

Met meer groen in steden, minder effecten van klimaatverandering

Een literatuurstudie naar de effecten van Urban Greening op het verminderen van de effecten van klimaatverandering in Nederland



Emilie van Aalten
Bachelor Scriptie

Met meer groen in steden, minder effecten van klimaatverandering

Een literatuurstudie naar de effecten van Urban Greening op het verminderen van de effecten van klimaatverandering in Nederland

Bachelor Scriptie

Student: **Emilie van Aalten**

Opleiding: Biologie, Voeding en Gezondheid

Eerste beoordelaar: Dr. Ir. Yolanda G.H. Maas

Tweede beoordelaar: Dr. Ir. E.D. Ekkel

Lelystad, 13 augustus 2018

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.



Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Meer groen in steden, minder effecten van klimaatverandering'. Deze is geschreven gedurende de afstudeerperiode van de opleiding Biologie Voeding en Gezondheid aan Aeres Hogeschool te Almere. Met name in het laatste jaar, ben ik zeer geïnteresseerd geraakt in hoe wij als mensen met de aarde en haar bronnen omgaan. Een duidelijke kreet hierbij is dat we duurzamer om moeten gaan met wat de natuur te bieden heeft, maar ook dat we op zoek moeten naar nieuwe oplossingen.

Terwijl ik dit schrijf, heerst er in Nederland een hittegolf, iets wat in de toekomst vaker zal gebeuren als effect van het veranderende klimaat. Zoals u straks ook zult lezen, zitten er verborgen krachten in het groen, maar het is aan ons om deze te ontdekken en toe te passen. De afgelopen periode ben ik met veel plezier de wereld van Urban Greening ingedoken om te ontdekken welke voordelen er allemaal op dit gebied zijn en te halen vallen. Met het schrijven van deze scriptie hoop ik anderen te laten zien waarom groen goed voor ons is en waarom we in onze steden niet zonder kunnen.

Dan wil ik graag nog een aantal mensen bedanken. Allereerst mijn coach en docent Yolanda voor al haar begeleiding en ondersteuning gedurende het proces. Zij stond altijd klaar om mee te denken en van feedback te voorzien zodat ik weer verder kon. Ze is echt een topper! Daarnaast wil ook de tweede beoordelaar Dinand Ekkel bedanken voor de opbouwende feedback op mijn scriptie. Als laatste maar zeker niet de minste, wil ik mijn vrienden en familie bedanken. Ook zij zijn mij tot grote steun geweest in deze periode.

Ik wens u veel leesplezier toe en hopelijk zet u er straks ook een plantje bij.

Emilie van Aalten

Lelystad, 13 augustus 2018

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	4
Summary	5
1. Inleiding	6
2. Methode	8
3. Resultaten.....	11
3.1. Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?.....	11
3.1.1. Urban Greening	11
3.1.2. Urban Greening methoden	12
3.1.3. Gebruikte methoden wereldwijd	15
3.1.4. Nieuwe zoektermen	16
3.2. Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?.....	17
3.2.1. Effecten klimaatverandering	17
3.2.2. Urban Greening effecten.....	17
3.3. Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?	20
3.3.1. Kwetsbare gebieden in Nederland	20
3.3.2. Toepassing van Urban Greening in Nederland.....	21
3.3.3. De stand van zaken.....	22
3.4. Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?	23
3.4.1. Voordelen van Urban Greening.....	23
3.4.2. Kosten en baten van Urban Greening projecten.....	23
4. Discussie	25
4.1. Deelvraag 1.....	25
4.2. Deelvraag 2	25
4.3. Deelvraag 3	26
4.4. Deelvraag 4.....	26
4.5. Onderzoekopzet.....	27
5. Conclusie & Aanbevelingen	28
Aanbevelingen	29
Referenties	30
Bijlage I. Afbeelding temperatuurverschillen op Nederlandse kaart	36
Bijlage II. Gemeenten die deelnemen aan Operatie Steenbreek.....	37
Bijlage III. Overzicht van gemeenten die groene daken subsidiëren.	38

Samenvatting

Inleiding

In Nederland zullen de effecten van klimaatverandering met name merkbaar zijn in grote steden en stedelijke gebieden langs de kust en rivieren. Het klimaat gaat droger en warmer worden, maar daarnaast zullen ook veel piekbuien ontstaan. Om met deze gevolgen om te kunnen gaan zijn adaptieve strategieën nodig, zoals Urban Greening. Dit is een verzamelnaam voor methoden die stedelijk gebied weer moeten vergroenen. Om te achterhalen of dit een goede methode is, is voor deze scriptie de volgende hoofvraag opgesteld: *Hoe en in welke mate kan de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland verminderen?*

Methode

Het onderzoek is uitgevoerd middels een literatuuronderzoek. Hier zijn diverse zoekmachines voor gebruikt. De gevonden literatuur werd beoordeeld op relevantie aan de hand van selectiecriteria. Nuttige literatuur werd vervolgens verwerkt in een Excel sheet, waarbij het in diverse categorieën werd verdeeld. Er zijn voor het onderzoek vier deelvragen opgesteld.

1. *Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?*
2. *Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?*
3. *Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?*
4. *Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?*

Resultaten

1. Er bestaan vijf methoden: Living Walls, Green Roofs, Parken en Tuinen, Groen langs infrastructuur en Urban Forests. Green Roofs lijken het meest te worden toegepast wereldwijd.
2. De effecten zijn: verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatste het verminderen van luchtvervuiling.
3. Urban Greening wordt op verschillende manieren toegepast in Nederland. Methodes die wereldwijd worden toegepast zijn hier ook terug gevonden.
4. Literatuur met kwantitatieve data over wat de implementatie in Nederland oplevert blijkt schaars te zijn. Baten van Urban Greening kunnen hoger zijn dan de kosten.

Conclusie & aanbevelingen

De toepassing van Urban Greening methoden zorgt voor het verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatste het verminderen van luchtvervuiling. Door deze toe te passen in stedelijk gebied kunnen hier de effecten van klimaatverandering worden tegen gegaan. In welke mate deze effecten verminderd worden, is echter niet gebleken uit het onderzoek vanwege gebrek aan literatuur. Nader onderzoek wordt aangeraden om dit onderdeel te beantwoorden. Daarnaast ontbreekt een eenduidige definitie voor Urban Greening, dit vraagt ook nader onderzoek.

Summary

Introduction

The effects of climate change in The Netherlands will mostly be felt in large cities and urban areas in the coastal and river areas. The climate will become dryer and warmer, but rainfall will also be more intense. In order to cope with these effects, adaptive strategies are needed. For example Urban Greening, a term used for the methods that aim to make cities greener. To assess whether this could be a useful method, the following research question is set up for this thesis: How and to what extent can the implementation of Urban Greening methods mitigate the effects of climate change in The Netherlands?

Method

This study was conducted by a literature study and several search engines have been used for this. Found literature was assessed for relevance by the use of several selection criteria. Useful literature was added to an excel sheet and categorized. The following four sub- research questions were formulated:

1. *Which Urban Greening methods are known worldwide and which of these are used most?*
2. *What are the effects of these methods on mitigating the effects of climate change worldwide?*
3. *What is the current state of Urban Greening initiatives in The Netherlands?*
4. *What could the implementation of Urban Greening offer the Netherlands?*

Results:

1. There are five methods known: Living Walls, Green Roofs, Parks and Gardens, Green next to infrastructure and Urban Forests. It seems that Green Roofs are used the most.
2. The effects are: lowering temperature, mitigating the Urban Heat Island effect, improving rainfall drainage and lastly mitigating air pollution
3. Urban Greening methods are used all over The Netherlands, methods found are similar to the ones that are used worldwide.
4. Literature with quantitative data on the effects of implementing Urban Greening methods are scarce. However, the benefits could possibly exceed the cost.

Conclusion & recommendations

Urban Greening methods can reduce temperatures, mitigate the Urban Heat Island effect, improve rainfall drainage and mitigate air pollution. By implementing these in urban areas, the effects of climate change can be mitigated. Due to lack of sufficient literature, the extent to which these methods can mitigate the effects is unknown. It is recommended to conduct more research to answer this question. Also, a set definition for Urban Greening is still lacking, this requires more research as well.

1. Inleiding

Het is in 2018 niet langer meer te ontkennen: klimaatverandering is waar en het gebeurt. Er wordt veel gediscussieerd over de vraag of mensen verantwoordelijk zijn hiervoor en in veel onderzoeken wordt er geprobeerd om tot een overeenstemming te komen. In 2016 deed Cook et al. hier onderzoek naar en ontdekte dat de algemene mening in de literatuur is dat de huidige klimaatverandering daadwerkelijk door mensen geïnduceerd is. Dit komt onder andere door vervuiling zoals een hoge CO₂-uitstoot en het grootschalig kappen van bossen en daarmee ook biodiversiteit verlies. Dit soort humane acties maken het voor ecosysteem diensten lastig om te blijven voorzien voor het leven op aarde (Chapin III, Kofinas, & Folke, 2009). Als voorbeeld: ecosysteem diensten leveren drinkwater voor organismen of zorgen voor de regulatie van bestuiving. Wanneer ecosysteem diensten niet goed kunnen functioneren dan kan dit ook gevolgen voor het weer hebben, zoals lange periodes van droogte, intense regenbuien, stormen en orkanen, verhoging van het zeeniveau en overstromingen (Chapin III, 2009; KNMI, 2017). Arme en onderontwikkelde gebieden, vaak kustgebieden, worden hierin vaak het hardst getroffen. De verwachting is dat landen in Azië en Afrika en andere niet-westerse gebieden het in de toekomst het zwaarst gaan hebben met de gevolgen van klimaatverandering. Europa en in het bijzonder Noord-Europa lijkt het meest veilig te blijven. (Christensen, Gillingham, & Nordhaus, 2018). Toch zegt dit niet dat Europese landen vrij zijn van de gevolgen van klimaatverandering in de komende jaren.

Eveneens in Europese steden heeft klimaatverandering gevolgen. Zo zullen met name de temperaturen sterk gaan veranderen en zullen regenbuien intenser worden. De verwachting is dat deze effecten groter worden met de tijd (Carter, 2011). Afgezien van de effecten van klimaatverandering, zijn temperaturen in steden vaak al hoger dan in omliggende gebieden; zeker 's nachts is dit verschil het grootst (Bowler, Buyung-Ali, Knight, & Pullin, 2010). Dit komt doordat de gebruikte materialen, zoals beton, voor stedenbouw veel warmte vasthouden en er weinig tot geen verdamping plaats vindt. Dit laatste geeft met name een verkoelend effect. Daarnaast is ook de compacte wijze waarop steden zijn gebouwd van invloed op de temperatuur. Er kan namelijk minder makkelijk wind doorheen wat anders voor een verse luchtstroom zou zorgen. Verder heeft ook de luchtvervuiling, bijvoorbeeld van verkeer, invloed op het regionale klimaat in steden (Nowak, Hirabayashi, Doyle, McGovern, & Pasher, 2018). Deze factoren creëren daardoor een eiland van warmte, wat in de literatuur ook wel 'Urban Heat Island effect' (hierna UHI-effect genoemd) genoemd wordt (Jim, 2017). Door de effecten van klimaatverandering wordt het UHI-effect verder versterkt, en daarmee de negatieve gevolgen voor het leven in de stad (Mcarthy, Best & Betts, 2010; Kleerekoper, Esch, & Salcedo, 2012).

Ook voor Nederland geldt dat klimaatverandering voor veranderingen in het weerpatroon zorgt (KNMI, 2018). Zo worden er meer periodes van droogte en hitte verwacht en zullen regenbuien intenser worden (Claessens, Schram-Bijkerk, Van Breemen, Houweling & Van Wijnen, 2012). Dit zal de nodige problemen kunnen veroorzaken, met name in de stedelijke gebieden. Het rioleringsstelsel is bijvoorbeeld niet ontworpen om plotselinge intense regenbuien af te voeren. Dit zal gaan zorgen voor overlast zoals overstroomde straten en woningen. Niet alleen kan dit gevaarlijk zijn voor het leven in de stad, maar het kost ook veel geld. Zo richtte een intense regenbui in 2014 een schade van ongeveer 70 miljoen euro aan in Amsterdam. Hiervoor in 2007, richtte een storm die over heel Europa ging een totale schade aan van zeker 170 miljoen euro en kostte de levens van 47 mensen (Rainproof, 2015). Daarnaast heeft ook het gedrag van inwoners invloed op de gevolgen van de effecten van klimaatverandering. Er is namelijk een groeiende trend onder Nederlandse bewoners om het groen uit tuinen te vervangen door steen. Vermoedelijk gebeurt dit om eigen parkeerplekken te creëren in gebieden waar deze schaars zijn en om – bij gebrek aan tijd - zo min mogelijk onderhoud aan tuinen te hebben. Van het totaal aantal eigen tuinen in Nederland is al 44% versteend (Hommes, Franssen, Dirven, Mastop, & Schyns, 2016).

