17
Bijlage 8: Bouwbesluit 1992	19
Bijlage 9: Hitte	20
Bijlage 10: Stappenplan Handreiking Stresstest	21
Bijlage 11: Handelingen in Qgis	22
Bijlage 12: Afstromingskaart	26
Bijlage 13: Verdeling groen, water en verharding	27
Bijlage 14: Ontstaanslocatie en diepte plassen	28
Bijlage 15: Gebruiksfuncties in Pesse	29
Bijlage 16: Weg- en wijkinrichting	30
Bijlage 17: Risicokaart water-op-sstraat	31
Bijlage 18: Kwetsbaarheid grondwateroverlast	32
Bijlage 19: Risicokaart grondwateroverlast	33
Bijlage 20: Risicokaart hittestress	34
Bijlage 21: Integrale kwetsbaarhedenkaart	35
Bibliografie	36

Bijlage 1:
Voorbeeld risicokaart grondwateronderlast door Wareco





Nominale schaal:

De nominale schaal wordt gebruikt wanneer de informatie niet kwantitatief is en er geen volgorde van criteriumscores kan worden afgeleid.

Binaire schaal:

Bij deze schaal worden effecten of eigenschappen ingedeeld in categorieën. Er kunnen cijfers aan de onderscheiden categorieën toegekend worden, maar er kunnen geen rekenkundige bewerkingen mee uitgevoerd worden. Je krijgt een score 0 en 1.

Ordinale schaal:

Deze schaal wordt gebruikt als de informatie niet kwantitatief is, maar als wel de onderlinge rangorde kan worden aangegeven. De ordegraad is in dit geval niet bekend.

Plussen en minnen schaal:

Dit is een bijzondere vorm van de ordinale schaal. Bij deze schaal wordt de score kwalitatief met plussen en minnen aangegeven. De schaal kan alleen gebruikt worden als er slechts een volgorde tussen de alternatieven aangegeven kan worden.

Interval schaal:

Deze schaal wordt gebruikt wanneer bekend is dat er een bepaalde volgorde kan worden aangebracht in de criteriumscores en als ook de omvang van het verschil tussen twee posities te bepalen is. Er is wel een vaste meeteenheid nodig, maar het absolute nulpunt ontbreekt, dus verhoudingen tussen twee scores kunnen niet bepaald worden. Een voorbeeld is de temperatuurschaal van Celsius.

Ratio schaal:

Bij deze schaal zijn wel absolute waarden bekend. Dit geldt voor zowel de meeteenheid als voor het nulpunt. Nu kunnen zowel de verschillen als de verhoudingen worden bepaald. Het is nu mogelijk om zonder aanvullende veronderstellingen rekenkundige bewerkingen te doen.

Bijlage 4:
Klassenindeling 'Kans op schade door' en 'Kwetsbaarheid'

Hieronder staat de klassenindeling beknopt weergegeven voor zowel 'Kans' als 'Kwetsbaarheid'. In de volgende bijlage wordt onderbouwd hoe deze klassenindeling tot stand is gekomen en waarom.

De kolom 'score' heeft betrekking op de identieke score die elke klasse krijgt om uiteindelijk de grootte van het op te treden risico te bepalen.

Klassenindeling 'Kans'

Categorie	Klassenindeling	Score kans
Water-op-sstraat	Geen plasvorming	1
	Plassen < 0.10 m	2
	Plassen 0.10 – 0.20 m	3
	Plassen > 0.20 m	4
Grondwateroverlast	Ontwatering > 0.90 m	1
	Ontwatering 0.90 – 0.70 m	2
	Ontwatering 0.70 – 0.30 m	3
	Ontwatering < 0.30 m	4
Grondwateronderlast	Erg afhankelijk van de laagste grondwaterstanden. Dit moet dus per gebied bekeken worden	
	Toekomstige RLG daalt niet t.o.v. huidige RLG	1
	Toekomstige RLG daalt maximaal 0.10 meter t.o.v. huidige RLG	2
	Toekomstige RLG daalt 0.10-0.20 meter t.o.v. huidige RLG	3
	Toekomstige RLG daalt 0.20 meter of meer t.o.v. huidige RLG	4
Hitte	Water	1
	Groen	1
	Verharding	3

Bijlage 4:
Klassenindeling 'Kans op schade door' en 'Kwetsbaarheid'

Klassenindeling	Score kwetsbaarheid			
	Water-op-sstraat	Grondwateroverlast	Grondwateronderlast	Hittestress
<i>Weg- en wijkinrichting</i>				
Hoofdontsluiting	4			
Stadscentrum	3			
Smal opgezette wijken	3			
Tuinstad	2			
Ruim opgezette wijken	2			
Sub-urbane uitbreiding - Vinex	2			
<i>Bouwjaar bebouwing</i>				
Bebouwing voor 1900		2		
Bebouwing 1900-1940		2		
Bebouwing 1940-1992		2		
Bebouwing na 1992		1		
<i>Fundering gebouwen</i>				
Fundering op houten palen			4	
Fundering op palen met betonkop			3	
Fundering op staal			2	
Fundering op betonnen palen			1	
<i>Gebruiksfunctie (op basis van bodemgebruik)</i>				
Onbebouwd gebied	1			1
Laagbouw	3			3
Hoogbouw	3			4
Bedrijventerrein	3			4
Recreatie	2			2
<i>Kwetsbare objecten</i>				
Onderwijsinstellingen/tehuizen				3
Ziekenhuizen				3
Elektriciteit				2
Hulpdiensten (brandweer, ambulance, politie)				1

Hieronder volgt de onderbouwing waarom er voor de desbetreffende klassenindeling van is gekozen om de kans op schade te kunnen bepalen.

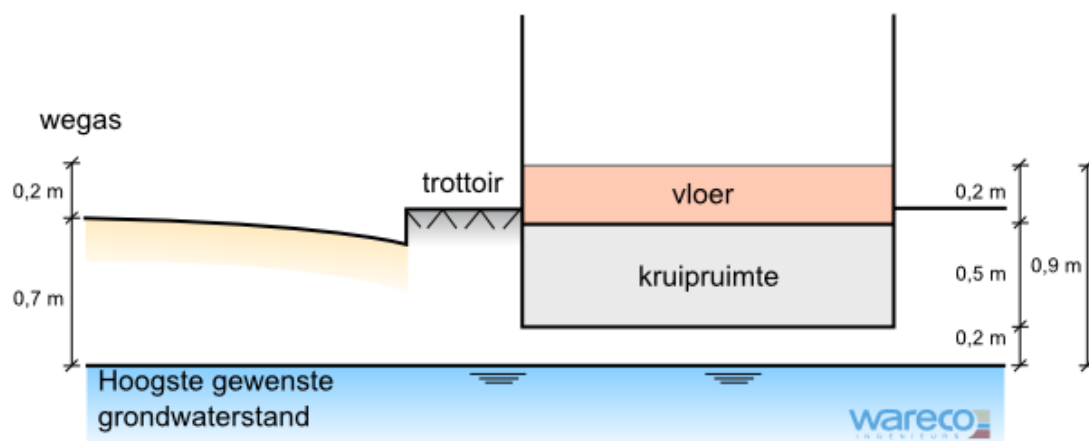
Water-op-straat

Water op straat zorgt voor schade zodra het over de trottoirbanden van de stoep heen loopt en dus vrij spel heeft om huizen te bereiken. De volgende klassenindeling is gemaakt:

Klassenindeling	Kans
Geen plasvorming	Kans op waterschade is nihil.
Plassen minder dan 0.10 meter	Het water blijft binnen de trottoirbanden staan en vormt nog geen directe kans om schade aan woningen te leveren. Het water stroomt wel over de rand heen als er nog wordt gereden in de straat. Er is dan ook een kleine kans op waterschade.
Plassen tussen 0.10 en 0.20 meter	Het water loopt over de trottoirbanden heen. Huizen zonder voortuinen lopen het gevaar dat het water tot de dorpel komt te staan. Bij huizen met voortuinen zorgt de tuin er voldoende voor om het water vast te houden. De afstand tot de dorpel is nog te groot. Bij woningen zonder voortuin of een volledig verharde smalle voortuin is de kans op schade reëel.
Passen dieper dan 0.20 meter	Water heeft voldoende hoogte om af te stromen naar de huizen. Het bereikt redelijk makkelijk de dorpels en heeft de grootste kans dat er schade aan woningen optreedt.

