

## Eerste ervaringen met de microklimaatnetwerken van de toekomst

# CurieuzeNeuzen in de Tuin

Het tuinecosysteem in Vlaanderen beslaat 12,5 procent van het oppervlak, en biedt daardoor een behoorlijk potentieel voor klimaatadaptatie. Maar hoe zorgen we ervoor dat onze tuinen een verkoelende plek blijven tijdens een hittegolf? En hoe wapenen we onze tuinen, maar ook onze parken, akkers en natuurgebieden, beter tegen de droogte? Het citizen science project "CurieuzeNeuzen in de Tuin" tracht deze vragen te beantwoorden door de hitte en droogte zeer gedetailleerd in kaart te brengen. Het project rolde daartoe een uitgebreid microklimaatnetwerk uit over heel Vlaanderen, waarbij 4400 burgerwetenschappers een slimme bodemsensor in hun tuin plaatsten. De datatransmissie gebeurde via het Internet-of-Things.

Door: Jonas J. Lembrechts, Stijn van de Vondel, Camille Allonsius, Ivan Nijs en Filip Meysman

### Over de auteurs:

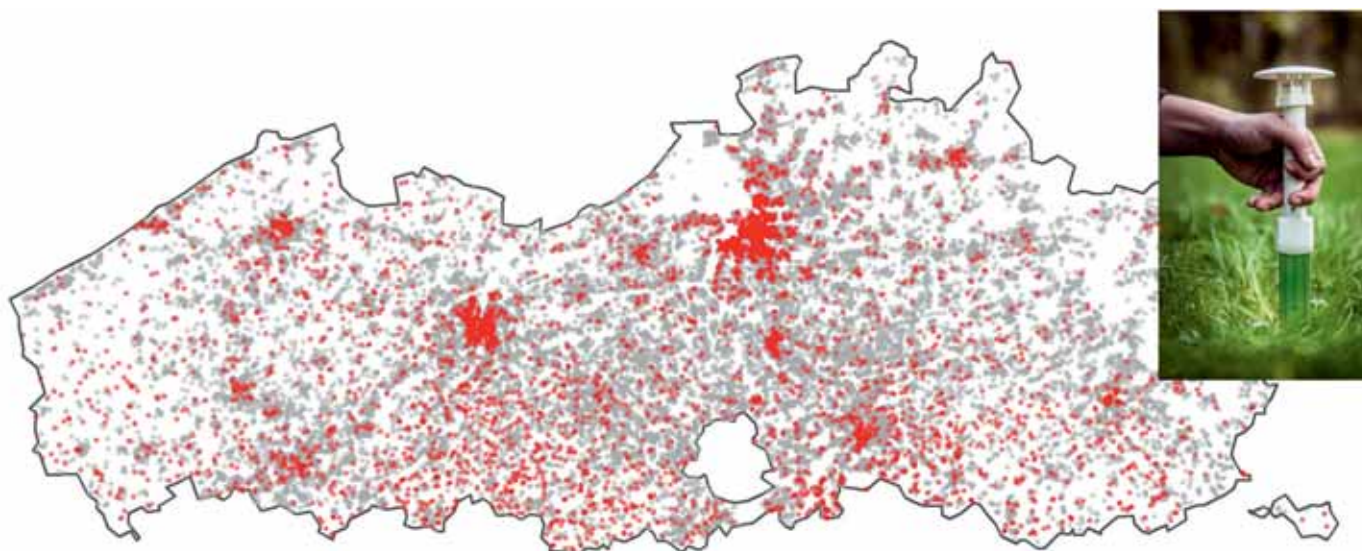
Dr. J. J. Lembrechts is werkzaam bij de onderzoeksgroep Planten en Ecosystemen (PLECO) van de Universiteit Antwerpen  
S. van de Vondel is werkzaam bij de onderzoeksgroep Geobiologie (GEOBIO) van de Universiteit Antwerpen  
Dr. C. Allonsius is werkzaam bij de onderzoeksgroep Geobiologie (GEOBIO) van de Universiteit Antwerpen  
Prof. Dr. I. Nijs is hoogleraar bij de onderzoeksgroep Planten en Ecosystemen (PLECO) van de Universiteit Antwerpen  
Prof. Dr. Ir. F. J.R. Meysman is hoogleraar bij de onderzoeksgroep Geobiologie (GEOBIO) van de Universiteit Antwerpen