Een van de methoden die wordt onderzocht om de effecten van klimaatverandering mee te verminderen is stedelijke vergroening, ook wel Urban Greening genoemd (sinds wanneer is niet bekend). Hierbij wordt fysiek groen in stedelijk gebied aangelegd of wordt dit tijdens de ontwikkeling verweven in de architectuur. Zo zijn er de bekende stadsparken of verspreide aanleg van bomen door straten. Iets minder bekend is de aanleg van Green Roofs (groene daken) en de opkomst van Living Walls (groene muren), waarbij de natuur meer onderdeel wordt van een gebouw of de architectuur. Wanneer het concept Urban Greening precies is ontstaan is niet bekend. Volgens Jim in 2017 werd de aanleg van groene daken al voor 1960 toegepast maar kwam het hierna pas echt van de grond in Duitsland en vervolgens pas in andere landen. Al in 1989 deden Oke, Crowther, McNaughton, Monteith & Gardiner onderzoek naar de effecten van bomen in steden. Zij concludeerden dat bomen in steden, onder andere door hun verkoelende en luchtzuiverende functies, goed zijn in te zetten voor ruimtelijk ontwerpen. Een hoger aantal bomen en groene gebieden helpt volgens Bowler et al. (2010) ook bij het verminderen van afstromend water, wat anders voor overstromingen zou kunnen zorgen. Daarnaast is gebleken dat stedelijke vergroening helpt om de temperatuur te reguleren, CO₂-uitstoot te verminderen en lucht te zuiveren (Maimaitiyiming et al., 2014). Niet alleen is de aanleg van stedelijk groen gunstig vanwege de genoemde omgevingsvoordelen, het biedt ook directe gezondheidsvoordelen voor mensen (Nowak et al., 2018). Volgens Carrus et al. (2015) zorgt stedelijk groen met hoge biodiversiteit dat bewoners hun eigen gezondheid hoger inschatten.

Uit bestaande literatuur is bekend geworden dat de toepassing van Urban Greening vele voordelen heeft. Zo beschrijven een aantal onderzoeken dat stedelijk groen, water en temperatuur kan regelen en dat het een luchtzuiverende werking heeft. Wat alle belangrijke factoren zijn in het verminderen van de effecten van klimaatverandering in steden. Zoals eerder beschreven, heeft Nederland ook te kampen met klimaatverandering en de effecten hiervan. Het is erg aannemelijk dat het toepassen van Urban Greening methoden ook in Nederland een positief effect kan hebben. Of dit daadwerkelijk zo is, zal moeten blijken uit een literatuuronderzoek waarbij de verschillende onderwerpen met elkaar worden verbonden. In deze scriptie zal er daarom gekeken worden naar wat er bekend is over de implementatie van Urban Greening in Nederland en of het de effecten van klimaatverandering in Nederland zou kunnen verminderen. Het doel is om mensen hierover te informeren en eventueel ze aan te sporen tot toepassing, mits de effectiviteit is bewezen. Om dit allemaal te bewerkstelligen, worden de volgende vragen beantwoord.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag voor deze scriptie luidt als volgt: *Hoe en in welke mate kan de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland verminderen?* De volgende vier deelvragen geven samen antwoord op de hoofdvraag:

1. *Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?*
2. *Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?*
3. *Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?*
4. *Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?*

Leeswijzer:

In het eerstvolgende hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. Daarop volgt het hoofdstuk resultaten waarin iedere deelvraag per paragraaf wordt beschreven. De gevonden resultaten en methode worden vervolgens bediscussieerd in het vierde hoofdstuk. Tot slot wordt in het laatste hoofdstuk de conclusie gegeven en wordt het rapport afgesloten met een aantal aanbevelingen.

2. Methode

Om te onderzoeken of de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland kan verminderen is er een literatuurstudie uitgevoerd. Hier zijn de volgende stappen genomen: literatuur verzamelen, literatuur evalueren/selecteren en literatuur analyseren.

2.1 Verzamelen

Voor het verzamelen van literatuur zijn de volgende databanken gebruikt: Google Scholar, Karlstad University library, Mendeley, Science Direct, Springer en Wiley. Ook werd de literatuurlijst van relevante artikelen gebruikt als een bron om nieuwe en relevante literatuur te vinden. Voor het zoeken via de databanken zijn verschillende zoektermen gebruikt, welke per deelvraag verschillen. Tabel 1 geeft een overzicht van deze zoektermen per deelvraag met bijbehorende combinaties. Er is geprobeerd zoveel mogelijk verschillende combinaties te maken in het verzamel proces. In eerste instantie werd gezocht in het Engels omdat dit meer resultaat oplevert, maar wanneer dit niets opleverde werd er ook in het Nederlands gezocht.

Tabel 1 Zoektermen en combinaties per deelvraag

Onderzoeksvraag	Zoektermen	Combinaties
1. Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?	a. Urban Greening b. Methods c. Global d. Europe e. Urban vegetation f. Green infrastructure g. Urban Heat Island Effect	1. a. AND b. AND c. OR d. 2. e. AND b. AND c. OR d. 3. a. AND g. 4. f. AND b. AND c. OR d. 5. e. AND g.
2. Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaat verandering wereldwijd?	a. Urban Greening b. Methods c. Effects d. Climate Change e. Global f. Europe g. Mitigation h. Global warming f. (*)	1. a. AND b. AND c. 2. a. AND b. AND c. AND d. 3. a. AND b. AND c. AND d. AND e. OR f. 4. a. AND h. 5. a. AND d. AND g.
3. Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?	a. Urban Greening b. Methods c. The Netherlands d. Dutch e. Application f. Cities g. Household practices h. Initiatives i. (*)	1. a. AND b. AND c. 2. a. AND d. AND e. 3. a. AND e. AND f. 4. a. AND c. AND g.
4. Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?	a. Urban Greening b. Methods c. The Netherlands d. Effects e. Dutch initiatives f. Climate Change	1. a. AND b. AND c. AND d. 2. a. AND e. AND d. 3. a. AND c. AND d. AND f. AND g. 4. c. AND e. AND f.

	g. Mitigation h. Cities i. (*)	
--	--------------------------------------	--

*De resultaten uit het literatuuronderzoek bij deelvraag één hebben nieuwe trefwoorden opgeleverd die vervolgens als zoektermen zijn gebruikt bij het literatuuronderzoek voor de andere drie deelvragen. Deze nieuwe zoektermen zijn dus pas na uitvoering van het literatuuronderzoek voor deelvraag 1 duidelijk geworden. Ze staan vermeld in het hoofdstuk resultaten onder kop 3.1.4. Nieuwe zoektermen.

2.2. Evalueren/selecteren

Om na te gaan of de gevonden literatuur relevant was voor dit onderzoek, zijn er in een aantal stappen selectiecriteria toegepast:

- Na het invoeren van de zoektermen, werd er gekeken naar resultaten met interessante titels.
- Dan werd er gekeken naar de publicatiedatum. Bij voorkeur mocht deze niet ouder zijn dan 15 jaar geleden: 2003. Uitzonderingen konden worden gemaakt wanneer er geen andere recente en relevante artikelen waren, dan werd de meest recente gekozen.
- De samenvatting van het artikel werd vervolgens gelezen om de relevantie te bepalen.
- Het artikel mocht niet te diep in gaan op een specifiek onderwerp binnen Urban Greening. Als voorbeeld: een artikel over een bepaald micro-organisme in een stadsboom is te specifiek en staat te ver van het onderwerp af.
- Wanneer het artikel relevant leek te zijn, werd de discussie/conclusie gelezen om de context van het onderzoek en het resultaat beter te begrijpen. Verkeerde interpretaties maken kon zo worden voorkomen.
- De voorkeur ging uit naar artikelen met volledige toegang (zogenaamd “Open access” artikelen). In sommige gevallen kon het zijn dat er een interessant artikel gevonden werd waar geen volledige toegang tot is. Dan kon de informatie uit de samenvatting wel gebruikt worden maar werd het artikel niet gebruikt om een statement te maken.
- Tenminste 10 van de gevonden artikelen voor de scriptie moesten peer reviewed zijn.
- In het geval van boeken moest er meer dan één auteur zijn en moesten er wetenschappelijke bronnen voor zijn gebruikt.

2.3 Analyseren

Alle relevante literatuur, die voldeed aan de selectiecriteria, werd vervolgens opgeslagen in de onlinebibliotheek van Mendeley. Dit programma maakt het makkelijk om literatuur op te slaan met bijbehorende informatie en deze ook weer terug te vinden. Daarnaast is ook Excel gebruikt om de literatuur in categorieën op te delen ter ondersteuning van het schrijfproces. De volgende categorieën zijn in Excel gebruikt: *Titel, Auteur, Keywords, Publicatiedatum, URL link, Datum gevonden* en *Relevant voor welk onderdeel*. Voor het schrijven van de verschillende onderdelen van de scriptie zijn telkens alleen de artikelen geraadpleegd die zijn ingedeeld bij het bijbehorende onderdeel.

2.4 Onderzoeksvragen

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag “*Hoe en in welke mate kan de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland verminderen?*” zijn er vier deelvragen opgesteld. Deze zijn ieder in een eigen paragraaf beantwoord.

1. Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?

Deze paragraaf geeft een introductie over het onderwerp Urban Greening en legt uit wat het concept precies inhoudt. Ook geeft het een overzicht van de Urban Greening methoden die bekend zijn en welke het meest worden gebruikt. Het doel is om de lezer van achtergrondinformatie te

voorzien en uit te leggen welke methoden er zijn en hoe deze worden toegepast op wereldwijde schaal.

2. *Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?*

In deze paragraaf is er een link gelegd tussen de methoden die worden toegepast en de effecten van klimaatverandering. Het doel is om uit te leggen hoe Urban Greening kan worden toegepast om de effecten van klimaatverandering op wereldwijde schaal te verminderen.

3. *Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?*

In deze paragraaf is nader onderzocht wat de stand van zaken is omtrent de toepassing van Urban Greening in Nederland. Het schets eerst een beeld van de kwetsbare gebieden in Nederland. Vervolgens geeft het een overzicht van wat er waar in Nederland gedaan wordt.

4. *Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?*

In dit laatste hoofdstuk is er gekeken naar bestaande initiatieven in Nederland op het gebied van Urban Greening en hoe deze mogelijk de effecten van klimaatverandering kunnen beïnvloeden. Hierbij is getracht kwantitatieve data te geven van wat implementatie zou kunnen opbrengen.

3. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten per deelvraag, welke op volgorde worden behandeld. Allereerst wordt er ingegaan op de bestaande Urban Greening methoden wereldwijd en welke het meest worden gebruikt. Vervolgens wordt er toegelicht hoe deze methoden bijdragen aan het verminderen van de effecten van klimaatverandering wereldwijd. Dan wordt er beschreven welke Urban Greening methoden in Nederland worden toegepast. Tot slot wordt er ingegaan op wat de implementatie van deze methoden in Nederland kan opleveren.

3.1. Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?

In deze deelvraag wordt uitgelegd wat Urban Greening betekent en hoe het in de literatuur wordt gedefinieerd. Vervolgens is er een overzicht gegeven van de verschillende methoden die bekend zijn in de literatuur. Tot slot is er inzichtelijk weergegeven welke methoden er wereldwijd het meest gebruikt worden en waar dit gebeurt.