Grondwateroverlast

De klassenindeling voor grondwateroverlast is gebaseerd op figuur 1



Figuur 1 Principeschets gewenste grondwaterstand

bron: (Wareco, 2017)

De hoogste gewenste grondwaterstand ligt op 0.70 meter beneden de wegas en 0.90 meter beneden het vloerpeil. Dit omdat er vanuit wordt gegaan dat een gemiddelde kruipruimte een hoogte heeft van 0.50 m en het is gewenst dat de grondwaterstand nog 0.20 m onder de kruipruimte staat om opdringend vocht in de kruipruimte te voorkomen. Op basis van de ontwatering wordt gekeken of er risico is op grondwateroverlast. De klassenindeling is als volgt:

Klassenindeling	Kans
Ontwatering groter dan 0.90 meter	Het water zit ruim onder de gemiddelde kruipruimte. De kans dat er grondwateroverlast zal optreden is nihil.
Ontwatering tussen 0.90 en 0.70 meter	De hoogste grondwaterstand heeft nog steeds de benodigde 20 centimeter speling onder een gemiddelde kruipruimte. Hoewel dit ruim voldoende is, is er een kleine kans dat het grondwater schade aanricht als er sprake is van een diepere kruipruimte in combinatie met een kleinere ontwatering.
Ontwatering tussen 0.70 en 0.30 meter	Er is een reële kans op grondwateroverlast omdat de grondwaterstand nu ter hoogte van of in de kruipruimte komt te staan.
Ontwatering kleiner dan 0.30 meter	De kans op grondwateroverlast is groot. Het grondwater staat in ieder geval in de kruipruimte. Daarnaast staat het erg dicht bij het vloerpeil. Dit kan bij gebouwen voor 1992 (voldoen niet aan bouwbesluit bijlage 8) leiden tot waterschade in de vloerconstructie.

Grondwateronderlast

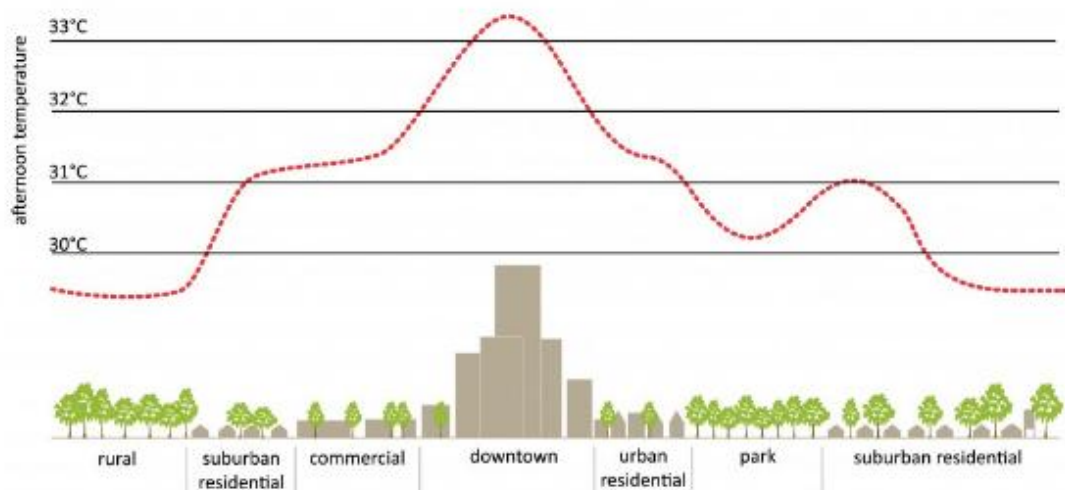
Grondwateronderlast gaat een probleem spelen wanneer de ontwatering er voor zorgt dat funderingen droog komen te staan. De houten heipalen moet onder de grondwaterspiegel blijven om houtrot te voorkomen. De lengte van de betonnen kop hangt af van de laagste grondwaterstanden (CASADATA, 2016). De grondwaterstand verschilt per gebied en dus moet er per locatie bekeken worden wat een goede indeling is om het risico op grondwateronderlast te bepalen. Het is niet mogelijk hiervoor een vaste indeling te maken. De gemiddelde laagste grondwaterstand bepaalt in dit geval het startpunt van de klassenindeling.

Indien er sprake is van fundering op staal is speelt dit thema eigenlijk niet omdat de funderingspalen niet droog kunnen komen te staan.

Klassenindeling	Kans
Toekomstige RLG daalt niet t.o.v. huidige RLG	De verwachting is dat de grondwaterstanden in de toekomst niet veel zullen variëren ten opzichte van de huidige situatie. De situatie is hier op ingericht. Daarom is de kans dat er grondwateronderlast zal optreden nihil.
Toekomstige RLG daalt maximaal 0.10 meter t.o.v. huidige RLG	Door de dalende grondwaterstand is de kans op grondwateronderlast aanwezig. De kans is klein omdat de grondwaterstand niet dusdanig veel verschilt met de huidige situatie.
Toekomstige RLG daalt 0.10-0.20 meter t.o.v. huidige RLG	Er is een reële kans dat er grondwateronderlast optreedt omdat het grondwater ten opzichte van de huidige situatie best verandert. Dit betekent dat door de ruime daling van de RLG ook verwacht wordt dat de grondwaterstanden door het jaar heen lager zullen worden.
Toekomstige RLG daalt 0.20 meter of meer t.o.v. huidige RLG	De kans op grondwateronderlast is groot. De verwachting is dat het grondwater zo flink daalt, het ook gevolgen door het jaar heen heeft. Door het jaar heen zal het niveau van de huidige RLG of daaronder vaker worden bereikt, waardoor zich problemen kunnen voordoen.

Hitte

De toenemende verstedelijking, de verdichting en de verharding van het grondoppervlak leiden in toenemende mate tot verhoging van de temperaturen en tot hittestress in de stad. Verharde gebieden in steden blijken in de praktijk tijdens warme zomerse dagen wezenlijk warmer te worden dan het landelijke gebied (GroenBlauwe Netwerken, z.d). In figuur 2 is het temperatuurverschil te zien.



Urban heat island © EPA, UHI Basics, 2008

Figuur 2 Hitte-eilanden

bron: (GroenBlauwe Netwerken, z.d)

Oppervlakte- en luchttemperatuur variëren in de loop van de dag sterk boven verschillend ingerichte oppervlakken (EPA, 2008). Begroeide oppervlakken en bomen zorgen voor lagere oppervlaktetemperaturen, luchttemperatuur en schaduw. Ook zorgt groen voor verdamping, wat een verkoelend effect heeft. De afname van groen en water en de toename van verharde oppervlakken leidt tot een afname van het verkoelend effect. Ook vindt verdamping mindere mate plaats door de aanwezigheid van steeds meer bebouwing en verharde oppervlakken (GroenBlauwe Netwerken, z.d).

Om de grootte van het risico op het ontstaan van hitte-eilanden en hittestress te bepalen is daarom de volgende klassenindeling gemaakt:

Klassenindeling	Kans
Groen	Heeft een verkoelende werking op de oppervlakte- en luchttemperatuur in de stad. Het werkt dus juist de vorming van hitte-eilanden en daarmee hittestress tegen. De kans dat in deze gebieden hittestress optreedt is nihil.
Water	Oppervlaktewater zorgt voor verdamping, wat een verkoelende werking heeft op de luchttemperatuur in de stad. Daarmee werkt ook water de vorming van hitte-eilanden en hittestress tegen. De kans op hittestress is ook hier nihil.
Verharding	Verhard oppervlak houdt warmte vast, waardoor het warm wordt. Over het algemeen absorbeert een stedelijke omgeving twee keer zoveel als het landelijk gebied (EPA, 2008). Dit in combinatie met weinig afkoelende elementen zorgt ervoor dat verharding een reële kans op hittestress oplevert.

Hieronder wordt per categorie toegelicht hoe de indeling tot stand is gekomen. In hoofdstuk 4 van het hoofdrapport wordt onder de paragraaf 'Kwetsbaarheid' per klimaatthema toegelicht waarom deze kwetsbaarheid een belangrijke rol speelt om het uiteindelijk op te treden risico van dat klimaatthema te bepalen.

6.1 Weg- en wijkinrichting

De klassenindeling is gebaseerd op het typen wegen dat in Nederland is te onderscheiden en de verschillende wijktypologieën die er zijn. De wijkenmerken en de functie van wegen bepalen de grootte van de kwetsbaarheid. De indeling is tot stand gekomen door overeenkomende eigenschappen van de verschillende typen wijken en wegen te groeperen. Onder de klassen indeling staat omschreven wat welk type weg of wijk voor kenmerken heeft.

Klassenindeling	Hieronder vallen:
Hoofdontsluiting	Stroomwegen Gebiedsontsluitingswegen Aanrijdroutes van de hulpdiensten
Stadcentrum	Het historisch stadscentrum Hoogbouw stadscentrum
Smal opgezette wijken	Stedelijk woonblok Vooroorlogs bouwblok Volkswijk
Tuinstad	Naoorlogse tuinstad laagbouw en hoogbouw
Ruim opgezette wijken	Tuindorp Naoorlogse wijken Bloemkoolwijken
Sub-urbane uitbreiding Vinex	Sub-urbane uitbreiding Vinex wijken

De erftoegangswegen maken deel uit van de betreffende wijkinrichting. Dit wegtype is dan ook opgenomen onder de verschillende typen wijken.

