

Het effect van een ambitiemodel op toepassing van klimaatadaptatie

Een studie naar wat team Techniek van Sweco in De Bilt momenteel aan klimaatadaptatie toepast in zijn projecten samen met de ontwikkeling van een model dat de kansen van klimaatadaptatie stimuleert in de ontwerpen van Sweco.

Bachelor Scriptie

Niels Boer

BSc Watermanagement



Colofon

Auteur	Niels Boer
Studentnummer	0894227
Versie	1
Datum uitgave	17 januari 2019
Onderwijsinstelling Studierichting	Hogeschool Rotterdam Watermanagement
In samenwerking met Divisie Afdeling	Sweco Nederland Stad en Milieu Techniek randstad
Begeleiding Hogeschool Rotterdam	Nadine Plomp Docent Watermanagement
Begeleiding Sweco Nederland	Daan Cornelisse Teammanager
	Menno Jager Werkvoorbereider civiele Techniek

Het effect van een ambitiemodel op toepassing van klimaatadaptatie

Een studie naar wat team Techniek van Sweco in De Bilt momenteel aan klimaatadaptatie toepast in zijn projecten samen met de ontwikkeling van een model dat de kansen van klimaatadaptatie stimuleert in de ontwerpen van Sweco.

Voorwoord

Vanaf begin juni 2018 tot januari 2019 heb ik het laatste semester van de studie Watermanagement aan de Hogeschool Rotterdam doorlopen. In deze afstudeerperiode heb ik onderzoek verricht bij en in samenwerking met het ingenieursbureau Sweco Nederland. Voor u ligt het resulterende onderzoeksrapport. Het onderwerp van het onderzoek is klimaatadaptatie. Ik heb inzichtelijk gemaakt wat een bepaald team binnen Sweco aan klimaatmaatregelen toepast in zijn projecten. Daarnaast heb ik een model ontwikkeld dat gebruikt kan worden om klimaatadaptatie in ontwerpen te stimuleren.

Tijdens de afstudeerperiode heeft Sweco mij de mogelijkheid geboden om intern te werken aan het afstudeeronderzoek. Dit heeft mij geholpen snel contacten te leggen met meerdere experts binnen Sweco. Ik wil mijn afstudeerbegeleiders bij Sweco Menno Jager en Daan Cornelisse en vanuit de Hogeschool Rotterdam Nadine Plomp graag bedanken. Bij deze personen kon ik altijd terecht voor sturing en feedback op mijn onderzoek.

Niels Boer
BSc Watermanagement
Hogeschool Rotterdam

Samenvatting

De rijksoverheid stuurt aan om de negatieve gevolgen van klimaatverandering tegen te gaan en heeft daarom het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie opgesteld als ambitie voor gemeenten. Sinds Sweco opdrachtnemer van gemeenten is, is het van belang dat aan klimaatadaptatie wordt gewerkt. Het is business voor Sweco en belangrijk om aan te kunnen bieden binnen projecten.

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen in hoeverre het team Techniek van Sweco in De Bilt al bezig is met klimaatadaptatie samen met het ontwikkelen van een model dat klimaatadaptatie stimuleert. Met het model kunnen bewuste keuzes gemaakt worden voor het toepassen van klimaatadaptatie. De volgende onderzoeksvraag is opgesteld: 'In hoeverre is het team Techniek van Sweco in De Bilt al bezig met klimaatadaptatie en welk model stimuleert de toepassing van klimaatadaptatie in het ontwerproces?'

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is onderzocht welke onderwerpen onder klimaatadaptatie vallen en hoe deze te beïnvloeden zijn door gebiedsontwikkeling. Vervolgens is in kaart gebracht in hoeverre het team Techniek al bezig is met klimaatadaptatie. Uit het inventarisatie onderdeel van het onderzoek is gebleken dat het team Techniek zich voornamelijk focust op maatregelen tegen wateroverlast en hittestress.

Om te kijken hoe klimaatadaptatie is gestimuleerd binnen het team zonder een model, is voor het project Mijdrecht gekeken welke keuzes er zijn gemaakt bij het kiezen van maatregelen. Tijdens een ontwerpsessie is gekeken naar welke kansen onbenut bleven en meegenomen konden worden in het model. Om verdere kansen voor de thema's van klimaatadaptatie niet te laten liggen, is er in het verdere onderzoek een model gecreëerd. Dit model heeft als functie het systematisch doorlopen van de onderzochte onderwerpen van klimaatadaptatie en deze te vertalen naar een project specifieke ambitie.

Het doorlopen van dit model tijdens een ontwerpsessie zorgt er voor dat alle onderwerpen van klimaatadaptatie worden behandeld, bediscussieerd en beargumenteerd waarom welk onderwerp wel of niet is meegenomen. Dit geeft Sweco een model waarmee zij kritisch kunnen kijken naar welke onderdelen van klimaatadaptatie Sweco wel en niet mee wil nemen in het op te leveren ontwerp voor de opdrachtgever. Het model resulteert in een weloverwogen resultaat met als uitkomst een ambitieweb dat het ambitieniveau weergeeft van de individuele onderwerpen van klimaatadaptatie. Bovendien is een gerangschikt overzicht van gescoorde maatregelen ontwikkeld die als kansen zijn geïdentificeerd in het model. Deze score brengt in beeld welke maatregelen het beste aansluiten bij deze ambitie.

Op basis hiervan wordt aanbevolen om het gecreëerde model in toekomstige projecten te gebruiken en hierbij vroegtijdig in te zetten in een situatie waarin nog veel beslissingen genomen kunnen worden. Een vervolgstudie kan zich richten op het verder ontwikkelen van het model. Daarnaast is er geconstateerd dat er behoefte is naar een studie over het functioneren van klimaat-adaptieve maatregelen over tijd.

Inhoud

Colofon	II
Voorwoord	V
Samenvatting	VII
Inleiding	11
Leeswijzer	13
Onderzoeksmethodologie.....	14
1. Klimaatadaptatie	16
1.1 Governance aspecten	16
1.2 Klimaatscenario's	17
1.3 Wateroverlast	18
1.4 Hittestress	21
1.5 Droogte	26
1.6 Overstromingen	29
2. Huidige situatie	31
2.1 Resultaten inventarisatie	31
2.2 Ontwerpsessie Mijdsrecht	34
3. Uitwerking model.....	36
3.1 Opzet model.....	36
3.2 Programma ontwerpessie	37
3.4 Resultaten prototypen model test + uitkomst	41
3.4.1 Verbeterpunten naar de werking van de sessie	41
3.4.2 Verbeterpunten naar de inhoudelijke onderdelen van de sessie	42
4. Conclusie.....	43

5. Discussie.....	45
6. Aanbevelingen	46
Begrippenlijst	47
Literatuurlijst.....	49
Bijlage I Geschatte schade als gevolg van klimaatverandering tot 2050.....	55
Bijlage II Kerncijfers KNMI-klimaatscenario's	56
Bijlage III Ontwerpsessie Mijdrecht.....	58
Bijlage V Ambitiweb invulformat.....	61
Bijlage VI Samenvatting onderwerpen klimaatadaptatie	62
Bijlage VII Model ontwerpsessie Waterdorp.....	64
Bijlage VIII Inventarisatie team Techniek onderwerpen van klimaatadaptatie	66
Thema wateroverlast	66
Thema hittestress	70
Thema droogte	73
Thema overstromingen.....	74



Figuur 1 - klimaat-adaptieve maatregelen zijn steeds meer nodig in de toekomst (Hedberg., 2017)

Inleiding

Aanleiding

Het klimaat is in verandering. In de toekomst nemen extreme weersomstandigheden toe en volgens het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut komen er zwaardere regenbuien en langere perioden van droogte aan (KNMI, 2014). Daarnaast komt hittestress steeds meer voor door de toename in temperatuur en een teveel aan verharding in de stedelijke gebieden (KNMI, 2014).

Dit levert risico's voor de economie, gezondheid en veiligheid in Nederland. Extreem weer zoals hittegolven en hevige regen- en hagelbuien zullen steeds vaker voorkomen en tot meer schade en slachtoffers leiden dan voorheen. Uit een onderzoek van Deltares blijkt dat de schade kan oplopen tot € 71 miljard in de periode tot 2050 als geen actie wordt ondernomen (Deltares, 2012). Nu klimaatverandering zich nog sneller ontwikkelt dan verwacht kan dit bedrag nog hoger uitvallen (Bijlage I). De meer dan € 700 miljoen schade door regen- en hagelbuien in juni 2016 in Zuid-Nederland is hiervan een voorbeeld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Ook de hittegolf in Frankrijk in de zomer van 2015, met een dodental van ca. 3.300 mensen is een voorbeeld van de gevolgen van droogteproblematiek (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2017).

Mede door deze gebeurtenissen is een Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie opgesteld om tot een versnelling te komen om deze negatieve gevolgen tegen te gaan. Volgens deltacommissaris Wim Kuijken verandert het klimaat sneller dan verwacht. 'Met het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie kunnen gemeenten aan de slag en dat is de hoogste tijd' (Wim Kuijken, 2017). Het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie is een nationaal plan van gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk. Vanuit dit plan wordt de ambitie om de leefomgeving klimaatbestendig te maken gestimuleerd om zo de toenemende schade door wateroverlast, hitte, droogte en overstromingen te verminderen. Aangezien Sweco opdrachtnemer van gemeenten is, is het van belang dat er aan deze ambitie richting klimaatadaptatie wordt gewerkt om dit aan te kunnen bieden binnen de ontwerpen.

Probleemstelling

Het team Techniek van Sweco in De Bilt is een ervaren team dat veel stedelijke inrichtingsprojecten onder handen heeft. Binnen de projecten van het team worden klimaat-adaptieve maatregelen nog niet bewust in de ontwerpen verwerkt. Hierdoor laat het team mogelijkheden en kansen liggen in het resulterende ontwerp.

Het team denkt wel al bezig te zijn met het thema klimaatadaptatie. Echter willen ze in toekomstige projecten met zekerheid kunnen aantonen dat dit het geval is. In de huidige situatie komt de vraag vaak vanuit de opdrachtgever om onderdelen van klimaat adaptatie mee te nemen in een ontwerp. Sweco wil zelf kunnen aanbieden dat ze klimaatadaptatie meenemen in de ontwerpen. Bij de creatie van de ontwerpen mist een model dat de kansen van klimaatadaptatie inzichtelijk maakt en vervolgens stapsgewijs de onderdelen van klimaatadaptatie naloopt binnen een ontwerp.

De Climate Adaptation app die mede door Sweco is ontwikkeld geeft inspiratie voor potentiële klimaatadaptatie maatregelen. Zo zijn er ook andere platformen te vinden met vergelijkbare maatregelenpakketten zoals de websites van WaterWindow en Amsterdam Rainproof. Deze platformen laten maatregelen zien tegen wateroverlast, droogte, hitte en overstromingen en hoeverre een maatregel werkt per thema.

Deze platformen maken echter niet inzichtelijk welke onderwerpen van klimaatadaptatie¹ van de openbare omgeving invloed hebben op hoe ver een ontwerp klimaat-adaptief is. De invloed waar het hier om gaat is een positief of negatief effect op de kans van wateroverlast, hitte, droogte en overstromingsrisico. Er mist duidelijkheid over welke onderwerpen van klimaatadaptatie invloed hebben op deze vier thema's van klimaatadaptatie.

De teammanager van team Techniek in De Bilt wil met behulp van dit onderzoek bewustwording creëren onder collega's. Collega's hebben een vrij beperkt beeld van klimaatadaptatie en beseffen niet dat ze er grotendeels al mee bezig zijn. De teammanager wil klimaatadaptatie graag inzichtelijk maken en duidelijk krijgen in hoeverre het team al met dit thema bezig is in huidige projecten. Als dit helder is, kan het team dit gebruiken en promoten en zo ook nieuwe opdrachten vergaren.

Dit maakt dat het van belang om in kaart te brengen in hoeverre het team al bezig is met het thema klimaatadaptatie. Daarnaast is het van belang te onderzoeken welk model het bewust gebruik van klimaatadaptatie in projecten kan stimuleren.

Onderzoeksvragen

Voor dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen gesteld:

'In hoeverre is het team techniek van Sweco in De Bilt bezig met klimaatadaptatie en welk model stimuleert de toepassing van klimaatadaptatie in het ontwerpproces?'

Ter ondersteuning voor het beantwoorden van de hoofdvraag zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- I Welke onderwerpen van klimaatadaptatie hebben invloed op het thema klimaatadaptatie en hoe zijn deze te beïnvloeden op het gebied van gebiedsontwikkeling?
- II Wat doet het team Techniek van Sweco in De Bilt al aan klimaatadaptatie binnen de projecten?
- III Hoe ziet een model er uit dat klimaatadaptatie kan stimuleren tijdens het ontwerpproces en hoe werkt dit model?

Afbakening onderzoek

In dit onderzoek staat klimaatadaptatie centraal. In het Deltaplan ruimtelijke adaptatie wordt klimaatadaptatie omschreven aan de hand van de thema's wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen. Voor al deze thema's zal onderzocht worden uit welke onderwerpen van klimaatadaptatie deze bestaan. Deze onderwerpen van klimaatadaptatie bestaan uit invloeden van ruimtelijke inpassingen in de openbare ruimte en niet op privéterrein aangezien het team Techniek hier normaal gesproken geen ontwerpen voor maakt. Als literatuur in dit onderzoek worden stichtingen en instituten als de Rijksoverheid, het KNMI, Amsterdam Rainproof en andere vakliteratuur gericht op de eerdergenoemde thema's als theorie beschouwd.

Bij het kijken naar wat het team Techniek al aan klimaatadaptatie doet wordt voornamelijk gekeken naar recente projecten van 2017 - heden. Er wordt ruimte gelaten voor inbreng van projecten die buiten dit tijdspectrum vallen wanneer collega's denken dat deze van meerwaarde zijn en veel onderwerpen van klimaatadaptatie bevatten.

¹ onderwerpen van klimaatadaptatie, zie voor nadere toelichting de begrippenlijst.

Om tot een goedwerkend model te komen, wordt op twee manieren getest. Als eerste is een ontwerpssessie van een lopend project bijgewoond waarbij het model nog niet gebruikt werd. Ten tweede is een ontwerpssessie gefaciliteerd waarbij het model intern is getest met een casus.

Het model zelf zal bestaan uit een methode met te doorlopen stappen die resulteert in een lijst met uitgangspunten en een ambitieweb. Als uitgangspunt wordt de aanpak van het ambitieweb GGW genomen dat o.a. de Unie van Waterschappen gebruikt voor duurzaamheidsambities (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Hiervan wordt het ambitieweb als instrument in het model gebruikt om de huidige situatie en de ambitie van de onderwerpen van klimaatadaptatie inzichtelijk te maken voor een project. Verder zal het stappenplan toelichten hoe de onderwerpen van klimaatadaptatie worden meegenomen in de besluitvorming.

Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken van wat het team Techniek van Sweco in De Bilt momenteel aan klimaatadaptatie toepast in zijn projecten samen met de ontwikkeling van een model dat de kansen van klimaatadaptatie stimuleert in de ontwerpen van Sweco.

Hierbij is het van belang dat in kaart wordt gebracht wat al aan klimaatadaptatie wordt gedaan binnen het team. Samen met dat klimaatadaptatie inzichtelijk wordt gemaakt en de onderwerpen van klimaatadaptatie waaruit het bestaat worden geïdentificeerd. Zodat deze naar uitgangspunten kunnen worden verwerkt om mee te nemen in de ontwikkeling van het model.

Het onderzoek is dus deels beschrijvend in hoeverre Sweco al bezig is met klimaatadaptatie en deels ontwerpend richting het advies hoe Sweco klimaatadaptatie kan stimuleren met behulp van een model.

Het model zal helpen met het formuleren van ambities voor klimaatadaptatie binnen de projecten van het team Techniek van Sweco in De Bilt. Daarnaast draagt het model bij aan de ambitie dat Sweco wil voldoen aan de richtlijnen vanuit het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie en de Nationale Klimaatadaptatie Strategie (NAS).

Met deze aanbevelingen kan Sweco in een nieuw project een bewuster ontwerp afleveren en op deze manier meer klanten binnenhalen. Bovendien zal het model leiden tot bewustwording van klimaatadaptatie binnen het team wat zorgt voor een groter draagvlak van toepassingen op het gebied van klimaatadaptatie.

Leeswijzer

In de inleiding is de aanleiding van het probleem beschreven. Vervolgens is de gebruikte methodiek toegelicht in het onderdeel onderzoeksmethodologie. In het eerste hoofdstuk wordt ingegaan op de theorie van klimaatadaptatie. De onderwerpen van de thema's wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen zijn toegelicht. Tevens wordt uiteengezet hoe het team hier invloed op uit kan oefenen.

In het tweede hoofdstuk is de huidige situatie geschetst in hoeverre het team Techniek van Sweco in De Bilt al bezig is met klimaatadaptatie. Daarnaast zijn de resultaten uit de ontwerpssessie van het project Mijdrecht beschreven. Hier zijn de kansen geïdentificeerd die meegenomen zijn in het model.

In het derde hoofdstuk is het model beschreven. Hier is toegelicht hoe met model er uitziet en de werking ervan. Daarnaast zijn de resultaten van het testen van het model hier beschreven. Tenslotte is de conclusie van het onderzoek weergegeven in hoofdstuk vier. Aansluitend wordt gereflecteerd naar het onderzoek met een discussie in hoofdstuk vijf en worden aanbevelingen gedaan in hoofdstuk zes.

Onderzoeksmethodologie

Voor de gestelde onderzoeksvragen is een combinatie van kwalitatief en toegepast onderzoek gedaan om deze onderzoeksvragen te beantwoorden. Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn verschillende informatiebronnen geraadpleegd. Er is literatuuronderzoek gedaan, verschillende experts binnen Sweco zijn gesproken, veldonderzoek is gedaan en er is een ontwerpssessie gehouden. In de onderstaande tekst wordt toegelicht welke onderzoeksmethoden per deelvraag zijn gebruikt.

Deelvraag I Welke onderwerpen van klimaatadaptatie hebben invloed op het thema klimaatadaptatie en hoe zijn deze te beïnvloeden op het gebied van gebiedsontwikkeling?

Literatuuronderzoek

Om de eerste deelvraag te beantwoorden zijn de vier thema's van klimaatadaptatie gedefinieerd aan de hand van literatuuronderzoek via het internet. De thema's wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen zijn verder uitgewerkt naar onderwerpen van klimaatadaptatie die deze thema's beïnvloeden. Deze lijst maakt het inzichtelijk op welke onderwerpen van klimaatadaptatie het team Techniek invloed op kan uitoefenen. De literatuur bestaat voor een groot gedeelte uit documenten van Rijkswaterstaat, het KNMI, het Planbureau voor de Leefomgeving, wetenschappelijke documenten en platformen zoals WaterWindow, The Green Village, de Climate Adaptation app en Amsterdam Rainproof.

Deelvraag II Wat doet het team Techniek van Sweco in De Bilt al aan klimaatadaptatie binnen de projecten?

Interviews

Er zijn in totaal tien interviews gehouden binnen Sweco op locatie De Bilt. Vier van deze interviews zijn met collega's van de volgende teams gehouden: Gebiedsadvies, Water, Techniek en het aanjaagteam Ruimtelijke adaptatie. In deze interviews zijn de ambities van de verschillende teams betreft klimaatadaptatie in beeld gebracht. Voor het team Techniek is verder ingegaan op deze ambitie. In deze interviews zijn de denkwijze, huidige inpassing en toekomstbeeld richting klimaatadaptatie besproken. In de daarop volgende vier interviews binnen het team Techniek zijn recent uitgevoerde projecten doorgesproken op toepassing van klimaatadaptatie met projectleiders en werkvoorbereiders. In deze interviews is gekeken naar welke klimaatadaptatieve maatregelen het team Techniek al eens heeft toegepast in zijn ontwerpen. Verder wat de invloeden waren van deze maatregelen op de thema's wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen. Dit is verder uitgewerkt naar het inventarisatie document in Bijlage VIII.

Literatuuronderzoek

De literatuurstudie bestaat uit de archieven van Sweco op het Sweco Netwerk voor tekeningen en verdere documenten binnen de (recent) uitgevoerde projecten die in de interviews zijn behandeld van het team Techniek. Uit de tekeningen en documenten zijn details van tekeningen geanalyseerd op toepassingen van klimaatadaptatie.

Veldstudie

De projecten die erboven uit staken op toepassing van klimaatadaptatie zijn bezocht in de omliggende steden. Op deze locaties is er gekeken naar de inpassingen van bepaalde maatregelen. Met het bezoek wordt een beter beeld gevormd van de toepassingen en effecten van de maatregelen die momenteel genomen worden.

Verder leveren deze bezoeken het beeldmateriaal om de maatregelen ook visueel te weergeven in het onderzoek.

Ontwerpsessie Mijdrecht

Binnen de ontwerpsessie van het project van Mijdrecht is gekeken hoe de ontwerpkeuzes tot stand komen. Tijdens deze ontwerpsessie is gekeken op welke huidige manier beslissingen worden genomen bij het toepassen van klimaat-adaptieve maatregelen. Daarnaast zijn de gekozen maatregelen doorgerekend met een model in Excel om het ontwerp op haalbaarheid te testen (Bijlage III).

Deelvraag III Hoe ziet een model er uit dat klimaatadaptatie kan stimuleren tijdens het ontwerpproces en hoe werkt dit model?

Literatuurstudie

Het verwerken van de te beïnvloeden onderwerpen van klimaatadaptatie vanuit Hoofdstuk 1 naar te ondernemen stappen voor het team Techniek om zo de onderwerpen van klimaatadaptatie positief mee te nemen. Als uitgangspunt wordt een ambitieweb gebruikt dat in het duurzaam GGW wordt toegepast.

Interviews

Verder worden nog twee interviews gehouden binnen het team Techniek. In deze interviews zijn het proces van het ontwerpen en de uitgangspunten die zij graag meegenomen zien worden in de stappen op gebied van klimaatadaptatie besproken. Deze uitgangspunten worden meegenomen bij de ontwikkeling van het model.

Ontwerpsessie Waterdorp

In deze sessie is feedback verzameld voor de verbetering van het model. De sessie bestaat uit het bijzijn van een projectleider en een werkvoorbereider van het team. Het model is van het begin tot het einde besproken om alle aspecten te doorlopen. Een belangrijk onderdeel van deze sessie is het testen van de scenario's die als functie hebben de onderwerpen van klimaatadaptatie mee te nemen. Er is geobserveerd of het model naar verwachting is doorlopen en er is om feedback gevraagd. Uiteindelijk is hier een lijst met verbeterpunten uit gehaald.

Voor de bovenstaande interviews worden semigestructureerde interviews gebruikt. Om de betrouwbaarheid te waarborgen wordt bij de interviews gekozen voor een rustige locatie zodat geïnterviewde niet gestoord kunnen worden. Verder wordt een open houding aangenomen, open vragen gesteld, geen sturende vragen gesteld en met opzet tussentijdse stiltes laten vallen.

Om de validiteit te bewaken wordt gedurende de interviews gebruik gemaakt van een interviewgids waarin de items staan vermeld die behandeld dienen te worden.

1. Klimaatadaptatie

Om antwoord te geven op de vraag hoe Sweco klimaatadaptatie kan stimuleren moet duidelijk zijn wat klimaatadaptatie is. Vandaar dat er is gekeken waar de term vandaan komt, zowel het beleid en wat de literatuur beschrijft over invloeden van de ruimte op klimaatadaptatie. In dit hoofdstuk worden de onderwerpen van klimaatadaptatie gedefinieerd waarop wordt getoetst in Hoofdstuk 2 en als bouwstenen worden gebruikt in het model, verder toegelicht in Hoofdstuk 3.

1.1 Governance aspecten

De Nationale klimaatadaptatie strategie beschrijft dat Nederland te maken heeft met vier klimaattrends (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Het wordt warmer, natter, de zomers worden droger en de zeespiegel stijgt. Met name de negatieve gevolgen van weersextremen halen het nieuws. De extreme neerslag veroorzaakt schade wanneer de stad te veel is verhard met gebouwen, asfalt en betegelde openbare ruimte. Verharding zorgt er voor dat water snel afstroomt en niet lokaal kan doordringen en elders voor problemen zorgt.

Vanuit het Nationaal Waterplan wordt naar klimaatadaptatie gekeken vanuit de volgorde vasthouden, bergen en afvoeren (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2015). Dit houdt in het water zo lang mogelijk vast te houden in de bodem en in het oppervlaktewater om wateroverlast en overstromingen te voorkomen. Ook zorgt dit voor het beschikken over zoveel mogelijk gebiedseigen water in perioden van droogte. Wanneer het grondgebruik is verzadigd kan het water nog worden geborgen voordat het afstroomt naar elders. Dit is de gedachtegang vanuit de rijksoverheid naar het omgaan met water en zit verdeeld over de onderwerpen van klimaatadaptatie. Dit is de strategie om water zoveel mogelijk lokaal te houden en zo wateroverlast en droogte tegen te gaan. Deze strategie zit daarom ook verwerkt in de onderwerpen van klimaatadaptatie van de thema's wateroverlast en droogte.

De invloeden van team Techniek van Sweco op klimaatadaptatie bevinden zich in de gebiedsontwikkeling van de openbare ruimte. Dit verspreid zich over de meerdere schaal niveaus, regionaal, wijk en lokaal. Het team Techniek bevindt zich voornamelijk op wijkniveau en hier zal dan ook voornamelijk op gefocust worden. De invloeden liggen dus voornamelijk op fysieke openbare ruimtelijke inpassingen in de wijk. In de ontwerpen betekent dit o.a. de straten, parkeerplekken en parken in tegenstelling tot gebouwen en tuinen van bewoners, die vallen buiten het ontwerp.

Het Deltaplan stelt dat klimaatadaptatie uit vier thema's bestaat wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2017). Vanuit deze definitie wordt er verder onderzocht welke onderwerpen van klimaatadaptatie hier voor het team techniek onder vallen.

Het toepassen van deze thema's is momenteel niet verplicht als onderdeel van wetgeving, maar er zijn wel richtlijnen en goede voorbeelden voor publieke en private organisaties om water en groene oplossingen te implementeren om de gevolgen van klimaatverandering te verzachten. Deze voorbeelden zijn te vinden in wetenschappelijke documenten en platformen zoals de Climate Adaptation app, WaterWindow, The Green Village, en Amsterdam Rainproof (Climateapp, 2018) (WaterWindow, 2018) (TU Delft, 2018) (Amsterdam Rainproof, 2018).

In de onderstaande paragrafen wordt ingegaan op de oorzaken en gevolgen voor de vier thema's samen met welke ruimtelijk eigenschappen deze gevolgen kunnen verminderen. Deze onderwerpen van klimaatadaptatie worden per thema los van elkaar toegelicht en komen in de verdere hoofdstukken ook steeds terug.

1.2 Klimaatscenario's

Klimaatscenario's voor Nederland zijn betrouwbare en geloofwaardige beelden van een mogelijk toekomstige situatie van het klimaat. Het geeft aan in welke mate kerncijfers binnen Nederland kunnen veranderen bij verschillende klimaatscenario's.

In 2014 heeft het KNMI het rapport KNMI-klimaatscenario's '14 uitgegeven. In dit rapport zijn vier scenario's te onderscheiden. Deze scenario's beschrijven volgens de nieuwste inzichten hoe het klimaat zich waarschijnlijk zal gaan veranderen. Er zijn vier combinaties mogelijk van twee uiteenlopende waarde, 'gematigd' en 'warm' en twee mogelijke veranderingen in het luchtpatroon, 'laag' en 'hoog': G_L, G_H, W_L, W_H (KNMI, 2014).