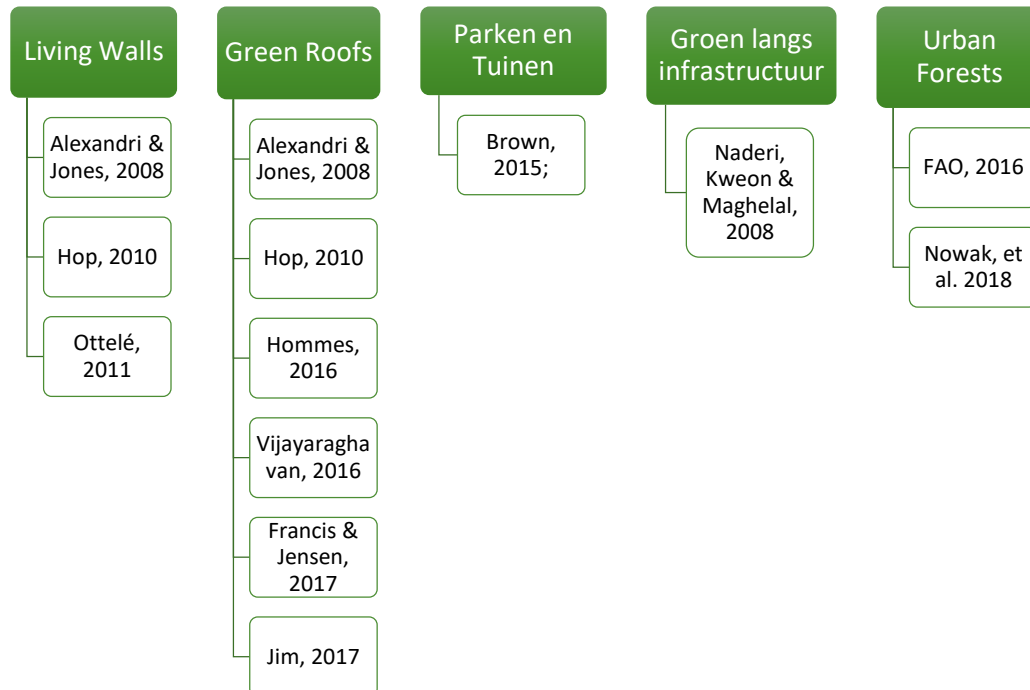
3.1.1. Urban Greening

Door de geschiedenis heen, zijn steeds meer mensen in steden of stedelijk gebied komen te wonen. Waar eerst de steden nog klein waren en de natuur makkelijk te bereiken was, is in hedendaagse steden de natuur zowel letterlijk als figuurlijk steeds verder van de inwoners komen te liggen. Met de groei van de wereldpopulatie en de omvang van steden, groeit ook het aantal inwoners met een slecht bereik tot de natuur. Zo woont bijvoorbeeld 70% procent van de Europeanen in 2018 in steden (United Nations, 2018). Een van de antwoorden op het verminderde groen in stedelijk gebied is Urban Greening. Dit is een verzamelnaam voor methoden die stedelijke gebieden weer moeten vergroenen. Eerste vormen van Urban Greening waren de aanleg van stadstuinen en -parken door overheden (Jim, 2013). Vervolgens nam de welvaart toe en konden steeds meer mensen een eigen tuin hebben.

Inmiddels zijn er veel methoden bijgekomen en wordt de term 'Urban Greening' in veel literatuur gebruikt. Naast Urban Greening wordt ook de term Urban Forestry gebruikt. In eerste instantie lijken deze termen gebruikt te worden om hetzelfde aan te duiden. Volgens het tijdschrift 'Urban Forestry & Urban Greening' wordt er onder Urban Forestry én Urban Green het volgende verstaan: "Alle groene bronnen binnen en rondom stedelijk gebied zoals: bossen, privé en openbare tuinen en parken, natuurgebieden, straatbomen en aangelegd groen op pleinen, botanische tuinen en begraafplaatsen". Uit het rapport van Vries, Boone, Rooij de & Keip (2017) blijkt toch dat er een verschil is tussen wat beide termen aanduiden. Urban Forestry gaat om de bossen en losse bomen in een stedelijk gebied en Urban Greening wordt gebruikt voor al het groen in stedelijk gebied en met name de verzameling hiervan. Daarnaast wordt Urban Greening volgens sommige bronnen ook gezien als Green Infrastructure (Demuzere et al., 2014; Naumann et al., 2011a). De definitie hiervoor luidt als volgt: Green Infrastructure is the network of natural and semi-natural areas, features and green spaces (Naumann, et al., 2011b). Uitgaande van deze definitie, is Green Infrastructure geen Urban Greening methode maar dragen Urban Greening methoden wel bij aan het verbeteren van de verbinding tussen het stedelijk groen, oftewel de Green Infrastructure. Wat duidelijk wordt uit de literatuur is dat er niet één vaste definitie bestaat voor Urban Greening. In de verschillende onderzoeken geven de onderzoekers hier een eigen invulling aan. Daarom is voor dit rapport gekozen om op basis van de definitie van het tijdschrift 'Urban Forestry & Urban Greening' de volgende definitie aan te houden: *Urban Greening is het aanleggen van alle soorten groene bronnen binnen en rondom stedelijk gebied zoals: bossen, privé en openbare tuinen en parken, natuurgebieden, straatbomen en aangelegd groen op pleinen, botanische tuinen en begraafplaatsen.*

3.1.2. Urban Greening methoden

Uit de analyse van de gevonden literatuur zijn er vijf verschillende Urban Greening methoden naar voren gekomen (zie Figuur 1). Dit zijn: Living Walls, Green Roofs, Parken en Tuinen, Groen langs infrastructuur en Urban Forests. Van deze methoden is de meeste literatuur over Green Roofs gevonden. Daarnaast is er een overlap in 'Parken en Tuinen' en 'Urban Forests' omdat deze definities gedeeltelijk overeenkomen.



Figuur 1. Overzicht van de literatuur per Urban Greening methode

Living Walls:

In de literatuur wordt verticaal groen op verschillende manieren genoemd: Living Wall, Eco Wall, Green Wall, Vertical Green of Gevel Groen in het Nederlands. In alle gevallen gaat het erom dat er op een verticale wijze groen wordt aangebracht, dit kan zowel binnen als buiten. Het gebeurt vaak langs een muur en wordt daarom ook wel levende muur ("Living Wall") genoemd. Er zijn twee verschillende methoden om verticaal groen aan de buitenkant te creëren. De eerste methode is met het gebruik van klimplanten die onderaan de muur in de grond geworteld zijn en zich aan de wand vestigen en zo naar boven klimmen. De tweede methode is met het gebruik van panelen met substraat (dit is een voedingsbodem). De planten hangen dan als het ware in verschillende zakjes aan de muur. Hierbij is het noodzakelijk dat er een irrigatiesysteem aanwezig is om de planten van water te voorzien. Wanneer er gewerkt wordt met de eerste methode dan is het eindbeeld pas na een aantal jaar zichtbaar terwijl bij de tweede methode dit direct tot na een aantal maanden al het geval is. Dit gegeven is met name terug te zien in de prijs. Werken met panelen heeft een hogere aanschafprijs dan het planten van klimplanten die zelf omhoog klimmen. (Hop, 2010). Een Nederlandse bron van Ottelé uit 2011 spreekt daarnaast over een verschil in betekenis tussen verticaal groen en groene gevels. Het wordt verticaal groen genoemd wanneer het aangebrachte groen niet groen gebonden is maar door middel van substraten aan de muur hangt. Wanneer dit dus niet het geval is en er wordt gewerkt met klimplanten die in de grond geworteld zijn, dan wordt dit volgens Ottelé (2011) gevel groen genoemd.

Green Roofs:

Green Roofs, oftewel de groene daken is een methode die vergroening naar een hoger niveau tilt. Het gaat letterlijk om de vergroening van daken op verschillende wijzen. Er bestaan drie verschillende categorieën: extensief dakgroen, semi-intensief dakgroen, intensief dakgroen (Hop, 2010; Vijayaraghavan, 2016). Dit gaat van een lichte begroeiing zoals mos naar gras en kruiden tot de

aanplanting van hele parken of bossen. Afhankelijk van het type dak zijn er verschillende mogelijkheden. Extensief dakgroen bestaat uit mos of sedum, vraagt weinig onderhoud en kan zelfs op schuine daken geplaatst worden. Op een licht hellend dak kan semi-intensief dakgroen geplaatst worden. Het vraagt licht onderhoud en irrigatie enkel bij droogte. Alleen op versterkte en platte daken is het mogelijk om intensief groen zoals heesters en bomen te plaatsten. Hierbij is het altijd nodig om te irrigeren en is er ook veel onderhoud nodig. (Hop, 2010).

Parken en tuinen:

Zoals eerder genoemd is een van de eerste methode die ontstaan is vroeger, de aanleg van parken en tuinen (Jim, 2013). Tuinen kunnen zowel in privébezit zijn als openbaar voor publiek. Vaak zijn parken en tuinen aangelegd zodat het er esthetisch goed uit ziet en mensen hier kunnen recreëren. Volgens Brown (2015) zijn parken en groene ruimtes de beste wijze om hitte in steden te verminderen. Zo bieden ze een omgeving met aangename temperaturen en verminderen ze kwetsbaarheid voor hittestress (verzamelnaam voor hitte veroorzaakte stress zoals ongemak, ziekte en sterftegevallen). In de literatuur wordt deze omgeving ook wel 'Park Cool Islands' genoemd (Chow, Pope, Martin & Brazel, 2011).

Groen langs infrastructuur:

Groen wordt ook strategisch ingezet langs infrastructuur, met name langs drukke wegen en kruispunten (Naderi, Kweon & Maghelal, 2008). Mits het niet het zicht wegneemt en daardoor gevaarlijke situaties creëert. Niet alleen zorgt dit groen voor een positieve esthetische ervaring van de bestuurders maar ook werkt het als opvangnet voor alle CO₂ die vrijkomt. Dit laatste speelt een belangrijke rol in het tegengaan van de effecten van klimaatverandering. Hoe dit precies werkt wordt verder toegelicht in deelvraag 3.2.

Urban Forests:

Deze Urban Greening methode kan op meerdere manieren worden gerealiseerd. Het gaat er om dat er een compacte aanplanting van met name bomen en struiken plaats vindt in stedelijk gebied. Dit kan zowel in de vorm van een traditioneel bos als door het beplanten van een gebouw, oftewel een verticaal bos. Figuur 7 laat het bekende 'Bosco Verticale' gebouw zien, een flatgebouw met een Urban Forest in Milaan. Naast Milaan zijn deze bossen in nog meer steden aangelegd met als reden het stadklimaat te verbeteren (Thijssen, 2017).

Onderstaande afbeeldingen (zie Figuren 2 tot en met 7) laten verschillende Urban Greening methoden zien.



Figuur 2. Green Roof in Beijing. Bron: Chinadaily



Figuur 3. Living Wall in Parijs. Bron: Greeninfo



Figuur 4. Groen langs infrastructuur in Tokyo. Bron: Wikipedia Omotesando Tokyo Spring 2012



Figuur 5. Urban park: Central Park in New York. Bron: Innocentie&Mangoniplante



Figuur 6. Urban Forest in Oregon. Bron: The Oregonian



Figuur 7. Urban Forest: 'Bosco Verticale' in Milaan. Bron: Thijssen, 2017

3.1.3. Gebruikte methoden wereldwijd

Ook is de literatuur onderzocht op waar in de wereld Urban Greening methoden worden toegepast. De resultaten hiervan zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 2. Er is geprobeerd is een zo volledig mogelijk beeld te geven van de plaatsen, maar mogelijk is de lijst niet uitputtend. De lijst geeft een goed beeld van waar Urban Greening zoal wordt toegepast wereldwijd.

Tabel 2. Plaatsen wereldwijd waar Urban Greening wordt toegepast

Waar	Wat	Bron
Canada	Door de aanwezigheid van stadsbomen wordt de lucht gezuiverd en de incidentie van humane mortaliteit door vervuiling verlaagd.	Nowak, et al. 2018
Melbourne, Australië	De gemeente van Melbourne heeft een 10 stappenplan ontwikkeld voor het aanleggen van Urban Forests. Hier hebben ze zelf al mee gewerkt en ze hebben het plan ontwikkeld voor andere gemeenten.	City of Melbourne's Urban Forest Strategy, 2015
New York, USA	MilionTreesNYC, een project om 1000 bomen in New York te planten en te verzorgen.	MillionTreesNYC, 2013
New York, USA	Friends Of The High Line, is een stichting die zich heeft ingezet om een verhoogd stuk treinspoor van vroeger te behouden. Samen met de Nederlander Piet Oudolf is ook gelijk een stadspark aangelegd. De plantkeuze werd gemaakt op basis van de soorten die van nature al waren ontstaan op het oude spoor.	The High Line, 2018
Basel, Toronto, Stuttgart, Singapore, Portland en Tokyo	Actief gebruik van groene daken die in sommige steden waren aangeraden of verplicht gesteld en soms gesubsidieerd.	Berardi, GhaffarianHoseini & GhaffarianHoseini, 2014; Vijayaraghavan, 2016
Noord-Amerika	Organisatie 'Green Roofs Industry' die door heel Noord-Amerika groene daken aanlegt en het belang ervan promoot onder de mensen.	Greenroofs, 2018
Milaan, Lausanne, Parijs en Nanjing	Flatgebouwen met een verticaal bos aangeplant.	Thijssen, 2017
Wereldwijd	'The Green City', een verzameling van organisaties die in steden wereldwijd werken aan het vergroenen van de stad.	The Green City, 2018
Japan	Diverse gebouwen door Japan met verschillende soorten groene daken. Het eerste getransformeerde gebouw was in 1994 en bestaat uit een heel park met een grasveld.	Real Estate Japan, 2018
Switzerland	Heeft per capita het grootste oppervlakte aan groene daken van de wereld. De overheid heeft de aanleg van groen op platte daken sinds 2002 verplicht gesteld.	Brenneisen, 2006

3.1.4. Nieuwe zoektermen

Zoals beschreven in de methode heeft het literatuuronderzoek in deze eerste deelvraag nieuwe trefwoorden opgeleverd. Deze zullen vervolgens als zoektermen worden gebruikt bij de andere drie deelvragen. De volgende acht zoektermen zullen aanvullend gebruikt worden:

- Eco Wall
- Green roof
- Green spaces
- Green Wall
- Living Wall
- Parks and Gardens
- Urban Forest
- Vertical Green

3.2. Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?