Er zijn verschillende wegen te onderscheiden (Rijkswaterstaat, 2017):

- Stroomwegen
Dit type weg is bestemd om veel verkeer te verwerken met zo min mogelijk oponthoud. Hier geldt een snelheid van minimaal 100 km/h
- Gebiedsontsluitingswegen
Dit is een weg die is ontworpen of aangewezen om een gebied aan te sluiten op stroomwegen. De opbouw van de wegvakken zijn gericht op doorstroming, alleen op kruispunten vindt uitwisseling plaats.
- Erftoegangswegen
Dit is een weg die bedoeld is om verkeer uit te wisselen, zowel op wegvakken als op kruispunten. Op een erftoegangsweg gelden lagere snelheden, in de bebouwde kom is dit 30 km/h.

Er zijn verschillende wijktypologieën te onderscheiden (Kleerekoper, 2016):

Wijktypologie	Bouwperiode	Kenmerken
Stedelijk bouwblok	Voor 1930	Geen voortuin of groenstrook, 4-5 lagen
Vooroorlogs bouwblok	1900-1940	Niet altijd voortuinen, 3-4 lagen, bredere straten dan stedelijk bouwblok en soms groenstrook
Tuindorp	1910-1930	Ruime voor- en achtertuinen, 2-3 lagen, veel langsparkeren, jaren 30-bouwstijl, beperkt gemeentelijk groen, vaak geen straatbomen
Volkswijk	1930-1940	Geen voortuin, weinig gemeentelijk groen, 2-3 lagen, eengezinswoningen
Naoorlogse tuinstad laagbouw	1945-1955	Open bouwblokken met veel groen, 2-3 lagen, eengezinswoningen
Naoorlogse tuinstad hoogbouw	1950-1960	Open bouwblokken met veel groen, 4-6 lagen, appartementen, berging op begane grond
Naoorlogse wijk	1940-1990	Voor- en achtertuin, 2-3 lagen, eengezinswoningen in rij, twee onder een kap of vrijstaand
Bloemkoolwijk	1975-1980	Eengezinswoningen met voor- en achtertuin, kronkelende stratenpatronen, hofjes, brede groenstrook rondom de wijk
Hoogbouw stadscentrum	1960-heden	Meer dan 10 lagen, gebouwen in grid
Sub-urbane uitbreiding – Vinex	1990-2005	Eengezinswoningen in rij, twee onder een kap, vrijstaand, appartementen

6.2 Gebruiksfunctie

De indeling van de gebruiksfuncties is gebaseerd op de kaart bbg2010_hoofdgroep uit PDOK. Deze kaart is opgesteld door het CBS en bevat hoofdgroepen van landgebruik. Deze hoofdgroepen zijn hergegroepeerd op basis van hun eigenschappen qua materiaal en waterdoorlatendheid. Daaruit volgt de volgende klassenindeling:

Klassenindeling	Hieronder vallen:
Onbebouwd gebied	Bos Droog natuurlijk terrein Nat natuurlijk terrein Landbouw Water
Bebouwd gebied	Hoofdweg Spoorweg Bebouwd Semi-bebouwd Glastuinbouw
Bedrijven terrein	Vliegveld Bedrijfsterrein
Recreatie	Recreatie

6.3 Type fundering

Deze indeling geldt alleen waar er fundering is toegepast. Door de grote regionale verschillen in Nederland qua bodemopbouw moet per gebied bekeken worden of dat er wel of geen gebruik is gemaakt van funderingen.

Klassenindeling	Kwetsbaarheid
Fundering op houten palen	Houten paalfunderingen zijn erg gevoelig voor daling van de grondwaterstand. Door daling van de waterstand vindt droogstand van de paal plaats. Hierdoor treedt paalrot op.
Fundering op houten palen met betonkop	Zolang het houten gedeelte van de palen onder de grondwaterstand blijven is dit type fundering niet gevoelig voor grondwaterstanddaling. Zodra de grondwaterstand daalt tot onder de kop, komt het hout droog te staan. Dit kan tot paalrot leiden. Dit type fundering is dan ook gevoelig voor grondwateronderlast.
Fundering op staal	Funderingen op staal hebben betrekking op constructies die op relatief geringe diepte op de draagkrachtige ondergrond worden gefundeerd, veelal door tussenkomst van een verbrede voet. Deze verbrede voet is benodigd om de druk die vanuit de constructie wordt uitgeoefend en die groter is dan die de ondergrond kan opnemen, te spreiden over een groter oppervlak (de Vree, z.d.). Dit type fundering is beperkt gevoelig voor grondwateronderlast.
Fundering op betonnen palen	Betonnen funderingen zijn niet gevoelig voor fluctuatie van de grondwaterstand.

Indien er geen informatie over het type funderingen aanwezig is, wordt op basis van de ouderdom van de bebouwing een indicatie gemaakt van de mogelijk aanwezige fundering. Uit de tekst onder paragraaf 4.3.2 zijn verschillende jaartallen opgenomen wanneer er welk materiaal voor de fundering werd gebruikt. Op basis hiervan is de volgende indeling gemaakt:

Klassenindeling	Hieronder vallen:
Gebouwen gebouwd voor 1930	Houten paalfundering
Gebouwen gebouwd tussen 1930-1960	Houten paalfundering met betonkop
Gebouwen gebouwd tussen 1960-1980	Afwisseling tussen houten palen met betonkop, volledig betonnen palen en fundering op staal
Gebouwen gebouwd na 1980	Er werd alleen nog maar gebruik gemaakt van volledig betonnen palen.

6.4 Kwetsbare objecten

De indeling van de klassen voor kwetsbare objecten is gebaseerd op de kwetsbare objecten zoals deze gedefinieerd zijn in artikel 1 van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). De indeling ziet er als volgt uit:

Klassenindeling	Hieronder vallen:
Onderwijsinstellingen/ tehuizen	Basisscholen Peuterspeelzalen Kinderopvang Verzorgingstehuizen Bejaardenhuizen
Ziekenhuizen	Locaties van ziekenhuizen
Elektriciteit	Hoogspanningsmasten Elektriciteitscentrales Elektriciteitskastjes
Hulpdiensten	Brandweer Ambulance Politie

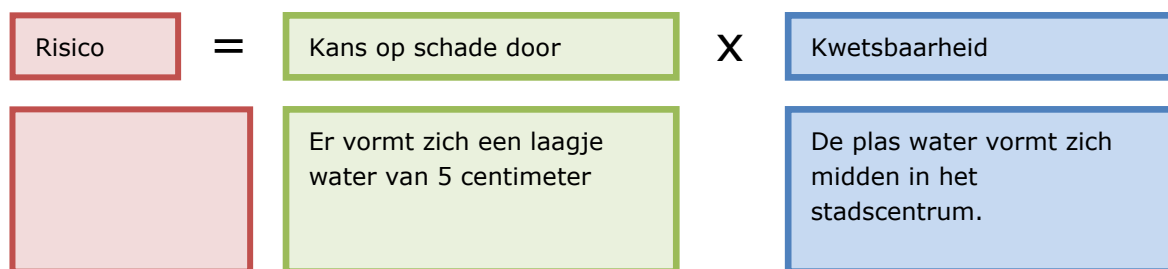
In dit voorbeeld wordt alleen het klimaatthema water-op-straat uitgewerkt. De risicobepaling van de thema's grondwateroverlast, grondwateronderlast en hitte worden op de vergelijkbare manier aangepakt.

Voorbeeld

Er komt water op straat voor als het riool de afvoer van de bui niet meer kan verwerken en overstroomt. Hierdoor ontstaan plassen op straat.

- Welke plasdieptes ontstaan op dat moment?
Het antwoord op deze vraag komt in het groene blok te staan.
- Waar komt het water te staan en zijn hier personen, privé eigendommen en openbare ruimte die hier consequenties van ondervinden?
Dit antwoord komt in het blauwe vak te staan.

Er volgt dan het volgende schema uit de antwoorden:



De vraag is nu: Hoe groot is het risico dat op treedt?
Dit komt uiteindelijk in het rode blok te staan.

De grootte van het risico wordt bepaald door de hoogte van de vermenigvuldiging. Daarvoor moet per criterium gekeken worden welke klasse van toepassing is en welke score hierbij hoort. Dit is te zien in tabel 1 waar de score van 'Kans' wordt weergegeven en in tabel 2 en 3 staat de score die volgt uit 'Kwetsbaarheid'.

Tabel 1 Score 'Kans'

	Criterium score	
Geen plasvorming	1	Nihil
< 0.10 m	2	Kleine
0.10-0.20 m	3	Reëel
> 0.20 m	4	Groot

In dit voorbeeld treedt plasvorming op die kleiner is dan 0.10 meter. Deze krijgt een kleine kans op schade en daarbij behoort criteriumscore 2.