De belangrijkste kerncijfers voor dit onderzoek zijn zeespiegelstijging, temperatuur, neerslag en zonnestraling weergegeven in Figuur 2. In Bijlage II zijn ondersteunende kerncijfers te vinden die verdere veranderingen van het klimaat in kaart brengen.

Het KNMI voorspelt niet welk scenario het meest waarschijnlijk is. De vier scenario's laten gezamenlijk zien dat de temperatuur zal blijven stijgen en dat zachte winters en hete zomers vaker voor zullen komen. Verder neemt de gehele neerslag in een jaar toe samen met een toename van extreme neerslag in de winter. Zomers neemt de intensiteit van extreme regenbuien toe. Hagel en onweer worden hierbij heviger. Daarnaast zal de zeespiegel blijven stijgen samen met het tempo van zeespiegelstijging. Ook neemt de hoeveelheid zonnestraling nabij het aardoppervlak licht toe.

Deze scenario's kunnen aanzienlijke gevolgen hebben in de ruimtelijke omgeving van steden. Extreme regenval kan steeds vaker leiden tot wateroverlast in wijken en steden. Lange perioden van droogte zorgt daarnaast voor een watertekort en zuurstofarm oppervlaktewater. Ook zorgen de steeds meer voorkomende lange perioden van hitte voor steeds meer hittegolven. Door rekening te houden met de effecten van de scenario's tijdens het ontwerpen kunnen deze effecten worden verminderd.

Variabele	Indicator	Klimaat 1981-2010	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050				Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2085				Natuurlijke variaties gemiddeld over 30 jaar
			G _L	G _H	W _L	W _H	G _L	G _H	W _L	W _H	
Wereldwijde temperatuurstijging:			+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C	+1,5 °C	+1,5 °C	+3,5 °C	+3,5 °C	
Verandering in luchtstromingspatroon:			lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	lage waarde	hoge waarde	
Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau	3 cm boven NAP	+15 tot +30 cm	+15 tot +30 cm	+20 tot +40 cm	+20 tot +40 cm	+25 tot +60 cm	+25 tot +60 cm	+45 tot +80 cm	+45 tot +80 cm	±1,4 cm
	tempo van verandering	2,0 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+1 tot +5,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+3,5 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+1 tot +7,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	+4 tot +10,5 mm/jr.	±1,4 mm/jr.
Temperatuur	gemiddelde	10,1 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+2,0 °C	+2,3 °C	+1,3 °C	+1,7 °C	+3,3 °C	+3,7 °C	±0,16 °C
Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	851 mm	+4 %	+2,5 %	+5,5 %	+5 %	+5 %	+5 %	+7 %	+7 %	±4,2 %
Zonnestraling	zonne- straling	354 kJ/cm ²	+0,6 %	+1,6 %	-0,8 %	+1,2 %	-0,5 %	+1,1 %	-0,9 %	+1,4 %	±1,6 %

Figuur 2 Kerncijfers klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2085 ten opzichte van het basis jaar 1990 volgens de rapportage KNMI-klimaatscenario's '14. Onder 'winter' wordt verstaan december, januari en februari, 'zomer' staat gelijk aan juni, juli en augustus. (KNMI, 2014)

1.3 Wateroverlast

In de onderstaande tekst wordt in kaart gebracht wat de oorzaken en gevolgen zijn van wateroverlast en hoe deze gevolgen vermindert kunnen worden. Hierbij zal gekeken worden naar welke onderwerpen van klimaatadaptatie hiertoe resulteren.

1.3.1 Oorzaken en gevolgen

Wateroverlast kan ontstaan door grofweg twee oorzaken. Dit zijn door langdurige neerslag meestal in de winter en door kortdurende, zeer hevige neerslag vaker in de zomer. Het regenwater moet in het dichtbebouwde en verharde stedelijke gebied grotendeels via de openbare weg en riolering wegstromen. Er wordt gesproken van wateroverlast als gedurende 30 minuten meer dan 5cm water op straat staat (Themagroep Wateroverlast in bebouwd gebied, 2011). Het riool is niet geschikt om zo veel water in zo'n korte tijd af te voeren. Het teveel aan water stroomt dan naar lage plekken en kan daar schade of overlast veroorzaken, zoals stremming van wegen of spoorwegen en wateroverlast in huizen en bedrijven. Het creëren van tijdelijke waterberging voor hemelwater en het efficiënter maken van hemelwater afvoer zijn strategieën om wateroverlast tegen te gaan.

In de klimaatscenario's van het KNMI wordt richting 2050 gesproken over een temperatuurstijging van +1°C en +2°C (Bijlage II). Deze toename in temperatuur zorgt voor meer vocht in de atmosfeer met als bijkomend effect grotere hoeveelheden regenval (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). De schades van neerslagproblematiek kunnen richting 2050 volgens onderzoek van Deltares oplopen tot 29 miljard euro (Bijlage I).

Klimaat adaptief ontwerpen tegen wateroverlast betekent het zorgen voor minimale overlast voor bewoners en de omgeving. In Nederland wordt door verschillende gemeenten een T=10 bui gehanteerd. Dit is een bui die eens in de 10 jaar voor komt. Naar 2050 zullen deze buien tussen de bandbreedte van 38 – 62mm¹ regenval liggen. Stedelijke omgevingen zullen dit water moeten kunnen verwerken in haar watersysteem.

¹ klimaatscenario W_H heeft een verwachte stijging van 2,5% tot 22% in de dagelijkse hoeveelheid die eens in de tien jaar wordt overschreden.

$$44\text{mm} \times 1,025 = 45\text{mm}$$

$$\text{dertig-jaar variatie } 0,15 \times 45 = 7\text{mm}$$

$$\text{verwachte neerslag} = 38 - 52$$

$$\text{Bandbreedte neerslag klimaatscenario } W_H = 38 - 62$$

$$44 \times 1,22 = 54\text{mm}$$

$$\text{dertig-jaar variatie} = 0,15 \times 54 = 8\text{mm}$$

$$\text{verwachte neerslag} = 46 - 62$$

(gebaseerd op de kerncijfers van bijlage II, dertig-jaar variatie is gelijk aan 15% (KNMI, 2014))

Hoe wordt in de toekomst met het toenemende risico van wateroverlast omgegaan zodat het niet tot overlast zorgt. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op welke onderwerpen van klimaatadaptatie de gevolgen van wateroverlast kunnen verminderen.

1.3.2 Onderwerpen van klimaatadaptatie

Om erachter te komen welke onderwerpen van klimaatadaptatie invloed hebben op het verminderen van wateroverlast dient er in beeld gebracht worden welke invloeden er zijn op de waterhoogte bij hevige neerslag. De waterhoogte is namelijk een indicator voor de ernst van wateroverlast. Om dit in beeld te brengen is een balans opgesteld:

$\Delta \text{ waterhoogte} = \text{neerslag (t)} - \text{infiltratiecapaciteit (t)} - \text{waterbuffer (t)} - 2D \text{ maaiveldafstroming (t)}$
t: tijdsinterval

Vergelijking 1 Waterbalans afstromen van water

Verdamping en grondwaterafvoer zijn niet meegenomen aangezien wateroverlast ontstaat bij intensieve buien in een kort tijdbestek, verdamping en grondwater hebben pas invloed op een langer termijn. Verder zijn de gebiedsontwikkelingen die Sweco treft voornamelijk voor het grootste deel verhard door wegen, pleinen, parkeerplekken en bestrate trottoirs. Neerslag kan hierdoor maar weinig infiltreren in de grond. Resultaat hiervan is dat regenwater grotendeels wordt afgevoerd met de hemelwaterafvoer (HWA) riolering. Op deze manier verdwijnt het water uit het zicht van de stadsbewoner. Het is van belang dat dit in zicht wordt gebracht om bewustwording te creëren bij bewoners om actie op eigen terrein te stimuleren tegen wateroverlast. Dit resulteert in de volgende onderwerpen van klimaatadaptatie: bufferen, vertragen, infiltratiecapaciteit en water zichtbaar maken. In de onderstaande tekst worden de onderwerpen van klimaatadaptatie die invloed hebben op mate van wateroverlast verder toegelicht.

Bufferen

Het bufferen van water houdt in het lokaal vasthouden van een bepaald aantal mm hemelwater. Bij het dimensioneren van de hemelwaterberging wordt dit omgerekend naar kubieke meters. Dit kan in meerdere vormen waaronder het bufferen door middel van soorten grondgebruik. Het verschil in grondgebruik zit in het verschil tussen verhard en onverhard grondgebruik. Verhard grondgebruik zorgt namelijk voor directe afstroom van water in tegenstelling tot onverhard oppervlak wat 2mm extra kan bergen (Uijlenhoet, Dam, Teuling, & Brauer, 2015). Verder kan er ook water worden geborgen door ruimtelijke inpassingen waar een bepaalde hoeveelheid kubieke meter neerslag tijdelijk kan worden opgeslagen. Verschillende vormen hiervan zijn mogelijk van natuurlijke inpassingen zoals wadi's tot technische inpassingen zoals bergingskratten onder een parkeerplaats.

Vertragen

Het vertragen van water houdt in het inrichten van het systeem van waterlopen zodat neerslag niet direct afstroomt naar een laaggelegen gebied. Wanneer dit wel zou gebeuren, kan dit voor opeenhoping van water zorgen wat resulteert in wateroverlast. Het is dus van belang dat water niet te snel afstroomt om overlast elders te voorkomen. Daarnaast is het wel belangrijk dat voldoende water wordt afgevoerd bij hevige neerslag om lokaal wateroverlast te voorkomen. Bij het vertragen van water gaat het om de tijdsduur van vertraging tussen de plek van regenval naar het openwater of rioleringssysteem. Het vertragen van water gaat vaak samen met meerdere maatregelen binnen een watersysteem. Op deze manier worden er meerdere stappen van vertraging toegevoegd wat resulteert in een toenemende vertraging. Strategieën voor het vertragen van water zijn waterbergende voorzieningen die overstorten en zo een bepaalde hoeveelheid kubieke meter water later het systeem in brengen. Verder ook het infiltreren van water in onverhard oppervlak wat bij verzadiging overstort.

Infiltratiecapaciteit

Door het zo snel mogelijk laten infiltreren van neerslag in de bodem houdt je meer water lokaal vast en stroomt er minder water af wat tot wateroverlast zou kunnen zorgen. Strategieën om de infiltratiecapaciteit te vergroten, zijn het vergroten van onverhard oppervlakte in m² in plaats van verharding aangezien elementenverharding weinig water doorlaat. Ook is half verharding en poreuze verharding een mogelijke strategie. Dit is verharding die belasting van verkeer aankan en tegelijkertijd water kan doorlaten. Op het gebied van half verharding zijn veel verschillende technologieën beschikbaar voor de deklaag van doorlatend asfalt en betontegels en doorlatende filters tussen gebakken klinkers en betonstraatstenen. Onderlagen en tussenlagen zijn niet waterdoorlatend.

Belangrijk om hierbij op te merken is dat de mogelijkheid tot infiltreren locatie afhankelijk is. Dit komt doordat verschillende grondsoorten verschillende doorlatendheid hebben. Nederland kent diverse bodemsamenstellingen, maar bestaat voornamelijk uit vier soorten: veen, klei, zand en löss.

Veen is een grondsoort die zich onderscheidt van andere grondsoorten. Veen is gevormd door opstapeling van bewaarde afgestoven planten in een zuurstofarme omgeving (Naturalis, 2018). Met behulp van verschillende funderingstechnieken van deze tijd kan deze bodem toch worden gebruikt en is beschikbaar voor stedelijke ontwikkelingen. Aangezien de bodem vaak verzadigd is om bodemdaling tegen te gaan, is de bodem niet goed waterdoorlatend met een doorlatendheid, ofwel k-waarde van 0,1 - 0,001 m/dag (Uijlenhoet, Dam, Teuling, & Brauer, 2015).

Klei komt veel voor in Nederland aangezien veel rivieren door het landschap lopen in de delta van Nederland. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee soorten klei, dit zijn zeeklei en rivierklei. Beide soorten klei hebben een korrelgrootte met een diameter van minder dan 2 micrometer (Naturalis, 2018). Dit is heel erg klein en maakt de bodem zeer slecht doorlaatbaar. Bij klei hoort een k-waarde van 0,0001 - 0,05 m/dag (Uijlenhoet, Dam, Teuling, & Brauer, 2015).

Zand is de meest voorkomende grondsoort en is vooral te vinden in Oost-Nederland. Dit gesteente bestaat uit kleine korrels met een diameter tussen de 60 en 2000 micrometer (Naturalis, 2018). Kijkend naar andere grondsoorten zijn de zandkorrels groot van formaat en daardoor goed doorlatend. Bij zand hoort een k-waarde van 1 - 50 m/dag (Uijlenhoet, Dam, Teuling, & Brauer, 2015).

Löss is een niet veel voorkomende grondsoort die in Nederland enkel in Limburg is te vinden. Löss heeft veel eigenschappen die lijken op die van zand echter bestaat löss uit kleiner gesteente met een diameter tussen de 2 en 50 micrometer (Naturalis, 2018). Bij löss hoort een k-waarde van 0,05 m/dag (Uijlenhoet, Dam, Teuling, & Brauer, 2015).

Water zichtbaar maken

Het zichtbaar maken van water is een belangrijk onderdeel van bewustzijn tegen wateroverlast. Het stedelijk gebied is grotendeels verhard met pleinen, bestrating, huizen en tegels in de tuinen. Water kan hierdoor lastig infiltreren in de bodem. Vandaar dat het water vaak via het rioolstelsel wordt weg geleid om overlast te voorkomen. Door het gebruik van riolering verdwijnt het water uit het zicht van de bewoners. Tijdens hevige neerslag kan het regenwater tot overbelasting van het rioolstelsel leiden. Daarom is het van belang dat het bovengrondse systeem van waterafvoer goed werken.

Bovengronds waterafvoeren zorgt bovendien voor het zichtbaar maken van water en in de meeste gevallen ook voor minder kosten doordat geen apart HWA riool aangelegd hoeft te worden. Zichtbare waterafvoer heeft als resultaat dat de bewoners betrokken worden in het stedelijke watersysteem. Deze betrokkenheid wil je stimuleren om bewoners bewust te maken dat op eigen terrein ook inpassingen te ondernemen zijn. Verder voorkom je op deze manier ook dat bewoners minder geneigd zijn vuil water te lozen in het watersysteem zoals gebeurd met het wassen van een auto. Strategieën voor het zichtbaar maken van water zijn molgoten, holle wegen, greppels en open waterlopen. Greppels hebben een natuurlijke uitstraling wat het straatbeeld kan verfijnen.

1.4 Hittestress

In de onderstaande tekst wordt in kaart gebracht wat de oorzaken en gevolgen zijn van hittestress en hoe deze gevolgen vermindert kunnen worden. Hierbij zal gekeken worden naar welke onderwerpen van klimaatadaptatie hiertoe resulteren.

1.4.1 Oorzaken en gevolgen

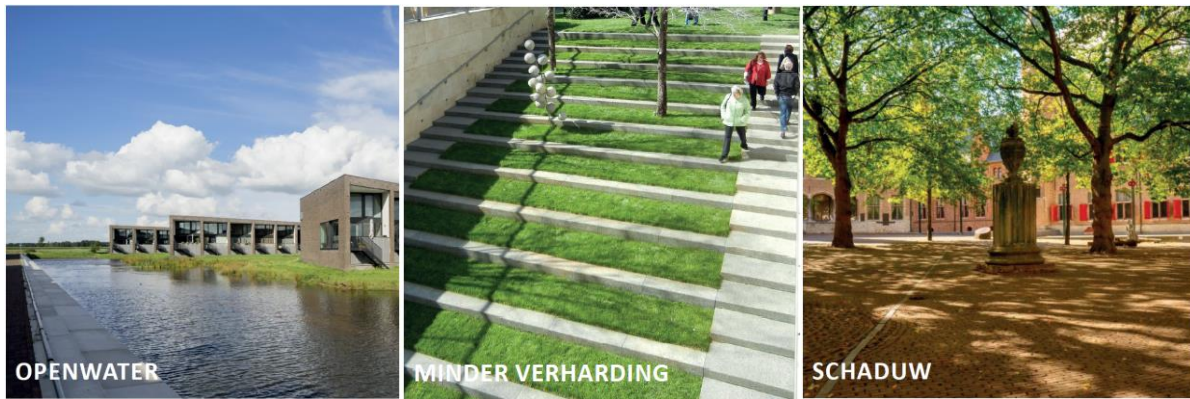
De klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat de zomers richting 2050 steeds warmer worden en daarbij neemt het aantal tropische dagen per jaar toe (KNMI, 2014). Deze stijgende temperaturen leiden tot een toename in hittestress wat gevolgen heeft voor de gezondheid en leefbaarheid van stedelijk gebied (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016). Stedelijke gebieden zullen steeds kwetsbaarder worden door het hitte eilandeffect.

Hittestress zorgt ervoor dat de lichaamstemperatuur van een persoon opwarmt. Er treedt hittestress op wanneer het verkoelingsmechanisme van het lichaam onvoldoende werkt om het lichaam koel te houden. Warmteziekte, uitputting en beroertes zijn hiervan het gevolg (Daanen, Simons, & Janssen, 2010). Hittestress kan volgens het Planbureau voor de Leefomgeving al op korte termijn zeer grote gevolgen hebben voor de mens (Compendium voor de Leefomgeving, 2003). De gevolgen van extreme hitte richten zich voornamelijk op de gezondheid, netwerken, leefbaarheid, buitenruimte en water. Tijdens een hittegolf in Nederland kan het sterftecijfer toe nemen tot 12,1 procent (Huynen, Martens, Schram, Weijenberg, & Kunst, 2001). Daarnaast steeg het ziekteverzuim tijdens de hittegolf van 2003 van 3 procent naar 12 procent (Van Drunen & Lasage, 2007). De schades van hitteproblematiek kunnen richting 2050 volgens onderzoek van Deltares oplopen tot 8 miljard euro (Bijlage I). Hittestress wordt daarom gezien als een van de belangrijkste thema's van klimaatadaptatie.

De hittebestendige stedelijke inrichting kan inspelen op de buitenruimte, leefbaarheid en comfort van een wijk. Echter meerdere strategieën tegen het verminderen van het hitteprobleem zijn mogelijk in het sociale domein en adaptatie van gebouwen zoals hitteplannen, een tropenrooster en zonnewering. In dit onderzoek wordt ingegaan op invloeden van maatregelen die genomen kunnen worden in de stedelijke inrichting met ruimtelijke adaptatie. Het maken van specifieke hittebestendige keuzes in de openbare ruimte. Deze keuzes hebben de functie om tijdens hete dagen de buitenruimte leefbaar te houden. Hoe wordt er in de toekomst met deze toenemende temperatuur omgegaan om de gevolgen te beperken. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op welke onderwerpen van klimaatadaptatie de gevolgen van hittestress kunnen verminderen.

1.4.2 Onderwerpen van klimaatadaptatie

Om erachter te komen welke onderwerpen van klimaatadaptatie invloed hebben op het verminderen van hittestress dient in beeld gebracht te worden welke invloeden er zijn op de buitentemperatuur. De temperatuur is namelijk een indicator voor de ernst van hittestress. Hiervoor is er onderzoek gedaan naar welke ruimtelijke aspecten invloed hebben op de oppervlakte- en lucht- en gevoelstemperatuur. Naast de temperatuur spelen bij hittestress schaduw, wind en luchtvochtigheid een grote rol als het gaat om gevoelstemperatuur. Ruimtelijke aanpassingen zijn mogelijk in groen, schaduw, materialen en watervormen voor koelte om het hitte eilandeffect te beperken. In Figuur 3 zijn drie voorbeelden gevisualiseerd van inpassingen met een verkoelend effect. Dit resulteert in onder andere het koelen met groen en/of water als onderwerp van klimaatadaptatie. Ook kan gedacht worden aan het creëren van schaduw en het gebruik van koele materialen. In de onderstaande tekst worden deze onderwerpen van klimaatadaptatie die invloed hebben op de mate van hittestress verder toegelicht.



Figuur 3 Visualisatie van inpassingen met verkoelend effect (Gebiedsadvies, Sweco, 2018)

Koelen met groen

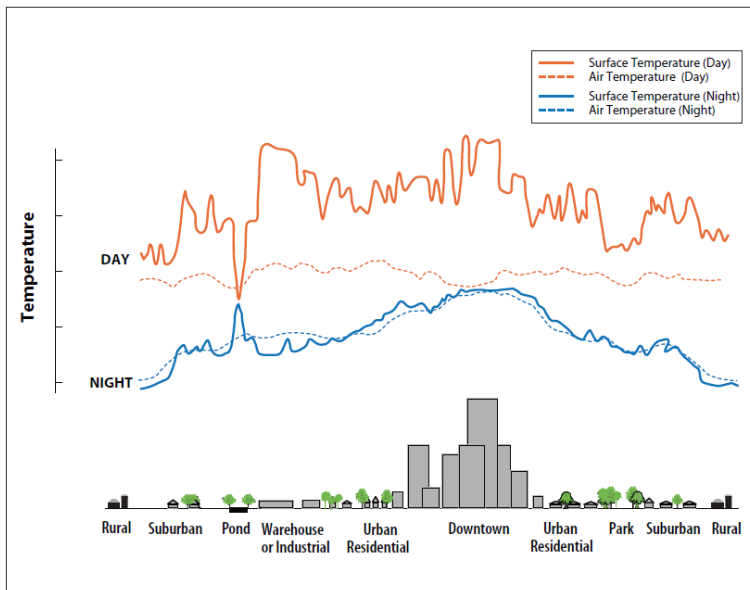
In stedelijk gebied is groen enorm van belang voor het koelen van de omgeving, de voordelen van groen zijn dan ook groot. Vandaar dat het van belang is om het percentage onverhard oppervlak te vergroten ten opzichte van het verhard oppervlak. Onverhard oppervlakte zorgt er namelijk voor dat er meer water verdampt in de stad door verdamping van vocht uit vegetatie. Onderzoek van de EPA stelt dat stedelijke gebieden met volwassen bomen in de wijk 2 tot 3°C koeler zijn dan wijken zonder bomen (Bell, et al., 2008). Ondersteunend aan deze informatie kan een volwassen boom zo'n 400 liter water per dag verdampen (Kravčík, Pokorný, Kohutiar, Kovác, & Tóth, 2007).

Verder heeft evapotranspiratie, de verdamping van water uit vegetatie op groene oppervlakte, een koelend effect op lucht- en oppervlaktetemperatuur. Vegetatie kan tot 20 liter per vierkante meter per dag verdampen (Kravčík, Pokorný, Kohutiar, Kovác, & Tóth, 2007). Bij een toename van groen oppervlakte met 1 procent daalt de oppervlaktetemperatuur gemiddeld met 0,1°C (Klok, et al., 2010). Strategieën om met groen te koelen zijn speeltuinen, (school)pleinen, parken, half-verharding en onverharde inrichtingen in de stad. Dit zijn maatregelen die de bijdragen aan het percentage groen oppervlakte in stedelijk gebied bevorderen. Wanneer 30 procent van het stedelijke oppervlak groen is, wordt twee derde van het koelpotentieel van een 100 procent groen stedelijke oppervlak bereikt (Coder, 1996).

Belangrijk is dat rekening gehouden dient te worden met de ventilatie in de stad. Lucht stromen moeten de warme lucht wel kunnen afvoeren en de bomen structuur heeft hier invloed op. Concluderend kan gezegd worden dat er zoveel mogelijk oppervlakte in steden groen gehouden moeten worden of te maken voor een verkoelend effect. Groene oppervlakte warmen minder op dan steenachtige oppervlakten. Verder zorgen groene gevels ervoor dat de achterliggende gevel niet warm wordt. Daarnaast verdampt het groen water waardoor het een verkoelend effect heeft.

Koelen met water

Oppervlaktewater heeft een koelend effect op de luchttemperatuur door verdamping en absorptie van warmte (Döpp, Klok, Jacobs, Kleerekoper, & Uittenbroek, 2011). Overdag kan de warmte geborgen worden wat ervoor zorgt dat de lucht boven het water minder snel opwarmt dan boven de straat. 's Nachts is het effect omgekeerd en geeft het water warmte af aan de omgeving en het water afkoelt. De dip en piek van oppervlakte temperaturen boven oppervlaktewater in Figuur 4 laat zien hoe water een tamelijk constante temperatuur behoudt, dag en nacht, vanwege de hoge warmtecapaciteit.

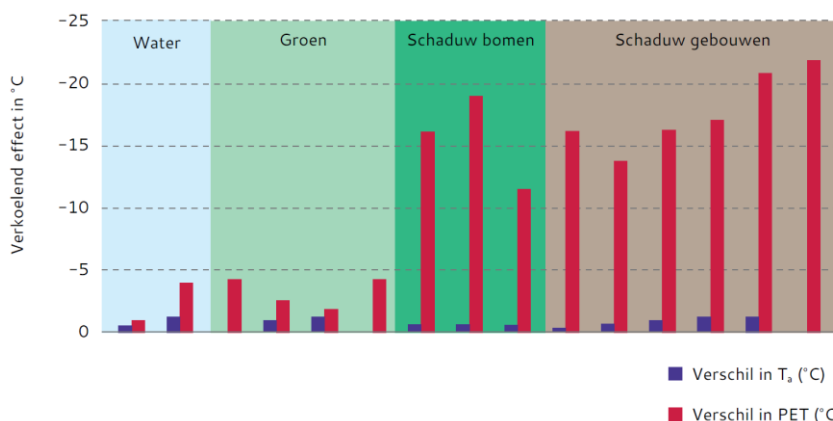


Figuur 4 Oppervlakte en lucht temperatuur verschillen over verschillend landgebruik (EPA, 2008)

Stromend water heeft een groter koelend effect dan stilstaand water door de betere menging van het water met de warmte en de mogelijkheid tot afvoer van warmte (Döpp, Klok, Jacobs, Kleerekoper, & Uittenbroek, 2011). Verneveling van water met o.a. vernevelaars en een fontein geven het grootste koeleffect betreft water. Dit komt doordat het contact met het oppervlak van het water met de lucht vergroot wordt en daarmee de verdamping toeneemt. Belangrijk hierbij op te merken is dat stilstaand openwater minder koelend vermogen heeft dan wordt gedacht. Stilstaand openwater verdampt minder dan oppervlakten met vegetatie.

Creëren van schaduw

In stedelijk gebied zorgen grotendeels de gebouwen en bomen voor schaduwplekken. Het onderzoek van de Hogeschool van Amsterdam verteld in welke mate schaduw invloed heeft op de gevoels- en luchttemperatuur, weergegeven in Figuur 5. Verder valt uit deze figuur op te maken dat schaduw een significant groter verkoelend effect t.o.v. water en groen. Het zorgen voor schaduw in de wijk is dus een van de belangrijkste componenten om de luchttemperatuur in de stad te koelen.