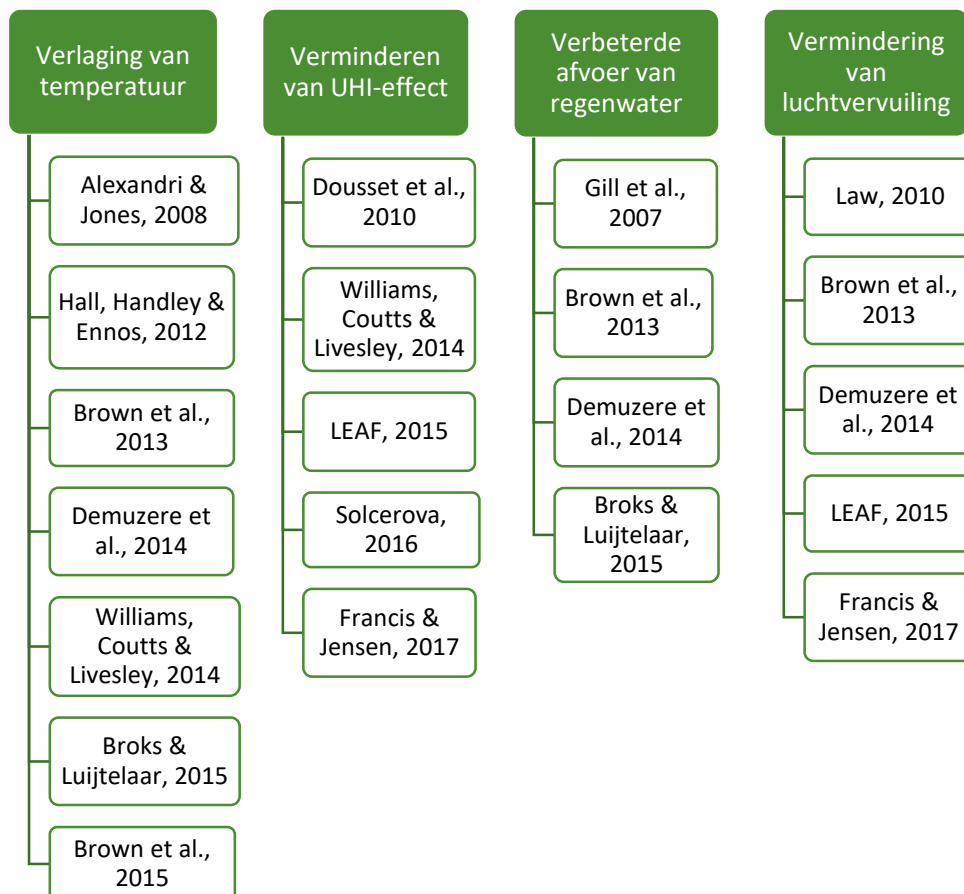
In deze deelvraag is er gekeken naar de effecten van klimaatverandering en welke effecten de toepassing van Urban Greening hierop heeft. Voor het zoeken van de literatuur zijn de zoektermen uit de methode gebruikt en aangevuld met de nieuwe zoektermen die uit deelvraag 1 zijn voortgekomen. Eerst wordt er ingegaan op welke effecten van klimaatverandering merkbaar zijn in steden. Vervolgens worden de effecten van Urban Greening methoden omschreven.

3.2.1. Effecten klimaatverandering

Uit de literatuur blijkt dat het toepassen van Urban Greening methoden veel voordelen heeft (Brown, Katscherian, Carter & Spickett, 2013). Een aantal voorbeelden daarvan zijn: buitenactiviteiten stimuleren, de waarde van een pand verhogen, de mentale gezondheid verbeteren en het geluid verminderen. Ook blijkt Urban Greening goed voor het verminderen van de effecten van klimaatverandering. Steden zullen steeds vaker effecten als hittegolven gaan ervaren door de verandering van het klimaat. Dit zal uiteindelijk ook weer leiden tot andere effecten zoals een daling in arbeidsproductiviteit, afname in gezondheid en het oplopen van sterftcijfers (Dousset et al., 2010; Lenzholzer, 2013). Ook wordt gezien dat steden vaker te kampen hebben met een toename in de intensiteit van regenbuien. Er komen tegelijk meer periodes van droogte voor terwijl de regenbuien intenser zullen worden (KNMI, 2018). De huidige waterafvoercapaciteit in steden is vaak niet berekend op zulke grote hoeveelheden water ineens. Een ander merkbaar effect in steden dat in mindere mate veroorzaakt wordt door klimaatverandering, is luchtvervuiling en een verslechtering van het microklimaat. Echter de toename van hitte in steden, een gevolg van klimaatverandering, heeft wel een sterke invloed op de luchtkwaliteit en het microklimaat. En andersom heeft ook luchtvervuiling weer invloed op klimaatverandering; zij beïnvloeden elkaar (Law, 2010).

3.2.2. Urban Greening effecten

Er zijn vier grote effecten van Urban Greening in de literatuur bekend. Dit zijn: verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatste het verminderen van luchtvervuiling. In figuur 8 is per effect in kaart gebracht welke van de gevonden studies hierover rapporteren. Over het verlagen van de temperatuur in relatie tot Urban Greening zijn de meeste studies gevonden. In de literatuurstudie van Francis & Jensen uit 2017 werd er gekeken naar alle mogelijke effecten van Green Roofs als Urban Greening methode. Zij vonden het meeste bewijs voor: het verminderen van het UHI-effect, luchtvervuiling en energiegebruik.



Figuur 8. Effecten van Urban Greening en de gevonden literatuur.

Verlagen van temperatuur:

Verscheidende onderzoeken zijn het met elkaar eens dat Urban Greening een grote rol speelt in het verlagen van de temperatuur in een stad (zie Figuur 8, 1^e kolom). Volgens Brown et al. (2015) is de beste manier om dit te doen door de aanleg van groene plekken en parken. Ze bieden namelijk een omgeving met comfortabele temperaturen en verminderen de gevoeligheid voor hittestress (Brown et al. 2015). Dit wordt ook wel 'Park Cool Islands' genoemd (Chow, Pope, Martin & Brazel, 2011). Groene plekken en parken werken op twee manieren om de temperatuur lager te krijgen: de hoeveelheid zonnestrallen die de plaats bereiken wordt verminderd, oftewel er wordt gezorgd voor meer schaduw, en de andere manier is door het beïnvloeden van windsnelheid door het gebied. Uit het onderzoek van Brown et al. blijkt dat parken, in vergelijking met losse groene plekken, als beste zorgen voor comfortabele temperaturen doordat ze voorzien in schaduwplekken. Het bladerdek van bomen in parken zijn namelijk meer aaneengesloten dan bij losse en verspreide groene plekken. Dat bomen effectief zijn in het verlagen van temperatuur wordt bevestigd door een studie van Hall, Handley & Ennos in 2014. Uit de resultaten blijkt namelijk dat het aanplanten van bomen in compacte woonwijken zorgt voor een temperatuurverlaging variërend van 0.5°C tot 2.3°C aldaar. In 2008 onderzochten Alexandri & Jones het verlagen van de lucht- en oppervlaktetemperatuur door het gebruik van groene daken of groene muren. Zij concludeerden dat het combineren van zowel het gebruik van groene daken als groene muren voor een aanzienlijke verlaging van de temperatuur zorgt. Daarnaast blijkt uit het onderzoek van Broks & Luijtelaar (2015) dat een groen dak de maximumtemperatuur op het dak in de zomer wel tot de helft kan verminderen. De temperaturen op de traditionele zwarte of rode daken kunnen zomers wel oplopen tot 70°C terwijl dit bij een groen dak tot ongeveer 35°C was. In tegenstelling tot de gevonden literatuur in figuur 8 de eerste kolom, blijkt uit het onderzoek van Solcerova et al. (2016) (Figuur 8, 2^e kolom) dat een groen dak niet voor verkoeling zorgt overdag. Een Green Roof met sedum bedekking liet in deze studie juist een gemiddelde (lichte) verhoging van 0.2 °C overdag zien, ten overstaand van een dak zonder bedekking.

Opvallend was dat er 's nachts wel een verlaging van temperatuur gemeten werd waardoor ze concludeerden dat het groene dak wel het Urban Heat Island effect kan tegen gaan. Dit effect is namelijk het grootst in de avond en nacht (uitleg volgt in de volgende paragraaf).

Verminderen UHI-effect:

Zoals eerder genoemd in de inleiding, kampen veel steden met het UHI-effect (Urban Heat Island effect). Steden bestaan veelal uit materiaal, zoals beton, dat warmte vasthoudt, ze zijn vaak compact gebouwd en bevatten weinig groen. Hierdoor komt de gemiddelde temperatuur van een stad hoger te liggen dan het omringende gebied en 's avonds is dit verschil het grootst (Bowler et al. 2010). Eén van de effecten van klimaatverandering is dat de temperatuur stijgt. Door dit effect zal ook het UHI-effect versterkt worden en daarmee ook de gevolgen die het UHI-effect met zich mee brengt, zoals meer sterftegevallen (Stewart & Oke, 2012). Volgens meerdere studies (zie Figuur 8, 2^e kolom), kan het UHI-effect worden tegen gegaan door het toepassen van groente ruimtes in steden. Zo noemen Williams, Coutts & Livesley (2014) in hun rapport dat het verhogen van de vegetatie en bodemvochtigheid in de stad de beste manier is om het UHI-effect te verminderen. Hierbij dragen openbare parken, overgebleven bossen, groene stroken, straatbomen, groene daken en muren en regentuinen allemaal bij in het minderen van de temperatuur in de stad. Het verlagen van UHI-effect gebeurt volgens LEAF (2015) door twee dingen: doordat het groen voorziet in schaduw en door het proces van verdamping waarbij de energie wordt gebruikt voor het proces van verdamping in plaats van dat het blijft hangen en voor hittestress zorgt (LEAF, 2015). Als voorbeeld, een verhoging van 10% van stedelijk groen in Melbourne Australië kan al voor een vermindering van 1 graad Celsius overdag zorgen (Williams, Coutts & Livesley, 2014).

Verbeterde afvoer van regenwater:

Naast de temperatuursverhoging, zorgt een veranderende hoeveelheid regen in de toekomst ook voor de vraag naar het klimaat adaptief maken van steden. Zoals eerder genoemd vraagt dit om maatregelen die de waterafvoer beter reguleren. Volgens een aantal studies, is dit waar Urban Greening van pas komt (zie Figuur 8, 3^e kolom). Volgens Gill et al. (2007) zorgt groen voor een verbeterde infiltratie van het regenwater in de grond waardoor het water minder snel en minder lang op straat blijft staan. Dit verkleint ook de bijbehorende risico's zoals overstroomde gebouwen en waterschade. Steden die geen tot weinig groen bevatten, hebben al snel dat 60% van het regenwater niet goed afstroomt terwijl dit op plekken met groen slechts 5 tot 15% is. De mate waarin toename van afstroomcapaciteit in een stad ontstaat hangt volgens Demuzere et al. (2014) wel af van de omvang en de plaats van het groen. De methode Green Roof heeft twee eigenschappen die bijdragen aan een verbeterde afvoer van regenwater: het zorgt enerzijds voor waterberging en anderzijds voor verdamping van het vocht (Broks & Luijtelaar, 2015). In eerste instantie houdt het groen het regenwater vast waardoor het uitstromen naar de afvoer met een vertraging gebeurt. Dit vermindert de druk op de rioleringen in situaties zoals piekbuien. Daarnaast zorgt de verdamping van het geborgen regenwater dat er uiteindelijk minder regenwater afstroomt naar rioleringen en afvoer. Afhankelijk van de dikte van de dakbedekking verschilt de mate waarin de afvoer wordt gereguleerd.