Tabel 2 Score 'Kwetsbaarheid'

Weg- en wijkenrichting	Criterium score	
Hoofdontsluiting	4	Erg gevoelig
Stadscentrum	3	Gevoelig
Smal opgezette wijken	3	Gevoelig
Tuinstad	2	Beperkt gevoelig
Ruim opgezette wijken	2	Beperkt gevoelig
Sub-urbane uitbreiding-Vinex	2	Beperkt gevoelig

Tabel 3 Score 'Kwetsbaarheid'

Gebruiksfunctie	Criterium score	
Onbebouwd	1	Niet gevoelig
Bebouwd	3	Gevoelig
Hoogbouw	3	Gevoelig
Bedrijventerrein	3	Gevoelig
Recreatie	2	Beperkt gevoelig

Bij het klimaatthema water-op-straat spelen twee categorieën in het blok 'Kwetsbaarheid' een rol. De plas vormt zich in het stadscentrum. Dus onder het criterium 'weg- en wijkenrichting' is dit voorbeeld gevoelig, met een criteriumscore 3 Het stadscentrum valt onder bebouwd gebied onder het criterium 'Gebruiksfunctie'. Gebouwd gebied is gevoelig en krijgt criteriumscore 3.

Deze twee afzonderlijke scores worden bij elkaar opgeteld. De scores kunnen nu in de som worden ingevuld.

Risico	=	Kans (op schade door)	X	Kwetsbaarheid
12		2		6

Je krijgt uit dit voorbeeld dus een risicoscore 12 voor het desbetreffende gebied.

Op deze manier krijg je voor het gehele onderzoeksgebied verschillende risicoscores voor het thema water-op-straat. Deze scores worden vertaald naar een risicokaart. Hoe hoger het getal, hoe meer risico een locatie loopt. Met behulp van een kleurenrangschikking van groen naar rood ontstaat een kaart met risicovolle gebieden (rood), middelhoge risicogebieden (geel) en gebieden zonder risico (groen).

Art. 89 Wering van vocht van buiten

Lid 1.

Een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsruimte, toiletruimte of badruimte moet, ter beperking van het kunnen binnendringen van vocht in de woning of het woongebouw, bepaald overeenkomstig NEN 2778, waterdicht zijn.

Lid 2.

Het eerste lid is van overeenkomstige toepassing op een constructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsruimte, toiletruimte of badruimte en de kruipruimte, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op het voldoen van die constructie aan dit lid.

Lid 3.

Een inwendige scheidingsconstructie van een verblijfsruimte, toiletruimte of badruimte, voor zover die constructie niet de scheiding vormt met een andere verblijfsruimte, toiletruimte of badruimte, moet, bepaald overeenkomstig NEN 2778, waterdicht zijn.

Albedo

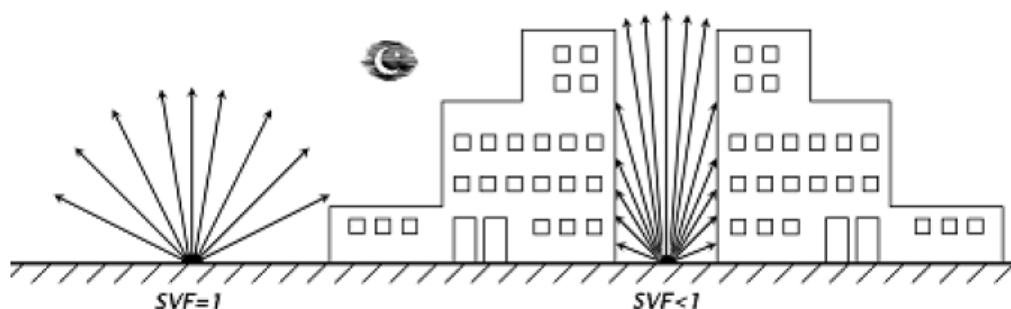
Oppervlaktematerialen in de stad reflecteren en absorberen zonlicht. Dit heeft invloed op de oppervlaktetemperatuur en daarmee de luchttemperatuur in de stad. Het reflecterende vermogen wordt ook wel albedo genoemd. Verharding en bouwmaterialen hebben over het algemeen een lager albedo dan begroeide oppervlakten. Dit betekent dat stedelijke materialen meer zonlicht absorberen wat tot hogere temperaturen leidt (GroenBlauwe Netwerken, z.d.). Er is op dit moment bij veel gemeenten veelal onvoldoende informatie bekend om op lokaal niveau een betrouwbare gevoeligheidsstudie rond albedo te kunnen doen (Maiheu, 2011). Dit zal in dit rapport dan ook niet verder worden gebruikt in de klimaatscan.

Emissiviteit

Materialen stralen warmte uit, dit wordt de emissiviteit genoemd. De meeste bouwmaterialen met uitzondering van metaal hebben hoge emissiviteitscoëfficiënten. Dit betekent dat ze bij een geringe opwarming warmte gaan uitstralen (GroenBlauwe Netwerken, z.d.). Hier zal in dit rapport geen rekening mee worden gehouden omdat hiervoor geen data beschikbaar is zonder nader onderzoek. Bovendien is dit te gedetailleerd voor de klimaatscan.

Sky view factor

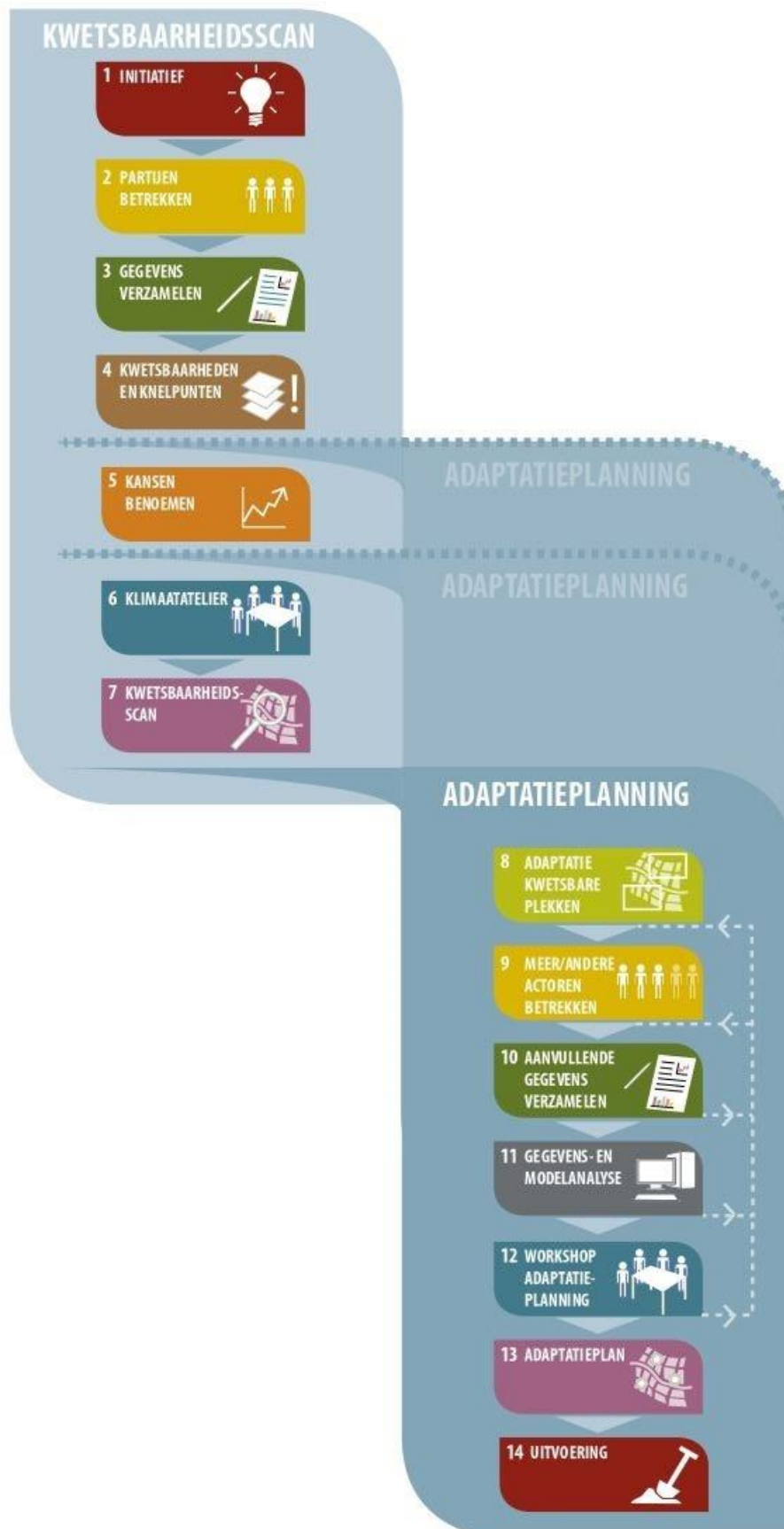
De sky view factor (SVF) geeft voor een bepaalde locatie de fractie van de hemel die zichtbaar is wanneer je met je rug op de grond ligt, zie figuur 3 (Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht, z.d.). Een SVF van 1 betekent dat men zich bevindt in een open veld waarbij de hele hemelkoepel te zien is. In stedelijke gebieden wordt het zicht geblokkeerd door gebouwen waardoor maar een deel van de hemelkoepel te zien is (Maiheu, 2011). Een SVF kleiner dan 1 geldt bij hoogbouw of geconcentreerde bebouwing. Dit betekent dus dat hoe kleiner de SVF is, des te hoger de bebouwing of hoe dichter de bebouwing op elkaar staat. Concreet betekent dit dat als er sprake is van een kleine SVF, de concentratie van bebouwing hoger is waardoor warmte wordt vastgehouden. Hoe meer warmte wordt vastgehouden, des te groter de kans op hittestress.