Figuur 5 Het verkoelend effect van water, groen en schaduw van bomen en gebouwen in de stad Amsterdam op de gevoelstemperatuur (PET) en de luchttemperatuur T_a (Kluck, et al., 2017)

In de zomer bereikt 10 tot 30 procent van het zonlicht de bodem wanneer de luifel van een boom dit licht onderbreekt (Bell, et al., 2008). Het resterende percentage wordt gebruikt voor fotosynthese, geabsorbeerd door bladeren en gereflecteerd. 's Winters wordt er weer meer licht doorgelaten door bladverlies. Bomen

zorgen dus voor de schaduw die leidt tot verkoeling van de oppervlaktetemperatuur. Bomen kunnen de oppervlaktetemperatuur van muren en daken op een zomerse dag met 11 – 25°C verlagen (Akbari, Bretz, Kurn, & Hanford, 1997). Daarnaast zorgt schaduw van beplanting zoals klimop planten op muren tot verlagingen oplopend tot 20°C (Sandifer & Givoni, 2002). Ook het plaatsen van bomen nabij auto's heeft veel effect en kan oplopen tot een verlaging in temperatuur tot 25°C (Scott, Simpson, & McPherson, 1999). Een bijkomend positief effect is dat door het koelen van geparkeerde auto's minder vluchtige stoffen uit de benzinetanks kunnen verdampen (Hiemstra, Schoenmaker- van der Bijl, Tonneijk, & Hofman, 2008). Hieruit is dus te concluderen dat schaduw met behulp van bomen en beplanting in de ruimtelijke omgeving dus voor verkoeling van de oppervlaktetemperatuur zorgt.

Koele materialen

Er is veel literatuur te vinden over het willen koelen van daken met behulp van witte daken en groene daken, waarvan in Nederland momenteel veel ontwikkelingen zijn. Echter voor koele materialen in de ruimtelijke omgeving is nog maar weinig onderzoek gedaan in Europa. Terwijl asfalt en beton in de zomermaanden circa 45°C tot zelfs 70°C warm kunnen worden (van Eerden, 2018).

De bestaande onderzoeken op het gebied van koele materialen focussen zich op emissiviteit en het reflecteren van zonne-energie (albedo). Albedo is het percentage zonne-energie wat wordt gereflecteerd van een oppervlak. Volgens de EPA hebben de albedo en emissiviteit de meest invloed over de bepaling van hoe gebruikelijke verharding afkoelt of opwarmt (Ferguson, et al., 2012). De EPA vertelt dat Zonne-energie bestaat uit ultraviolet (UV), zichtbaar licht, en infrarode energie, waarvan 5% UV, 43% zichtbaar licht, 52% infrarood (Ferguson, et al., 2012). Energie van al deze golflengten dragen bij aan het hitte-eiland effect.

Gebruikelijke verharding zoals asfalt en beton hebben een albedo van 0.05 – 0.40, wat betekent dat ze 0.95 – 0.60 van de energie in zich opnemen in plaats van reflecteren (Ferguson, et al., 2012). Albedo wordt weergegeven als een waarde tussen 0 en 1, hoeveelheid reflectie van de zon (0.60 kan gezien worden als 60%). In Figuur 6 is te zien wat voor significante invloed de albedo heeft op de oppervlaktetemperatuur van stenen klinkers. Hieruit valt te concluderen dat lichtere kleuren met een hogere albedo zorgen voor een koelere oppervlaktetemperatuur van materialen. In Tabel 2 zijn de albedo waarde van de verschillende kleuren te vinden.



Figuur 6 Albedo alleen heeft al significante invloed op de oppervlaktetemperatuur, de witte klinkers zijn 3 - 5 °C koeler dan de rode klinkers (Ferguson, et al., 2012)

Deze percentages albedo veranderen in de loop van tijd door weersinvloeden en opeenhoping van vuil. Asfalt heeft de neiging lichter te worden naarmate het bindmiddel oxideert samen met dat er meer aggregaat wordt blootgesteld door slijtage (Ferguson, et al., 2012). Beton maakt ook gebruik van zand en steen aggregaat en gebruikt cement als bindmiddel. Voetgangers en verkeer vervuilen het cement waardoor het na verloop van tijd donkerder wordt.

Naast de albedo heeft de emissiviteit, ofwel de thermische straling invloed op de omgevingstemperatuur. De thermische straling van een materiaal bepaalt hoeveel warmte het per oppervlakte-eenheid zal uitstralen bij een gegeven temperatuur. Ofwel, hoe eenvoudig een oppervlak warmte afgeeft. Elk oppervlak dat wordt blootgesteld aan stralingsenergie zal opwarmen totdat het thermisch evenwicht is bereikt (Ferguson, et al., 2012). Dat wil zeggen het evenveel hitte afgeven als ontvangen van zonlicht. Een oppervlak met een hoge emissiviteit bereikt dit evenwicht sneller bij een lagere temperatuur dan een oppervlak met een lage emissiviteit. Dit komt doordat het oppervlak met een hoge emissiviteit zijn hitte sneller afgeeft.

De albedo heeft een grote impact op de maximale temperatuur en de emissiviteit heeft invloed op de minimumtemperatuur van een materiaal (National Center of Excellence on SMART Innovations, 2013). Voor koele verharding geldt dus de ideale combinatie van een hoge albedo en een hoge emissiviteit. In Tabel 1 zijn de albedo en emissiviteit van een aantal gebruikelijke materialen op een rij gezet. Hoewel thermische emissiviteit een belangrijke eigenschap is, zijn er momenteel beperkte mogelijkheden voor het toepassen van koele verharding. Dit komt omdat de meeste verhardingsmaterialen van nature een hoge emissiviteit waarde hebben.

Verder is er nog de eigenschap doordringbaarheid. Doordringbare materialen, wanneer vochtig, verlagen de luchttemperatuur door verkoelende verdamping. Sommige doorlatende verhardingssystemen bevatten gras of laaggelegen vegetatie, welke vooral koel blijven vanwege de oppervlaktetemperatuur van goed gehydrateerde vegetatie. Dit is omdat deze meestal lager is dan de omgevingslucht temperatuur. De invloed van doorlatende verharding in droogteperioden is meer complex en onzeker. De materialen drogen in deze toestand sneller op door geringe warmtetransport van het materiaal. Hiervoor moet nog meer onderzoek worden verricht om een juiste uitspraak te kunnen doen.

Naast de albedo, emissiviteit en doordringbaarheid zijn er nog een aantal andere eigenschappen die in mindere mate invloed hebben op de temperatuur van verhardingsmaterialen. Dit zijn convectie, warmtegeleiding, warmtecapaciteit, dikte en stedelijke geometrie. Veel materialen zoals beton kunnen meer warmte opslaan dan natuurlijke materialen zoals zand, droge aarde en vegetatie in stedelijk gebied (Christen & Vogt, 2004).

Materiaal	Albedo	Emissiviteit
asfalt	0.05	0.93
beton	0.40	0.90
rode betonnen tegel	0.18	0.91
witte betonnen tegel	0.73	0.90
lichte klinker	0.40	0.90
rode klinker	0.30	0.90
donkere klinker	0.10	0.90
aluminium	0.61	0.25
wit pigment	0.85	0.96
grijs pigment	0.03	0.87
groen pigment	0.73	0.95
zand	0.24	0.76
droge grond	0.10	0.80
water	0.05	0.95
gras	0.20	0.98
hout	0.40	0.89
grind	0.72	0.28

Tabel 1 Albedo en emissiviteit van gebruikelijke oppervlakten in stedelijk gebied, als richtlijn is de emissiviteit gebaseerd op 27°C (Bretz, Akbari, Rosenfeld, & Taha, 1992) (Taha, Sailor, & Akbari, 1992)

Tabel 2 Kleurreflectie bij bouwmaterialen en geselecteerde albedo waarden (Taha, Sailor, & Akbari, 1992)

Reflectie intensiteit	Albedo	Kleur	Albedo
reflecterend	0.90	reflecterend	0.80-0.90
vrij licht	0.75	wit	0.60-0.75
licht	0.65	licht grijs - donker grijs	0.50-0.60
gemiddeld	0.45	groen, rood, bruin	0.30-0.50
donker	0.25	donker blauw - blauw	0.20-0.30
Vrij donker	0.10	donker blauw - zwart	0.10-0.20

Onderzoekers van LBNL schatten in dat een 10 procent toename van albedo resulteert in een verlaging van de oppervlaktetemperatuur met 4°C (Pomerantz, Pon, Akbari, & Chang, 2000). Verder wordt er voorspeld dat wanneer albedo in stedelijk gebied van 10 naar 35 procent wordt gebracht, dat de luchttemperatuur met 0,6°C zal afnemen (Pomerantz, Pon, Akbari, & Chang, 2000). Wel dient rekening gehouden te worden met de

helderheid van het koele materiaal. Koele materialen reflecteren namelijk meer licht in de ogen van verkeersgebruikers.

Concluderend is het dus van belang dat zo veel mogelijk half verharding wordt toegepast aangezien deze water en luchtdoorlatend is, door verdamping koeler blijven en een beperkte warmte opslag hebben. Daarnaast is het van belang om lichte kleuren verhardingsmaterialen met een lage albedo toe te passen aangezien dit het beste de omgeving koel houdt.

1.5 Droogte

In de onderstaande tekst wordt in kaart gebracht wat de oorzaken en gevolgen zijn van droogte en hoe deze gevolgen vermindert kunnen worden. Hierbij zal gekeken worden naar welke onderwerpen van klimaatadaptatie hiertoe resulteren.

1.5.1 Oorzaken en gevolgen

Droogte is een onderwerp dat nog niet zo lang op de wateragenda staat. Droogte komt voor wanneer er te weinig water is verzadigd in de bodem en het watersysteem in zijn geheel. Afgelopen zomer is de droogteproblematiek flink in het nieuws geweest. Het was een erg droog jaar, nog net niet zo droog als het droogte record van 1976, blijkt uit cijfers van het KNMI (KNMI, 2018). Wel behoort de zomer van 2018 tot de vijf procent droogste zomers sinds het begin van de vorige eeuw.

De Rijksoverheid stelt dat er drie categorieën van oorzaken zijn voor verdroging (Compendium voor de Leefomgeving, 2003):

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

Hieruit is aan te nemen dat droogte voornamelijk het gevolg is van het aanpassen van het watersysteem aan de eisen die het grondgebruik stelt. Hierbij als indicator het grondwaterpeil. De gevolgen van droogte kunnen leiden tot daling van de grondwaterstand met schade aan funderingen, constructies en infrastructuur zowel boven als onder maaiveld. Denk hierbij aan leidingen, wegen en riolering. Tevens is droogte een van de oorzaken van bodemdaling. Deze schade komt vooral voor in de steden van laag Nederland waar de bodem bestaat uit veen en klei.

Ook de dijkdoorbraak bij Wilnis in 2003 met aanzienlijke schade is een voorbeeld van de gevolgen van droogteproblematiek, weergegeven in Figuur 7 (Gemeente De Ronde Venen, 2004). Daarnaast zorgt droogte voor het verdrogen van groen- en landbouwgebieden waardoor de gewasverdamping afneemt, terwijl deze verdamping juist belangrijk is tegen hittestress. Daarnaast hebben de klimaatveranderingen ook een versterkend effect op de verdroging. De klimaatveranderingen zorgen voor dat het weer instabieler wordt en er in kortere tijd veel regen valt en de periodes



Figuur 7 Dijkdoorbraak Wilnis (Gemeente De Ronde Venen, 2004).

droogte langer worden. Verder stellen de scenario's van het KNMI dat de verdamping tussen de 3 tot 15 procent in de zomers zal toenemen (KNMI, 2014).

De eerdergenoemde schades aan funderingen, constructies en infrastructuur worden op basis van de huidige situaties voor de toekomst verwacht. Kijkend naar de klimaatveranderingen in de toekomst kunnen deze schades nog verder gaan toenemen wanneer de grondwaterstand verder daalt. Het rapport van DPNH stelt dat met het W_H-scenario van het KNMI een toekomstbeeld ontstaat waarbij de grondwaterstand in laag Nederland tien centimeter of meer daalt en in hoog Nederland dit zelfs kan oplopen tot een meter (Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering, 2015).

De gevolgen van klimaatverandering samen met de stijging van het aantal verharding in de steden zorgt ervoor dat er meer droogteproblemen ontstaan met bijkomende schade in stedelijk gebied. De schades van droogteproblematiek kunnen richting 2050 volgens onderzoek van Deltares oplopen tot 34 miljard euro (Bijlage I).

Daarnaast heeft droogte een nadelig gevolg voor de luchtkwaliteit (Wang, et al., 2017). Voor luchtkwaliteit zijn stikstofdioxide (NO₂), zwaveldioxide (SO₂) en de hoeveelheid fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) van belang (Hsu, Reuben, Shindell, Sherbinin, & Levy, 2013). PM_{2,5} heeft hiervan de meeste risico's voor de gezondheid van de mens. Blootstelling aan fijnstof leidt volgens Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu het naar schatting tot een gemiddelde levensduurverkorting van 9 maanden (Maas, Fischer, Wesseling, Houthuijs, & Cassee, 2015). Deze stof is afkomstig van het verkeer, veehouderijen verbrandingsprocessen (bijv. industrie) en natuurlijke bronnen zoals zeezout.

Hoe wordt er in de toekomst met deze toenemende watertekorten in de zomer omgegaan en de gevolgen beperkt. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op welke onderwerpen van klimaatadaptatie de gevolgen van droogte kunnen verminderen.

1.5.2 Onderwerpen van klimaatadaptatie

Om erachter te komen welke onderwerpen van klimaatadaptatie er invloed hebben op het verminderen van de gevolgen van droogte dient in beeld gebracht te worden welke invloeden er zijn op watertekort. Het watertekort is namelijk indicator voor de ernst van droogte. Hiervoor is er onderzocht welke ruimtelijke aspecten invloed hebben op het niveau van de grondwaterstand en de hoeveelheid water in een plangebied. De strategie tegen droogte moet zorgen voor een bijdragen aan het ontharden van de steden door vergroening en het aanvullen en/of behoud van de grondwaterstand. Ruimtelijke inpassingen die hier voor mogelijk zijn: het laten infiltreren van water i.p.v. afvoeren, het meer beschikbaar hebben van water door middel van berging, het vertragen van water om het zo langer in het watersysteem te houden en een variatie in biodiversiteit in vegetatie die zo beter tegen droogte kan. Veel strategieën hangen samen met maatregelen die ook in het kader van wateroverlast kunnen worden getroffen. Daarnaast is het aanvoeren van water ook een strategie om het watertekort aan te vullen maar valt dit buiten een ruimtelijk oplossing en wordt daarom buiten beschouwing gelaten.

Dit resulteert in de volgende onderwerpen van klimaatadaptatie: infiltratiemogelijkheid, watervoorziening, water vasthouden en variatie in biodiversiteit. In de onderstaande tekst worden deze onderwerpen van klimaatadaptatie die invloed hebben op de mate van droogte verder toegelicht.

Water vasthouden

Het water vasthouden houdt in dat het regenwater dat valt zo lang mogelijk lokaal blijft voordat het wordt afgevoerd. Ofwel het zo lang mogelijk verlengen van de tijdsduur van regenwater in het watersysteem. Het streven bij water vasthouden is de neerslag die valt 100 procent lokaal te houden om zo maximaal gebruik te maken van regenwater tegen verdroging. Het vasthouden van water gaat vaak samen met meerdere maatregelen binnen een watersysteem. Strategieën voor het vasthouden van water zijn het afkoppelen van

hemelwaterafvoeren en het vervangen van verharding door groen. Het bergen en langzaam laten infiltreren in het gebied door wadi's, grindkoffers en infiltratiekratten. Daarnaast ook door het herstellen van een lekkende of drainerende riolering waardoor afvoer van water wordt tegen gegaan.

Watervoorziening

Om de gevolgen van verdroging tegen te gaan is het van belang op genoeg water in het gebied te hebben. De hoeveelheid kubieke meter water in verhouding met het aantal hectare van een gebied zorgt voor voldoende water tegen droogte. Ofwel het vergroten van de hoeveelheid water in het huidige watersysteem. Strategieën om de watervoorziening te vergroten zijn het tijdelijk bergen van water tijdens droogte in een seizoen berging. Daarnaast is het vergroten van het wateroppervlak een goede strategie om de watervoorziening te vergroten.

Infiltratiemogelijkheid

De infiltratiemogelijkheid houdt in dat het water zoveel mogelijk kans heeft om te infiltreren in de bodem om zo het grondwaterpeil aan te vullen. Dit is wat anders dan de eerdergenoemde infiltratie capaciteit bij wateroverlast waarbij het om zo snel mogelijk van infiltreren gaat om water kwijt te kunnen. Bij infiltratiemogelijkheid gaat het echter om zo veel mogelijk oppervlakte waar het water kan infiltreren in de bodem en kan blijven. Dit staat in balans met elkaar. Om gevolgen van droogte te voorkomen wil je dat de grond zo verzadigd mogelijk blijft en het waterpeil op niveau blijft. Verschillende vormen hiervan zijn mogelijk van natuurlijke inpassingen zoals ontharden en infiltratievelden tot technische inpassingen zoals waterdoorlatende verhardingsmaterialen en een infiltratieriool.

Variatie in biodiversiteit

Verschillende plantensoorten en bomen hebben aparte eigenschappen waarbij de een beter tegen droogte kan dan de andere. Hetzelfde geldt voor fijnstof. Mediterrane planten zoals oleanders, olijfbomen en lavendel kunnen beter tegen minder water. Tijdens droge periode kunnen deze plantensoorten beter tegen weinig water en kunnen met minder water nog steeds hun groei waarborgen. Een variatie van de biodiversiteit vergroot de weerstand van grasland tegen de gevolgen van klimaatverandering, tegen droogte en het afvangen van fijn stoffen die tijdens droogte in grotere concentraties voorkomen. Sommige plantensoorten gedijen in natte omstandigheden, terwijl anderen het juist goed doen bij droogte (Hautier, 2018). Daarom is het van belang dat er een grote diversiteit in biodiversiteit aanwezig is om genoeg variatie te hebben voor elke klimaatomstandigheden om zo droogte op te kunnen vangen.

Verder kan de biodiversiteit ook helpen bij het afvangen van PM_{2,5}. Bomen en andere vegetatie vangen namelijk fijnstof af. In Tabel 3 is te zien hoeveel fijnstof vegetatie kan afvangen. Vanuit de website Teeb.stad is gekeken naar hoeveel fijnstof (kg) vegetatie kan afvangen en wat dit oplevert (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2016). De voordelen die hier te behalen zijn de besparing in zorgkosten. Dit is €405 binnen de bebouwde kom en €95 buiten de bebouwde kom per kg fijnstof per jaar.

Tabel 3 kengetallen afvangen fijnstof met vegetatie (Ruijgrok, et al., 2006) (Bade, Smid, Tonneijck, & Groen Loont, 2011)

Riet	10 kg per ha
Gras	1 kg per ha
Bomen	0,1 kg per boom (indien met ondergroei kengetal 0,22)
Groen dak	0,005 kg per ha (indien intensief groen dag effect 50% hoger)
Klimop	60 kg per ha
Mos	140 kg per ha

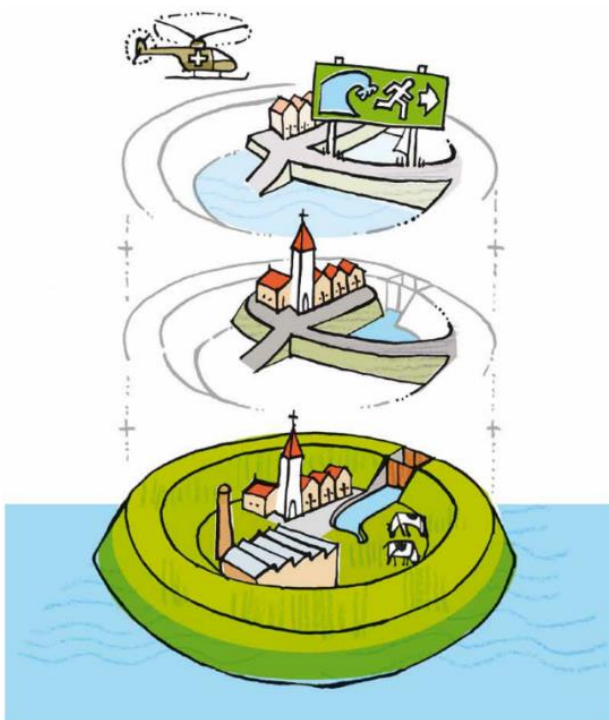
1.6 Overstromingen

In de onderstaande tekst wordt in kaart gebracht wat de oorzaken en gevolgen zijn van overstromingen en hoe deze gevolgen vermindert kunnen worden. Hierbij zal gekeken worden naar welke onderwerpen van klimaatadaptatie hiertoe resulteren.

1.6.1 Oorzaken en gevolgen

De klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat weersextremen steeds meer voor gaan komen in de nabije toekomst. Deze weersextremen zorgen voor extremere stormen op zee en grotere afstromen van de rivieren, wat samen met de zeespiegelstijging de kans van overstromingen vanuit zee en rivieren voor de toekomst vergroot.

De kans van een overstroming vanuit zee of een rivier is relatief klein maar heeft echter wel catastrofale gevolgen wanneer het voorkomt. Het is daarom van belang dat Nederland zich beschermt tegen deze dreiging om schade aan vitale en kwetsbare infrastructuur te voorkomen. Zoals aan de energievoorziening, waterketen, communicatie, gezondheid en transport. In het Nationaal Waterplan staat dat de waterveiligheid tot stand komt door inzet op de verschillende lagen van meerlaagse veiligheid: het voorkomen van een overstroming ofwel preventie én het beperken van de gevolgen van een overstroming ofwel water robuuste ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2015). Dit resulteerde in drie lagen van waterveiligheid, visueel weergegeven in Figuur 8 en toegelicht in de onderstaande tekst: (Beleidsnota Waterveiligheid, 2009).



Figuur 8 Meerlaagse veiligheid visueel in beeld (Beleidsnota Waterveiligheid, 2009)

1. Overstromingen voorkómen. Het voorkómen van een overstroming krijgt in Nederland de hoogste prioriteit. Dit vertaalt zich in een zandige kust, in combinatie van sterke dijken, duinen, dammen en stormvloedkering.

2. Duurzame ruimtelijke inrichting. Complete veiligheid bestaat niet en een overstroming is daarom niet geheel uit te sluiten. Bedachtzame ruimtelijke inrichting kan schade en slachtoffers beperken bij overstromingen. Dit vertaalt zich in secundaire dijken, verhoogde ontsluitingswegen, verhoogde nieuwbouwlocaties en water robuust ofwel waterbestendig bouwen.

3. Crisisbeheersing. Ondanks de inzet op het voorkómen van overstromingen en bedachtzame ruimtelijke inrichting kan een overstroming een bedreiging vormen. Goede voorbereiding is hierbij essentieel om juist te kunnen handelen bij een eventuele overstroming om zo schade en slachtoffers te beperken. Dit vertaalt zich in zelfredzaamheid van bewoners, preventief evacueren, hoogwatervluchtplaatsen en communicatie.



Figuur 9 Impressie van een ondergelopen uiterwaarde bij hoogwater (Rijkswaterstaat)

Sweco kan betrokken zijn in projecten bij elk van de lagen van meerlaagse veiligheid. Voornamelijk zal het de tweede laag duurzame ruimtelijke inrichting betrekken aangezien dit het voornaamste schaalniveau is waar de projecten van het team Techniek zich in bevinden. Belangrijk om op te merken is dat absolute veiligheid niet bestaat en dat in de tweede laag duurzame ruimtelijke inrichting de focus ligt op het beperken van de gevolgen van overstromingen. In Figuur 9 is het risico van hoogwater en het belang van waterveiligheid visueel inzichtelijk weergegeven.

Hoe wordt in de toekomst omgegaan met het stijgende risico tot overstromingen en de gevolgen deze te beperken. In de volgende paragraaf wordt er ingegaan op welke onderwerpen van klimaatadaptatie de gevolgen van overstromingen kunnen verminderen.

1.6.2 Onderwerpen van klimaatadaptatie

Om erachter te komen welke onderwerpen van klimaatadaptatie invloed hebben op overstromingen dient er in beeld gebracht te worden welke ruimtelijke invloeden er zijn op de risico's van overstromingen. Vanuit de lagen van meerlaagse veiligheid is af te leiden dat het twee niveaus zijn waar het overstromingsrisico kan worden verkleind, namelijk preventie en gevolgenbeperking. Preventieve invloeden richten zich op het weren van water vanuit zee en rivier. Het beperken van de gevolgen richt zich op het waterbestendig maken van de openbare ruimte samen met de infrastructuur die voor evacuatie routes en plekken zorgt. Dit resulteert in de volgende onderwerpen van klimaatadaptatie: weren van water en waterrobuustheid. In de onderstaande tekst worden deze onderwerpen van klimaatadaptatie die invloed hebben op de mate van droogte verder toegelicht.

Weren van water

Het weren van water houdt focust zich op het voorkómen van overstromingen. Het verlagen van het overstromingsrisico door het plaatsen van infrastructuur dat risicovolle gebieden beschermt tegen het water. In Nederland wordt dit voornamelijk gerealiseerd door middel van een zandige kust, in combinatie van sterke dijken, duinen, dammen en stormvloedkering. Naast de primaire waterkering van Nederland kan het weren van water ook door middel van secundaire dijken en aangewezen noodoverloopgebieden. Een andere strategie om het water te weren is het aanleggen van verhoogde nieuwbouwlocaties, het gebruik van terpen en verhoogde infrastructuur.

Waterrobuustheid

Waterrobuustheid houdt in het waterbestendig maken van de openbare ruimte samen met de infrastructuur die voor evacuatie routen en plekken zorgt. Het waterbestendig maken van de openbare ruimte houdt in dat de infrastructuur zo wordt ingericht dat deze een overstroming kan weerstaan en na een schoonmaakbeurt weer te gebruiken is. Dit vraagt om waterbestendige constructies, materialen en infrastructuur. Dit houdt een bouwwijze in waarbij de druk van het stromende water kan worden weerstaan. Strategieën om infrastructuur waterbestendig te maken zijn overstroombare dijken en het gebruiken van waterbestendige materialen. Verder zorgen evacuatie routes en plekken voor een grotere waterrobuustheid. In de openbare ruimte betekent dit het ophogen van infrastructuur met voornamelijk de hoofdwegen. Hierbij is het van belang dat het risico wordt verminderd door de beschikbaarheid van goede ontsluitingen en vluchtwegen tijdens een overstroming.

2. Huidige situatie

Om na te gaan welk model Sweco kan gebruiken is vervolgens gekeken op welke manier de onderwerpen van klimaatadaptatie en daaraan gekoppelde maatregelen op dit moment terugkomen in ontwerpen die door het team Techniek zijn gemaakt. In het onderstaande hoofdstuk is toegelicht wat de resultaten zijn van deze inventarisatie. In bijlage VIII is de volledige inventarisatie uitgewerkt waarin er per onderwerp van klimaatadaptatie wordt toegelicht welke maatregelen zijn toegepast.

2.1 Resultaten inventarisatie

Tijdens het onderzoek zijn de projecten geïnventariseerd op de onderwerpen van klimaatadaptatie die in hoofdstuk 1 zijn bepaald. Hiervoor is als uitgangspunt de bestekkenlijst van 2017 tot en met 2018 gekozen. Met de interviews, veldbezoeken en het archief is in kaart gebracht in hoeverre het team Techniek in De Bilt bezig is met de onderwerpen van klimaatadaptatie. Het resultaat hiervan is het overzicht in Tabel 5. Per project is gekeken welke onderwerpen zijn toegepast.

Een onderwerp van klimaatadaptatie wordt in Tabel 5 groen gekleurd als het project maatregelen bevat die het onderwerp positief beïnvloeden. In Tabel 4 is toegelicht op welke manier de onderwerpen van klimaatadaptatie positief te beïnvloeden zijn.