Vermindering van luchtvervuiling:

Zoals eerder genoemd, staat ook (in mindere mate) luchtvervuiling in verband met klimaatverandering (Law, 2010). Eén van de veel voorkomende elementen van luchtvervuiling is koolstof dioxide (CO₂). Met name de grote hoeveelheden hiervan in de atmosfeer hebben een bijdrage geleverd aan het opwarmen van de aarde en het klimaat dat daardoor verandert (Nowak, 2017). Daarnaast zorgt het veranderende klimaat voor langere periodes van droogte wat het microklimaat in de stad verslechtert. Uit de literatuurstudie zijn een aantal bronnen naar voren gekomen die Urban Greening in verband brengen met het verminderen van de effecten van klimaatverandering (zie Figuur 8, 4^e kolom). Bomen staan bekend om hun luchtzuiverende capaciteit doordat zij bijvoorbeeld CO₂ opnemen en omzetten tot zuurstof (O₂) (Demuzere et al., 2014). In een studie uit 2014 was gemeten dat bomen in stedelijk gebied in Amerika tot wel 651.000 ton CO₂ per jaar gezuiverd hebben (Nowak et al., 2014).

3.3. Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?

In het kader van deze deelvraag is informatie verzameld over waar en op welke manier in Nederland Urban Greening wordt toegepast. Allereerst is er geïnventariseerd wat kwetsbare gebieden in Nederland zijn. Vervolgens is gekeken op welke plaatsen Urban Greening methoden worden toegepast. De gevonden resultaten zijn inzichtelijk weergegeven in tabel 3. Per plaats is aangegeven welke methode daar wordt toegepast en wanneer dit plaats vindt of plaats heeft gevonden. Uiteindelijk is er een vergelijking gemaakt tussen de kwetsbare gebieden en de plaatsen waar Urban Greening wordt toegepast. Dit tezamen biedt inzicht in de stand van zaken ten aanzien van Urban Greening initiatieven in Nederland.

3.3.1. Kwetsbare gebieden in Nederland

Als gevolg van klimaatverandering op wereldwijd niveau, heeft Nederland te kampen met veranderende waterstanden (IenM, 2012; Van Den Berg, 2018). Door de opwarming van de aarde smelten de ijskappen. Het smeltwater komt vervolgens terecht in de omringende zeeën, wat zorgt voor het stijgen van de zeespiegel (Van Den Berg, 2018). Er is gemeten dat er per jaar gemiddeld 3.5 mm water stijging plaats vindt. Daarnaast blijkt ook dat de waterniveaus van rivieren in Nederland veranderen door klimaatverandering. Hoewel het doorgaans droger wordt, zullen er meer piekbuien ontstaan waardoor rivieren in korte tijd kunnen overlopen. Daarbij speelt het een rol dat meer dan de helft van de Nederlandse bodem aan het dalen is. De combinatie van een verhoogde kans op wateroverlast en een dalende bodem, maakt gebieden rondom de kust en rivieren erg kwetsbaar.

Zoals eerder benoemd in de inleiding, speelt de verharding van gebieden een grote rol in de mate waarop er met de effecten van klimaatverandering om gegaan kan worden. Deze verharde gebieden zijn voornamelijk steden, hoe groter de stad hoe groter het verharde gebied. Zo geldt bijvoorbeeld voor de oppervlaktetemperatuur en het UHI-effect, dat steden met een hoge mate van bebouwing en verharding ook hogere temperaturen ervaren. Al bij een stijging van 10% bebouwing in een gebied, wordt de oppervlaktetemperatuur verhoogd met 1.4°C (Echevarria Icaza, 2014). In figuur 9 (zie Bijlage I.) wordt weergegeven hoe hoog de temperatuurverschillen kunnen oplopen tussen gebieden en hun omgeving. Het laat zien dat met name in de meest verstedelijkte gebieden deze verschillen tot wel 8 graden kunnen oplopen. Daarnaast wordt er een vergelijking gemaakt tussen de temperatuurverschillen bij dag en bij nacht. Dit geeft het UHI-effect weer, welke ook het grootst is in verstedelijkte gebieden. De plaatsen met het grootste UHI-effect in figuur 9 zijn: Amsterdam, Den Haag, Eindhoven, Rotterdam en Utrecht.

De mate van bebouwing in een gebied heeft dus invloed op het omgangsmechanisme van een stad. Dit ligt echter niet alleen in de handen van de overheid, maar ook in die van de particulieren. In het onderzoek van Hommes et al. (2016) wordt de verharding in Nederlandse tuinen onderzocht. Ongeveer 56.000 hectare in Nederland bestaat uit particulieren tuinen. Hiervan was in 2016 al 44% versteent en de verwachting is dat dit sindsdien gestegen is. Volgens Hommes et al. (2016) draagt deze verharding bij aan het minder goed omgaan met droogte, hitte en regen in een gebied. Daarentegen komt uit het onderzoek van Lenzholzer (2014) naar voren dat het lastig te stellen is welke gebieden kwetsbaarder zijn dan anderen. Het hangt namelijk af van de ligging van de stad of het stedelijke gebied, bijvoorbeeld langs de kust of meer landinwaarts. Ook speelt de wijze waarop het gebied is ingedeeld mee, het ene gebied is veel compacter bebouwd dan het andere gebied.

3.3.2. Toepassing van Urban Greening in Nederland

In tabel 3 is weergegeven waar in Nederland Urban Greening wordt toegepast. De plaatsen zijn uitgezet tegen de methoden en de periode waarin het heeft plaats gevonden of nog steeds plaats vindt. Wat op valt is dat met name grote steden als Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht, Green Roofs en Parken en Tuinen toepassen als Urban Greening methode. Daarnaast wordt de aanleg van Green Roofs in zeker 24 gemeenten gefinancierd door de gemeente zelf (zie Bijlage II voor de lijst met gemeenten).

Tabel 3. Plaatsen in Nederland waar Urban Greening wordt toegepast

Plaats(-en)	Methode	Jaartal	Bron
Almelo	Aanleg van bomen door het centrum	2012	TEEB Stad, 2012
Almere, Delft, Deventer, Groesbeek, Heerlen, Utrecht, Zaandam, Zwartsluis en Zwolle	Urban Forest	Sinds 2015	IVN, 2018
Amsterdam	Green Roofs en Living Walls. De gemeente Amsterdam subsidieert de aanleg hiervan	Onbekend	Gemeente Amsterdam, 2018
Delft	Parken en Tuinen, Groen langs infrastructuur. Project 'de proeftuin' helpt bij de ontwikkeling van zowel groene als blauwe klimaatadaptatie strategieën	2010-2011	IenM, 2012
Den Haag	Living Walls. De gemeente Den Haag stimuleert de aanleg hiervan.	Onbekend	Gemeente Den Haag, 2016
Den Haag	Parken en Tuinen	Sinds 2011	Emma's Hof, 2018
Rotterdam	Green Roofs	2014-2018	Gemeente Rotterdam, 2016
Utrecht	Green Roofs en Living Walls. Gemeente Utrecht subsidieert de aanleg hiervan	Start campagne in 2009, vanaf 2011 volledig gesubsidieerd.	Gemeente Utrecht, 2018
Verschillende gemeenten door heel Nederland heen (zie Bijlage II)	Parken en Tuinen, Groen langs infrastructuur en de aanleg van diverse groene plekken	Sinds 2015	Operatie Steenbreek, 2018
24 gemeenten (zie Bijlage III)	Green Roofs. De aanleg wordt gesubsidieerd	Variërend	Groendak.info, 2018

3.3.3. De stand van zaken

Zoals benoemd in 3.3.1. blijkt dat de kwetsbare gebieden in Nederland vooral de grote en meest verstedelijkte steden zijn en gebieden gelegen bij de kust of langs rivieren. Steden die een hoog gemeten UHI-effect hadden zijn: Amsterdam, Den Haag, Eindhoven Rotterdam en Utrecht. Deze gemeenten, met uitzondering van Eindhoven, komen ook voor in tabel 3 met Urban Greening initiatieven in Nederland. Het lijkt erop dat er momenteel op kwetsbare gebieden al diverse Urban Greening methoden worden toegepast. Dit wordt bevestigd door een artikel van de WUR waarin onderzoeksresultaten van de groenste gemeenten van Nederland worden gepresenteerd (Visschedijk, 2014). Tijdens het onderzoek is in kaart gebracht hoeveel m² groen per woning de 31 grootste gemeenten van Nederland hebben (zie Figuur 9). Er werd geconcludeerd dat in de periode van 2009 tot 2014 de vier grootste gemeenten, Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht, hun m² groen per woning hebben weten te verhogen. De drie gemeenten met de hoogste hoeveelheid m² groen per woning waren: Heerlen, Emmen en Lelystad. Op welke manier de gemeenten hun m² groen hebben vergroot (of verlaagd) is tijdens het onderzoek niet onderzocht.

Positie	Gemeente	M2 groen per woning (2014)	M2 groen per woning (2009)	Vershil in %
1	Heerlen	164.7	151.1	9.0
2	Emmen	132.6	145.1	-8.6
3	Lelystad	123.0	104.2	18.1
4	Amersfoort	109.4	88.3	23.9
5	Eindhoven	102.0	96.3	5.9
6	Almelo	101.2	147.6	-31.4
7	Arnhem	98.8	96.4	2.5
8	Dordrecht	98.1	93.7	4.7
9	's-Hertogenbosch	97.9	93.1	5.2
10	Groningen	94.3	94.2	0.1
11	Nijmegen	87.7	94.1	-6.9
12	Zwolle	79.1	76.3	3.6
13	Helmond	78.2	69.6	12.5
14	Rotterdam	77.0	68.3	12.8
15	Enschede	73.4	75.6	-2.9
16	Leeuwarden	71.9	79.1	-9.0
17	Schiedam	69.0	62.4	10.6
18	Alkmaar	68.4	71.9	-5.0
19	Tilburg	68.1	77.4	-12.0
20	Venlo	67.8	72.2	-6.2
21	Deventer	66.9	83.9	-20.3
22	Zaanstad	66.5	61.3	8.5
23	Amsterdam	63.6	63.4	0.3
24	Breda	63.0	68.1	-7.6
25	Hengelo	59.0	60.7	-2.8
26	Maastricht	54.5	61.6	-11.6
27	's-Gravenhage	54.4	47.1	15.4
28	Sittard Geleen	53.4	56.2	-5.0
29	Utrecht	53.2	42.8	24.3
30	Leiden	51.7	52.4	-1.2
31	Haarlem	43.6	48.1	-9.4

Figuur 9. Ranglijst van Nederlandse gemeenten met hoeveelheid m2 groen per woning. Bron: Visschedijk, 2014

3.4. Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?

Voor het beantwoorden van de laatste deelvraag, is getracht een beeld te krijgen van wat de implementatie van Urban Greening methoden kan opleveren in Nederland. Hierbij is geprobeerd bronnen met kwantitatieve data te vinden, maar deze blijken erg schaars. Daarom zal in deze paragraaf eerst de (eerder benoemde) voordelen van de implementatie van de verschillende Urban Greening methoden worden aangehaald, zoals deze in de literatuur te vinden zijn. Vervolgens wordt er kwantitatieve data gepresenteerd in de vorm van kosten en baten van een aantal Urban Greening projecten in Nederland. Deze zijn inzichtelijk in een tabel weergegeven.

3.4.1. Voordelen van Urban Greening

De algemene voordelen van de implementatie van Urban Greening zijn al eerder uitgelicht in paragraaf 3.2.2. Urban Greening Effecten. Dit zijn: verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatste het verminderen van luchtvervuiling. De literatuur waarin dit beschreven wordt is veelal buitenlands, de volgende Nederlandse bronnen geven nog een aanvulling hierop. In het kader van het verlagen van de temperatuur en het UHI-effect door Urban Greening, kom Echevarria Icaza (2014) in het onderzoek met de volgende vuistregel: Wanneer 10% van het verharde en bebouwde oppervlak plaats maakt voor groen, daalt de oppervlaktetemperatuur met 1.3°C. Hierbij wordt het voordeel behaald op de combinatie tussen de ontharding van een gebied en het implementeren van Urban Greening.

Ook Staatsbosbeheer beschrijft hoe bossen en hout in Nederland een bijdrage leveren aan de oplossingen voor de klimaatproblematiek. Zo wordt er onder andere beschreven dat dit gedaan kan worden door de aanleg van nieuwe bos- en recreatiegebieden en vermeerdering van bestaande gebieden rondom steden. Maar ook door tijdelijke natuur aan te leggen op plaatsen die nog geen bestemming hebben gekregen. De bijdrages die het bos en hout kunnen leveren zijn o.a. de opslag van 3.4 miljoen ton CO₂ en de absorptie van 13 tot 36 miljoen fijnstof per jaar (Kuipers, 2017).