Figuur 3 Illustratie van de sky view factor

Bron: (Maiheu, 2011)

Naast de effecten van gebouwen speelt ook het effect van vegetatie een rol bij de bepaling van de SVF (Maiheu, 2011). Bomen en planten kunnen ook het zicht naar de hemel verminderen. Bomen en planten leveren door hun verkoelende werking juist een bijdrage om het ontstaan van hitte-eilanden tegen te gaan.



Hieronder wordt per klimaatthema uitgelegd welke handelingen in Qgis zijn verricht om de kaarten, behorend bij dat thema, te verkrijgen. Ook is benoemd welke gegevens de directe input zijn geweest en waar deze vandaan gehaald zijn.

Het thema grondwateronderlast is niet opgenomen omdat er voor dit thema geen handelingen in Qgis zijn verricht.

Water-op-straat

- Stroombanenkaart in Qgis maken aan de hand van het AHN. De AHN is als open data beschikbaar en te downloaden.
 - o Door het onderzoeksgebied uit de AHN te clippen ontstaat een nieuw raster waarin 'geen data' staat voor bomen, meren of onbekende waarden. Deze moeten worden opgevuld via raster >> analyse >> 'geen gegevens vullen'
 - o Water kan niet door panden stromen dus deze moeten een fictieve hoge waarden krijgen, gebruikt is een hoogte van 999 meter. De panden zijn afkomstig uit de BAG. Deze is beschikbaar via PDOK. Dit is een vector laag die moet worden omgezet naar een raster via raster >> conversie >> rasterizeren.
Om de panden in het AHN te verwerken moeten deze twee lagen bij elkaar worden opgeteld.
 - o Depressies bepalen in het maaiveld aan de hand van de SAGA tool 'Fill Sinks (wang & lui)'. Door deze depressies van de AHN (met verhoogde panden) af te halen, krijg je als resultaat een laag met de diepte van de plassen.
 - o Stroombanen tekenen met de SAGA tool 'Channel network and drainage basins'
- De Qgis lagen 'diepte plassen' en 'stroombanen' samenvoegen geeft de afstromingskaart
- Op basis van de BGT is in kaart gebracht waar verharding is en waar onverhard gebied aanwezig is. De BGT is te downloaden via de link:
<https://www.pdok.nl/nl/producten/pdok-downloads/download-basisregistratie-grootschalige-topografie>
Alle losse elementen van de BGT zijn samengevoegd tot één shapefile. In de kolom 'klimaat-sca' figuur 4 staat of het gaat om verhard gebied, groen of water. In de kolom 'kans' staat de bijbehorende score.
- De kaart 'Ontstaanslocatie en diepte van de plassen' is gemaakt door in het raster 'diepte plassen' (laag uit de hierboven genoemde stappen) om te zetten naar een vector. Van deze vector zijn alle plassen geselecteerd die op volledig verhard gebied (rode kleur op kaart) liggen of dit kruisen/overlappen via vector >> onderzoeks-gereedschap >> 'selecteren op plaats' op basis van de samengevoegde BGT shapefile. De selectie is als eigen shapefile opgeslagen. Deze handelingen zijn ook voor de plassen gedaan die op onverhard gebied liggen (groene kleur op kaart).
- Gebruiksfunctie is bepaald aan de hand van de laag bbg2010_hoofdgroep (bestand bodemgebruik) uit PDOK. De functies zijn geclassificeerd op de klassenindeling

volgens 'Gebruiksfunctie' in bijlage 4. Dit staat in de kolom 'gebr_funct' en 'gebr_score' in figuur 4.

- De weg- en wijkinrichting is verdeeld op basis van de luchtfoto en Google maps. Overeenkomstige structuren in wegenpatroon, type huizen en aanwezig groen zijn gebundeld en hebben een klasse toegewezen gekregen volgens de klassenindeling van 'Weg- en wijkinrichting' in bijlage 4.
- De plassen die eventueel voor water-op-straat kunnen gaan zorgen, zijn de plassen op verhard gebied (de rood gekleurde plassen op de kaart 'Ontstaanslocatie en diepte van de plassen'). Er zijn in deze shapefile nieuwe kolommen toegevoegd waarin de score voor gebruiksfunctie (gebr_score) en weg- en wijkinrichting (wijk_score) staan, zie figuur 5. Dit zijn de scores die de kwetsbaarheid van het gebied bepalen.
De kans op schade wordt bepaald door de daadwerkelijk plasdiepte. Deze is berekend door 'plas volume' te delen door de oppervlakte van de plas. De uitkomst hiervan is de plasdiepte. Deze krijgt in de kolom 'kans' een score toegekend die behoort tot de klassenindeling van 'water-op-straat' in bijlage 4.
- De grote van het mogelijke risico is uitgerekend door de volgende kolommen met elkaar te vermenigvuldigen: $Kans * (Wijk_score + gebr_score)$
De uitkomst hiervan staat in de kolom 'risico' figuur 5.
- De risicokaart kan nu gemaakt worden door de kolom risico weer te geven op kaart. Hiervoor is de legenda geclassificeerd op de volgende manier:
Onder de scores van kwetsbaarheid is 7 het maximale getal dat kan worden ingevuld. Dit getal is gebaseerd op de hoogste score die bij elkaar kunnen worden opgeteld onder de kolommen 'water-op-straat' en 'hittestress' in bijlage 4. Dit is $3+4 = 7$.
De maximale score onder 'kans op schade' is 4, dus de maximale uitkomst is $7*4=28$. De risicoscores liggen dus tussen de waarde 0 en 28. Deze zijn verdeeld in een legenda op de volgende manier:

Risicoscore	Legenda eenheid
0-7	Nihil
7-14	Klein
14-21	Middel
<21	Grote

	functie	klimaat-sca	kans	gebr_funct	gebr_score	Risico
0	open verharding	Verhard	3	Onbebouwd	1	3
0	open verharding	Verhard	3	Onbebouwd	1	3
0	open verharding	Verhard	3	Onbebouwd	1	3
0	open verharding	Verhard	3	Onbebouwd	1	3
0	geolaten verhard	Verhard	3	Onbebouwd	1	3

Figuur 4: Attributentabel Qgis

typewijk	wijk_score	gebr_score	opp_m2	plasdiepte	Kans	Risico
Vrijstaand	2	3	21	0.15	2	6
Bloemkoolwijk	2	3	131	0.07	1	3
Naoorlogse wijk	2	3	68	0.10	1	3
Naoorlogse wijk	2	3	72	0.09	1	3
Naoorlogse tuins...	2	3	29	0.19	2	6
Naoorlogse wijk	2	3	19	0.20	3	9

Figuur 5: Attributentabel Qgis diepte plassen

Grondwateroverlast

- Er zijn polygonen gemaakt die getrokken zijn op basis van het bouwjaar van de woningen uit de BAG. De polygonen krijgen de score toegekend die overeenkomen met de klassenindeling onder 'Bouwjaar bebouwing' in bijlage 4. Dit is de score voor de kwetsbaarheid.
- De meetgegevens van de peilbuizen zijn afkomstig uit de database van Wareco. Van deze gegevens is de RHG berekend. De waarde van de RHG is gebruikt om de ontwatering te berekenen ten opzichte van het maaiveld. Deze ontwatering geldt enkel ter plaatse van de peilbuis. De twee waardes krijgen een score volgens de klassenindeling onder 'Grondwateroverlast' in bijlage 4.