Uit de resultaten van de inventarisatie en Tabel 5 komt naar voren dat veel aandacht wordt besteed aan de thema's wateroverlast en hittestress. Binnen de 37 geïnventariseerde projecten vallen voor wateroverlast 54 maatregelen samen met hittestress waar ook 54 maatregelen van zijn geïnventariseerd. Maatregelen binnen de projecten tegen wateroverlast zijn waterdoorlatende verharding, wadi's, watershells, waterbergende speeltuin, berging in oppervlaktewater en een hemelwaterriool. Maatregelen binnen de projecten tegen hittestress zijn schaduw van bomen, verdamping vanuit water en vegetatie en het koelen met materialen met een lagere albedo. Onderwerpen waar het meeste aandacht aan wordt besteed in de projecten zijn bufferen dit komt namelijk 20 keer voor en koelen met groen 18 keer.

Anderzijds blijkt dat het hemelwaterriool veel wordt toegepast wat ervoor zorgt dat het onderwerp 'water zichtbaar maken' en 'vertragen' beperkt terug te zien zijn in projecten. Een hemelwaterriool zorgt namelijk voor een snelle afvoer ondergronds waar de bovengrondse afvoer beperkt blijft. Het onderwerp 'vertragen' wordt echter binnen een paar projecten sterk toegepast met grootschalige maatregelen van wadi's, welputten en doorsteken. Verder wordt voor het onderwerp 'koele materialen' in de projecten al koelere soorten stenen gebruikt dan asfalt, echter zijn dit nog vaak donkerrode of bruine klinkers met een lage albedo. Hier liggen nog kansen om voor meer half-verharding en een lichtere kleur grijze klinkers te kiezen met lagere albedo en verkoelend effect.

Verder worden de thema's droogte en overstromingen minder toegepast binnen de projecten. Droogte komt 36 keer voor en overstromingen enkel in één maatregel. Maatregelen die hier onder vallen zijn het verzadigen van stedelijk groen, toepassen van veel oppervlaktewater, doorlatende verharding, mediterrane planten en het verleggen van een secundair dijklichaam. Wat verder opvalt is dat de maatregelen tegen droogte voornamelijk op de mogelijkheden voor infiltratie zijn gericht en 17 keer is toegepast in tegenstelling tot de andere drie onderwerpen die samen 19 keer voorkomen. Het is aannemelijk dat er minder aandacht aan droogte wordt besteed omdat dit een vrij nieuw thema is voor Nederland. Voor het thema overstromingen komen weinig maatregelen terug in de ontwerpen van het team. Dit is te verklaren doordat het team voornamelijk ontwerpen maakt voor projecten op wijkniveau. Het thema overstromingen speelt zich meer op regionale schaal af.

Uit de resultaten van de interviews komt naar voren dat dat het team Techniek voornamelijk bij klimaatadaptatie denkt aan het bergen van water en het groener maken van een wijk. Dit wordt in Tabel 5 bevestigd waarin te zien is dat de meeste aandacht wordt besteed aan wateroverlast en hittestress en daarbij voornamelijk de onderwerpen ‘bufferen’ en ‘koelen met groen’.

Verder valt op te merken dat er verschillen zitten tussen in soorten projecten die het team Techniek onder handen heeft. De projecten lopen uiteen van het ontwerpen van bruggen, duikers, bergingskelders, een geluidsscherm, transportleidingen, rioolrenovaties, kustzone verbeteringen en het bouw- en woonrijp maken van woonwijken. Sommige projecten hebben een duidelijke functie en zullen zich daarom op bepaalde onderwerpen van klimaatadaptatie focussen en het daarbij houden. Echter voor het woonrijp maken geldt dat alle onderwerpen van klimaatadaptatie van belang zijn en is het dus van belang dat er over alle onderwerpen van klimaatadaptatie bewust wordt nagedacht.

In Bijlage VIII wordt verder ingegaan op wat het team per onderwerpen van klimaatadaptatie aan maatregelen toepast binnen de projecten. Vaak komt het voor dat maatregelen invloed hebben op meerdere onderwerpen van klimaatadaptatie en zullen deze terugkomen in meerdere paragrafen. Er wordt hierbij ingegaan op het effect van deze maatregel op het onderwerp van klimaatadaptatie. In de bijlage wordt met nummers in superscript verwezen naar de nummers van de projecten in Tabel 5.

Tabel 4 Legenda; toelichting op welke manier een onderwerp van klimaatadaptatie positief beïnvloed wordt

Onderwerpen van klimaatadaptatie	
Bufferen	voegt kubieke meters waterberging toe
Vertragen	verlengt de tijdsduur van water in het lokale watersysteem
Infiltratiecapaciteit	vergroot de hoeveelheid mm neerslag dat er kan infiltreren per tijdseenheid
Water zichtbaar maken	het bovengrondsafvoeren van water en/of aanwezigheid van oppervlakte water
Koelen met groen	vergroot het oppervlakte van vegetatie (bodembedekker, beplanting en bomen)
Koelen met water	vergroot het oppervlakte van oppervlakte water en/of aanwezigheid van een waterelement
Creëren van schaduw	vergroot het oppervlakte schaduw
Koele materialen	bevat materialen met een hoog albedo > de albedo van verweerd asfalt (0.15)
Water vasthouden	verlengt de tijdsduur van water in het lokale watersysteem
Water voorziening	vergroot de hoeveelheid water in het watersysteem
Infiltratiemogelijkheden	vergroot het oppervlakte waar er water kan infiltreren
Variatie biodiversiteit	bevat een variatie in vegetatie
Weren van water	bevat infrastructuur die de kans van een overstromingen verkleint
Waterrobuustheid	bevat infrastructuur die tegen een overstroming kan zonder te beschadigen

Tabel 5 Overzicht toepassing klimaatadaptatie binnen het team Techniek

SWECO  Klimaatadaptatie in kaart				Wateroverlast				Hittestress				Droogte				Overstromingen	
Nr.	ID	omschrijving	locatie	bufferen	vertragen	infiltratie-capaciteit	water zichtbaar maken	koelen met groen	koelen met water	creëren van schaduw	koele materialen	water vasthouden	water voorziening	infiltratie-mogelijkheid	variatie in biodiversiteit	weren van water	waterrobuust
1	346371	Aanbrengen bergingskelder	Hilversum														
2	353829	Woonrijp maken centrumgebied, fase 2	Vleuterweide														
3	346481	Woonrijp maken woonwagenlocatie Molenland	Wilnis														
4	352002	Woonrijp maken Z7 t/m Z12	Vleuterweide														
5	134139	Woonrijp maken De Meerpaal, kavel 42	Houten														
6	348764	Bouwrijp maken Velden 3, 4 en 5	Amersfoort														
7	355953	Renovatie kunstgrasveld SV Seastum	Zeist														
8	353004	Fietspad - Over de Laak	Amersfoort														
9	306814	Aanpassen bergbezinkvoorziening Aardenburg	Doorn														
10	355182	Verbreding fietspad Driebergseweg	Zeist														
11	349654	Kustzone 2e fase Zeewolde	Zeewolde														
12	348832	Verkeersbruggen Laak 2A fase 2 Waterdorp	Amersfoort														
13	353318	Woonrijp maken Rondweg	De Bron														
14	353348	Aanbrengen geluidsscherm NO-zijde station	Vathorst														
15	354030	Woonrijp maken Laak 2A fase 2 Waterdorp	Amersfoort														
16	359606	Groenbestek Laak 2A fase 2 Waterdorp	Amersfoort														
17	357750	Ontgraven watergang Jaap Bijzerwetering	Woerden														
18	357750	Aanleg duiker Middellandbaan	Woerden														
19	354438	Reconstructie Van Leeuwenbrug	Woerden														
20	356907	Woonrijp maken Hoge Schaft	Houten														
21	345147	Herinrichting Zuidplein Maarsseveense Plassen	Maarsseveen														
22	348826	Woonrijp maken Winkelcentrum Velden 2C fase 2B	Amersfoort														
23	353232	Het bouw- en woonrijp maken van Sterreboos	Vathorst														
24	350732	Het woonrijp maken van het P+R-terrein Raaigras	Houten														
25	355311	Vervangentranssportleidingen Molenweg	Enschede														
26	355311	Vervangentranssportleidingen Windmolenweg	Enschede														
27	356400	Rioolrenovatie Nissewaard	Spijkernisse														
28	359752	Aanleg kunstgrasveld FC de Rakt	Uden														
29	359605	Bouwrijp maken Laak 3 Noord	Amersfoort														
30	353683	Verlegging persleiding i.v.m. spoorlijn	Naarden														
31	315550	Woonrijp maken Lange Broek	Langebroek														
32	347166	Woonrijp maken Hof van Wijk	Wijk bij Duurstede														
33	343128	Woonrijp maken Cothen	Cothen														
34	343128	Nautische eilanden	De Bron														
35	202936	Woonrijp maken deelplan 4.2	Vleuterweide														
36	143779	Woonrijp maken deelplan 2	Vleuterweide														
37	353938	Woonrijp maken Laak 3a - fase 2	Vathorst														
Aantal keren voorkomen van onderwerp				20	10	16	8	18	7	14	15	7	7	17	5	1	0

2.2 Ontwerpsessie Mijdrecht

Voor dit onderzoek hebben twee verschillende ontwerpsessies plaats gevonden om de invloed van het model te testen. Eén daarvan is het testen van het model in een ontwerpsessie dat in het volgende hoofdstuk wordt behandeld en de ander is het bijwonen van een ontwerpsessie zonder het gebruik van het model. Dit om zo te kijken hoe team Techniek in De Bilt op het huidige moment klimaatadaptatie stimuleert in een overleg. Kijkend naar welke kansen er worden laten liggen en meegenomen kunnen worden in het te creëren model.

Voor deze ontwerpsessie is bij een overleg aangeschoven en meegedacht voor het project nabij Mijdrecht waar er een aantal wateropgaven verwerkt moesten worden in het ontwerp. De samenstelling van de deelnemers aan het overleg was een landschapsarchitect, ontwikkelaar en de projectleider van Sweco. Het doel van dit overleg is om te voldoen aan de gestelde wateropgaven en hierbij mogelijke kansen te koppelen aan klimaat-adaptieve maatregelen. In de ontwerpsessie zijn uiteindelijk de beslissingen genomen die in de onderstaande alinea zijn toegelicht.

Tijdens de sessie is vanuit de gestelde eisen gekeken naar welke maatregelen hier het beste bij passen. De gestelde eisen vanuit de gemeente waren dat een T=100 bui geborgen dient te worden. Dit houdt in dat er 60mm regenwater 24 uur in het nieuwe plan geborgen dient te worden. Daarnaast zijn er nog de eisen dat 10 procent van de verharding en bebouwing gecompenseerd dient te worden met oppervlaktewater en dat 50 procent van de privé tuinen als onverhard gezien wordt. Voor inspiratie voor maatregelen worden voorbeelden vanuit de website Amsterdam Rainproof geraadpleegd en wordt vanuit eigen ervaring inspiratie opgedaan voor maatregelen in dit project (Amsterdam Rainproof, 2018).

De maatregelen die besproken zijn: infiltratiekratten, wadi's, watershells, geveltuin, waterplein, infiltratiestroken, molgoten, water passerende verharding, open waterlopen, drainflow met filters en rockwool. Uiteindelijk is gekozen voor de volgende maatregelen: wadi's, greppels, molgoten, infiltratiekratten en ondergrondse opslag met waterdoorlatende verharding op twee parkeerplaatsen. De reden om voor deze maatregelen te kiezen is omdat het functioneren van deze maatregelen over tijd bekend is uit eigen ervaringen van de deelnemers aan het overleg.

De onderwerpen van klimaatadaptatie die nog gering terugkomen in het ontwerp van Mijdrecht zijn: 'vertragen', 'water zichtbaar maken', 'koele materialen' en 'variatie in biodiversiteit'. Na het introduceren van deze onderwerpen in het overleg is gekozen om de volgende maatregelen toe te voegen. Het afkoppelen van daken en bovengronds afvoeren van water wat in speelt op de onderwerpen vertragen en het zichtbaar maken van water. Daarnaast wordt er voor koele materialen gestreven en naar zo min mogelijk toepassingen van verharding. Waar toch verharding nodig is worden grastegels of andere half-verhardingen voorgesteld. Verder wordt er aan de bewoners geadviseerd om inheemse struiken en planten te plaatsen om de weerstand van de vegetatie te vergroten en het onderwerp variatie in biodiversiteit mee te nemen.

Deze resultaten tonen dus aan dat er snel onderwerpen van klimaatadaptatie over het hoofd worden gezien en dat het bij het model van belang is dat dit systematisch wordt voorkomen. Ook is te zien dat vrij veel maatregelen zijn toegevoegd na het introduceren van deze onderwerpen wat de meerwaarde van het benoemen van deze onderwerpen toont.

Vervolgens is na de ontwerp sessie vanuit Sweco gekeken naar de haalbaarheid van deze maatregelen. Er is berekend of de eisen vanuit de gemeente haalbaar zijn met deze maatregelen en welke afmetingen in hoeveelheden hier per maatregel bij horen. In Excel is een waterbalans opgezet en tegenover de bergingen van de maatregelen gezet om deze afmetingen te berekenen. In bijlage III is dit Excel model met verdere resultaten terug te vinden met argumentatie voor de onderstaande resultaten. De resultaten die uit de berekening komen zijn dat er voldoende openwater is het gebied volgens de gestelde eis met een overschot

van 749m². Daarnaast zorgen de maatregelen voor voldoende berging om 60mm 24 uur te bergen. Dit wordt behaald door naast de aangewezen wadi's, bermen en stedelijk groen onder de twee aangewezen parkeerplaatsen water te bergen in 1520m² met een diepte van 13cm. Daarnaast zijn er ook infiltratiekragen nodig met een berging van 300 liter/m². In Figuur 10 zijn deze maatregelen visueel verwerkt in een watersysteemkaart.

Concluderend laten de resultaten van dit overleg het belang zien van het gebruik van de gedefinieerde onderwerpen van klimaatadaptatie voor het model. Daarnaast valt op dat keuzen voornamelijk worden gemaakt door middel van voorbeelden en eigen ervaring. Verder valt op te merken dat voornamelijk naar de eisen vanuit de gemeenten worden gekeken en nog weinig naar mee koppel kansen.



Figuur 10 Ontwerp watersysteem Mijdrecht

3. Uitwerking model

Om tot een model te komen wat Sweco stimuleert om meer klimaat-adaptieve maatregelen toe te passen in ontwerpen is er eerst gespecificeerd wat de onderwerpen van klimaat adaptatie zijn. Vervolgens is geïnventariseerd hoe Sweco klimaatadaptatie tot nu toe toepast in de huidige projecten. Met deze informatie is in dit hoofdstuk uitgewerkt voor welk model is gekozen om klimaatadaptatie te stimuleren en hoe dit model werkt.

3.1 Opzet model

Om klimaatadaptatie te stimuleren wordt gebruik gemaakt het opstellen van een ambitie met als uitgangspunt het ambitieweb (Bijlage V). Het ambitieweb wordt als instrument in het model gebruikt om de huidige situatie en de ambitie van de onderwerpen van klimaatadaptatie inzichtelijk te maken voor een project. Verder zal het programma verder toelichten hoe de onderwerpen van klimaatadaptatie worden meegenomen in de besluitvorming.

Het ambitieweb wordt ingezet om van een project de gezamenlijk klimaatambities te bepalen. De deelnemers bepalen de ambities gezamenlijk op basis van beschikbare kennis uit de organisatie. Het is van belang dat binnen de groep voldoende kennis en ervaring aanwezig is om ambities te kunnen formuleren, dan wel op het juiste niveau vast te stellen.

Het is van belang om de ontwerpssessie goed voor te bereiden. Dit kan door een voorbereidend gesprek tussen de facilitator, de projectleider en de opdrachtgever. Tijdens de voorbereidingen zullen de volgende onderwerpen aan bod moeten komen:

- Doel(en) van de inzet van het ambitieweb
- Deelnemers aan de sessie
- Verwachtingen uitkomst en vervolgstappen
- Verslaglegging van de sessie (dit is aan de facilitator)

Benodigdheden

- Een facilitator die:
 - Kennis heeft van de inhoud, zodat hij/zij goed kan doorvragen;
 - In staat is verbinding te leggen tussen de strategische thema's en de relevantie voor het operationele niveau;
 - De vertaling kan maken naar de positie op het ambitieweb
- Een goede samenstelling van deelnemers aan de sessie:
 - Het projectteam (aanbevolen deelnemers: de opdrachtgever, projectleider Sweco, landschapsarchitect en ontwikkelaar, eventueel aangevuld met een vakspecialist)
 - Deelnemers met voldoende gebiedskennis
- Materialen:
 - Stiften of stickers
 - Ambitieweb format A0
 - Post-its
 - Gebiedskaart

3.2 Programma ontwerp sessie

Om te komen tot een project specifieke ambitie wordt het onderstaande model toegepast. is als eerste bepaald waar het project kansrijk op de veertien klimaatthema's kan verbeteren. Hiervoor teken je met het projectteam het ambitieweb. Het programma komt er als volgt uit te zien:

Stap 1. Casus toelichten. In dit onderdeel worden de eigenschappen van het plangebied doorgenomen. Onderwerpen die hier onder vallen zijn bodemopbouw, visie en eisen van uit de opdrachtgever, gemeente en waterschap.

Stap 2. Huidige situatie en kansen in kaart. In deze stap worden de onderwerpen van klimaat-adaptatie doorlopen die in Bijlage VI beschreven staan.

- Je hangt het lege ambitieweb uit bijlage V op de muur of legt deze op een tafel.
- Je verdeelt de groep in 2-4-tallen (afhankelijk van de groepsgrootte) en verdeelt de veertien onderwerpen van klimaatadaptatie over de groepjes. Zorg ervoor dat intensieve thema's worden afgewisseld met minder intensieve thema's (welke intensief zijn is projectafhankelijk).
- Ieder groepje schrijft alle kansen die ze kunnen bedenken op per onderwerp van klimaatadaptatie. Elk onderwerp wordt toegelicht op basis van de onderzochte theorie uit hoofdstuk 1. Hiervoor is een samenvatting per onderwerp van klimaatadaptatie opgenomen in Bijlage VI.
- Daarnaast geven de deelnemers een niveau voor de huidige situatie² van het geselecteerde onderwerp (niveaus verder toegelicht in Tabel 6). De kansen worden met post-its op het web geplakt. In het Excelmodel worden deze kansen en niveaus genoteerd door de facilitator.
- Na 5 minuten schuiven de thema's door en dat doe je net zo lang totdat iedereen alle onderwerpen van klimaatadaptatie heeft gehad.

Tabel 6 Legenda van de ambitieniveaus

Niveau 0.	Negatief of verwaarloosbaar
Niveau 1.	Inzicht en minimale klimaatprestatie.
Niveau 2.	Concrete doelstellingen en het bereiken van significante verbetering op dit thema.
Niveau 3.	Maximale inzet (klimaatneutraal).
Niveau 4.	Bereiken van de hoogst haalbare prestatie.

Stap 3. Ambitieweb invullen en beschrijven argumenten voor keuze niveau.

- Iedere deelnemer krijgt gemarkeerde stickers of stiften, zodat het herkenbaar is welke van hem/haar zijn.
- De kansen die eerder zijn genoteerd op het web worden nu plenair besproken welk niveau dit op het ambitieweb heeft. Deelnemers plaatsen de stickers op het ambitieweb.
- Je beschrijft de argumenten voor de positie van de ambities.
- Je verbindt de ambities, zodat een web ontstaat.
- Dit wordt digitaal genotuleerd in het model.

Stap 4. Vertalen van ambitie naar maatregelen

- Kansen worden hier concreet vertaald naar maatregelen op projectniveau en ingevuld in het model.

² niveau voor de huidige situatie: Het niveau in de nul-situatie waarbij er nog geen maatregelen zijn toegepast.

- Deze maatregelen worden getoetst op risico, geld, tijd en beheer in het tabblad 'maatregelen uitsluitend bij de ambitie' van het model (0 - 3) waar een scorelijst uit volgt. De facilitator vult deze gegevens in, in het model. De legenda voor deze wegingsfactoren is weergegeven in Tabel 7.
- Bij het invullen van de scorelijst is het belangrijk de legenda van de wegingsfactoren en de berekening door te nemen zodat de deelnemers inzicht hebben op wat de impact is op de totale score en zo een overwogen beslissing kunnen nemen.

Tabel 7 Legenda wegingsfactoren van model

	0 geen	1 laag	2 midden	3 hoog
Risico	Kans dat je maatregel niet voldoet aan de gestelde ambitie.			
Geld	Kosten maatregel ten opzichte van totale project kosten (aanleg kosten).			
Tijd	Invloed maatregel op de projectplanning.			
Beheer	Moeilijkheidsgraad van beheer maatregel (beheer kosten).			

Toelichting score

Belangrijk om op te merken bij deze berekening is dat de uitkomst als hulpmiddel gezien moet worden voor het prioriteren van maatregelen. Het zijn geen absolute waarde maar maakt inzichtelijk welke maatregelen beter in de gestelde ambitie passen dan anderen. Dit resulteert in de formule weergegeven in vergelijking 2.

$$\text{Score} = ((\text{geld} + \text{risico}) \times 1,5) + (\text{tijd} + \text{risico}) + (\text{beheer} + \text{risico})$$

Vergelijking 2 Score berekening

De gedachte achter deze formule is dat de keuze voor een maatregel in eerste instantie geld gedreven is. Wanneer er hogere kosten zijn dan zal meer inspanning vereist zijn. Geld is dus een belangrijke factor en heeft daarom een zwaardere wegingsfactor ($\times 1,5$). Verder heeft een hoog risico invloed op alle andere aspecten en is daarom opgenomen in elk aspect. Een zo laag mogelijke score is interessant aangezien de hoge waarden van risico, geld, tijd en beheer een negatief effect hebben op de gewenstheid van een maatregel.

Naast risico, geld, tijd en beheer is het van belang om de ambitie mee te nemen. Voor een hoge ambitie is het van belang dat dit de score verlaagt aangezien een lage score interessant is. Vandaar dat voor een wegingsfactor $\times 0,2$ is gekozen. Dit resulteert in een uiteindelijk formule weergegeven in vergelijking 3 samen met de volgende wegingsfactoren per ambitieniveau:

$$1 - (\text{ambitieniveau} \times 0,2)$$

$$\text{Ambitieniveau 0 : } 1 - (0 \times 0,2) = 1$$

$$\text{Ambitieniveau 1 : } 1 - (1 \times 0,2) = 0,8$$

$$\text{Ambitieniveau 2 : } 1 - (2 \times 0,2) = 0,6$$

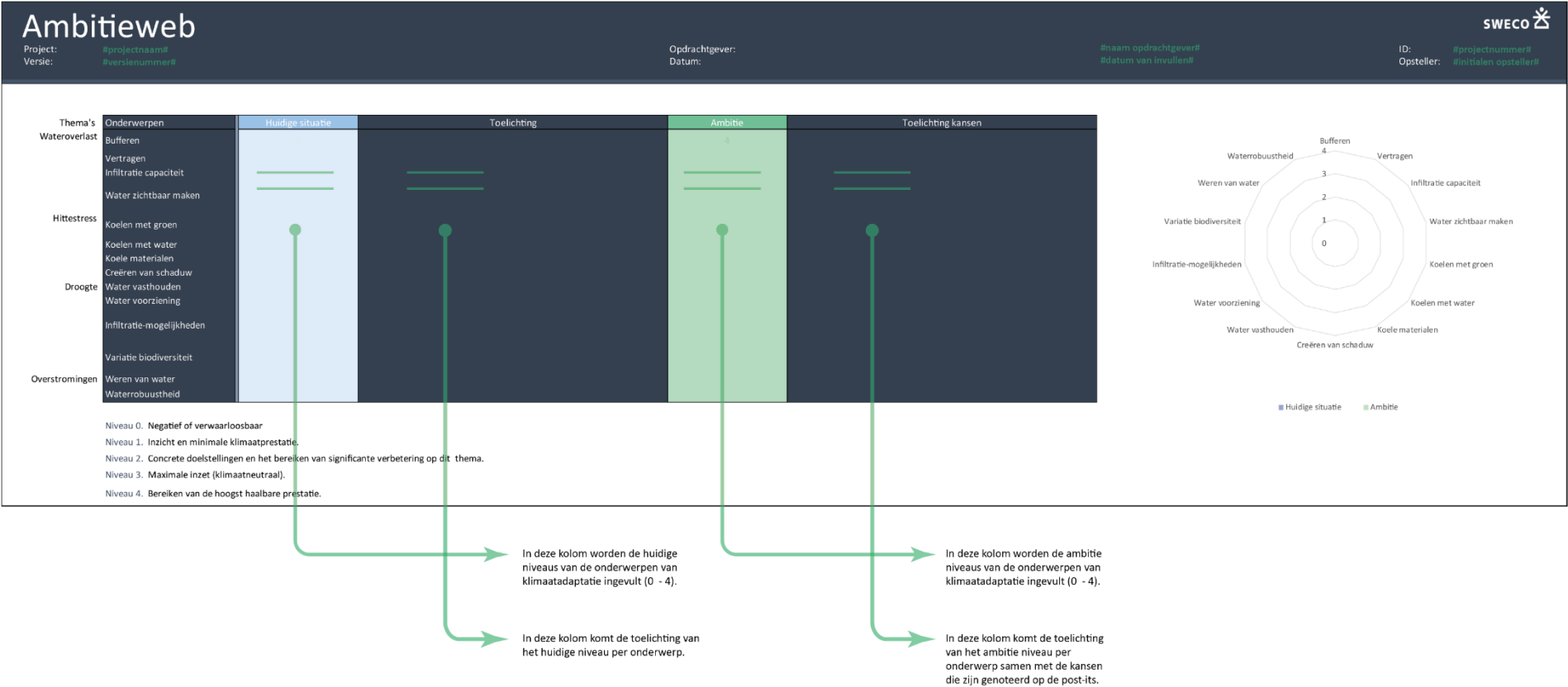
$$\text{Ambitieniveau 3 : } 1 - (3 \times 0,2) = 0,4$$

$$\text{Ambitieniveau 4 : } 1 - (4 \times 0,2) = 0,2$$

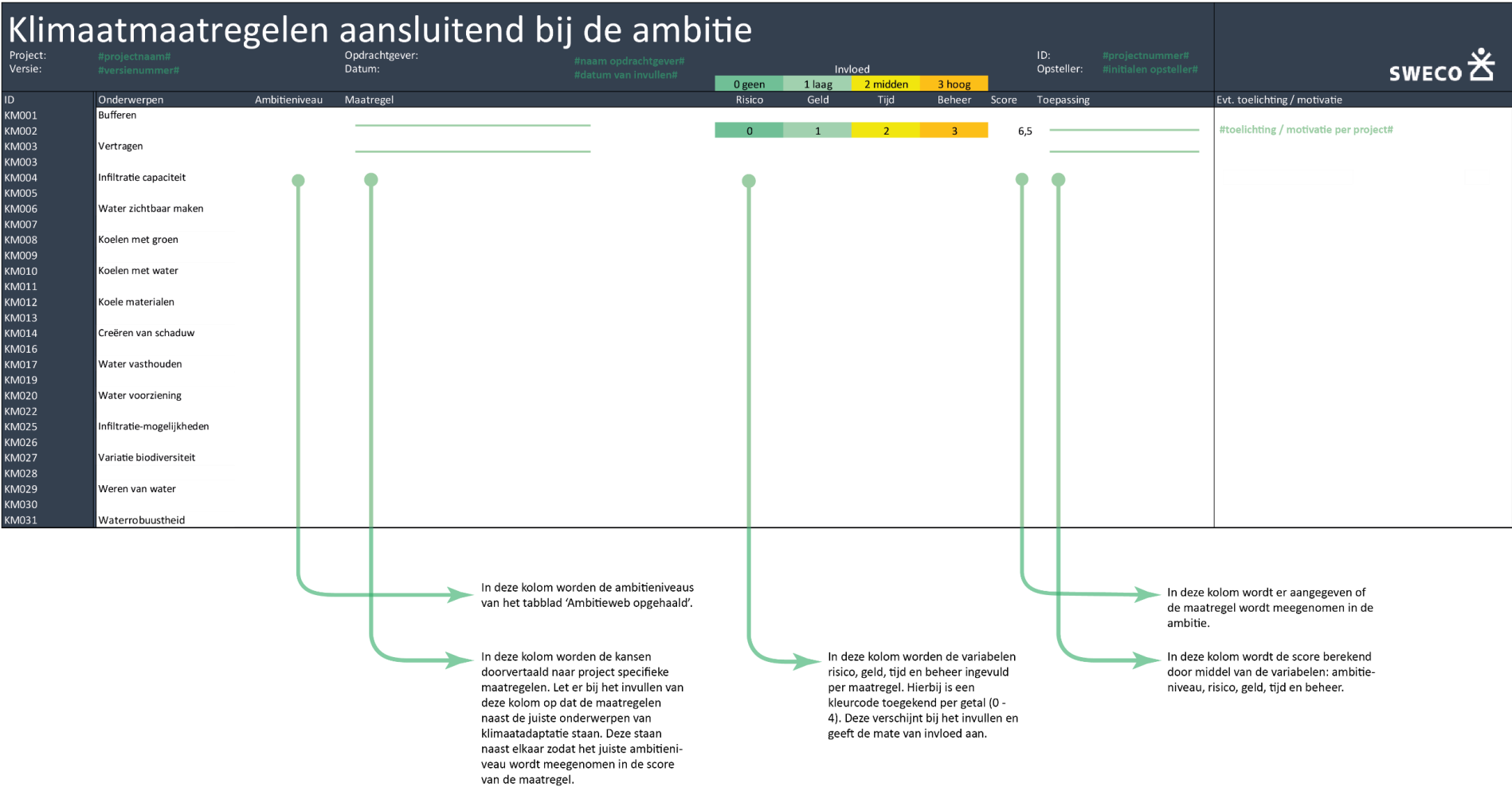
$$\text{Score} = (1 - (\text{ambitieniveau} \times 0,2)) \times ((\text{geld} + \text{risico}) \times 1,5) + (\text{tijd} + \text{risico}) + (\text{beheer} + \text{risico})$$

Vergelijking 3 Uiteindelijke formule score

In Figuur 11 en Figuur 12 zijn de invulformats van het Excelmodel weergegeven. Het Excelmodel bestaat uit twee tabbladen die worden ingevuld. In deze figuren is in het groen weergegeven waar de resultaten van de ontwerpessie ingevuld dienen te worden door de facilitator. In Bijlage VII is een ingevuld model te vinden die is gebruikt tijdens de ontwerpessie van Waterdorp. Het invullen van de resultaten resulteert in de ambitieniveaus per onderwerp van klimaatadaptatie. Daarnaast dienen de maatregelen te worden gerangschikt op score en komt er top 5 van klimaat-adaptieve maatregelen uit die het beste bij deze ambitie passen. Deze uitgangspunten zijn de basis waarmee ontwerpkeuze gemaakt kunnen worden voor het project. Deze resultaten worden verwerkt in een beknopte samenvatting van de belangrijkste kansen en aandachtspunten voor klimaatadaptatie. Het model samen met de samenvatting wordt gebruikt voor het verantwoorden van keuzes in latere fasen van het project. Bij de meeste projecten kan een bijeenkomst van 3 uur voldoende zijn.