Naast de voordelen die gerelateerd zijn aan het klimaat, biedt het toepassen van Urban Greening ook andere voordelen. Zo blijkt dat bomen langs infrastructuur niet alleen goed zijn voor de fijnstofabsorptie en CO₂ opname. Uit een studie van Naderi, Kweon & Maghelal in 2008 is gebleken dat automobilisten zich veiliger voelden en minder hard gingen rijden op wegen met rijen bomen in tegenstelling tot wegen zonder deze rijen bomen.

3.4.2. Kosten en baten van Urban Greening projecten

In het rapport TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (2014) zijn er van verschillende projecten in Nederland de kosten en baten in kaart gebracht. TEEB is een studie die zich bezig houdt met wat water en natuur in een stedelijk gebied economisch gezien betekent, wat vervolgens in baten wordt uitgedrukt. Het rapport dat in 2014 gepubliceerd werd, legt uit wat TEEB is en hoe de eigen ontwikkelde methode om baten te berekenen werkt. De projecten die het meest relevant zijn voor het toepassen van Urban Greening zijn in tabel 4 weergegeven. De kosten en baten die zijn weergegeven, zijn gebaseerd op de resultaten uit de bron, welke allemaal geschat zijn door middel van hun eigen ontwikkelde methode. De schrijvers van het rapport wilden laten zien dat het belangrijk is om niet alleen naar de kosten te kijken, maar ook naar de verwachte baten van het aanleggen van groen. Wat opvalt in de voorbeelden van de projecten, is dat de baten hoger liggen dan de kosten.

Tabel 4. Kosten en van Urban Greening projecten uit TEEB, 2014

Project	Geschatte kosten	Geschatte baten
Gemeente Almelo wilde haar binnenstad aantrekkelijker maken voor bezoekers. Dit werd gedaan door de aanleg van bomen en divers groen door het centrum	€0.8 miljoen (in 40 jaar)	€3.8 miljoen (in 40 jaar) Baathebbers: winkeliers, bewoners Klimaat voordelen: niet genoemd
Delft Zuidoost, de aanleg van woningen werd in combinatie gedaan met het bergen van water en het aanleggen van groen. De aanleg van groen bestond uit Green Roofs en Green Walls	€17 miljoen	€27 miljoen Baathebbers: bewoners, bedrijven, TU-Delft, Hoogheemraadschap Delfland, Gemeente, Projectontwikkelaars, Woningcorporatie Klimaat voordelen: afname wateroverlast, verbetering luchtkwaliteit en energiebesparing
In Apeldoorn vindt de aanleg van 28 ha park in een nieuwbouwwijk plaats.	€10.2 miljoen	€19.4 miljoen Baathebbers: Projectontwikkelaars, omwonenden Klimaat voordelen: afname wateroverlast, verbetering waterkwaliteit, verbetering luchtkwaliteit en vermindering energieverbruik.
De gemeente Deventer heeft een park van 45 ha in een nieuwbouwwijk gerealiseerd. Het doel van het park was om water, natuur en recreatie samen te brengen.	€1.4 miljoen	€21 miljoen Baathebbers: bewoners van alle aangrenzende wijken. Klimaat voordelen: Verbetering van luchtkwaliteit
In Zwolle werd een groen uitloopegebied van 14 ha gecreëerd. Dit is gecombineerd met waterberging en beekherstel.	€1.86 miljoen	€2.86 miljoen Baathebbers: werknemers in omgeving, omwonenden en scholieren. Klimaat voordelen: minder wateroverlast, meer natuur, meer klimaatveiligheid en verbetering vestigingsklimaat.
Gemeente Eindhoven vond haar binnenstad niet groen genoeg, daarom zijn er diverse Urban Greening methoden toegepast zoals de aanleg van diverse bomen, Urban Forest en Green Walls.	€1.5 miljoen	€2.5 miljoen Baathebbers: Ondernemers, Omwonenden en kantoren Klimaatvoordelen: niet genoemd

4. Discussie

Voor dit rapport is een literatuurstudie uitgevoerd ter beantwoording van de vraag: “Hoe en in welke mate kan de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland verminderen?”. Met deze studie wordt er gekeken naar wat Urban Greening kan betekenen voor de effecten van klimaatverandering in Nederland. Het doel is om mensen hierover te informeren en eventueel ze aan te sporen tot de toepassing van Urban Greening. Met de beantwoording van het ‘hoe?’ gedeelte van de hoofdvraag, kan de lezer mogelijk met handvatten worden voorzien om de methoden toe te passen en zodanig de effecten van klimaatverandering in zijn of haar omgeving te verminderen.

4.1. Deelvraag 1

Wat opviel tijdens het uitvoeren van de literatuurstudie, is dat er veel informatie te vinden is op het gebied van Urban Greening. Er is met name veel literatuur te zien over de implementatie van groene daken. Het lijkt erop dat er wereldwijd veel gedaan wordt met de verschillende Urban Greening methoden. De plaatsen weergegeven in tabel 2 laten zien dat het redelijk verspreid is wereldwijd, uitgezonderd van Afrika, Rusland en Zuid-Amerika. Ondanks dat blijken er zeer weinig studies gedaan te zijn die kwantitatieve data hebben opgeleverd over de effecten van Urban Greening. In enkele gevonden literatuur werd ook gegeven dat deze informatie mist en dat hier meer onderzoek naar gedaan moet worden (Gill et al. 2007; Kabisch, et al. 2016).

Wat ook opvalt, is dat er weinig studies Urban Greening in totaliteit onderzoeken. Het gaat vaak maar over één methode en hier een specifiek effect van. Waarbij enkele bronnen twee methoden onderzochten, namelijk Green Walls en Green Roofs. Door het ontbreken van alomvattende studies die ook kwantitatieve data presenteren, was het lastig om deze data te presenteren. Daarnaast wordt er in de literatuur een veelvoud aan termen gebruikt die variëren van elkaar overlappen tot met elkaar overeenkomen. Vaste definities voor de methoden zijn niet vaak gevonden. Het geeft het idee dat er geen overeenstemming is op het gebied van Urban Greening en dat er veelal eigen definities worden gegeven bij de verschillende gebruikte namen voor Urban Greening methoden. Zelfs voor de term “Urban Greening” zelf is geen eensluidende definitie gevonden, waardoor er voor dit onderzoek eerst een definitie is geformuleerd.

Op basis van de resultaten uit de eerste deelvraag zijn er nieuwe zoektermen voor de andere drie deelvragen ontstaan. Deze termen bestaan met name uit de benamingen voor de verschillende Urban Greening methoden. Zo kon er concreter gezocht worden naar de effecten die deze methoden hebben.

4.2. Deelvraag 2

Voor het beantwoorden van de tweede deelvraag is er literatuur gezocht die over de effecten van Urban Greening gaan. Van de gevonden literatuur gingen de meesten over het effect ‘verlagen van temperatuur’. Ook is er veel literatuur gevonden over het effect ‘UHI-effect verminderen’. Het valt te bediscussiëren of deze twee effecten bij elkaar horen of niet. Het UHI-effect heeft te maken met temperatuurverschillen tussen steden en buitengebied en dus gaat het ook hier om temperatuur. Beiden effecten zijn dus sterk aan elkaar gerelateerd. Toch is er voor gekozen om dit als twee afzonderlijke effecten te beschouwen en vervolgens te presenteren. Dit is namelijk ook op deze manier terug gezien in de literatuur. Het verlagen van het UHI-effect door Urban Greening werd in de literatuur als afzonderlijk onderwerp behandeld. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat bij het UHI-effect duidelijk beschreven effecten horen zoals mortaliteit, ziekte en verlaagde arbeidsproductiviteit. Literatuur over het verlagen van de temperatuur door Urban Greening, onderzocht dit onderwerp algemener.

Wat bij de resultaten van deze deelvraag ook opvallend is, dat er tegenstrijdige uitspraken zijn gedaan over het vermogen van Green Roofs om de temperatuur te verlagen. Zowel uit het onderzoek van Alexandri & Jones (2008) als Broks & Luijcklaar (2015) is naar voren gekomen dat groene daken de oppervlaktetemperatuur kunnen verlagen. In het onderzoek uit 2008 was de combinatie van groene daken met groene muren het meest effectief en in het onderzoek uit 2015 werd alleen naar groene daken gekeken. Echter, in 2016 beweert Solcerova en haar collega's dat groene daken de temperatuur overdag niet verlaagt. Er wordt sterker nog gesproken over een lichte verhoging van temperatuur. Opvallend aan dit onderzoek is dat s 'avonds wel een daling in temperatuur wordt gezien, waardoor er geconcludeerd is dat groene daken effectief zijn in het verminderen van het UHI-effect. Om te weten wat het effect van groene daken op de temperatuur precies is, zou er meer onderzoek gedaan kunnen worden.

4.3. Deelvraag 3

In deelvraag 3 is er beeld geschetst van de huidige stand van zaken van Urban Greening in Nederland. Eerst door het in kaart te brengen van de kwetsbare gebieden in Nederland, in relatie tot de effecten van klimaatverandering. Vervolgens is er een overzicht gegeven van waar er in Nederland Urban Greening wordt toegepast. Door deze gegevens naast elkaar te leggen kan het inzicht bieden in waar in Nederland Urban Greening nog niet wordt toegepast, maar wat wel tot een kwetsbaar gebied behoort en dus voordeel valt te behalen.

Het blijkt dat er verspreid door Nederland al diverse methoden worden toegepast, met een focus op de grote steden. Een mogelijke verklaring waarom met name bronnen zijn gevonden over grote steden zou kunnen zijn dat hier daadwerkelijk meer wordt gedaan op het gebied van Urban Greening. Een andere reden zou kunnen zijn dat er over grote steden wel wordt gerapporteerd maar over kleine steden of gemeenten niet, terwijl zij wellicht ook Urban Greening toepassen. Het initiatief 'Operatie Steenbreek' is erg verspreid over Nederland en wordt tenminste in iedere provincie in één gemeente uitgevoerd. De meeste deelnemende gemeenten zijn gecentreerd rondom de grote steden Utrecht en Rotterdam en de kustlijn tussen Den Haag en Amsterdam. Deze resultaten komen overeen met de resultaten over de kwetsbare gebieden in Nederland.

4.4. Deelvraag 4

Om de laatste deelvraag te kunnen beantwoorden, is er gezocht naar literatuur om de 'mate' van de bijdrage van Urban Greening te achterhalen. Tijdens het zoeken bleek echter dat deze literatuur zeer schaars is. Het lijkt erop dat het onderzoek nog vooral bezig is op het vlak van de toepassing van Urban Greening zelf en hoe dit gedaan wordt. Het zou mogelijk ook kunnen meespelen dat het moeilijk is om alle voordelen te kwantificeren omdat er veel factoren meespelen. Van verschillende Urban Greening projecten in Nederland is inzichtelijk gemaakt wat de kosten en baten zijn (o.a. uitgedrukt in Euro's). Deze gegevens zijn afkomstig uit één bron waardoor het zou kunnen dat het niet een volledig beeld geeft.

Vrijwel alle gevonden literatuur spreekt over positieve voordelen van de toepassing van Urban Greening, in het algemeen en in het kader van klimaatverandering. Toch zijn er enkele bronnen die tegenstrijdige resultaten presenteren. Een vijftal studies concludeerde dat Urban Greening bijdraagt in het verminderen van luchtvervuiling, o.a. door het inzetten van bomen en Green Walls. Tot in tegenstelling hierin, geven drie onderzoeken juist aan dat bomen langs de weg (met name in smalle straten) de doorstroom van lucht en wind verminderen (Gromke & Ruck, 2009; Keuken & Van Der Valk, 2010; Vos et al., 2013). Hierdoor kunnen vervuiling en stoffen juist meer blijven hangen. Volgens Keuken & Van Der Valk werd er meer vervuiling en CO₂ in de bomenlaan vastgehouden dan dat de bladeren absorbeerde en daarom concludeerde zij dat het voor meer vervuiling zorgt. Echter, ze

concludeerde dat het gebruik van heggen langs de weg juist als een goede barrière zorgt tussen de uitstoot van verkeer en de fietsers en voetgangers langs de weg.

Het verschil in de resultaten van de onderzoeken geeft een indicatie dat het type vegetatie en de locatie waar het geplaatst wordt een invloed heeft op het effect. Dit wordt bevestigd door de onderzoekers van LEAF (2015), ook zij geven aan dat het uitmaakt waar de boom geplaatst wordt voor de mate van luchtzuivering. Daarnaast geeft Brown et al. (2015) aan dat iedere stad anders is en dat de aanleg van groen en parken per situatie verschilt. Uit de resultaten blijkt dat stedelijk groen de infiltratie van regenwater in de grond kan verhogen. Hiermee wordt verdroging voorkomen en piekbuien beter gereguleerd. Toch is de effectiviteit van groen afhankelijk van het type grond (Vries et al., 2017). Zand, veen en klei etc. hebben sterk verschillende infiltratiecapaciteiten. Dit laat zien dat het lastig te zeggen valt wat precies de mate van effectiviteit van Urban Greening is.