In dit gebied zijn maar 2 peilbuizen. Het geeft een verkeerd beeld om deze twee waarden te interpoleren en er vanuit te gaan dat het tussenliggende gebied een zelfde ontwatering heeft die varieert tussen de twee bekende waardes. Daarom zijn alleen de polygonen waarin bebouwing na 1992 voorkomt en de twee polygonen dicht bij de peilbuizen meegenomen voor de risicokaart. Hiervoor is gekozen omdat er vanuit gegaan kan worden dat de ontwatering rondom de peilbuizen zeer dicht bij de desbetreffende waarde zal liggen. De score is dan nog gelijk. Bebouwing die is gebouwd na 1992 loopt geen risico op grondwateroverlast doordat deze gebouwd zijn aan de hand van de regels uit het Bouwbesluit 1992. Hier kan met zekerheid gezegd worden dat de kans op schade nihil is. Deze polygonen krijgen een score van 0. De andere polygonen staan vermeld als 'geen gegevens'.

- De risicokaart is gemaakt door de scores van 'kans op schade' en 'kwetsbaarheid' te vermenigvuldigen. Deze scores zijn op kaart gezet aan de hand van dezelfde legenda als de risicokaart van regenwater.

Hitte

Om uiteindelijk te kunnen bepalen of Pesse kans heeft op het optreden van hittestress is het belangrijk om naar de verhouding tussen groen, water en verharding te kijken. Deze kaart is gemaakt op basis van de BGT. Dit is dezelfde kaart die is gebruikt bij het thema water-op-straat. De scores voor groen, water en verharding zijn gegeven op basis van de klassenindeling onder 'hitte' in bijlage 4.

De kwetsbaarheid voor hittestress wordt bepaald door de gebruiksfunctie en aanwezige kwetsbare objecten. De kaart met gebruiksfuncties is gemaakt zoals vermeld onder het thema water-op-sstraat. De scores zijn echter verschillend, dus deze zijn voor hitte gegeven zoals hoort bij de klassenindeling onder 'gebruiksfunctie' zie bijlage 4.

Kwetsbare objecten zijn punten op de kaart. Het is niet goed mogelijk om deze punten om te zetten in vlakken omdat dit dan niet meer overeenkomt met de werkelijkheid. De kwetsbare objecten zijn daarom een aparte laag in Qgis weergegeven. De score van het object bepaalt hoe kwetsbaar dat punt op de kaart is. In de tabel krijgt deze laag extra kolommen toegevoegd, figuur 6. Hierin komt te staan in welke gebruiksfunctie de punten liggen en wat de score is die daarbij hoort. Ook wordt de score 'kans op schade' toegevoegd, die is bepaald op basis van de verdeling tussen groen, water en verharding. De grootte van het risico is dan gelijk aan de som:

$Kans * (score_{mca} + score_{gebr})$. De uitkomst van deze som staat in de kolom 'risico'.

kwetsbaar	score mca	gebruik	score_gebr	Risico	type_kans	Kans
Kinderopvang	3	Recreatie	2	15	Verhard	3
Basisschool	3	Bedrijventerrein	4	21	Verhard	3

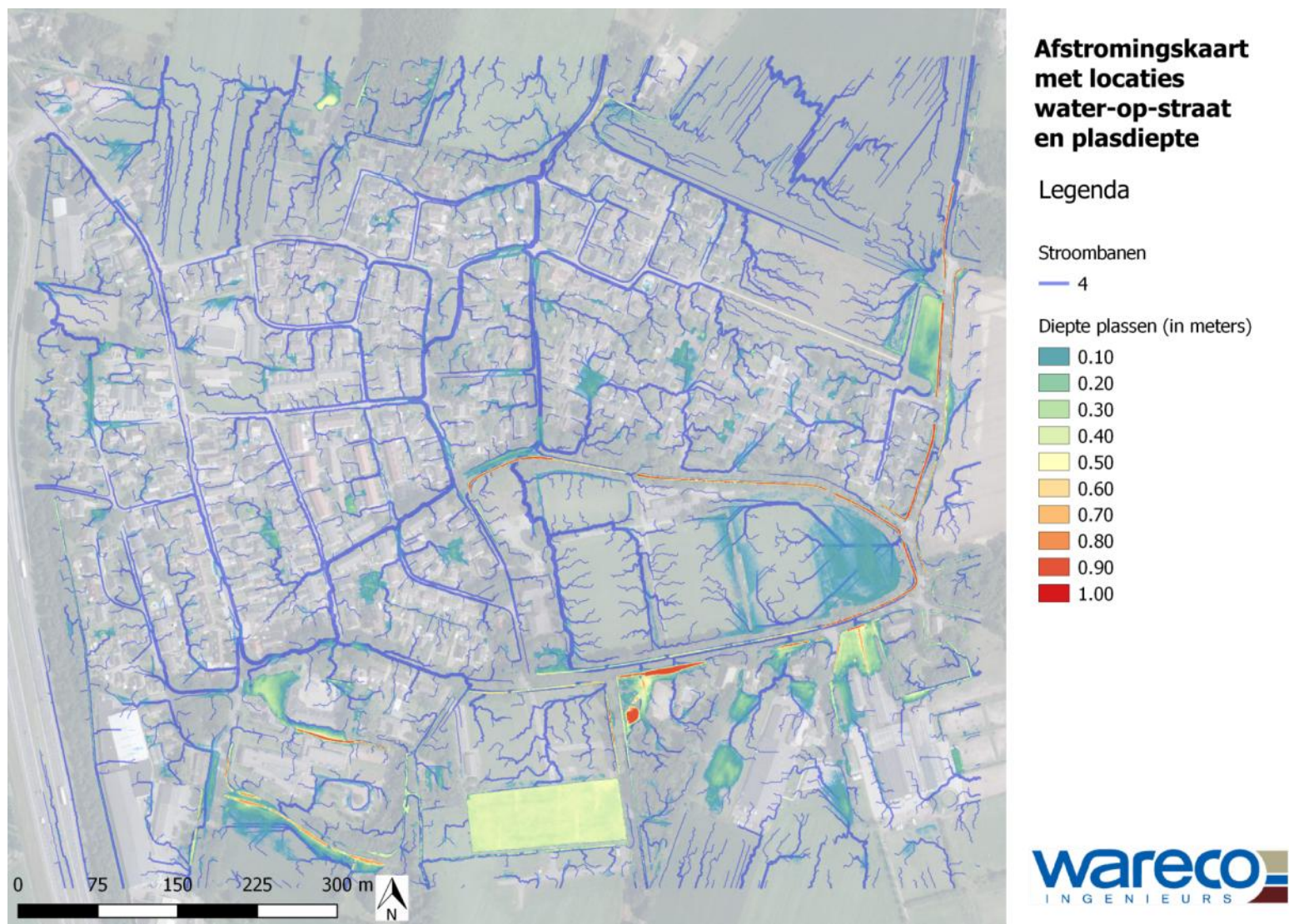
Figuur 6: Attributentabel Qgis hitte

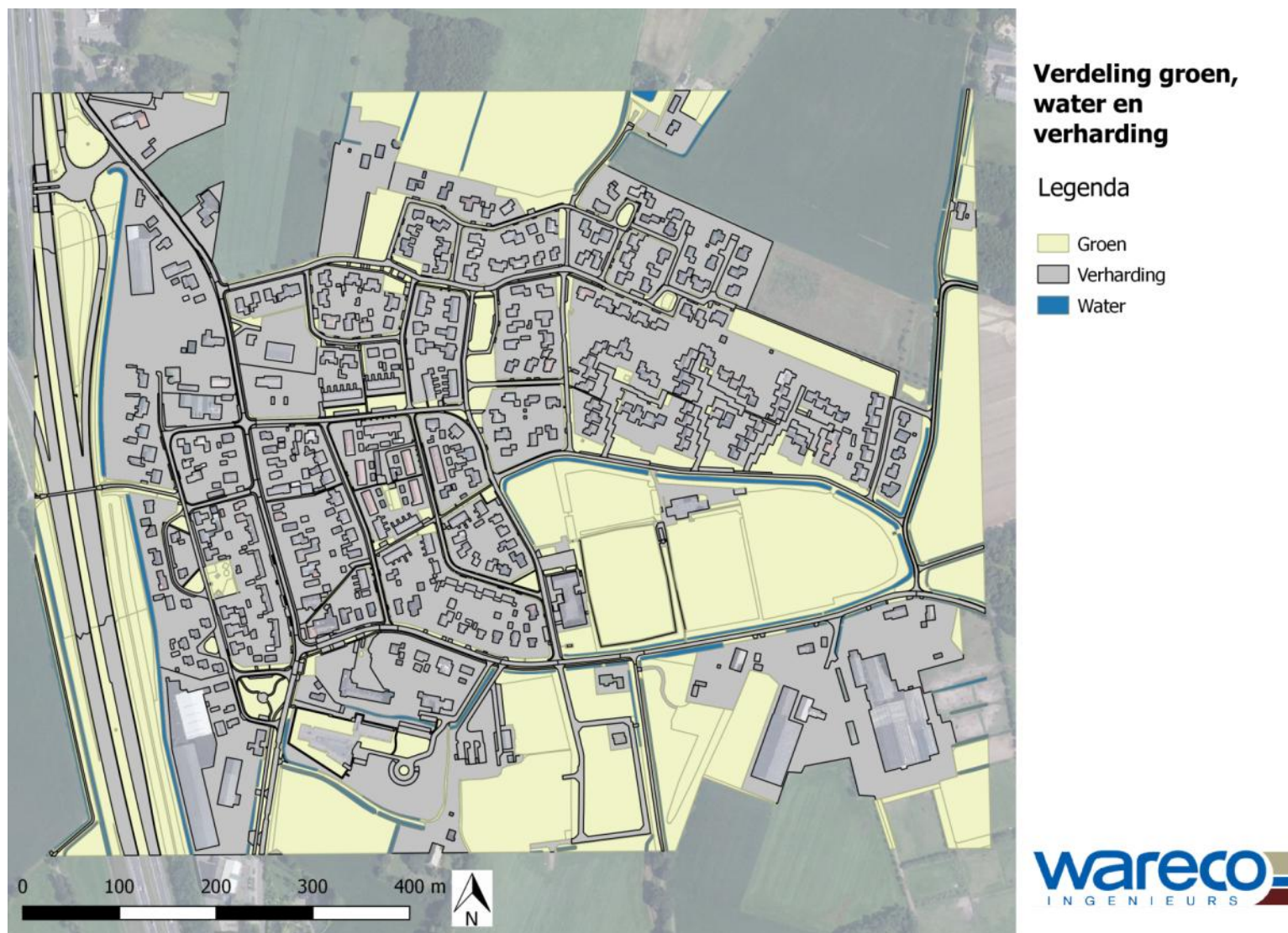
De risicokaart van hitte bestaat dus uit de risico's van twee kaartlagen. Namelijk de verdeling groen, water en verharding en de punten van kwetsbare objecten. De kolommen risico onder deze twee lagen krijgen dezelfde legenda toegekend als omschreven onder het thema 'water-op-sstraat'.