Figuur 11 Excelmodel: tabblad Ambitiweb (invul format)

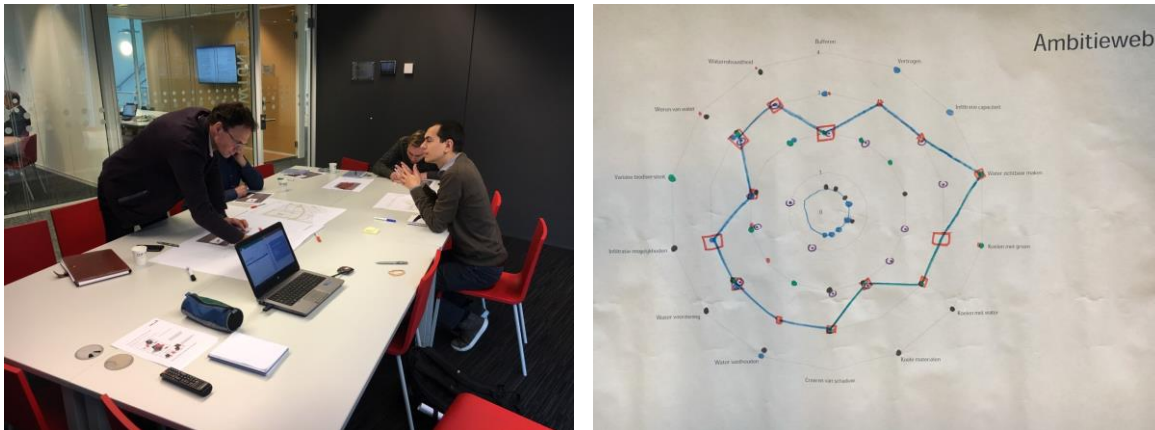


Figuur 12 Excelmodel: tabblad Klimaatmaatregelen aansluitend bij de ambitie (invulformat)

3.4 Resultaten prototypen model test + uitkomst

Tijdens het testen van het model kwamen verschillende verbeterpunten naar boven die het model sterker maakten. In deze paragraaf worden de belangrijkste uitkomsten van het testen doorlopen.

Aangezien het testen van het prototypen intern heeft plaatsgevonden is ervoor gekozen om de deelnemers een rol te geven om discussie te stimuleren. De rollen zijn als volgt: ontwikkelaar, gemeente, landschapsarchitect, waterschap en Sweco. In Figuur 13 is een impressie van de ontwerpsessie te zien waarin het ambitieweb wordt ingevuld.



Figuur 13 Impressie van de ontwerpsessie samen met het invullen van het ambitieweb

3.4.1 Verbeterpunten naar de werking van de sessie

Tijdens de test is te zien dat qua tijdverdeling veel tijd gaat zitten in het invullen van de kansen en huidige situatie. Verder ontstaan de interessantste discussies bij het invullen van de ambitie op het web en het invullen van de scores. Vandaar dat het van belang is dat hier de focus op ligt. Om dit te realiseren wordt in plaats van het plenair bespreken van onderwerpen er hier gekozen voor het doorschuiven van de onderwerpen net zolang totdat iedereen alle onderwerpen heeft gehad en iedereen elkaar op deze manier kan aanvullen.

Daarnaast komt tijdens de test naar voren dat het handig is de onderwerpen 'infiltratiecapaciteit' en 'infiltratiemogelijkheden' tegelijk te behandelen in de rotatie. 'Infiltratiecapaciteit' betreft het zo snel mogelijk laten infiltreren van water en 'infiltratiemogelijkheden' betreft het zoveel mogelijk kubieke meters oppervlakte om te kunnen infiltreren om de bodem verzadigd te houden. Bij het thema 'infiltratiemogelijkheden' wil je juist water in het gebied houden in tegenstelling tot 'infiltratiecapaciteit' waar je wateroverlast juist wilt voorkomen. Bij het bedenken van de kansen gaat het echter wel om dezelfde soort maatregelen maar de manier van toepassen bepaald welk thema meer voordeel aan heeft. Hierin kan onderscheid gemaakt worden wanneer deze tegelijk worden behandeld. Daarnaast is het ook handig om de thema's vertragen en water vasthouden tegelijk te behandelen. Hier gaat het ook om de manier van toepassen van dezelfde soort maatregelen. Water vertragen richt zich op voorkomen van wateroverlast elders samen met het water afvoeren en vasthouden richt het zich op het 100 procent lokaal behouden van regenwater.

De voorbereiding is een belangrijk element om de sessie zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Tijdens de test is ondervonden dat het vertalen van de kansen naar maatregelen tijd in beslag neemt. Om dit te versnellen kunnen maatregelen die veel terugkomen in projecten alvast worden ingevuld en worden aangevuld met nieuwe maatregelen uit de sessie. Bijkomend positief effect hiervan is dat het zorgt voor een database met klimaat-adaptieve maatregelen waar inspiratie uit kan worden opgedaan na meervoudig doorlopen van de ontwerpsessie.

Om interactie te stimuleren worden de kansen in stap 2 naast genotuleerd in het model ook op post-its geplaatst om de kansen visueel te weergeven over de thema's heen. Dit ondersteund ook de bepalingen van de ambitie aan de hand van deze kansen.

3.4.2 Verbeterpunten naar de inhoudelijke onderdelen van de sessie

Bij het berekenen van de score per maatregel kwam naar voren dat geld een belangrijke wegingsfactor is maar wanneer een wegingsfactor van 2 wordt meegenomen deze als te sterk wordt ervaren. Met een wegingsfactor van 1,5 wordt ook onderscheid gemaakt en is dit verschil beter in evenwicht.

Bij het invullen van de ambitie op het web is het van belang dat wordt gekeken naar de kansen binnen een plangebied. Tijdens de test werd erg vanuit eigen belang gekeken naar de thema's. Het eigen belang houdt hierbij de organisatie in (Landschapsarchitect, gemeente, Sweco). Dit levert in eerste instantie een goede discussie op wat voor een onderbouwde keuze zorgt voor de ambitie. Echter bij het plaatsen van de individuele stickers zit hier een groot verschil in niveaus tussen de deelnemers. Dit zorgt voor een erg gemiddeld gewogen resultaat wanneer hiervan het gemiddelde wordt genomen. Dit zorgt voor een resulterende ambitie die niet overeenkomt met de gewenste ambitie. Belangrijk tijdens het invullen van de ambitie is het vermelden dat in het model risico, geld, tijd en beheer later in het model aan bod komen. De focus ligt op het in kaart brengen van de ambitie met behulp van de kansen die zijn besproken. Om dit duidelijker te maken en niet om details te gaan discussiëren en moeten gaan afwegen worden de niveaus plenair besproken op basis van de opgestelde kansen. Zo wordt er gestuurd om de discussie te leiden naar kansen in plaats van eigen belang.

Verder kwam bij de test naar voren dat het met rangschikken met drie niveaus het erg lastig was om de juiste ambitie te kiezen. Drie niveaus waren niet eenduidig genoeg, vandaar dat dit naar vijf niveaus is aangepast (Tabel 6). Het gebruik van vijf niveaus moet voorkomen dat deelnemers tussen ambitieniveaus in willen gaan zitten.

Bij het stellen van de huidige situatie en benoemen van kansen merk je dat afbakening van de thema's erg belangrijk is om er voor te zorgen dat niet wordt afgedwaald. Hiervoor helpt een handout met hierop de 14 onderwerpen van klimaatadaptatie benoemd in paragraaf 3.3 en de niveaus benoemd in stap 2 waarop deze kunnen worden ingedeeld samen met de legenda weergegeven in Tabel 7. Daarnaast is het van belang dat de kansen worden benoemd en niet te technisch worden uitgewerkt wat tijdens de ontwerpsessie wel gebeurde. Het is daarom van belang dat de facilitator de discussie scherp houdt en dat er niet te ver dient in te gaan op de maatregelen.

Verder is het van belang dat de huidige situatie alleen digitaal wordt ingevoerd om zo de ambitie onafhankelijk van de huidige situatie in beeld te brengen op papier in het ambitieweb. Op het eind wordt het digitaal weergegeven als referentie.

Uit het model komt het ambitieweb en een overzicht van klimaatmaatregelen gerangschikt die het beste aansluiten bij deze ambitie. Tijdens de test kwam naar voren dat het erg van belang is dat een concluderend stuk zit op het eind waarin de ambitie wordt bevestigd en de scores worden besproken en dit aansluit bij de visie op het project.

4. Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: 'In hoeverre is het team Techniek van Sweco in De Bilt al bezig met klimaatadaptatie en welk model stimuleert de toepassing van klimaatadaptatie in het ontwerpproces?'. Hiervoor is een combinatie van kwalitatief en toegepast onderzoek uitgevoerd naar klimaatadaptatie binnen de ontwerpen van het team. Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is als eerste antwoord gegeven op de deelvragen.

Deelvraag I: 'Welke onderwerpen van klimaatadaptatie hebben invloed op het thema klimaatadaptatie en hoe zijn deze te beïnvloeden op het gebied van gebiedsontwikkeling?'

Uit de resultaten van de literatuurstudie komt naar voren dat klimaatadaptatie opgedeeld kan worden in vier thema's, namelijk wateroverlast, hittestress, droogte en overstromingen. Om deze thema's inzichtelijk te krijgen is per thema onderzocht welke ruimtelijke kenmerken hieronder vallen en welke onderwerpen invloed hebben op klimaatadaptatie in gebiedsontwikkeling. Dit resulteert in de volgende ruimtelijke kenmerken: het afstromen van water, oppervlaktetemperatuur, lucht- en gevoelstemperatuur, wind, luchtvochtigheid, grondgebruik, kwantiteit van waterreserves, robuustheid van vegetatie en het overstromingsrisico.

Vanuit deze ruimtelijke kenmerken is onderzocht welke onderwerpen per thema een invloed kunnen uitoefenen ten goede van klimaatverandering. De volgende onderwerpen zijn hiervan het resultaat: 'bufferen', 'vertragen', 'infiltratiecapaciteit' en 'water zichtbaar maken'. Onder het thema hitte stress vallen de onderwerpen: 'koelen met groen', 'koelen met water', 'creëren van schaduw' en 'koele materialen'. Onder het thema droogte vallen de onderwerpen: 'water vasthouden', 'watervoorziening', 'infiltratie mogelijkheid' en 'variatie in biodiversiteit'. Onder het thema overstromingen vallen de onderwerpen: 'weren van water' en 'waterrobuustheid'.

Deelvraag II: 'Wat doet het team Techniek van Sweco in De Bilt al aan klimaatadaptatie binnen de projecten?'

Uit de resultaten van de inventarisatie komt naar voren dat de meeste aandacht wordt besteed aan de thema's wateroverlast en hittestress. De maatregelen die het meeste worden toegepast in de projecten van het team Techniek in De Bilt zijn: schaduw van bomen en beplanting, verdamping uit vegetatie en oppervlaktewater, waterdoorlatende verharding, wadi's, watershells, een waterbergende speeltuin, HWA riolering en het bergen in oppervlaktewater.

Anderzijds blijkt dat het hemelwaterriool veel wordt toegepast wat ervoor zorgt dat het onderwerp 'water zichtbaar maken' en 'vertragen' beperkt terug te zien zijn in projecten. Een hemelwaterriool zorgt namelijk voor een snelle afvoer ondergronds waar de bovengrondse afvoer beperkt blijft. Verder liggen er kansen voor het onderwerp 'koelen met materialen', door meer half-verharding en een lichtere kleur grijze klinkers te kiezen met een lagere albedo en verkoelend effect. Vaak is dit echter een minder gewenste kleur vanuit architectonisch oogpunt. Hier dient dus een afstemming gemaakt te worden tussen design en hittestress. Daarnaast liggen er kansen voor het onderwerp 'water vasthouden', aangezien er vooral wordt gekeken naar het afvoeren van water en beperkt naar het vasthouden van water tegen droogte.

Verder blijkt uit de resultaten van de ontwerpessie van Mijdsrecht dat onderwerpen van klimaatadaptatie snel over het hoofd worden gezien en dat het bij het model van belang is dat dit systematisch wordt voorkomen. Ook blijkt dat een aanzienlijke hoeveelheid aan maatregelen zijn toegevoegd na het introduceren van deze onderwerpen tijdens de ontwerpessie, wat de meerwaarde van het behandelen van deze onderwerpen aantoont.

Deelvraag III: 'Hoe ziet een model er uit dat klimaatadaptatie kan stimuleren tijdens het ontwerpproces en hoe werkt dit model?'

Om deze kansen niet te laten liggen is in het verdere onderzoek een model gecreëerd met als functie het systematische doorlopen van de onderzochte onderwerpen van klimaatadaptatie en deze te vertalen naar een projectspecifieke ambitie. Uit de resultaten van het ontwikkelen van het model ontstaat een Excelmodel dat dit realiseert aan de hand van ontwerpsessie met te doorlopen stappen.

Door deze stappen te doorlopen worden de 14 onderwerpen van klimaatadaptatie toegelicht, bediscussieerd en wordt een ambitie aangegeven. Deze ambitie geldt als onderbouwing voor de keuzes die er in het ontwerp gemaakt worden op basis van de argumenten die in het model worden geplaatst. Dit geeft Sweco een model waarmee zij kritisch kunnen kijken naar welke onderdelen van klimaatadaptatie zij wel en niet mee willen nemen in het op te leveren ontwerp voor de opdrachtgever. Het model geeft inzicht in welke kansen er liggen voor klimaatadaptatie en vertaalt dit naar een ambitie met een bewuste en onderbouwde keuze. Dit wordt gerealiseerd door de kansen die geïnventariseerd zijn te verwerken in het model en te koppelen aan de ambitie. Hier komt een score uit die inzichtelijk maakt welke maatregelen het beste aansluiten bij de opgestelde ambitie. Verder stimuleert het model het team om al in een vroeg stadium van het project aandacht te hebben voor de thema's van klimaatadaptatie. Door het model te gebruiken kan Sweco in samenspraak met de opdrachtgever (aanvullende) ambities formuleren voor het toepassen van klimaatadaptieve maatregelen in projecten.

Hoofdvraag: 'In hoeverre is het team Techniek van Sweco in De Bilt al bezig met klimaatadaptatie en welk model stimuleert de toepassing van klimaatadaptatie in het ontwerpproces?'

Uit het onderzoek is gebleken dat het team Techniek zich voornamelijk focust op maatregelen tegen wateroverlast en hittestress. Het model zorgt er voor dat deze thema's worden versterkt in de projecten. Daarnaast is de meeste winst te behalen op de onderwerpen 'zichtbaar maken van water', 'vertragen', 'koele materialen' en 'water vasthouden' die op dit moment nog beperkt terug komen in de projecten.

Het doorlopen van dit model tijdens een ontwerpsessie zorgt er voor dat alle 14 onderwerpen van klimaatadaptatie worden behandeld, bediscussieerd en beargumenteerd waarom welk onderwerp wel of niet wordt meegenomen. Dit geeft Sweco een model waarmee zij kritisch kunnen kijken naar welke onderdelen van klimaatadaptatie Sweco wel en niet mee wil nemen in het op te leveren ontwerp voor de opdrachtgever. Het model resulteert in een weloverwogen resultaat met als uitkomst een ambitieweb dat het ambitieniveau weergeeft van de individuele onderwerpen van klimaatadaptatie. Bovendien is een gerangschikt overzicht van gescoorde maatregelen ontwikkeld die als kansen zijn geïdentificeerd in het model. Deze score brengt in beeld welke maatregelen het beste aansluiten bij deze ambitie.

5. Discussie

Voor dit onderzoek hebben twee verschillende ontwerpessies plaats gevonden om de invloed van het model te testen. Als eerste is een ontwerpessie van een lopend project bijgewoond waarbij het model nog niet gebruikt werd. Ten tweede is een ontwerpessie gefaciliteerd waarbij het model intern is getest met een casus. Op basis hiervan kan gesteld worden dat bij replicatie van dit onderzoek, de resultaten redelijk overeen zullen komen zijn en dat daarmee de resultaten van dit onderzoek valide zijn. Het blijft altijd subjectief afhankelijk van de mensen die zijn uitgenodigd en een momentopname. Het onderzoek is betrouwbaar, want de deelnemers zullen waarschijnlijk bij verschillende ontwerpessies onder dezelfde omstandigheden van het model steeds in de zelfde richting antwoord geven.

Uit de resultaten van het testen blijkt dat meer onderwerpen van klimaatadaptatie in de ambitie worden meegenomen bij het gebruik van het model dan zonder. Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting dat deelnemers van de ontwerpessie meer kansen van klimaatadaptatie kunnen verwerken in de ambitie van de onderwerpen. Daarbij is het belangrijk om op te merken dat het doel van het model niet persé gefixeerd is op zo veel mogelijk klimaatadaptatie in een ontwerp te krijgen, maar om bewuste keuzes te maken voor elk onderwerp van klimaatadaptatie.

Daarnaast is het belangrijk om op te merken dat het model tweemaal is getest waarvan beide intern. Doordat de ontwerpessie intern is gehouden en de deelnemers van het onderzoek afwisten waren ze hierdoor beïnvloed. Dit heeft de deelnemers kunnen beïnvloeden om andere antwoorden te geven. Tijdens deze testen zijn rollen van stakeholders gegeven aan de deelnemers om eenzijdig resultaat te voorkomen. Dit weegt echter niet op tegen het testen van het model met betrokken stakeholders en is een logische vervolg stap voor verdere ontwikkeling van het model. De opdrachtgever stelt uiteindelijk vast wat haalbaar is en betaald voor wat er wordt uitgevoerd.

Het huidige onderzoek is een aanvulling op de bestaande strategieën om wensen van de opdrachtgever te verwerken in nieuwe plannen. Voor duurzaamheid zijn binnen Sweco al methodieken opgesteld om dit meer te verwerken in projecten. Dit model is een aanvulling hierop zodat er nu naast duurzaamheid ook een methodiek is om klimaatadaptatie te stimuleren in projecten.

Belangrijk om rekening mee te houden is dat het model binnen dit onderzoek zich heeft gefocust op het bestendig maken van gebiedsontwerpen tegen klimaatverandering. Strategieën zoals hitteplannen, evacuatieplannen en aanpassingen aan gebouwen vallen buiten dit onderzoek. Het gecreëerde model richt zich specifiek op inpassingen in de buitenruimte van een stad, wat voor het team Techniek van toepassing is. Voor zowel andere teams van Sweco als externe partijen is dit model interessant wanneer zij zich ook richten op ontwerpen in de buitenruimte van een stad.

6. Aanbevelingen

Uit dit onderzoek is gebleken dat gebruik van het gecreëerde model bijdrage kan leveren aan de garantie voor het bewust stimuleren en toepassen van klimaat-adaptieve maatregelen. Het model vraagt Sweco streng te kijken naar de thema's van klimaatadaptatie en geeft hiermee richting aan de ambitie voor een ontwerp. Bij het gebruik van het model wordt dan ook aanbevolen om het vroegtijdig in te zetten wanneer nog veel ontwerpbeslissingen genomen moeten worden. Daarbij is het van belang om met de juiste stakeholders aan tafel te zitten bij de ontwerpssessie voor het creëren van een gezamenlijke ambitie. Sweco kan hier een proactieve rol in spelen aangezien zij vaak de partij zijn met de meeste vakkennis.

Uit het onderzoek is naar voren dat maatregelen verschillende scores krijgen in het model. Deze scorelijst kan gebruikt worden als indicatie welke maatregelen beter passen bij de gestelde ambitie en geldt als kwantitatieve onderbouwing voor de ambitiekeuzes. Aanbevolen worden de maatregelen die het laagste scoren, dus het interessants uit de score komen mee te nemen in het verslag van de ambitie. Hoeveel dit er zijn hangt af van de schaal van het project in het model is aangegeven dat er met een top 5 wordt gewerkt maar deze hoeveelheid kan tijdens de sessie worden afgestemd.

Een vervolgstudie kan zich richten op het verder ontwikkelen van het model. Het model zou de ambitie nog scherper kunnen krijgen door in de score een wegingsfactor mee te nemen voor het aantal onderwerpen dat een maatregelen positief beïnvloed. Ook ontstaat door het veelvoudig invullen van het model een database met klimaat-adaptieve maatregelen. Het zou van meerwaarde zijn voor het model als deze database in het Excelmodel kan worden verwerkt. En als inspiratiebron per onderwerp van klimaatadaptatie kan worden opgeroepen.

Daarnaast is er geconstateerd dat er behoefte is naar een studie over het functioneren van klimaat-adaptieve maatregelen over tijd. Opdrachtgevers zien graag klimaat-adaptieve maatregelen terug in ontwerpen. Echter willen zij wel inzicht hebben in de levenscyclus samen met het beheer en onderhoud van een maatregel. Voor veel (nieuwe) maatregelen is dit nog niet bekend aangezien hier eerst tijd overheen moet gaan. Deze kennis ligt ook vaak bij de beheerders en zou Sweco kunnen gebruiken om deze garantie te kunnen bieden. Interessante maatregelen om te onderzoeken zijn onder andere de watershells en welputten die zijn beschreven in de inventarisatie van het onderzoek.

Begrippenlijst

Afkoppelen	Schoon regenwater niet langer afvoeren via de riolering, maar laten infiltreren in de bodem of afvoeren naar het oppervlaktewater.
Afwatering	Het transport van water via een waterlopenstelsel naar een lozingspunt, vanwaar het water uit het gebied wordt geleid.
Aggregaat	Brede categorie van grof tot middelgrote korrelig deeltjesvormig materiaal dat wordt gebruikt in de bouw, inclusief zand, grind en steenslag.
Bergingscapaciteit	Het volume water dat geborgen kan worden in een gebied, vaak uitgedrukt in kubieke meters.
Bestekkenlijst	In de bestekkenlijst staat een overzicht van uitgevoerde projecten over een bepaalde tijd.
Bouwrijp maken	Het inrichten van een terrein zodat de aanleg van bovengrondse infrastructuur, woningen en dergelijke mogelijk wordt.
Doorlatendheid	Het vermogen van de ondergrond om water door te laten.
Drainage	De afvoer van water zowel onder- als bovengronds en door het waterlopenstelsel
Drooglegging	Het verschil in afstand tussen het oppervlaktewaterpeil en het maaiveld.
Freatisch grondwater	Het grondwater in de bovenste laag van de bodem.
Gemengd rioolstelsel	Transport van regenwater en afvalwater worden via hetzelfde rioleringsstelsel afgevoerd.
Gescheiden rioolstelsel	Transport van regenwater en afvalwater worden via aparte rioleringsstelsels afgevoerd.
Grondwater	Het water wat zich beneden het maaiveld bevindt.
Infiltratie	Het wegstromen van water in de bodem.
Inklinking	Het proces van bodemdaling door ontwatering.
Klimaatscenario's	Betrouwbare en aannemelijke toekomstbeelden voor het klimaat aan de hand van de indicatoren zoals regenwater, temperatuur en wind etc.
Onverhard oppervlak	Oppervlakte zonder verharding in stedelijk gebied waar water sneller kan infiltreren in de bodem meestal bestaand uit gras of vegetatie.
Oppervlaktewater	Zichtbaar water met en een gereguleerd peil.