4.5. Onderzoeksopzet

Dit onderzoek is uitgevoerd middels een literatuurstudie binnen een tijdsbestek van zeven weken. Normaliter neemt een diepgaande literatuurstudie meer tijd. Hierdoor zou het mogelijk kunnen zijn dat niet alle bestaande literatuur voor de beantwoording van de deelvragen zijn gevonden en gepresenteerd. Veel van de resultaten is gevonden door het toepassen van de beschreven methode: verschillende zoektermen in zoekmachines invoeren. Tijdens de uitvoer hiervan zijn echter ook veel bronnen gevonden door de literatuurlijst van een relevante bron na te lopen. Deze nieuwe literatuur is vervolgens, net als de andere literatuur, geëvalueerd/geselecteerd op de wijze zoals vermeld in de methode.

Hoewel er relatief gezien weinig tijd was voor het uitvoeren van het onderzoek, is er een gedegen dataset opgebouwd. Er zijn diverse bronnen, officiële rapporten en tenminste 30 wetenschappelijke onderzoeken gevonden. De resultaten bestaan dus uit diverse dataset wat de validiteit van de conclusie aannemelijker maakt. Tot slot heeft de motivatie en gedrevenheid van de schrijver mogelijk een positieve bijdrage gehad aan de uitvoer van de literatuurstudie.

5. Conclusie & Aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd om te achterhalen hoe en in welke mate het gebruik van Urban Greening de effecten van klimaatverandering in Nederland kan verminderen. Het doel is om mensen hierover te informeren en eventueel ze aan te sporen tot het toepassen van Urban Greening. Met de beantwoording van het 'hoe?' gedeelte van de hoofdvraag, kan de lezer mogelijk met handvatten worden voorzien om de methoden toe te passen en zodanig de effecten van klimaatverandering in zijn of haar omgeving te verminderen. Dit rapport is dan ook geschreven voor iedereen die op enige manier verbintenis heeft met stedelijke ontwikkeling, in staat is iets in zijn of haar omgeving te veranderen of simpelweg geïnteresseerd is in het onderwerp Urban Greening.

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag zijn vier deelvragen middels een literatuurstudie beantwoord, te weten:

1. *Welke Urban Greening methoden bestaan er wereldwijd en welke hiervan worden het meest gebruikt?*

Er bestaan vijf Urban Greening methoden, namelijk: Living Walls, Green Roofs, Parken en Tuinen, Groen langs infrastructuur en Urban Forests. Op basis van de gevonden literatuur, lijkt het erop dat Green Roofs het meest wordt toegepast wereldwijd. Bovendien blijkt Urban Greening op veel verschillende plekken in de wereld te worden toegepast.

2. *Wat zijn de effecten van deze methoden op de vermindering van de effecten van klimaatverandering wereldwijd?*

In het verminderen van de effecten van klimaatverandering, heeft de toepassing van Urban Greening methoden vier verschillende effecten, namelijk: verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatst het verminderen van luchtvervuiling.

3. *Wat is de stand van zaken t.a.v. Urban Greening initiatieven in Nederland?*

Urban Greening wordt op verschillende manieren toegepast in Nederland. Zo zijn er een groot aantal gemeenten die de aanleg van Green Roofs stimuleren door het subsidiëren ervan. Dan is er ook een groot project (Operatie Steenbreek) in heel Nederland dat mensen stimuleert om tegels te verwijderen en hier groen voor in de plaats aan te brengen. Methoden die wereldwijd worden toegepast, zijn ook terug gevonden in Nederland.

4. *Wat kan de implementatie van Urban Greening in Nederland opleveren?*

Naast de gevonden literatuur over de effecten van Urban Greening, blijkt literatuur met kwantitatieve data over wat de implementatie in Nederland oplevert schaars te zijn. In één bron zijn de kosten en baten van verschillende Urban Greening projecten in kaart gebracht waaruit bleek dat de baten veel hoger zijn dan de kosten.

Alle antwoorden van de deelvragen geven vervolgens een antwoord op de hoofdvraag, te weten:

Hoe en in welke mate kan de implementatie van Urban Greening methoden de effecten van klimaatverandering in Nederland verminderen?

De toepassing van Urban Greening methoden zorgt voor het verlagen van de temperatuur, verminderen van het Urban Heat Island effect, verbeteren van de afvoer van regenwater en als laatst het verminderen van luchtvervuiling. Door deze toe te passen in het stedelijk gebied kunnen hier de effecten van klimaatverandering worden tegen gegaan. In welke mate deze effecten verminderd worden, is echter niet gebleken uit het onderzoek vanwege gebrek aan literatuur. De beantwoording van dit gedeelte vraagt om nader onderzoek.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van de resultaten uit het onderzoek zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld, deze zijn ingedeeld naar kort en lang termijn.

Aanbevelingen op korte termijn:

Allereerst is het belangrijk dat er meer onderzoek gedaan gaat worden naar wat de implementatie van Urban Greening precies kan opleveren. Hierbij zou eventueel met gecontroleerde onderzoekopstelling gewerkt kunnen worden waarbij verschillende methoden worden getest. Werken met een gecontroleerde omgeving zou de ontbreken de inzichten kunnen geven in alle verschillende invloeden op Urban Greening effecten. Het is daarnaast ook erg interessant om te onderzoeken welk effect het combineren van de verschillende methoden heeft. De focus van toekomst onderzoek naar Urban Greening zou in ieder geval op het vergaren van kwantitatieve data moeten liggen.

Aanbevelingen op lange termijn:

De veel verschillende gebruikte termen en definities voor Urban Greening methoden in de literatuur kunnen voor verwarring en onduidelijke resultaten zorgen. Om helderheid in de literatuur te creëren, is meer uniformiteit en overeenstemming tussen de verschillende vakgebieden en onderzoekers erg wenselijk. Een aanbeveling voor gebiedsontwikkelaars, is om al tijdens de ontwikkeling de aanleg van groen te implementeren. Dit kan mogelijk schelen in kosten dan wanneer dit achteraf in het gebied geplaatst moet worden.

Referenties

- Alexandri, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43(4), 480-493.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. & GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Appl. Energy*, 115, 411-428, 10.1016/j.apenergy.2013.10.047
- Bowler, D., Buyung-Ali, L., Knight, T., & Pullin, A. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97, 147-155.
doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
- Brenneisen, S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats*, 4(1). ISSN 1541-7115. Geraadpleegd van:
http://urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_pdf.pdf
- Broks, K. & Luijtelaaar, H. (2015). *Groene daken nader beschouwd*. Rapportnummer 2015-12. ISBN 978 90 5773 674 2. Stichiting RIONED en STOWA. Geraadpleegd van:
<http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/2015-en-ouder/Documenten/Groene%20Daken%20nader%20beschouwd.pdf>
- Brown, H., Katscherian, D., Carter, M., Spickett, J. (2013). *Cool communities: Urban trees, climate and health*. Curtin University. Geraadpleegd van
<http://ehia.curtin.edu.au/local/docs/CoolCommunities.pdf>
- Brown, R., Vanos, J., Kenny, N. & Lenzholzer, S. (2015). Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. *Landscape Urban Planning*. 138, pp. 118-131.
10.1016/j.landurbplan.2015.02.006
- Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., . . . Sanesi, G. (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, 134, 221-228.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022>
- Carter, J. (2011). Climate change adaptation in European cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 193-198. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.015>
- Chapin III, F., Kofinas, G., & Folke, C. (2009). *Principles of Ecosystem Stewardship*. New York, USA: Springer Science.
- Chow, W., Pope, R., Martin, C. & Brazel, A. (2011). Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: Horizontal and vertical impacts. *Theoretical and Applied Climatology*, 103(1-2), 197-211. DOI: 10.1007/s00704-010-0293-8
- Christensen, P., Gillingham, K., & Nordhaus, W. (2018). Uncertainty in forecasts of long-run economic growth. *PNAS*, 115(21), 5409-5414. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1713628115>
- City of Melbourne's Urban Forest Strategy. (2015). HOW TO GROW AN URBAN FOREST. Geraadpleegd van http://2020vision.com.au/media/53149/urban-forest-strategy-fa_lores_spreads.pdf

- Claessens, J.W., Schram-Bijkerk, D., Van Breemen, E.M., Houweling, D.A., Van Wijnen, H. (2012) Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad. Bilthoven: RIVM rapport 607050011. Geraadpleegd van: https://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2012/mei/Bodem_als_draagvlak_voor_een_klimaatbestendige_en_gezonde_stad
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P., Anderegg, W., Verheggen, B., Maibach, E., . . . Rice, K. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4), 80-95. doi:10.1088/1748-9326/11/4/048002
- Delshammar, T. (2014). Urban Greening Strategies for Compact Areas – Case study of Malmö, Sweden. *Nordic Journal of Architectural Research*, 26 (2). 161-178. ISSN: 1893-5281
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhawe, A., Mittal, N., Feliu, E. & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>.
- Dousset, B., Gourmelon, F., Laaidi, K., Zeghnoun, A., Giraudet, E., Bretin, P., Mauri, E. & Vandertorren, S. (2010). Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area. *International Journal of Climatology*, 31(2), 313-323. doi:10.1002/joc.2222
- Echevarria Icaza, L. (2014). *Climate Proof Cities Eindrapport*. Delft: Eindredactie: Vera Rovers, Peter Bosch, Ronald Albers (TNO). Geraadpleegd van: <http://edepot.wur.nl/319234>
- Emma's Hof (2018). Stadstuin Emma's Hof [website]. Geraadpleegd op 24 juli 2018 van: <http://www.emmashof.nl/>; 2011
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016). Building greener cities: nine benefits of urban trees. Geraadpleegd op 16 juli 2018 van: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/454543/>
- Francis, L. & Jensen, M. (2017). Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry & Urban Greening*, 28, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.015>.
- Gemeente Amsterdam (2017). Plan Amsterdam: Bouwen aan een groene stad, jaargang 23 (3). Geraadpleegd van: https://issuu.com/gemeenteamsterdam/docs/planam-03-2017g_____nl?e=19262377%2F55655129
- Gemeente Amsterdam (2018). Subsidies voor meer en beter groen [Internetartikel]. Geraadpleegd op 25 juli 2018 van: <https://www.amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/bouwen-verbouwen/subsidies-groen/>
- Gemeente Den Haag (2016). Haagse geveltuinen [Folder]. Geraadpleegd van: <https://www.denhaag.nl/web/file?uuid=aa4ba8ce-85ef-4e4f-bfd0-c2396f3545c6&owner=5886ef6c-7c2b-47a0-a945-0cceaaf8ea6>
- Gemeente Utrecht (2018). Actualisatie Groenstructuurplan 2017-2030. Geraadpleegd van: <https://www.utrecht.nl/fileadmin/uploads/documenten/bestuur-en-organisatie/beleid/omgevingsvisie/groen/2018-Actualisatie-Groenstructuurplan-2017-2030.pdf>

Gemeente Rotterdam (2016). Duurzaam dichterbij de Rotterdammer. Eerste rapportage voortgang: *programma Duurzaam 2015-2018*. Geraadpleegd van: http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/monitor_Duurzaam_2015-2018_Rapportage_DEF_220616.pdf

Gill, S., Handley, J., Ennos, R. & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*. 33. 115-133. 10.2148/benv.33.1.115.

Greenroofs (2018). About green roofs. Geraadpleegd op 16 juli 2018 van: <https://greenroofs.org/>

Groendak.info (2018). Subsidie hét groeimiddel voor groendaken [Internetartikel]. Geraadpleegd op 31 juli 2018 van: <https://www.groendak.info/subsidie-het-groeimiddel-voor-groendaken/# groningen>

Gromke, C. & Ruck, B. (2009). On the impact of trees on dispersion processes of traffic emissions in street canyons. *Boundary-Layer Meteorol*, 131, 19-34. <https://doi.org/10.1007/s10546-008-9301-2>

Hall, J., Handley, J. & Ennos, A. (2014). The potential of tree planting to climate-proof high density residential areas in Manchester, UK. *Landscape and Urban Planning*, 104 (3-4). 410-417. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.015>

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) (2012). *Proeftuin Delft Zuid Oost*. In Luz architecten en MBDSO (pp. 1-28). Geraadpleegd van: https://docplayer.nl/9028418-Proeftuin-delft-zuid-oost.html#show_full_text

Hommel, S., Franssen, R., Dirven, L., Mastop, J., & Schyns, P. (2016). *Klimaatbestendige tuinen en daken* (1230454-000-BGS-0005). Retrieved from https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/117944/klimaatbestendige_tuinen_en_daken_-_sanity_check.pdf

Hop, M. (2010). Dak en Gevel Groen [Brochure]. Geraadpleegd op 2 juli 2018, van <http://degroenestad.nl/downloads/dak-en-gevelgroen-hop.pdf>

IVN (2018). Tiny Forest: Onze bossen [Internetartikel]. Geraadpleegd op 24 juli 2018 van: <https://www.ivn.nl/tiny-forest-nl/onze-bossen>

Jim, C. (2013). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. *Urban Ecosystems*. 16(4). 741-761. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0268-x>

Jim, C. (2017). Highrise Greenery: Ancient Invention with New Lease of Life. In C. Jim, & P. Tan (Eds.), *Greening Cities* (pp. 227-249). Singapore, Singapore: Springer.