Integrale kwetsbaarhedenkaart

Per thema zijn enkel de risicolocaties die uit de risicokaarten naar voren komen gebruikt. Alle locaties waar een nihil risico optreedt of de thema's die niet spelen zijn weggelaten in de kwetsbaarhedenkaart. De risicolocaties zijn als aparte shapefile opgeslagen per thema. Door de verschillende lagen in Qgis boven elkaar te leggen is te zien hoe de verspreiding van de risicolocaties is.

Door de risicolocaties een andere kleur te geven, kunnen de lagen over elkaar heen gelegd worden. De thema's grondwateroverlast en -onderlast spelen in dit studiegebied niet. Als dit wel zou spelen kunnen de risicogebieden van beide thema's samen gevoegd worden met behulp van vector >> geoprocessing-gereedschap >> verenigd. Op die manier kunnen gebieden waar zowel grondwateroverlast als -onderlast speelt, aangegeven worden met arcering.







Ontstaanslocatie en diepte van de plassen

Legenda

Verhard gebied (groot risico)

- Geen plasvorming
- < 0.10
- 0.10 - 0.20 m
- > 0.20 m
- > 0.60 m

Overhard gebied (klein risico)

- Geen plasvorming
- < 0.10 m
- 0.10 - 0.20 m
- > 0.20 m
- > 0.60 m



Gebruiksfunctie Pesse

Legenda

Gebruiksfunctie

- Bebouwd
- Bedrijventerrein
- Onbebouwd
- Recreatie

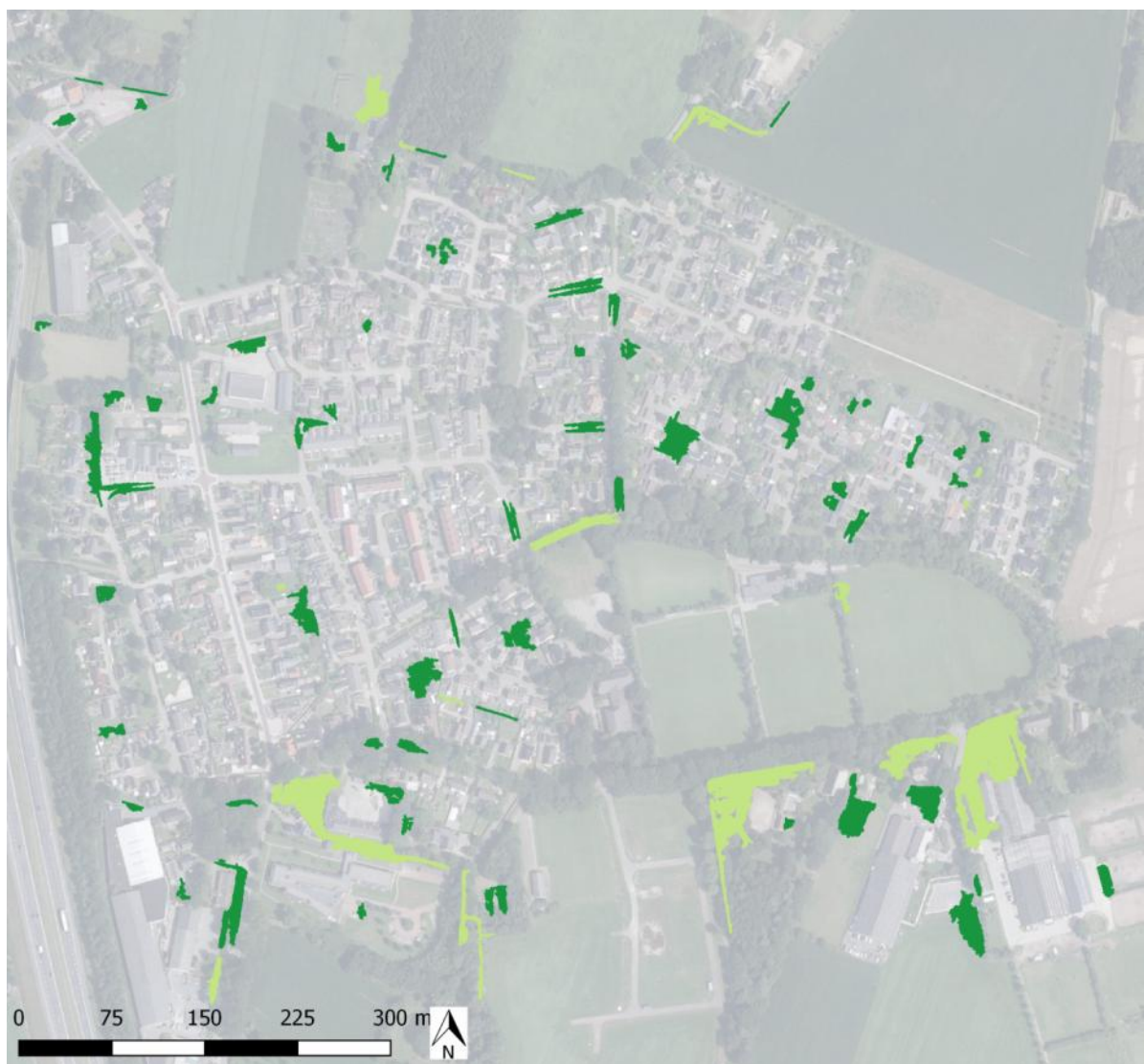


Weg- en wijkenrichting Pesse

Legenda

Categorie weg- en wijkinrichting

- Ruim opgezette wijken
- Sub-urbane uitbreiding
- Tuinstad

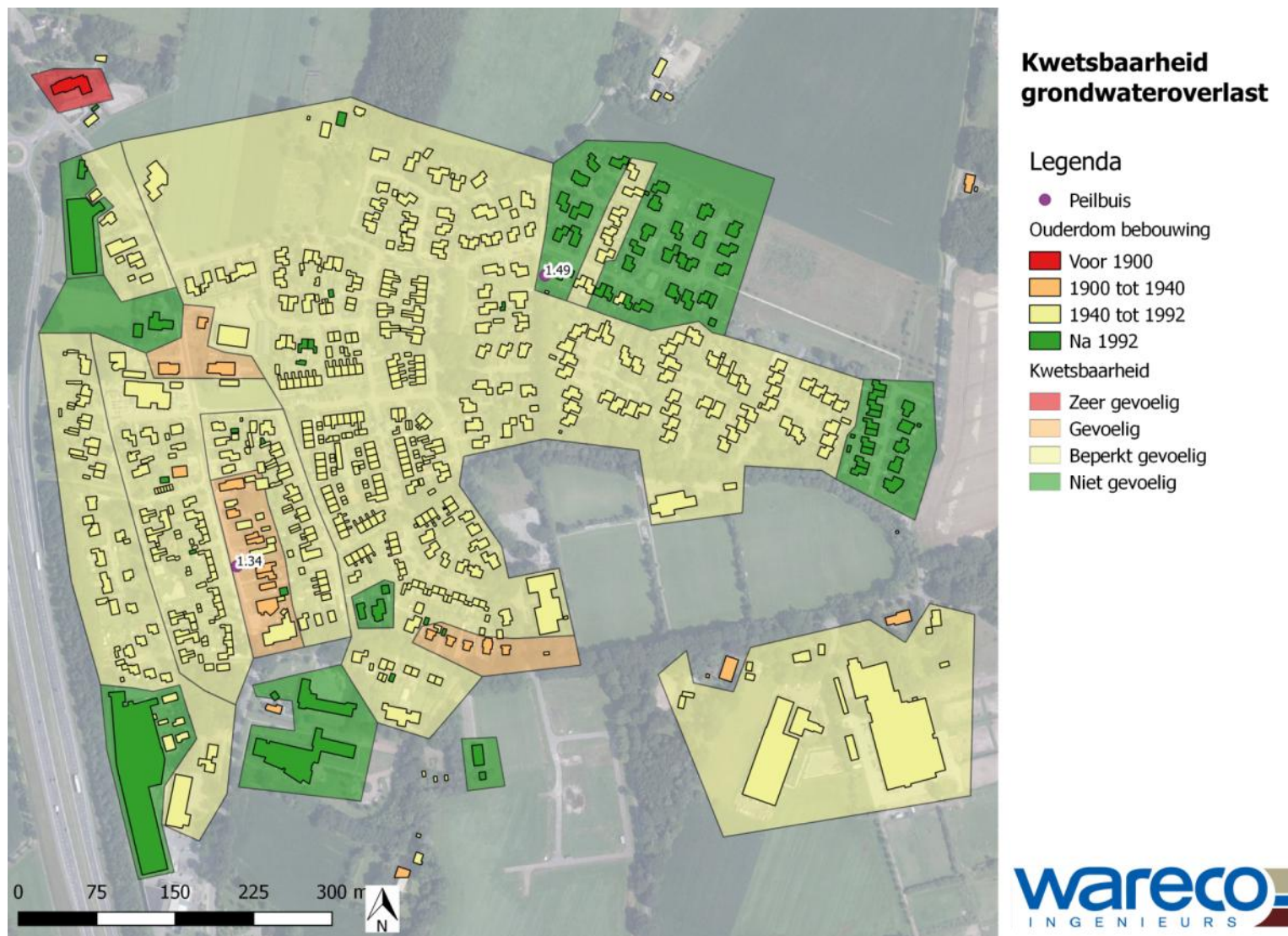


**Risicokaart water-
op-sraat gebaseerd
op weg- en
wijkenrichting en
diepte plassen**

Legenda

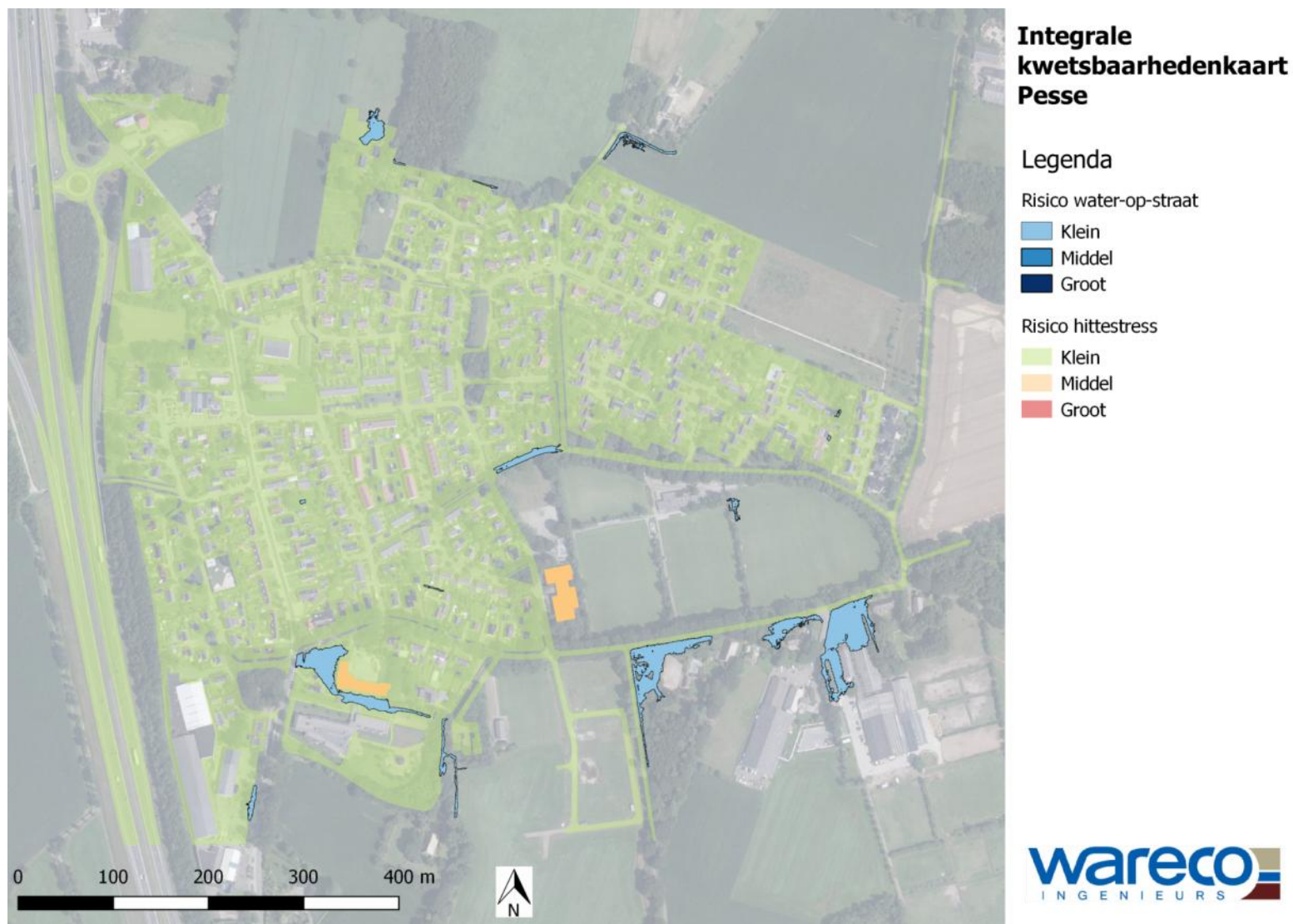
Risico

- Nihil
- Klein
- Middel
- Groot









Bibliografie

- CASADATA. (2016, december 26). *Houten heipalen heien en betonnen oplangers aanbrengen (tabel 20.17.245)*. Opgeroepen op mei 3, 2017, van <https://www.casadata.nl/data/woning-en-gebouw/betonwerk/fundering/fundering-palen/houten-heipalen-heien-en-betonnen-oplangers-aanbrengen?print=1>