Overstromingsrisico	Het risico dat een gebied overstroomt met een oncontroleerbare hoeveelheid vanuit een rivier of de zee.
Hemelwaterafvoer (HWA)	Systeem voor het afvoeren van hemelwater.
Onderwerpen van klimaatadaptatie	Met de onderwerpen van klimaatadaptatie worden de eigenschappen van de openbare ruimte bedoel die invloed kunnen hebben op de onderstaande effecten. Verschillende manieren voor het inrichten van de openbare ruimte resulteert in verschillende effecten op onder andere het verwerken van water, de oppervlaktetemperatuur, de luchtvochtigheid en robuustheid van een gebied.
Stedelijk groen	Het stedelijk groen betreft de natuur in en nabij de stad, zoals stadsparken en groenstroken met een variatie in vegetatie en bomen waar o.a. water snel kan infiltreren.
Verdroging	Schade aan grondwaterafhankelijke natuur en constructies bij watertekort.
Verhard oppervlak	Oppervlakte met verharding in stedelijk gebied waar water langzaam infiltreert in de bodem meestal bestaand uit betonnen tegels, stenen klinkers of asfalt.
Wadi	Een natuurlijke voorziening voor het opvangen van water waarin het regenwater kan infiltreren naar het grondwater.
Waterberging	Het opslaan van water in een gebied in bijvoorbeeld de bodem, het oppervlaktewater, controleert onderwater gezette gebieden.
Wateroverlast	Een situatie die niet direct levensbedreigend is, ontstaan door hevige neerslag wat leidt tot schade aan huizen, gebouwen en infrastructuur.
Water robuust bouwen	Het bestendig zijn van een stedelijke inrichting tegen te veel water en een tekort aan water.

Literatuurlijst

- Akbari, H., Bretz, S. E., Kurn, D. M., & Hanford, J. (1997, maart). *Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees*. Opgehaald van Orlando Lawrence Berkely National Laboratory: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778896010031>
- Amsterdam Rainproof. (2018). *Rainproof*. Opgehaald van Amsterdam Rainproof elke druppel telt: <https://www.rainproof.nl/wat-kan-ik-doen/buurt>
- Bade, T., Smid, G., Tonneijck, F., & Groen Loont, w. (2011). *Groen Loont!, Over maatschappelijke en economische baten van stedelijk groen*. Opgehaald van De groene stad: <http://degroenestad.nl/downloads/groen-loont.pdf>
- Beleidsnota Waterveiligheid. (2009, december 22). *Nationaal Waterplan*. Opgehaald van Nederland leeft met water: <http://edepot.wur.nl/15819>
- Bell, R., Cole, D., DeAngelo, B., Desautles, L., Dickerhoff, E., Estes, M., . . . Zalph, B. (2008). *Reducing Urban Heat Island: Compendium of strategies Trees and Vegetation*. Opgehaald van U.S. Environmental Protection Agency's office of Atmospheric Programs: https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_2.pdf
- Bretz, S., Akbari, H., Rosenfeld, A., & Taha, H. (1992, juni). *Implementation of solar-reflective surfaces: materials and utility programs*, LBL 32467 U-000. Opgehaald van CIEE Lawrence Berkeley Laboratory: <http://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/lbl-32467.pdf>
- Christen, A., & Vogt, R. (2004). *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, ENERGY AND RADIATION BALANCE OF A CENTRAL EUROPEAN CITY*. Opgehaald van Royal Meteorological Society: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/joc.1074>
- Christopoulou, V., Tsiros, I., Hoffman, M., & Tseliou, A. (2015, september 3-5). *A MICRO-SCALE FIELD AND NUMERICAL STUDY FOR ASSESING THE SEASONAL THERMAL EFFECTS OF A VEGETATED COURTYARD ON URBAN CLIMATE*. Opgehaald van cest2015.gnest.org: https://cest2015.gnest.org/papers/cest2015_00333_oral_paper.pdf
- Climateapp. (2018). *Adaptation solutions*. Opgehaald van Climateapp: <http://www.climateapp.nl/>
- Coder, R. D. (1996, oktober). *Identified benefits of community trees and forests, Report FOR96-39*. Opgehaald van University of Georgia, School of Forest Resources: <https://nfs.unl.edu/documents/communityforestry/coderbenefitsofcommtrees.pdf>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2003, december 2). *Oorzaken en effecten van droogte*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving, Rijksoverheid: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl027803-oorzaken-en-effecten-van-verdroging>
- Daanen, H., Simons, M., & Janssen, S. (2010, september). *De invloed van hitte op de gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam*. Opgehaald van TNO Defensie en veiligheid: <http://edepot.wur.nl/326312>

- Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering. (2015). *Synthesedocument, Achtergronddocument bij Deltaprogramma 2015*. Opgehaald van Deelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering (DPNH): https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwis3pTigbPeAhWhhKYKHbMwD9cQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fruimtelijkeadaptatie.nl%2Fpublish%2Fpages%2F115041%2Fsynthesedocument_deltaprogramma2015_1.pdf&usq=AOVaw0QRM9GIsCm0Ompth6W
- Deltares. (2012). *Climateadaptationservices*. Opgehaald van Onderzoek naar schadekosten klimaatverandering: <https://www.climateadaptationservices.com/nl/onderzoek-naar-schadekosten-klimaatverandering>
- Döpp, S., Klok, L., Jacobs, C., Kleerekoper, L., & Uittenbroek, C. (2011, mei). *Kennismontage Hitte en Klimaat in de Stad*. Opgehaald van www.tno.nl: https://www.tno.nl/media/4361/kennismontage-hitte-en-klimaat-in-de-stad_2011.pdf
- Engineering Toolbox. (2004). *Manning's Roughness Coefficients*. Opgehaald van Engineeringtoolbox: https://www.engineeringtoolbox.com/mannings-roughness-d_799.html
- EPA, C. P. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics*. Opgehaald van www.epa.gov: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompendium.pdf>
- Ferguson, B., Fisher, K., Golden, J., Hair, L., Haselbach, L., Hitchcock, D., . . . Wayne, D. (2012). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Pavements*. Opgehaald van U.S. Environmental Protection Agency (EPA): https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/reducing_urban_heat_islands_ch_5.pdf
- Gebiedsadvies, Sweco. (2018, juni). Flyer klimaatadaptatie. *Bewustwording stimulatie*.
- Gemeente De Ronde Venen. (2004, juni 3). *Evaluatie dijkverschuiving Wilnis*. Opgehaald van Crisisbeheersing: <https://www.burgemeesters.nl/files/File/Crisisbeheersing/docs/20030825.pdf>
- Google. (2016, september). *Google kaarten*. Opgehaald van Googlemaps: <https://www.google.com/maps/@52.0928672,4.9986035,3a,75y,184.18h,84.09t/data=!3m6!1e1!3m4!1sdGR6XAk1gjNFAT9EDyW4UQ!2e0!7i13312!8i6656>
- Google. (2016, oktober). *Google kaarten*. Opgehaald van Google maps: <https://www.google.com/maps/@51.9973196,5.3048864,3a,75y,241.03h,81.19t/data=!3m6!1e1!3m4!1s2olhvuybWTxZLFpXFSqTUg!2e0!7i13312!8i6656>
- Google. (2016, augustus). *Google kaarten*. Opgehaald van Google maps: https://www.google.nl/maps/@52.1945416,5.4233967,3a,60y,352.14h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1sKM4st_sSt109_MWf6hEoaw!2e0!7i13312!8i6656
- Google. (2016, augustus). *Google kaarten*. Opgehaald van google maps: <https://www.google.nl/maps/@52.0152421,5.3297652,3a,75y,214.74h,67.89t/data=!3m6!1e1!3m4!1sZ6CTfYIoThLxYQVUBjtwSw!2e0!7i13312!8i6656>
- Google. (2018). *Google kaarten*. Opgehaald van Googlemaps: <https://www.google.nl/maps/place/Zeege,+Nautische+dienstverlening+en+waterbouw/@52.194757,>

5.4234064,197m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47c609cc6202808d:0x318614571d256e7c!8m2!3d52.385707!4d4.890039

Hautier, Y. (2018, augustus 9). *Biodiversiteit beschermt graslanden tegen extreme droogte*. Opgehaald van www.uu.nl: <https://www.uu.nl/nieuws/biodiversiteit-beschermt-graslanden-tegen-extreme-droogte>

Hedberg, C. (2017). *SW-00196*. Sweco Image Bank.

Hiemstra, J., Schoenmaker- van der Bijl, E., Tonneijk, A., & Hofman, M. (2008, februari). *Bomen een verademing voor de stad*. Opgehaald van <http://edepot.wur.nl/27119>

Hsu, A., Reuben, A., Shindell, D., Sherbinin, A. d., & Levy, M. (2013, juli 15). *Toward the next generation of air quality monitoring indicators*. Opgehaald van Atmospheric Environment: Hsu, A., Reuben, A. Shindell, D., Sherbinin, A., Levy, M. (2013). Toward the next generation of air quality monitoring indicatoren. Atmospheric Environment, 561-570

Huynen, M., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M., & Kunst, A. (2001, mei). *The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population*. Opgehaald van Environ Health Perspect. 109(5), 463-70: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11401757>

Klok, L., Broeke, H. t., Harmelen, T. v., Verhagen, H., Kok, H., & Zwart, S. (2010, juli 7). *TNO Bouw en Ondergrond*. Opgehaald van Ruimtelijke verdeling en mogelijke oorzaken van het hitte-eiland effect: <http://edepot.wur.nl/326309>

Kluck, J., Hogezaand, R. v., Dijk, E. v., Meulen, J. v., & Straatman, A. (2013, september). *Hogeschool van Amsterdam, Kenniscentrum Techniek*. Opgehaald van Anticiperen op op extremen neerslag in de stad: <http://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/publicaties/publicaties-algemeen/anticiperen-op-extreme-neerslag.html>

Kluck, J., Kleerekoper, L., Klok, L., Loeve, R., Bakker, W., & Boogaard, F. (2017, april). *De klimaatbestendige wijk*. Opgehaald van Hogeschool van Amsterdam, Onderzoeksprogramma Urban Technology: <http://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/publicaties/publicaties-algemeen/de-klimaatbestendige-wijk.html>

KNMI. (2014). *Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut*. Opgehaald van KNMI'14-klimaatscenario's, Klimaatveranderingen rond 2050 en 2085: http://www.klimaatscenario's.nl/brochures/images/Brochure_KNMI14_NL_2015.pdf

KNMI. (2014). *Koninklijk Nederlnads Meteorologisch Instituut*. Opgehaald van KNMI'14-klimaatscenario's: http://www.klimaatscenario's.nl/brochures/images/KNMI14_Klimaatscenario's_folder_2015.pdf

KNMI. (2018, oktober 30). *Hydrologische droogte zet door*. Opgehaald van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut : <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/hydrologische-droogte-zet-door>

Kravicik, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kovác, M., & Tóth, E. (2007). *Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm*. Opgehaald van Waterparadigm: http://www.waterparadigm.org/download/Water_for_the_Recovery_of_the_Climate_A_New_Water_Paradigm.pdf

- Maas, R., Fischer, P., Wesseling, J., Houthuijs, D., & Cassee, F. (2015, april 21). *Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu*. Opgehaald van Luchtkwaliteit en gezondheidswinst: <https://www.rivm.nl/dsresource?objectid=4e54e933-49f8-440c-a2ad-0816c05c21cc&type=pdf&disposition=inline>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken. (2009, december 22). *Nationaal Waterplan 2009 - 2015*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwizOKOfqK7eAhXSKiwKHx7YBIIQFjABegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fbinaries%2Frijksoverheid%2Fdocumenten%2Frapporten%2F2009%2F12%2F01%2Fnationaal-waterplan-2009-2015%2>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken. (2017, september). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie*. Opgehaald van Deltaprogramma 2018.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, R. U. (2015, december). *Nationaal Waterplan*. Opgehaald van Helpdesk Water: https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/132529/nwp_2016-2021.pdf
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016, december). *Het ambitieweb GGW*. Opgehaald van Ministerie van Infrastructuur en Milieu: <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2017/01/Handreiking-Aanpak-Duurzaam-GWW-2016.pdf>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016, december). *Nationale klimaatadaptatie strategie 2016 (NAS)*. Opgehaald van Aanpassen met ambitie: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2016/12/02/nationale-klimaatadaptatiestrategie-2016-nas/nationale-klimaatadaptatiestrategie-2016-nas.pdf>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, R. d. (2017, januari 30). *Tussentijdse Evaluatie Ruimtelijke Adaptatie*. Opgehaald van Kennisportaal ruimtelijke adaptatie: https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/118322/170131_eindrapport_tussentijdse_evaluatie_dbra_1.pdf
- National Center of Excellence on SMART Innovations. (2013, mei). *Pavement Temperature Effects on Overall Urban Heat Island*. Opgehaald van repository, Arizona State University: https://repository.asu.edu/attachments/110368/content/PourshamsManzouri_asu_0010N_12766.pdf
- Naturalis. (2018). *Löss*. Opgehaald van Geologie van Nederland: <http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/loss>
- Naturalis. (2018). *Rivierkleibodem*. Opgehaald van Geologie van Nederland: <http://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems/rivierkleibodem-rivierkleilandschap>
- Naturalis. (2018). *Veenbodem*. Opgehaald van Geologie van Nederland: <http://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems/veenbodem-veenlandschap>
- Naturalis. (2018). *Zand*. Opgehaald van Geologie van Nederland: <http://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delfstoffen/zand>

- Pomerantz, M., Pon, B., Akbari, H., & Chang, S.-C. (2000, april). *The Effect of Pavements' Temperatures, Paper LBNL-43442*. Opgehaald van Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division:
https://buildings.lbl.gov/sites/default/files/2000_pomerantz_et_al_effect_of_pavement_temp_on_air_temp_in_large_cities.pdf
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2016, maart). *Snel inzicht in de waarde van groen en water in de stad*. Opgehaald van Teebstad: <https://www.teebstad.nl/>
- Rijkswaterstaat. (sd). Opgehaald van <https://beeldbank.rws.nl>
- Ruijgrok, E., Smale, A., Zijlstra, R., Abma, R., Berkers, R., Németh, A., . . . Rosenberg, F. (2006, november 8). *Kentallen Waardering Natuur, Water, Bodem en Landschap Hulpmiddel bij MKBA's*. Opgehaald van Ministerie van LNV, Witteveen+Bos: <http://www.omgevingseconomie.nl/wp-content/uploads/2012/03/Kentallenboek-waardering-natuur-water-bodem.pdf>
- Sandifer, S., & Givoni, B. (2002). *Thermal effects of vines on wall temperatures comparing laboratory and field collection data*. Opgehaald van The anual National passive Solar conference, American Solar Energy Society: <https://docplayer.net/33827070-Thermal-effects-of-vines-on-wall-temperatures-comparing-laboratory-and-field-collected-data.html>
- Scott, K. I., Simpson, J. R., & McPherson, G. E. (1999, mei). *Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions*. Opgehaald van Journal of Arboriculture:
<https://pdfs.semanticscholar.org/e034/06ba6437e4014d832273ee2dabfbe9332f42.pdf>
- Taha, H., Sailor, D., & Akbari, H. (1992, januari). *High albedo materials for reducing building cooling energy use*. Opgehaald van CIEE, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California:
<https://www.osti.gov/servlets/purl/7000986>
- Themagroep Wateroverlast in bebouwd gebied. (2011, november). *Samenscholing in de afvalwaterketen*. Opgehaald van Handreiking om uw rioolstelsel klimaatbestendig te maken:
<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwijsYHWtqPdAhVHXSwKHdy6CFAQFjAAegQIBxAC&url=http%3A%2F%2Fsamenvattingen.nl%2Fmedia%2F1872&usg=AOvVaw24rxYHnD1wr0FvxvFH0OrS6>
- TU Delft. (2018). *The Greenvillage*. Opgehaald van Waterstraat:
<https://www.thegreenvillage.org/projects/waterstraat>
- Uijlenhoet, R., Dam, J. v., Teuling, R., & Brauer, C. (2015). *Inleiding Hydrologie*. Opgehaald van <https://lms.hr.nl/#-194>
- Van Drunen, M., & Lasage, R. (2007, november). *Klimaatveranderingen in stedelijke gebieden*. Opgehaald van KvR, LmW, Habiforum, CURNET: <http://edepot.wur.nl/62119>
- van Eerden, R. (2018, september 4).
- Wang, Y., Xie, Y., Dong, W., Ming, Y., Wang, J., & Shen, L. (2017, april 28). *Adverse effects of increasing drought on air quality via natural processes*. Opgehaald van Atmospheric Chemistry and Physics, EGU, 17, 12827-12843: <https://www.atmos-chem-phys.net/17/12827/2017/acp-17-12827-2017.pdf>

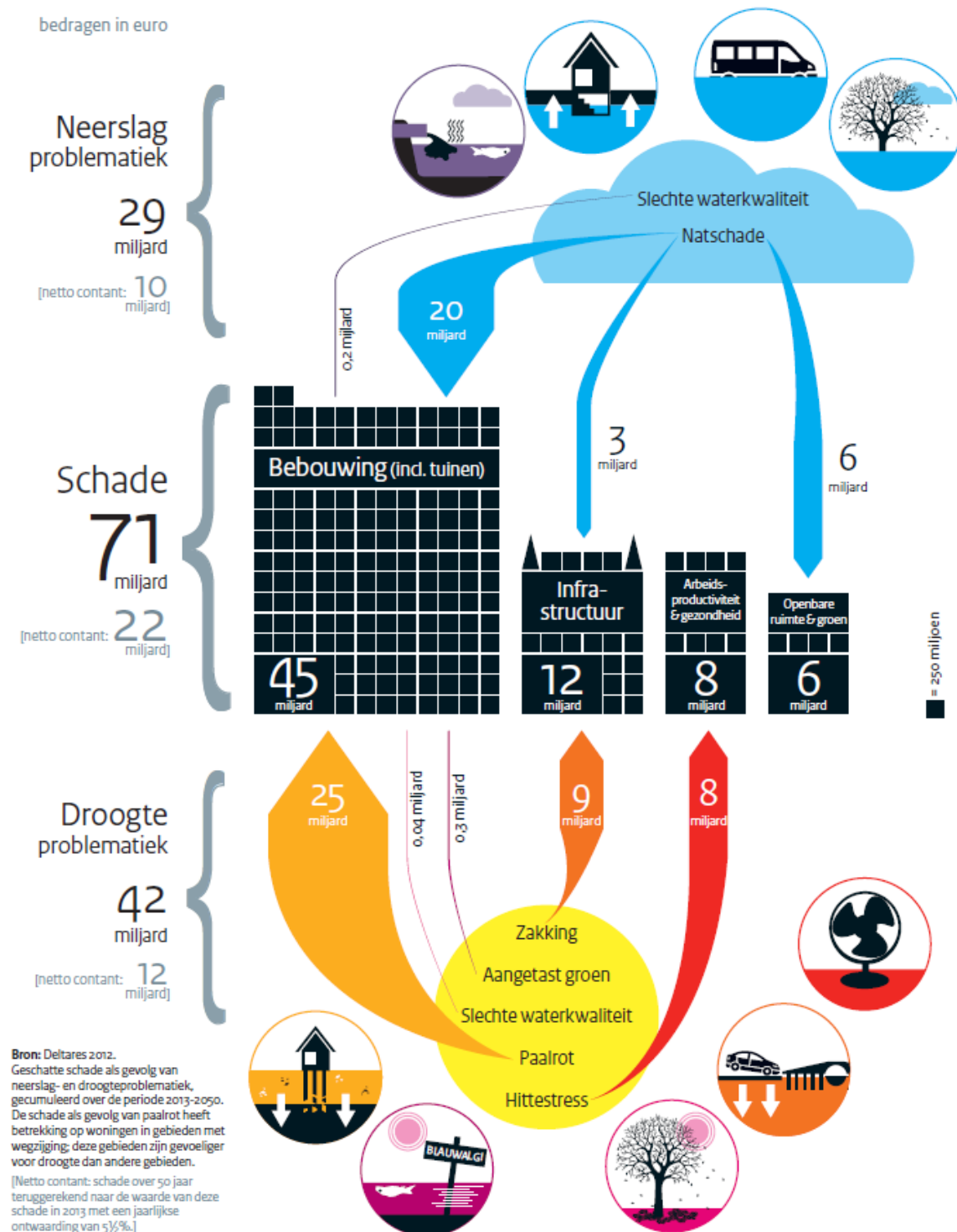
WaterWindow. (2018). *WaterWindow*. Opgehaald van WaterWindow: <https://waterwindow.nl/over-waterwindow>

Wim Kuijken. (2017, september 21). *Ruimtelijke adaptatie Deltanieuws #4 2017*. Opgehaald van Deltaplan Ruimtelijke adaptatie zet aan tot actie: <https://magazines.deltacommissaris.nl/deltanieuws/2017/04/ruimtelijke-adaptatie>

Bijlage I Geschatte schade als gevolg van klimaatverandering tot 2050

De Klimaatbestendige stad

Schades tot 2050 bij ongewijzigd beleid



Figuur 14 - geschatte schade als gevolg van klimaatverandering tot 2050 (Deltares, 2012)

Bijlage II Kerncijfers KNMI-klimaatscenario's

Seizoen ^{A)}	Variabele	Indicator	Klimaat ^{B)} 1951-1980	Klimaat ^{B)} 1981-2010 = referentie- periode
Wereldwijde temperatuurstijging:				
Verandering van luchtstromingspatroon:				
Jaar	Zeespiegel bij Noordzeekust	absolute niveau ^{E)}	4 cm beneden NAP	3 cm boven NAP
		tempo van verandering	1,2 mm/jaar	2,0 mm/jaar
	Temperatuur	gemiddelde	9,2 °C	10,1 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	774 mm	851 mm
	Zonnestraling	zonnestraling	346 kJ/cm ² ^{F)}	354 kJ/cm ²
	Verdamping	potentiële verdamping (Makkink)	534 mm ^{F)}	559 mm
	Mist	aantal uren met zicht minder dan 1 km	412 uur	300 uur ^{G)}
Winter	Temperatuur	gemiddelde	2,4 °C	3,4 °C
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 2,6 °C
		dagmaximum	5,1 °C	6,1 °C
		dagminimum	-0,3 °C	0,5 °C
		koudste winterdag per jaar	-7,5 °C	-5,9 °C
		zachtste winterdag per jaar	10,3 °C	11,1 °C
		aantal vorstdagen (min temp < 0°C)	42 dagen	38 dagen
		aantal ijsdagen (max temp < 0°C)	11 dagen	7,2 dagen
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	188 mm	211 mm
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 96 mm
		10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	80 mm	89 mm
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	56 dagen	55 dagen
		aantal dagen ≥ 10 mm	4,1 dagen	5,3 dagen
	Wind	gemiddelde windsnelheid	-	6,9 m/s
		hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	-	15 m/s
		aantal dagen met windrichting tussen zuid en west	44 dagen	49 dagen
Lente	Temperatuur	gemiddelde	8,3 °C	9,5 °C
Zomer	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	148 mm	173 mm
		gemiddelde	16,1 °C	17,0 °C
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 1,4 °C
		dagmaximum	20,7 °C	21,9 °C
		dagminimum	11,2 °C	11,9 °C
		koelste zomerdag per jaar	10,3 °C	11,1 °C
		warmste zomerdag per jaar	23,2 °C	24,7 °C
		aantal zomerse dagen (max temp ≥ 25°C)	13 dagen	21 dagen
		aantal tropische nachten (min temp ≥ 20°C)	< 0,1 dagen	0,1 dagen
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	224 mm	224 mm
		jaar-op-jaar variaties ^{H)}	-	± 113 mm
		dagelijkse hoeveelheid die eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	44 mm	44 mm
		maximum uurneerslag per jaar	14,9 mm/uur	15,1 mm/uur
		aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	45 dagen	43 dagen
		aantal dagen ≥ 20 mm	1,6 dagen	1,7 dagen
	Zonnestraling	zonnestraling	149 kJ/cm ² ^{F)}	153 kJ/cm ²
	Vochtigheid	relatieve vochtigheid	78%	77%
	Verdamping	potentiële verdamping (Makkink)	253 mm ^{F)}	266 mm
	Droogte	gemiddeld hoogste neerslagtekort gedurende het groeiseizoen ^{J)}	140 mm	144 mm
		hoogste neerslagtekort dat eens in de 10 jaar wordt overschreden ^{I)}	-	230 mm
Herfst	Temperatuur	gemiddelde	10,0 °C	10,6 °C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	214 mm	245 mm

Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2050 ^Q (2036-2065)				Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2085 ^Q (2071-2100)				Natuurlijke variëaties gemiddeld over 30 jaar ^D
G _L	G _H	W _L	W _H	G _L	G _H	W _L	W _H	
+1 °C	+1 °C	+2 °C	+2 °C	+1,5 °C	+1,5 °C	+3,5 °C	+3,5 °C	
Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde	
+15 tot +30 cm	+15 tot +30 cm	+20 tot +40 cm	+20 tot +40 cm	+25 tot +60 cm	+25 tot +60 cm	+45 tot +80 cm	+45 tot +80 cm	± 1,4 cm
+1 tot +5,5 mm/jaar	+1 tot +5,5 mm/jaar	+3,5 tot +7,5 mm/jaar	+3,5 tot +7,5 mm/jaar	+1 tot +7,5 mm/jaar	+1 tot +7,5 mm/jaar	+4 tot +10,5 mm/jaar	+4 tot +10,5 mm/jaar	± 1,4 mm/jaar
+1,0 °C	+1,4 °C	+2,0 °C	+2,3 °C	+1,3 °C	+1,7 °C	+3,3 °C	+3,7 °C	± 0,16 °C
+4%	+2,5%	+5,5%	+5%	+5%	+5%	+7%	+7%	± 4,2%
+0,6%	+1,6%	-0,8%	+1,2%	-0,5%	+1,1%	-0,9%	+1,4%	± 1,6%
+3%	+5%	+4%	+7%	+2,5%	+5,5%	+6%	+10%	± 1,9%
-110 uur	-110 uur	-110 uur	-110 uur	-120 uur	-120 uur	-120 uur	-120 uur	± 39 uur
+1,1 °C	+1,6 °C	+2,1 °C	+2,7 °C	+1,3 °C	+2,0 °C	+3,2 °C	+4,1 °C	± 0,48 °C
-8%	-16%	-13%	-20%	-10%	-17%	-15%	-24%	-
+1,0 °C	+1,6 °C	+2,0 °C	+2,5 °C	+1,2 °C	+2,0 °C	+3,1 °C	+3,8 °C	± 0,46 °C
+1,1 °C	+1,7 °C	+2,2 °C	+2,8 °C	+1,4 °C	+2,1 °C	+3,5 °C	+4,4 °C	± 0,51 °C
+2,0 °C	+3,6 °C	+3,9 °C	+5,1 °C	+2,7 °C	+4,1 °C	+5,6 °C	+7,3 °C	± 0,91 °C
+0,6 °C	+0,9 °C	+1,7 °C	+1,7 °C	+1,0 °C	+1,2 °C	+2,8 °C	+3,1 °C	± 0,42 °C
-30%	-45%	-50%	-60%	-35%	-50%	-70%	-80%	± 9,5%
-50%	-70%	-70%	-90%	-60%	-80%	-90%	< -90%	± 31%
+3%	+8%	+8%	+17%	+4,5%	+12%	+13%	+30%	± 8,3%
+4,5%	+9%	+10%	+17%	+6,5%	+12%	+16%	+30%	-
+6%	+10%	+12%	+17%	+8%	+12%	+18%	+25%	± 11%
-0,3%	+1,4%	-0,4%	+2,4%	+0,3%	+1,0%	-1,1%	+3%	± 4,7%
+9,5%	+19%	+20%	+35%	+14%	+24%	+30%	+60%	± 14%
-1,1%	+0,5%	-2,5%	+0,9%	-2,0%	+0,5%	-2,5%	+2,2%	± 3,6%
-3%	-1,4%	-3%	0,0%	-2,0%	-0,9%	-1,8%	+2,0%	± 3,9%
-1,4%	+3%	-1,7%	+4,5%	-1,6%	+6,5%	-6,5%	+4%	± 6,4%
+0,9 °C	+1,1 °C	+1,8 °C	+2,1 °C	+1,2 °C	+1,5 °C	+2,8 °C	+3,1 °C	± 0,24 °C
+4,5%	+2,3%	+11%	+9%	+8%	+7,5%	+15%	+12%	± 8,0%
+1,0 °C	+1,4 °C	+1,7 °C	+2,3 °C	+1,2 °C	+1,7 °C	+3,2 °C	+3,7 °C	± 0,25 °C
+3,5%	+7,5%	+4%	+9,5%	+5%	+9%	+7,5%	+14%	-
+0,9 °C	+1,4 °C	+1,5 °C	+2,3 °C	+1,0 °C	+1,7 °C	+3,0 °C	+3,8 °C	± 0,35 °C
+1,1 °C	+1,3 °C	+1,9 °C	+2,2 °C	+1,4 °C	+1,7 °C	+3,4 °C	+3,7 °C	± 0,18 °C
+0,9 °C	+1,1 °C	+1,6 °C	+2,0 °C	+1,0 °C	+1,4 °C	+2,7 °C	+3,1 °C	± 0,43 °C
+1,4 °C	+1,9 °C	+2,3 °C	+3,3 °C	+2,0 °C	+2,6 °C	+4,2 °C	+4,9 °C	± 0,52 °C
+22%	+35%	+40%	+70%	+30%	+50%	+100%	+130%	± 13%
+0,5%	+0,6%	+1,4%	+2,2%	+0,9%	+1,2%	+6,5%	+7,5%	-
+1,2%	-8%	+1,4%	-13%	+1,0%	-8%	-5%	-23%	± 9,2%
+2,1 tot +5%	-2,5 tot +1,0%	+1,4 tot +7%	-4 tot +2,2%	+1,2 tot +5,5%	-2,5 tot +1,9%	-0,9 tot +10%	-8,5 tot +2,3%	-
+1,7 tot +10%	+2,0 tot +13%	+3 tot +21%	+2,5 tot +22%	+2,5 tot +15%	+2,5 tot +17%	+5,5 tot +40%	+5 tot +40%	± 15%
+5,5 tot +11%	+7 tot +14%	+12 tot +23%	+13 tot +25%	+8 tot +16%	+9 tot +19%	+22 tot +45%	+22 tot +45%	± 14%
+0,5%	-5,5%	+0,7%	-10%	+2,1%	-5,5%	-5%	-16%	± 6,4%
+4,5 tot +18%	-4,5 tot +10%	+6 tot +30%	-8,5 tot +14%	+5 tot +23%	-3,5 tot +14%	+3 tot +40%	-15 tot +14%	± 24%
+2,1%	+5%	+1,0%	+6,5%	+0,9%	+5,5%	+3,5%	+9,5%	± 2,4%
-0,6%	-2,0%	+0,1%	-2,5%	0,0%	-2,0%	-0,6%	-3%	± 0,86%
+4%	+7%	+4%	+11%	+3,5%	+8,5%	+9%	+15%	± 2,8%
+4,5%	+20%	+0,7%	+30%	+1,0%	+19%	+14%	+50%	± 13%
+5%	+17%	+4,5%	+25%	+3,5%	+17%	+15%	+40%	-
+1,1 °C	+1,3 °C	+2,2 °C	+2,3 °C	+1,6 °C	+1,6 °C	+3,8 °C	+3,8 °C	± 0,27 °C
+7%	+8%	+3%	+7,5%	+7,5%	+9%	+6,5%	+12%	± 9,0%