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger, and A. Bonn. 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2):39. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>

Keuken, M. & van der Valk, K. (2010). The effects of trees and hedges on air quality in a street-canyon in Amsterdam. Gepresenteerd tijdens de CLIMAQS Workshop Local Air Quality and its Interactions with Vegetation, Antwerp, Belgium.

Kleerekoper, L., Esch, M., & Salcedo, T. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 30-38.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

KNMI. (2018). *Ons klimaat verandert* (Facts & Figures voor klimaatadaptatie in de regio Amsterdam). Geraadpleegd van <http://klimaatverandering-mra.vormgeving.com/>

Knowledge for Climate. (z.d.). Research Theme Urban Areas: Window to the cities. Geraadpleegd op 7 augustus 2018, van <http://www.knowledgeforclimate.nl/urbanareas/researchthemeurbanareas/windowto>

Kuipers, J. (2017). KlimaatBeraad, Energietransitie in het Groene Hart, wat en hoe [Powerpoint Presentatie]. Geraadpleegd van: <https://slideplayer.nl/slide/13244602/#>

Law, K. (2010). Air Pollution and Climate Change. *Science for Environment Policy: DG Environment News Alert Service*, 24, 1-12.
http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/24si_en.pdf

Leeds Ecosystem, Atmosphere & Forest Centre (LEAF) (2015). A BRIEF GUIDE TO THE BENEFITS OF URBAN GREEN SPACES. Geraadpleegd van http://leaf.leeds.ac.uk/wp-content/uploads/2015/10/LEAF_benefits_of_urban_green_space_2015_upd.pdf

Lenzholzer, S. (2013). *Het weer in de stad: Hoe ontwerp het stadsklimaat bepaalt*. Rotterdam, Nederland: Nai010, Wageningen University.

Lenzholzer, S. (2014). Stadsklimaat en hoe we het kunnen veranderen. *Groen: vakblad voor groen in de stad en landschap*, 2014(6). Geraadpleegd van: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/333713>

Maimaitiyiming, M., Ghulam, A., Tiyp, T., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Halik, Ü., . . . Caetano, M. (2014). Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 89, 59-66. doi:10.1016/j.isprsjprs.2013.12.010

McCarthy, P., Best, J. & Betts, A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical Research Letters*, 37(9). <https://doi.org/10.1029/2010GL042845>

Naderi, J., Kweon, B. & Maghelal, P. (2008). The street tree effect and driver safety. *ITE Journal on the Web*. 78. 69-73. Geraadpleegd van: https://www.researchgate.net/publication/292767085_The_street_tree_effect_and_driver_safety

Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H. & Sanders, M. (2011a). Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. *Final report to the European Commission, DG Environment*, Contract no. 070307/2010/580412/SER/B2. Ecologic institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment.

Naumann, S., Davis, M., Kaphengst, T., Pieterse, M. and Rayment, M. (2011b). Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects. *Final report to the European Commission, DG Environment*, Contract no. 070307/2010/577182/ ETU/F.1. Brussels: European Commission.

Nowak, D., Hirabayashi, S., Doyle, M., McGovern, M., & Pasher, J. (2018). Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 40-48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.019>

Nowak, D., Hirabayashi, S., Bodine, A. & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749114002395>)

Oke, T.R., Crowther, J.M., McNaughton, K.G., Monteith, J.L. & Gardiner, B. (1989). The micrometeorology of the urban forest. *Phil. Trans. R. Soc. B : Biol. Sci.*, 324, 335-349.
DOI:10.1098/rstb.1989.0051

Operatie Steenbreek (2018). Stichting Operatie Steenbreek opgericht [Nieuwsartikel]. Geraadpleegd op 24 juli 2018 van: <https://www.operatiesteenbreek.nl/stichting-operatie-steenbreek-opgericht-2/>

Ottelé, M. (2011). *The green building envelope: Vertical greening* (Doctoral Thesis). Geraadpleegd van: <https://www.researchgate.net/publication/271111111>

Rainproof. (2015). Het regent schade [Internetartikel]. Geraadpleegd op 4 mei, 2018, van <https://www.rainproof.nl/nieuws/het-regent-schade>

Real Estate Japan (2018). Japan's Amazing Green Roof Buildings [Internetartikel]. Geraadpleegd op 17 juli 2018 van: <https://resources.realestate.co.jp/living/japan-green-roof-buildings/>

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2016). Gezonde leefomgeving, gezonde mensen. Briefrapport 2016-0172. Geraadpleegd van: <https://www.rivm.nl/dsresource?objectid=a5787488-a736-424b-96c8-dd1eee22a4e1&type=pdf&disposition=inline>

Solcerova, A., Ven van de, F., Wang, M., Rijdsdijk, M. & Giesen van de, N. (2016). Do green roofs cool the air? *Building and Environment*, 111, 249-255. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.10.021>.

Stewart, I. & Oke, T. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

TEEB Stad (2012). Groen loont met TEEB Stad – Gemeenten redeneren, rekenen en verdienen met de baten van natuur en water. ISBN: 9789081343992. NUR 943. Geraadpleegd van: <http://issuu.com/groenestad/docs/teebbrochure>

The Green City (2018). Green Cities Worldwide [Webpagina]. Geraadpleegd op 17 juli 2018 van: <http://thegreencity.com/green-cities-worldwide/>

The High Line (2018). High Line Sustainable Practices [Internetartikel]. Geraadpleegd op 17 juli 2018 van: <http://www.thehighline.org/about/sustainable-practices>

Thijssen, C. (2017). Utrecht heeft Nederlandse primeur met verticaal bos [Internetartikel]. Geraadpleegd op 16 juli 2018 van: <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/infra/23727/utrecht-heeft-nederlandse-primeur-met-verticaal-bos>

United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (Key Facts)*. Geraadpleegd van <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>

Van Den Berg, R. (2018). *Klimaatverandering en de gevolgen voor de wereldvoedselvoorziening*. Oosterhoff, Ir. W. (Red.) Hand out van Life Lezing 2018 (pp. 1-19). Dronten, Nederland: Aeres Hogeschool.

Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 740-752.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>.

Visschedijk, P. (2014). Heerlen, Emmen and Lelystad are the greenest cities in the Netherlands [Internetartikel]. Geraadpleegd op 8 augustus 2018 van:
<https://www.wur.nl/en/newsarticle/Heerlen-Emmen-and-Lelystad-are-the-greenest-cities-in-the-Netherlands.htm>

Vos, P., Maiheu, B., Vankerkom, J. & Janssen, S. (2013). Improving local air quality in cities: To tree or not to tree?. *Environmental Pollution*, 183, 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.021>

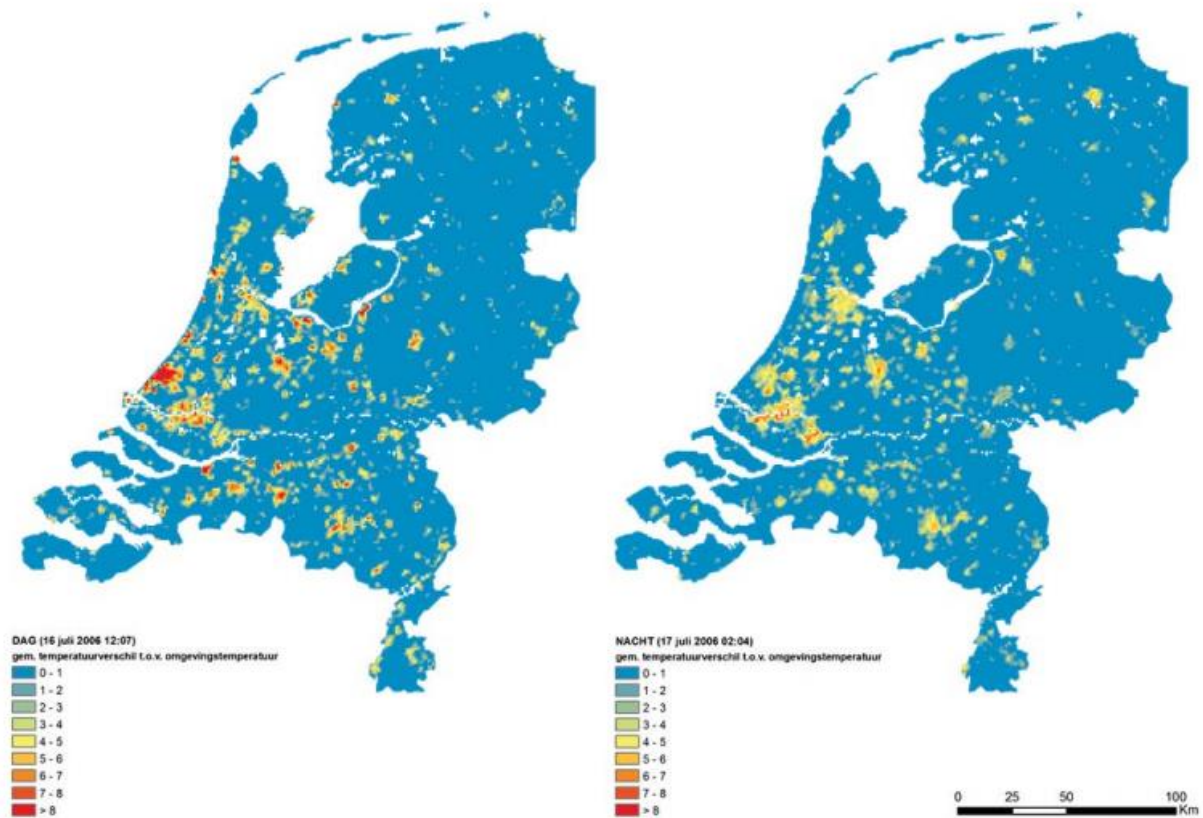
Vries, B., Boone, P., Rooij de, B. & Keip, L. (2017). *“de groene compacte stad”: Een verkennende studie naar de kwantitatieve resultaten van het wegnemen van verharding in stedelijke gebieden*. Geraadpleegd van: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/413395>

Williams, N., Coutts, A. & Livesley, S. (2014). Our cities need more trees and water, not less, to stay liveable. *ECOS*, 192. 10.1071/EC14026. Geraadpleegd van:
<http://www.ecosmagazine.com/print/EC14026.htm>

Voor de bronnenverwerking van de afbeeldingen zie:
<http://theapateam.blogspot.com/2015/10/afbeelding-van-internet.html>

Bijlage I. Afbeelding temperatuurverschillen op Nederlandse kaart

Deze afbeelding geeft de verschillen in temperatuur weer tussen gebieden en hun omgeving bij dag en bij nacht in Nederland (UHI-effect). De linkerkant laat de dag temperatuurverschillen zien, gemeten in 2004. De rechterkant laat nacht temperatuurverschillen zien, gemeten in 2006 (tijdens een hittegolf). Bron: Echevarria Icaza, 2014



Bijlage II. Gemeenten die deelnemen aan Operatie Steenbreek

Nederlandse kaart waarop de deelnemende gemeenten aan Operatie Steenbreek zijn weergegeven.
Bron: Operatie Steenbreek, 2018



Bijlage III. Overzicht van gemeenten die groene daken subsidiëren.

De volgende Nederlandse gemeenten geven een subsidie voor de aanleg van groene daken:

Bron: Groendak.info, 2018

1. Alphen aan den Rijn
2. Almelo
3. Amsterdam
4. Amstelveen
5. Apeldoorn
6. Breda
7. Capelle aan den IJssel
8. Den Haag
9. Eindhoven
10. Groningen
11. Hengelo
12. Den Bosch
13. Hoorn
14. Leeuwarden
15. Leiden
16. Leidschendam-Voorburg
17. Nijmegen
18. Nieuwegein
19. Rotterdam
20. Smallingerland
21. Soest
22. Tilburg
23. Utrecht
24. Zoeterwoude