- de Vree, J. (z.d.). *Staal: fundering op staal*. Opgeroepen op maart 29, 2017, van joostdevree: http://www.joostdevree.nl/shtmls/staal_fundering_op_staal.shtml
- EPA. (2008). *Reducing Urban Heat Islands - Compendium of Strategies*. United States Environmental Protection Agency.
- Groenblauwe Netwerken. (2017). *Hitte*. Opgeroepen op maart 7, 2017, van Groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/heat/>
- GroenBlauwe Netwerken. (z.d). *Hitte*. Opgeroepen op mei 21, 2017, van Groen Blauwe Netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/heat/>
- Kleerekoper, L. (2016). *Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhood typologies*. Delft: Delft University of Technology.
- Maiheu, B. (2011). *Hittekaar voor Tilburg*. Mol (België): VITO NV.
- Online bouwbesluit. (z.d). *Bouwbesluit 1992/ 2003/ 2012*. Opgeroepen op april 2017, van Online bouwbesluit: <https://www.onlinebouwbesluit.nl/?v=11>
- Reinshagen, E. (2007). *Formalisering van toekenning van gewichten binnen een Multi Criteria Analyse, Een toepassing op de bypass bij Kampen*. Universiteit Twente, Civiele Technologie en Management.
- Rijkswaterstaat. (2017). *Wegen en definities*. Opgeroepen op maart 30, 2017, van Kenniscentrum InfoMil: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/hinder-gezondheid/geluid/inhoudelijk-dossier/functies/wegen/wegen-definities/>
- van de Ven, F., Buma, J., & Vos, T. (2014). *Handreiking voor de uitvoering van een Stresstest Klimaatbestendigheid*. Rijksoverheid, Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie.
- Wareco. (2017).
- Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht. (z.d.). *Warmte-eilandeffect van de stad Utrecht*. Opgeroepen op maart 7, 2017, van KNMI: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/warmte-eilandeffect-van-de-stad-utrecht>