Figuur 15 Kerncijfers klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2085 ten opzichte van het basis jaar 1990 volgens de KNMI-klimaatscenario's '14. Onder 'winter' wordt verstaan december, januari en februari, 'zomer' staat gelijk aan juni, juli en augustus. (KNMI, 2014)

Bijlage III Ontwerpsessie Mijdrecht

Concluderend verslag ontwerpessie Mijdrecht

Bij het ontwerpen van de openbare ruimte is er rekening gehouden met klimaatadaptatie. De eis vanuit de gemeente dat een T=100 bui minimaal 24 uur op de locatie moet worden vastgehouden is daarbij de maatstaaf. Om wateroverlast in de wijk te voorkomen moet een T=100 bui binnen 24 uur worden opgevangen en vertraagd worden afgevoerd zodat de watercapaciteit weer toereikend is voor de een volgende (piek)bui. Als het water niet met 24 uur vertraagd is afgevoerd of ingezegend overstroomt de Stationslocatie indien zich dan weer een grote bui aandient. Bij elke woning is er een ondergrondse waterbuffering op eigenterrein aangelegd. Dit kan onder de terrassen zijn tegen de achtergevel, of ter plaatse van de berging en het parkeerterrein op eigen terrein. Deze waterbuffering is per woning gemiddeld 7m³ zie de bijlage IV voor de exacte berekeningen.

Deze zichtbare waterbuffering ziet er als volgt uit:

- HWA van het dak komt uit op een molgoot. Via de molgoot stroomt het water bovengronds naar een kolk.
- Via de kolk wordt het regenwater afgegeven aan de ondergrondse waterberging
- Wanneer de waterberging verzadigd is loopt de rest van het overtollige water via een private molgoot zichtbaar naar het openbaar gebied
- In het openbaar gebied wordt de private molgoot overgenomen door een openbare molgoot die het water zichtbaar en aan de oppervlakte afvoert naar wadi of oppervlaktewater.

Hittestress wordt binnen dit plan vermindert door de verhouding bebouwd oppervlak, verhard oppervlak en groenoppervlak goed te verdelen. Meer groen en minder bebouwing en verharding. In de opzet voor de openbare ruimte hebben wordt er gesteven naar zo min mogelijk toepassen van verharding. Waar toch verharding nodig is worden grastegels of andere half-verhardingen voorgesteld. Deze half-verharde oppervlakken zijn veel gunstiger bij de beperking van hittestress. Daarnaast hebben ze het voordeel dat ze waterdoorlatend zijn en het hemelwater in laten zijgen in de bodem. Goed tegen wateroverlast en goed voor het grondwaterpeil.

Nieuwe bewoners worden geadviseerd om hun tuinen zo min mogelijk te bestraten. Dit wordt gedaan door middel van suggesties in tuinrichting. De bijdrage van private tuinen aan het voorkomen van hittestress is een belangrijk punt dat zo meegenomen wordt. Een 'groene' tuin vangt regenwater beter op en draagt bovendien bij aan het voorkomen van hittestress. Gras, perkjes of waterdoorlatende bestrating zorgen ervoor dat een deel van het regenwater in kan zijgen en niet via de openbare ruimte of het rioolstelsel hoeft worden afgevoerd. Dit komt bovenop de ondergrondse buffering die eerder is genoemd.

Verder wordt een collectieve actie opgezet om regentonnen in de wijk te krijgen. In het collectief dragen regentonnen uiteindelijk ook bij aan klimaatadaptie. Ze bufferen water en leveren water op om de tuin mee te besproeien. Dat spaart ook nog eens schoon drinkwater. Daarnaast zullen de nieuwe bewoners worden geadviseerd over het plaatsen van inheemse struiken en planten in de tuin. Het is aangetoond dat inheemse beplanting een grotere bijdrage levert aan een sterke ecologie en biodiversiteit dan uitheemse beplanting.

Berekeningen ontwerpessie Mijdrecht

Oppervlaktewater conform eis Waternet : 10% van totaal verharding + bebouwing	
Bebouwing en verharding in uitgeefbaar gebied	
Wonen kavels	2233
Appartementen complexen, stationsgebouw en wachthuisje	1391
Bergingen	224
Tuinen 50 % verhard van kavels	1867
totaal	5715
Verharding in openbaar gebied	
Rijwegen Asphalt	135
Rijwegen spoor betonplaten	620
Rijwegen spoor gebakken klinkers	1030
Rijwegen betonstraatstenen	415
Rijwegen parkeerplaats	1695
Parkeerplaats	1170
Voetpad betonstraatstenen	2000
totaal	7065
Compensatie aan oppervlaktewater binnen plangebied	
10 % van totaal Bebouwing en verharding in uitgeefbaar gebied	571,5
10% van totaal Verharding in openbaar gebied	706,5
totaal	1278
Totaal ontworpen water in Bolton plan	2027

Conclusie 2027 - 1278 = 749 vierkante meter overschot aan oppervlaktewater in het gebied.

Waterberging conform eis gemeente : bui T=100 : 60mm/m2/dag vasthouden		0,06 meter
Verharding plangebied stationlocatie Mijdrecht, excl. Kavels		
Totaal verhard in openbare ruimte	7065	424
Appartementen complexen	1100	66
Totaal stationgebouw en wachtruimte	291	17
Volume te bergen water in openbaar gebied	totaal	507
Waterberging plangebied stationlocatie Mijdrecht		
Berging wadi , diepte 0,3 meter	511	153
Berging wadi/schauwpad diepte 0.2 meter	517	103
Molgoten diepte 0,035	272	10
Groenborders/Plantvakken	900	45
Berging onder parkeerplaats appartementen (capaciteit 13cm/m2)	1190	155
Berging parkeerplaats onder Oude station (capaciteit 13cm/m2)	330	43
Hoeveelheid berging dat deze maatregelen realiseren	totaal	509
Balans in berging		1

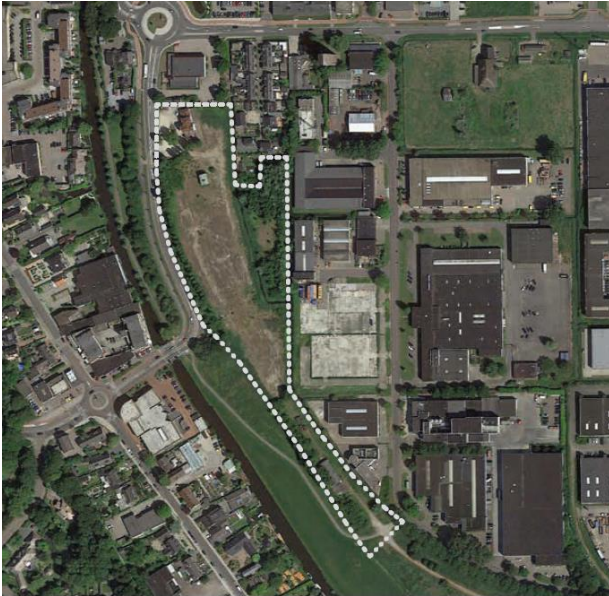
Conclusie 1190 + 330 = met 1520 vierkante meter berging onder parkeerplaats is het mogelijk.

Bebouwing en verharding kavels uitgeefbaar		
Bebouwd oppervlak	2233	134
Bergingen	224	13
Tuinen 50 % verhard	1867	112
Hoeveelheid water te bergen water binnen de kavels		259

Waterberging onder parkeren en terrassen op de kavel		
Infiltratiekragen onder 39 parkeerplaatsen 3x5 Berging 300 liter / m2	585	176
Infiltratiekragen onder 12 terrassen gemiddeld 5x5 Berging 300 liter / m2	300	90
Hoeveelheid water berging in infiltratiekragen binnen de kavels	totaal	266

Conclusie met 300 liter berging per m2 is het mogelijk.

m1 m1
 lengte 85 breedte 14
 lengte 30 breedte 11



Figuur 17 planlocatie in Mijdrecht (Google, 2018)

Beheergroep	Totaal	Eenheid	Opmerking
Verharding			
Asfalt rijweg	135	M ²	
Rijwegen spoor betonplaten	620	M ²	
Rijwegen spoor gebakken klinkers DF	1030	M ²	
Rijwegen betonstraatstenen	415	M ²	
Rijwegen parkeerplaats BSS	1645	M ²	
Parkeerplaats BSS	1170	M ²	
Voetpad betonstraatstenen	2000	M ²	
Riolering			
DWA gemaal voor 80 woningen	1	st	
DWA pvc-riool Ø 250	480	M ¹	
DWA inspectieputten	11	st	
HWA DT-riool Ø 200 - Ø 300	930	M ¹	
HWA inspectieputten	12	st	
Groen			
Bomen	60	st	
Heester beplanting	100	st	
Wadi	1400	M ²	
Bermen	1500	M ²	
Plantvakken	1450	M ²	
Hagen	20	M ¹	
Spelen			
Natuurlijke speelplekken (20m2/stuk)	7	st	
Verlichting			
Lichtmasten	35	st	
Terreininrichting / Meubilair			
Visvlonder	1	st	
Water en oevers			
Wateroppervlak	1585	M ²	
Oever met beschoeiing	500	M ¹	
Reiniging			

Figuur 16 Oppervlakteverdeling planlocatie Mijdrecht

Bijlage V Ambitieweb invulformat

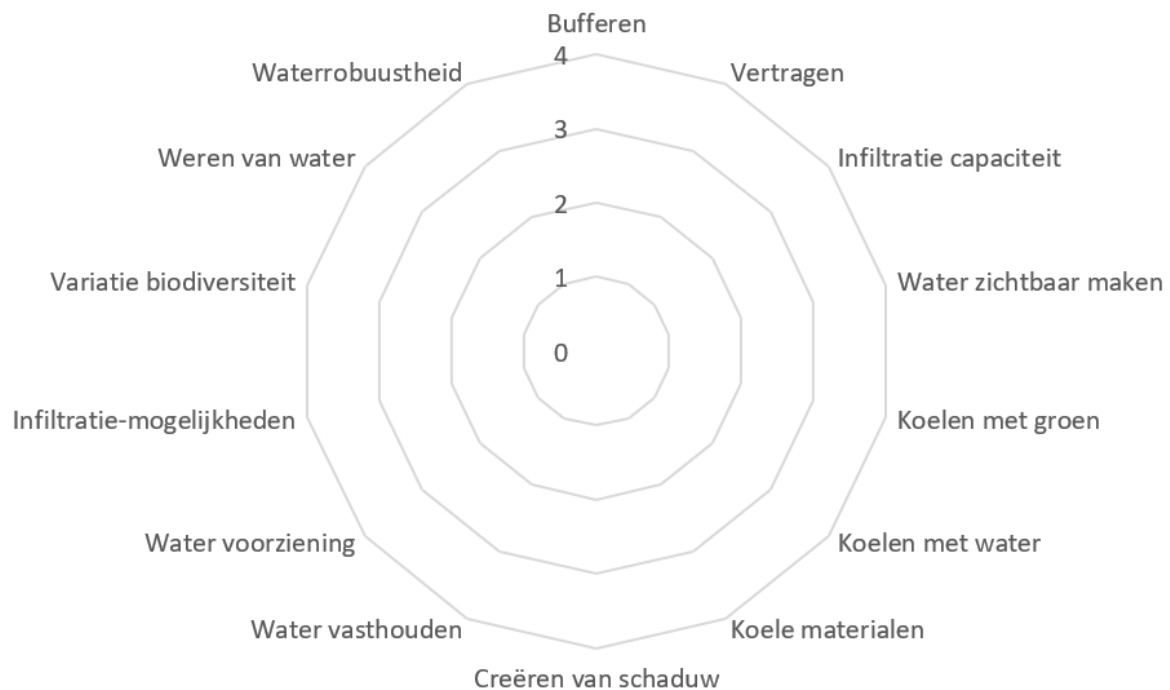
Niveau 0. Negatief of verwaarloosbaar

Niveau 1. Inzicht en minimale klimaatprestatie.

Niveau 2. Concrete doelstellingen en het bereiken van significante verbetering op dit thema.

Niveau 3. Maximale inzet (klimaatneutraal).

Niveau 4. Bereiken van de hoogst haalbare prestatie.



Bijlage VI Samenvatting onderwerpen klimaatadaptatie

In deze bijlage zijn de onderwerpen van klimaatadaptatie samengevat als toelichting per onderwerp om door te lopen tijdens de ontwerpsessie.

Bufferen

De capaciteit die er geborgen kan worden in kubieke meters waterberging. Verschillende vormen hiervan zijn mogelijk van natuurlijke inpassingen tot technische inpassingen zoals bergingskratten onder een parkeerplaats.

Vertragen

Het vertragen van water speelt in op het inrichten van het systeem van waterlopen. Neerslag mag niet direct afstromen naar een laaggelegen gebied om wateroverlast te voorkomen. Het vertragen verlengt de tijdsduur van water in het lokale watersysteem. Dit kan gerealiseerd worden door tijdelijke berging en/of vertragende elementen zoals infiltratiebuizen in combinatie met welputten.

Infiltratiecapaciteit

Infiltreren is het laten wegzijgen van water in de bodem. In bebouwd gebied belemmert het grote percentage verharding de natuurlijke infiltratie. Door het percentage verharding in de stad te verlagen, kan meer water infiltreren en het grondwater aanvullen.

Water zichtbaar maken

Het zichtbaar maken van water is een belangrijk onderdeel van bewustzijn tegen wateroverlast. Het stedelijk gebied is grotendeels verhard met pleinen, bestrating, huizen en tegels in de tuinen. Water kan hierdoor lastig infiltreren in de bodem. Om de tuinen van de bewoners onverhard te krijgen wordt er gestimuleerd om het water zichtbaar te krijgen voor het besef van wateroverlast. Bovendien zorgt het bovengronds afvoeren van water voor het zichtbaar maken van water en in de meeste gevallen ook voor minder kosten doordat er geen apart Hemelwater riool aangelegd hoeft te worden.

Koelen met groen

Het vergroten van de onverharde oppervlakte aan vegetatie (bodembedekker, beplanting en bomen). In stedelijk gebied is groen enorm van belang voor het koelen van de omgeving. Vegetatie kan tot 20 liter per dag verdampen (Kravčík, Pokorný, Kohutiar, Kovác, & Tóth, 2007). Daarnaast zorgt een toename van groen oppervlakte van 1 procent voor een daling van de oppervlakte temperatuur van 0,1°C (Klok, et al., 2010). Vandaar dat het van belang is om het percentage onverhard oppervlak te vergroten ten opzichte van het verhard oppervlak. Wanneer 30 procent van het stedelijke oppervlak groen is wordt twee derde van het koelpotentieel van een 100 procent groen stedelijke oppervlak bereikt (Coder, 1996). Belangrijk is dat er rekening gehouden dient te worden met de ventilatie in de stad. Luchtstromen moeten de warme lucht wel af kunnen voeren.

Koelen met water

Oppervlaktewater heeft een koelend effect op de luchttemperatuur door verdamping en absorptie van warmte. Belangrijk om op te merken is dat stilstaand openwater minder verdampt dan oppervlakten met vegetatie (Döpp, Klok, Jacobs, Kleerekoper, & Uittenbroek, 2011). Het is daarom van belang dat het water stroomt of wordt verneveld door een fontein en/of vernevelaars.

Creëren van schaduw

Het zorgen voor schaduw in de wijk is een van de belangrijkste componenten om de luchttemperatuur in de stad te koelen. Het belang hiervan is terug te zien in de temperatuurdaling bij juiste plaatsing van de schaduw

van gebouwen en bomen. Bomen kunnen de oppervlaktetemperatuur van muren en daken op een zomerse dag met 11 – 25°C verlagen (Akbari, Bretz, Kurn, & Hanford, 1997). Daarnaast zorgt schaduw van beplanting zoals klimop planten op muren tot verlagingen oplopend tot 20°C (Sandifer & Givoni, 2002). Ook het plaatsen van bomen nabij auto's heeft veel effect en kan oplopen tot een verlaging in temperatuur tot 25°C (Scott, Simpson, & McPherson, 1999).

Koele materialen

Concluderend is het dus van belang dat zo veel mogelijk half verharding wordt toegepast aangezien deze water en luchtdoorlatend is, door verdamping koeler blijven en een beperkte warmte opslag hebben. Daarnaast is het van belang om lichte kleuren verhardingsmaterialen met een lage albedo toe te passen aangezien dit het beste de omgeving koel houdt.

Water vasthouden

Het water vasthouden houdt in dat het regenwater dat valt zo lang mogelijk lokaal blijft voordat het wordt afgevoerd. Ofwel het zo lang mogelijk verlengen van de tijdsduur van regenwater in het watersysteem. Het streven bij water vasthouden is de neerslag die valt 100 procent lokaal te houden om zo maximaal gebruik te maken van regenwater tegen verdroging.

Watervoorziening

Om de gevolgen van verdroging tegen te gaan is het van belang op genoeg water in het gebied te hebben. De hoeveelheid kubieke meter water in verhouding met het aantal hectare van een gebied zorgt voor voldoende water tegen droogte. Ofwel het vergroten van de hoeveelheid water in het huidige watersysteem.

Infiltratie mogelijkheid

De infiltratiemogelijkheid houdt in dat het water zoveel mogelijk kans heeft om te infiltreren in de bodem om zo het grondwaterpeil aan te vullen. Dit is wat anders dan de eerdergenoemde infiltratie capaciteit bij wateroverlast waarbij het om zo snel mogelijk van infiltreren gaat om water kwijt te kunnen. Bij infiltratiemogelijkheid gaat het echter om zo veel mogelijk oppervlakte waar het water kan infiltreren en de bodem kan verzadigen met water.

Variatie in biodiversiteit

Sommige plantensoorten gedijen in natte omstandigheden, terwijl anderen het juist goed doen bij droogte (Hautier, 2018). Verschillende plantensoorten en bomen hebben aparte eigenschappen waarbij de één beter tegen droogte kan dan de andere. Een variatie van de biodiversiteit vergroot de weerstand van grasland tegen de gevolgen van klimaatverandering, tegen droogte en het afvangen van fijnstof dat tijdens droogte in grotere concentraties voorkomen.

Weren van water

Het weren van water focust zich op het voorkómen van overstromingen. Het verlagen van het overstromingsrisico door het plaatsen van infrastructuur dat risicovolle gebieden beschermt tegen het water. Strategie hiervoor om het water te weren is het aanleggen van verhoogde nieuwbouwlocaties, het gebruik van terpen en verhoogde infrastructuur.

Waterrobuustheid

Waterrobuustheid houdt in het waterbestendig maken van de openbare ruimte samen met de infrastructuur die voor evacuatie routes en plekken zorgt. Het waterbestendig maken van de openbare ruimte houdt in dat de infrastructuur zo wordt ingericht dat deze een overstroming kan weerstaan en na een schoonmaakbeurt weer te gebruiken is. Dit vraagt om waterbestendige constructies, materialen en infrastructuur.

Klimaatmaatregelen aansluitend bij de ambitie

Project: Waterdorp
Versie: K001

Opdrachtgever: Gemeente Amersfoort
Datum: 5-12-2018

ID: 343128
Opsteller: Niels Boer

SWECO

ID	Onderwerpen	Ambitieniveau	Maatregel	Invloed				Score	Toepassing	Evt. toelichting / motivatie
				0 geen	1 laag	2 midden	3 hoog			
KM001	Bufferen	2	Kratten parkeerhof	0	2	0	1	2,8		Nog geen ervaring mee. Goede ervaringen mee vanuit de praktijk. Dure oplossing, wel goed ervaring mee. Ophoping van vervuiling.
KM002		2	Rockflow	0	1	0	0	0,9		
KM003		2	Wadi's	0	0	0	2	2		
KM003		2	Watershells	0	3	0	0	2,7		
KM004		Vertragen	3	Groene parkjes verlagen	0	1	0	2	2,75	
KM005	3		Berging hofjes	0	1	0	0	0,75		
KM006	3		IT riool	1	1	1	1	5,5		
KM007	Infiltratie capaciteit	3	Halfverharding parkeerhof	1	2	1	2	6,8		Heeft zowel effect op infiltratie als bufferen. Vergt veel onderhoud. Past niet in het straatbeeld.
KM008		3	rijwegen waterpasseerende stenen	0	2	1	2	4,2		
KM009		3	Grasbetontegels	0	2	1	2	4,2		
KM010	Water zichtbaar maken	4	Waterbrievbus	0	1	0	0	0,45		Zichtbaar maken is een belangrijk onderdeel van de visie.
KM011		4	Afkoppelen en via straat afvoeren.	1	0	0	0	2,45		
KM012		4	Molgoten met waterdoorsteekjes	0	0	0	1	1		
KM013	Koelen met groen	3	Verbreden straten	1	1	0	0	3,2		Niet haalbaar in dit project doordat er weinig ruimte is. Sluit aan bij groen ambitie vanuit gemeente.
KM014		3	Meer groen in hofjes	0	1	0	1	1,6		
KM016	Koelen met water	3	Fonteinen in park	1	2	1	2	6,8		Veel openwater in het gebied, dus veel mogelijkheden.
KM017		3	Fonteinen in openwater	0	0	1	2	3		
KM019	Koele materialen	2	Betonstraatstenen in lichtere kleur grijs	0	0	0	1	1		Goede ervaringen mee vanuit de praktijk.
KM020		2	Gebakken stenen in vanille kleur	0	0	0	1	1		
KM022	Creëren van schaduw	3	Enkele straten nog bomen toevoegen.	1	1	1	2	6,5		Bergt weinig water.
KM025	Water vasthouden	3	Waterberging in open water	0	1	0	0	0,6		
KM026		3	Ondergrondsbergen in hofjes	0	1	1	1	2,6		
KM027		3	Ondergrondsbergen in rijwegen	0	1	1	1	2,6		
KM028	Water voorziening	3	Regenton	0	2	0	1	2,2		Bergt weinig water.
KM029		3	Gezamenlijke waterberging	0	1	1	1	2,6		
KM030		3	Regenwaterschutting/ schuur	1	2	1	1	5,8		
KM031	Infiltratie-mogelijkheden	3	Drains met drempel. Variatie uit je grondwater.	1	0	0	0	2,6		

Figuur 19 Excelmodel: tabblad Klimaatmaatregelen aansluitend bij de ambitie (ingevuld ontwerpessie Waterdorp)

Bijlage VIII Inventarisatie team Techniek onderwerpen van klimaatadaptatie

Thema wateroverlast

Bufferen

Het bufferen van water is een ruimtelijke eigenschap die veel voorkomt in de projecten. Verschillende maatregelen worden er genomen om water te kunnen bergen in een gebied bij hevige neerslag.

Als eerste worden er inpassingen gedaan voor het creëren van bergingsvoorzieningen zoals het aanbrengen van een bergingskelder in Hilversum ¹ en het aanpassen van een bergbezinkvoorziening ⁹. Deze inpassingen zorgen ervoor dat er meer kubieke meter water kan worden opgevangen in de wijk.

Ten tweede wordt er in alle nieuwbouwprojecten gekozen voor het afkoppelen van hemelwater en het aanleggen van een gescheiden rioleringsstelsel. Dit heeft als voordeel dat het regenwater wordt geloosd op het oppervlaktewater m.b.v. hemelwaterafvoer. Dit scheelt zuiveringswerk voor de RWZI en ontlast het DWA-riool.

Verder wordt er voor Waterdorp ¹⁵, Nautische eilanden ³⁴ en Vleuterweide ³⁶ gekozen voor veel oppervlaktewater in een gebied wat voor een extra bergingscapaciteit zorgt. Daarnaast wordt voor het project Jaap Bijzerwetering ¹⁷ een extra watergang ontgraven wat ook de bergingscapaciteit vergroot. Bij het aanleggen van het kunstgrasveld in Zeist ⁷ is er gecompenseerd voor waterberging en is het nabijgelegen oppervlaktewater vergroot om zo de berging gelijk te houden.



Figuur 20 Multifunctionele speeltuin bij Nautische eilanden ³⁴

Daarbij is er bij de Nautische eilanden ³⁴ voor een multifunctionele speeltuin gekozen die zowel als recreatie en waterberging functioneert. De speeltuin is verlaagd neergelegd wat ervoor zorgt dat hier regenwater kan worden opgevangen en geborgen. In de foto van Figuur 20 is de speeltuin te zien in een droge situatie. Bergingsvoorzieningen zorgen er ook voor dat water wordt vertraagd en later in het oppervlaktewatersysteem terecht komen. In de volgende paragraaf wordt hier meer over toegelicht.

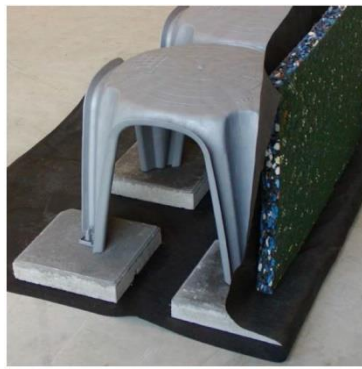
Verder is er bij de Middellandbaan ¹⁸ een duiker ontworpen waarbij de capaciteit is vergroot. Dit met als doel de doorstroom te vergroten waardoor de capaciteit van de watergangen groter worden en er meer kubieke meter water per tijdseenheid geborgen kan worden.

Tot slot zijn er twee maatregelen die worden toegepast waar het meeste water in wordt geborgen. Dit zijn de maatregelen met wadi's en watershells. Watershells worden toegepast in Vleuterweide ³⁵ en wadi's worden er al op meerdere locaties toegepast, namelijk bij Sterrebos ²³, Cothen ³³, Nautische eilanden ³⁴ en op twee locaties in Vleuterweide ^{35, 36}. De locaties Sterrebos en Nautische eilanden zijn in verhouding tot de andere locaties twee kleinere inpassingen van wadi's. Binnen Cothen en Vleuterweide zijn wadi's namelijk op

wijkniveau toegepast. In de foto in Figuur 22 is de wadi te zien bij het Sterrebos en in Figuur 21 is een demo weergegeven die laat zien hoe de watershells er visueel uit zien.



Figuur 22 Wadi in Sterrebos ²³



Figuur 21 Demo watershells

Vertragen

Het vertragen van water zit in het inrichten van het systeem van waterlopen. Vandaar dat het vertragen van water vaak samengaat met meerdere maatregelen binnen een watersysteem.

Dit is als eerste terug te vinden in Houten ²⁴ waarbij er is gekozen voor water doorsteken i.p.v. afwateren met behulp van riolering. Hierdoor wordt eerst de berm verzadigd en het water vertraagd voordat het regenwater in het oppervlaktewater terecht komt.



Figuur 23 Water doorsteken in Houten ²⁴



Figuur 24 Wadi trap in Vleuterweide ³⁵ (Google, 2016)



Figuur 25 Welput in Cothen ³³

Ten tweede wordt er door gebruik van wadi's water zo lang mogelijk vastgehouden in de wijken wat op zich zelf het water vertraagd. In Cothen en Vleuterweide staan de wadi's in de wijk met elkaar in verbinding en is het straat profiel zo ingericht dat deze wadi's eerst vollopen en in elkaar overstorten voordat het water naar het oppervlaktewater kan stromen. Vleuterweide ³⁵ is het grootste voorbeeld hiervan waarbij er in vijf straten is gekozen voor het bovengrondsafvoeren van water via trapsgewijze wadi's zoals weergegeven in Figuur 24. In Cothen is er een extra stap toegevoegd en gekozen om eerste al het water van de daken te laten infiltreren en wordt via regenbuizen de bodem in geleid. Wanneer deze verzadigd is stroomt het water via de welputten zoals weergegeven in Figuur 25 naar de wadi's. In Vleuterweide ³⁶ storten de wadi's als extra stap over in de watershells in het midden van de wijk waar het water langzaam kan infiltreren in de bodem.

Infiltratiecapaciteit

Het infiltreren van water om wateroverlast te voorkomen wordt vergroot door doorlatende verharding en onverhard oppervlakte. Water moet zo snel mogelijk kunnen infiltreren in de bodem voor een grote infiltratiecapaciteit.

Als eerste wordt er in Vleuterweide ² infiltratie riolering toegepast en in Houten ²⁴ een infiltratie drain. Op deze manier raakt de ondergrond wel verzadigd wanneer er rioolbuizen onder verharding wordt geplaatst.



Figuur 26 Groenstructuur Waterdorp in Amersfoort ¹⁶



Figuur 27 Groenstructuur in Vleuterweide ³⁶

Het meeste oppervlakte aan wadi's bevindt zich in Cothen. Hier bevinden zich drie wadi's in totaal, waarvan er één is weergegeven in Figuur 28. De andere twee zijn om en nabij even groot.

Daarbij bevinden zich in Cothen de eerder benoemde welputten met afkoppeling van de daken. De regenbuizen geleiden het water de bodem in, zodat het water eerst kan infiltreren voordat het in het watersysteem terecht komt.

Ten tweede wordt er met het aanleggen van onverhard oppervlak en stedelijk groen bijgedragen aan het percentage oppervlak waar water kan infiltreren. Op dit oppervlak kan water namelijk vrij infiltreren in de bodem. Locaties die hier in uitblinken zijn Waterdorp ¹⁶ en Vleuterweide ³⁶. In de wijk Waterdorp bevinden zich drie parken en elf groenstroken waarvan de meeste gelegen aan oevers. Deze inpassingen dragen bij aan een aanzienlijke oppervlakte met stedelijk groen. In de kaart van Figuur 26 is deze hoeveelheid stedelijk groen binnen Waterdorp visueel weergegeven. In Vleuterweide bestaat het stedelijk groen voornamelijk uit het aangelegde park in het zuiden samen met twee speeltuinen centraal gelegen.

Daarnaast zorgt de toepassing van wadi's ook voor de toename in het percentage oppervlak waar water kan infiltreren. In Vleuterweide en Cothen zitten de grootste inpassingen van wadi's. Figuur 27 laat met de rode lijnen zien waar de wadi's zich in het plangebied bevinden.



Figuur 28 Wadi in Cothen ³³ (Google, 2016)

Verder zijn er een aantal locaties waar weinig ruimte is en toch is gedacht aan stedelijk groen. Dit zijn het winkelcentrum in Amersfoort ²² en de Nautische eilanden ³⁴. Op deze locaties is er gedacht aan het opvullen van de openbare ruimte met stedelijk groen i.p.v. verharding. Bij het winkelcentrum is er een groenstrook toegevoegd in het midden van het Veen plein. Hier kan het water infiltreren en ook nog deels geborgen worden voordat het overstort met het HWA. Verder zijn er nog een aantal groenstroken te vinden naast de parkeerplekken. Ook is er een groene speeltuin naast de supermarkt aangelegd wat voor vergroening van het oppervlak zorgt weergegeven in Figuur 29. Voor de Nautische eilanden is er in het ontwerp verwerkt dat er in

het midden van elk eiland een stuk openbaar groen zit. Bij twee eilanden is dat vormgegeven in speeltuinen. In Figuur 30 is de speeltuin van het eerste eiland weergegeven en in Figuur 20 de tweede. Op het vierde eiland is er stedelijk groen toegepast met een wadi en drain.



Figuur 29 Speeltuin nabij winkelcentrum in Amersfoort²²



Figuur 30 Groene inpassing in De Bron, Nautische eilanden³⁴ (Google, 2016)

Naast het groener maken van wijken in stedelijke gebieden zijn er ook verschillende soorten tegels die water door kunnen laten en helpen bij het infiltreren van water in de bodem. Namelijk in Maarsseveen²¹ waar er grasbetontegels zijn gebruikt voor een fietsenstalling. In Houten waar er op twee locaties NCB-klinkers zijn gebruikt voor de parkeerplekken. Dit zijn de locaties het P+R Raaigras²⁴ weergegeven in Figuur 33 en de locatie Hogeschaft²⁰. In Vathorst³⁷ is er gekozen voor een andere soort doorlatende verharding met drainflowstenen en infiltratiefilters. In Figuur 32 is de parkeerplaats waar deze drainflowstenen zijn toegepast weergegeven met een detailfoto in Figuur 34.



Figuur 31 Grasbeton tegels in Maarsseveen²¹



Figuur 33 NCB-klinkers in Houten P+R Raaigras²⁴



Figuur 32 Drainflowstenen in parkeerweg in Vathorst³⁷



Figuur 34 Detail drainflowstenen met infiltratie filters in Vathorst³⁷

Water zichtbaar maken

Als eerste wordt er binnen de locaties Waterdorp ¹⁵ en Nautische eilanden ³⁴ in verhouding veel oppervlaktewater toegepast in het plangebied. Het aanwezige oppervlaktewater maakt de bewoners meer bewust van het watersysteem. Verder is er in de Jaap Bijzervetering ¹⁷ een watergang ontgraven wat voor meer oppervlaktewater in de wijk heeft gezorgd.

Verder zorgen de wadi's in Vleuterweide ^{35, 36} op beide locaties en in Cothen ³³ voor het zichtbaar maken van het watersysteem. Bij hevige regenval wordt het namelijk inzichtelijk hoe het water door de wadi's stroomt. Vooral in Vleuterweide ³⁵ lopen er veel kleinere wadi's in elkaar over wat ervoor zorgt dat er veel wordt overgestort wat voor veel zichtbaarheid zorgt.

In Sterrebos ²³ wordt het water bovengronds afgevoerd en zo zichtbaar. Het water wat op de weg valt stroomt onder verhang richting de wadi en wanneer deze overstort zal het water over het fietspad in het oppervlaktewater stromen. Deze situatie is in Figuur 22 met een foto weergegeven. Daarnaast wordt er in Houten ²⁴ gebruik gemaakt van doorlaten in de stoeprand. De naastgelegen weg bij de parkeerplaats Raaigras watert af doormiddel van doorlaten naar een watergang. Dit zorgt er voor dat water bovengronds wordt afgevoerd en zichtbaar wordt.



Ook wordt er in Maarsseveen een spuitfontein/bedriegertje gebruikt die het water zichtbaar maakt. Verder zorgen molgoten in vrijwel ieder project ervoor dat het zichtbaar wordt waar het water naar toe loopt. In de meeste gevallen is dit de riolering. De uitzondering hierop is te vinden in de Nautische eilanden waar er met behulp van een mol goot (blauw aangeduid) het watersysteem extra wordt aangeduid zoals in Figuur 35.

Figuur 35 Blauwe molgoot, 1e eiland van Nautische eilanden ³⁴ (Google, 2018)

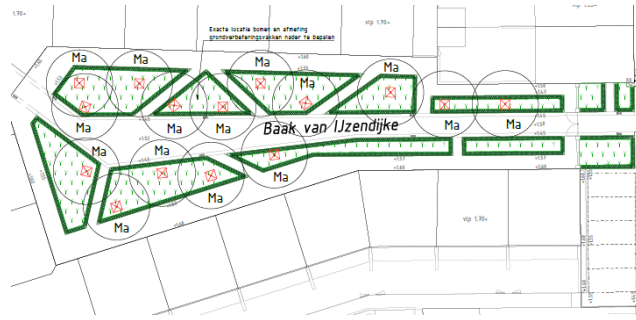
Thema hittestress

Koelen met groen

Als eerste wordt er met het aanleggen van groenstroken en vlakken gezorgd voor meer percentage stedelijk groen per oppervlakte. Dit wordt toegepast door grasstroken langs trottoirs, speeltuinen, grasvelden en de aanleg van verschillende parken. De locaties die hier bij horen zijn groenstroken in Vleuterweide ⁴, Zeist ¹⁰, Lange broek ³¹, en Woerden ¹⁹.

Locaties die hier in uitblinken zijn Waterdorp ¹⁶, Vleuterweide ^{35, 36} en Cothen ³³. Op deze locaties zijn meerdere speeltuinen, parken en groenstroken langs de waterkant en wadi's te vinden. Verder bevindt er zich centraal op de Nautische eilanden ³⁴ ook veel openbaar groen tussen de woningen. Ook in Sterrebos wordt er gebruik gemaakt van een wadi met groene oevers zoals te zien in Figuur 22.

In Figuur 39 is het ontwerp van het noordelijke park in Waterdorp weergegeven waarin de elementen van het groen te zien zijn. De heggen, grasvelden en bomen. Deze soorten beplanting zijn op meerder locaties terug te vinden. Waaronder meerdere parkeerplaatsen op de locaties De Bron ¹³, Houten ²⁴ en in Vathorst ³⁷. Deze laatste locatie is te zien in Figuur 32.

Figuur 37 Noordelijk gelegen park in Waterdorp ¹⁶Figuur 36 Groenstructuur met heggen en bodembedekker geranium macrorrhizum in Waterdorp ¹⁶

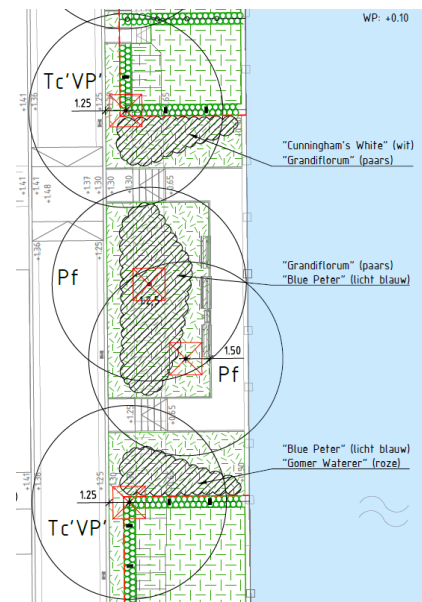
Verder wordt er voor stedelijk groen op meerdere locaties gekozen voor groene inpassingen in het trottoir en op pleinen, zoals plantvakken in Vleuterweide ². Verder is dit ook verwerkt in het plein in Maarsseveen ²¹, waar er siergras met lavendel, Portugese laurier hagen en meerdere grasvlakken zijn geplaatst te zien in Figuur 39. Daar komt nog bij dat er in verhouding veel bomen worden verwerkt in het plein. In Amersfoort ²² bevinden zich meerdere onderdelen van stedelijk groen. Waaronder de speeltuin uit Figuur 29, wat bomen en een wintergroene bodembedekker toevoegt in de ruimte. Verder bevindt zich in het noorden het Veen plein waar plantenbakken, met groenstroken en bomen zijn toegevoegd. Ook zijn er op de parkeerplaats groenstroken met beplanting, heggen en bomen geplaatst. Ook worden in Vathorst ¹⁴ klimplanten gebruikt als bedekking van de geluidschermen, zie Figuur 38.

Figuur 38 Geluidsscherm met klimplanten tegen het scherm in Vathorst ¹⁴Figuur 39 Plantvakken waar siergras met lavendel is geplaatst in Maarsseveen ²¹

Daarnaast wordt er op veel locaties met behulp van bomen gekoeld waarbij verschillende vormen van bomengranulaat worden toegepast. Dit wordt gebruikt in De Bron ¹³, Houten ²⁴, Amersfoort ^{16, 22, 32} en Lange Broek ³¹. Dit bomengranulaat zorgt ervoor dat de boom zoveel mogelijk ruimte krijgt om zijn wortels in kwijs te kunnen. Vaak is er het geval dat er niet genoeg plek is voor de wortels van een boom tussen de rijweg, het grondwater en andere infrastructuur. Het bomengranulaat zorgt voor gezonde wortelgroei en een uitstekende groeibasis samen met dat er geen wortel opdruk in bestrating plaatsvindt.

Koelen met water

Als eerste wordt er vooral met het gebruik van openwater de omgeving gekoeld. Locaties waar veel openwater is toegevoegd zijn Amersfoort bij Waterdorp ¹⁵ en De Bron ³⁴ bij de Nautische eilanden. Op deze locaties is er ook veel verbinding met het water. Tuinen van woningen liggen aan het water in waterdorp volgens het concept overtuinen en de ontworpen groene oevers met recreatievoorzieningen liggen langs het water zoals te zien in Figuur 40. In Houten ⁵, Sterrebos ²³ en Vleuterweide ³⁶ is er ook oppervlaktewater opgenomen in de ontwerpen die zorgen voor verkoeling, maar in minder grote schaal. Verder is er in Woerden ¹⁷ een watergang ontgraven wat voor meer open water heeft gezorgd in de omgeving. Daarnaast is er in Maarsseveen ²¹ gebruik gemaakt van een waterelement. Een Smit fontein/bedriegertje die op warme dagen voor verneveling zorgt en de lucht kan afkoelen.



Figuur 40 over-tuinen en stedelijk groen aan het water in Waterdorp ¹⁵

Koele materialen

Vanuit de bestektekeningen en de interviews valt te halen dat er binnen de meeste projecten de traditionele materialen gebruikt worden. Dit komt neer op grijze betontegels, straatbakstenen, gebakken klinkers, asfalt verharding of groenvlakken als grondbedekking. Voor deze tegels en stenen worden ook wel eens alternatieve kleuren gebruikt buiten grijs, zoals vanille en rood.

Kijkend naar de emissiviteit ofwel, hoe eenvoudig een materiaal warmte afgeeft liggen de waarden van de gebruikte materialen allemaal tussen de 0.90 en 0.98. Het gebruikte materiaal raakt dus snel zijn warmte kwijt door deze waarden.

Kijkend naar de albedo zijn er verschillen te zien. Verhardingsmaterialen met een lichte kleur voor klinkers en betonsteen zijn koeler dan zwart asfalt. In de projecten wordt voornamelijk Ravenna (rood gereduceerd) gebruikt op de locaties Vleuterweide ^{2,4}, Langebroek ³¹, Nautische eilanden ³⁴, Vathorst ³⁷, Vleuterweide ³⁵ en het trottoir in Vleuterweide ³⁶. Verder worden er zwarte antraciet straatstenen gebruikt in De Bron ¹³ en grijze betonstaat stenen in Hof van Wijk ³² en Cothen ³³.

In Amersfoort ²² is er voor de parkeerplaats van het winkelcentrum gebruik gemaakt van vanille en rode straatbakstenen. Op dezelfde locatie is er bij het Veenplein gekozen voor verschillende soorten betontegels in zowel materiaal als kleur en is er gebruik gemaakt van natuursteen. In Maarsseveen ²¹ wordt er ook gebruik gemaakt van rode- en zandkleurige betontegels. Ook wordt er op deze locatie gebruik gemaakt van zwarte betonstraatstenen voor de aansluiting op de bestaande rijweg. Daarnaast wordt er zwarte asfalt verharding toegepast voor het fietspad in Amersfoort ⁸ en Zeist ¹⁰. Ook de autoweg in Vleuterweide ³⁶ bevindt zich zwart asfalt. In Amersfoort, Waterdorp ¹⁵ worden er gebakken bruine Terra Marone klinkers als verharding gebruikt. Verder valt op dat er in meerdere projecten gebruik wordt gemaakt van half verharding. Aangezien deze verharding water en luchtdoorlatend is, door verdamping koeler blijven en een beperkte warmte opslag hebben zorgen ze voor verkoeling. Namelijk in Maarsseveen ²¹ waar er grasbetontegels zijn gebruikt voor een fietsenstalling. In Houten waar er op twee locaties NCB-klinkers zijn gebruikt voor de parkeerplekken. Dit zijn de locaties het P+R Raaigras ²⁴ weergegeven in Figuur 33 en de locatie Hogeschool ²⁰. In Vathorst ³⁷ is er gekozen voor een andere soort doorlatende verharding met drainflowstenen en infiltratiefilters. In Figuur 32 is de parkeerplaats waar deze drainflowstenen zijn toegepast weergegeven met een detailfoto in Figuur 34.

Creëren van schaduw

Schaduw wordt binnen de locaties veroorzaakt door de hoeveelheid bomen in een ontwerp. Er zijn een aantal locaties die hierin uitblinken. Bij de locatie in Amersfoort ¹⁶ Waterdorp is er al vernomen dat er veel stedelijk groen aanwezig is uit de eerder paragrafen. Ook zijn er veel bomen aanwezig in het plangebied. In alle groene gebieden die weergegeven zijn in Figuur 26 zijn er bomen geplaatst. Daarnaast zijn er in meerdere straten bomen verwerkt in het trottoir.



Figuur 41 Rij met bomen in de Frisodreef bij Langebroek (Google, 2016)

Verder worden er in Maarsseveen ²¹ meerdere bomen verwerkt in het plein. In Amersfoort ²² zijn er bomen geplaatst in het park, het Veenplein en op de parkeerplaats aan de randen. Ook zijn er op de parkeerplaats in Houten ²⁴ en Vathorst ³⁷ bomen verwerkt in het ontwerp. Daarnaast zijn er in Langebroek ³¹, Vleuterweide ² en in Cothen ³³ bomen verwerkt in het trottoir en langs de straten. In Figuur 41 is te zien hoe dit is toegepast in Langebroek. Vooral in Cothen zijn er veel bomen behouden die op korte termijn veel schaduw kunnen bieden.

Verder worden er binnen meerdere locaties op kleine schaal een aantal bomen geplaatst. Zoals bij locatie De Bron ¹³, waarbij er een parkeerhof is ontworpen waar er vier bomen zijn geplaatst met heggen en onder beplanting. Bij de Nautische eilanden zijn er op het eerste eiland een paar bomen geplaatst weergegeven in Figuur 30. Zo ook bij Sterrebos ²³ waar er in de wadi's een rij met bomen is ontworpen. Ook is er nog Hof van Wijk ³² waar er drie bomen zijn geplaatst.

Thema droogte

Infiltratiemogelijkheid

Bij de mogelijkheden voor infiltratie gaat het om het infiltreren van water in de bodem om deze zo lang mogelijk verzadigd te houden met water. Hiervoor is het van belang dat water op zo veel mogelijk plekken kan infiltreren.

Als eerste wordt er in Vleuterweide ² infiltratie riolering toegepast en in Houten ²⁴ een infiltratie drain. Op deze manier raakt de ondergrond wel verzadigd wanneer er rioolbuizen onder verharding wordt geplaatst. Ten tweede wordt er met het aanleggen van onverhard oppervlak en stedelijk groen bijgedragen aan het percentage oppervlak waar water kan infiltreren. Op dit oppervlak kan water namelijk vrij infiltreren in de bodem. Locaties die hierin uitblinken zijn Waterdorp ¹⁶ en Vleuterweide ³⁶. In de wijk Waterdorp bevinden zich drie parken en elf groenstroken waarvan de meeste gelegen aan oevers. Deze inpassingen dragen bij aan een aanzienlijke oppervlakte met stedelijk groen. In de kaart van Figuur 26 is deze hoeveelheid stedelijk groen binnen Waterdorp visueel weergegeven. In Vleuterweide bestaat het stedelijk groen voornamelijk uit het aangelegde park in het zuiden samen met twee speeltuinen centraal gelegen. Daarnaast zorgt de toepassing van wadi's ook voor de toename in het percentage oppervlak waar water kan infiltreren. In Vleuterweide en Cothen zitten de grootste inpassingen van wadi's. Figuur 27 laat met de rode lijnen zien waar de wadi's zich in het plangebied bevinden met als stroomrichting naar het zuiden. Het meeste oppervlak aan wadi's bevindt zich in Cothen. Hier bevinden zich drie wadi's in totaal, waarvan er één is weergegeven in Figuur 28. De ander twee zijn om en nabij even groot. Daarbij bevinden zich in Cothen de eerder benoemde welputten met afkoppeling van de daken. De regenbuizen geleiden het water de bodem in, zodat het water eerst kan infiltreren voordat het in het watersysteem terecht komt.

Verder zijn er een aantal locaties waar weinig ruimte is en toch is gedacht aan stedelijk groen. Dit zijn het winkelcentrum in Amersfoort ²² en de Nautische eilanden ³⁴. Op deze locaties is er gedacht aan het opvullen van de openbare ruimte met stedelijk groen i.p.v. verharding. Bij het winkelcentrum is er een groenstrook toegevoegd in het midden van het Veen plein. Hier kan het water infiltreren en ook nog deels geborgen worden voordat het overstort met het HWA. Verder zijn er nog een aantal groenstroken te vinden naast de parkeerplekken. Ook is er een groene speeltuin naast de supermarkt aangelegd wat voor vergroening van het oppervlak zorgt. Voor de Nautische eilanden is er in het ontwerp verwerkt dat er in het midden van elk eiland een stuk openbaar groen zit. Bij twee eilanden is dat vormgegeven in speeltuinen. In Figuur 30 is de speeltuin van het eerste eiland weergegeven en in Figuur 20 de tweede. Op het vierde eiland is er stedelijk groen toegepast met een wadi en drain.

Naast het groener maken van wijken in stedelijke gebieden zijn er ook verschillende soorten tegels die water door kunnen laten en helpen bij het infiltreren van water in de bodem. Namelijk in Maarsseveen ²¹ waar er grasbetontegels zijn gebruikt voor een fietsenstalling. In Houten waar er op twee locaties NCB-klinkers zijn gebruikt voor de parkeerplekken. Dit zijn de locaties het P+R Raaigras ²⁴ weergegeven in Figuur 33 en de locatie Hogeschaft ²⁰. In Vathorst ³⁷ is er gekozen voor een andere soort doorlatende verharding met drainflowstenen en infiltratiefilters. In Figuur 32 is de parkeerplaats waar deze drainflowstenen zijn toegepast weergegeven met een detailfoto in Figuur 34.

Water vasthouden

Water wordt op een aantal locaties vastgehouden in het gebied. Dit gebeurt onder meer door wadi's in Cothen ³³, De Bron Nautische eilanden ³⁴ en Vleuterweide ^{35, 36}. De wadi's houden het water vast en zorgen ervoor dat het water in het gebied kan infiltreren. Dit zorgt ervoor dat de bodem langer verzadigd blijft. Verder wordt er in Vleuterweide ³⁵ gebruik gemaakt van watershells waar water in opgeslagen kan worden en dit langzaam kan infiltreren in de bodem. De bodem blijft hierdoor langer verzadigd en kan zo een langere periode van droogte weerstaan.

Watervoorziening

Meer openwater zorgt in Vleuterweide ⁴, Houten ⁵, Woerden ¹⁷ en Sterrebos ²³ voor dat er meer water in het gebied opgeslagen kan worden wanneer er een lange periode van droogte verwacht wordt. Het peilniveau kan dan worden verhoogd en met meer ruimte voor openwater kan er dus ook meer water worden opgeslagen in het gebied waardoor de bodem verzadigd blijft. In Amersfoort ¹⁵ en Vleuterweide ^{35, 36} bevindt zich in verhouding tot de andere locaties een stuk meer open water en daardoor een grotere watervoorziening.

Variatie biodiversiteit

Een grotere biodiversiteit vergroot de weerstand tegen de gevolgen van klimaatverandering. In de projecten is dit o.a. terug te zien in de verschillende bomensoorten. In Vleuterweide ² worden er zes verschillende bomensoorten gebruikt. In Amersfoort ¹⁶ worden er 14 soorten bomen geplant. In Vleuterweide ³⁵ tien soorten bomen. In Cothen ³³ zijn er ook zes soorten bomen geplant naast de bestaande behouden bomensoorten. Daarnaast zijn er in Vleuterweide ² plantvakken met drie soorten beplanting variërend van bodembedekker, beplanting en bomen geplaatst. Verder worden er mediterrane planten gebruikt. Zoals de lavendel op het plein in Maarsseveen ²¹. Tijdens droge periodes kan deze plant beter zijn groei waarborgen.

Thema overstromingen

Weren van water

Voor de kustzone 2e fase Zeewolde is er een ontwerp gemaakt voor het verleggen van een dijklichaam. In dit project zijn er meerdere ingrepen gedaan aan de waterkant bij Zeewolde. Onderdeel hiervan was het verleggen van een secundair dijklichaam, waarvan in Figuur 42 het ontwerp is te zien. Het dijklichaam fungeert als barrière tegen overstromingen bij hoog water.

Water robuust

Het water robuust inrichten van een wijk is binnen de ontwerpen van de het team techniek niet van toepassing geweest.



Figuur 42 Verlegging dijklichaam in Zeewolde