### KLIMAATADAPTATIE EN STEDELIJKE BLAUW-GROENE RUIMTEN

De impact van de klimaatverandering wordt steeds duidelijker voelbaar. De intensiteit en frequentie van weersextremen, zoals hittegolven, langdurige droogte, maar ook periodes van intense neerslag en overstromingen, nemen merkbaar toe. Sterk verstedelijkte regio's (waarvan Vlaanderen en Nederland uitstekende voorbeelden zijn) staan daarbij voor bijzondere uitdagingen op het vlak van klimaatadaptatie. Bij het zogenaamde *stedelijke hitte-eilandeffect* wordt zonnestraling sterk geabsorbeerd door beton en asfalt en als warmte langer vastgehouden. Dit versterkt het effect van hittegolven in de stad, met negatieve gevolgen voor de gezondheid en een verhoogd sterftecijfer tijdens uitzonderlijk warme dagen.<sup>1</sup> Tegelijk zorgt het *hitte-eilandeffect* ook voor een verhoogde hitte- en droogtestress in stedelijke ecosystemen (parken en tuinen). Verharde bodems, bedekt met bijv. beton of asfalt, verhinderen bovendien dat regenwater infiltreert, wat leidt tot stedelijke droogte-eilanden, maar ook tot grotere (piek)afvoer en overstromingsrisico's.<sup>2</sup> De gevolgen van hitte en droogte zijn bovendien vaak met elkaar verweven en versterken elkaar. Drogere bodems hebben een verminderde koelfunctie, wat dan weer de opwarming van de stad bevordert, en dus een positieve feedbackloop tot gevolg heeft.<sup>3</sup>

De recente plannen voor klimaatadaptatie in de Europese steden zijn sterk gericht op uitbreiden en versterken van stedelijke groenblauwe ruimten.<sup>4</sup> Zowel openbare (parken, stedelijke natuurreservaten) als private (tuinen) ecosystemen kunnen kritieke diensten leveren in het temperen van stedelijke hitte- en droogte-eilandeffecten. Een belangrijke open vraag daarbij is: hoe doeltreffend zijn deze groenblauwe elementen op het gebied van afkoeling, het vasthouden van bodemvocht en waterinfiltratie? Momenteel ontbreekt het evenwel aan harde cijfers als het gaat over de klimaatdiensten van tuinen, parken en stedelijke natuurreservaten, waarbij vooral de werking van tuinen sterk onderbelicht is.<sup>5</sup> Hoe sterk verkoelend werken tuinen ten opzichte van hun onmiddellijke omgeving? En welke specifieke factoren (bv. verhardingsgraad, bodemtype, bodemkoolstof, tuinnoppervlakte) maakt hun werking efficiënt? Welke maatregelen kunnen worden genomen om de efficiëntie van koeling, waterretentie of waterinfiltratie te verhogen? En tenslotte, in welke mate kunnen tuineigenaars zelf de klimaatdiensten van hun tuin versterken (bijv. door via tuinontwerp of tuinbeheer de 'buurtkoeling' te verbeteren). Deze vragen omtrent de klimaatadaptatie-diensten van tuinen zijn bijzonder relevant in het sterk verkavelde Vlaanderen, waar het tuinencomplex een aanzienlijk deel van het landgebruik vertegenwoordigt (12,5% van de oppervlakte<sup>6</sup>).

Een cruciaal knelpunt daarbij is het ontbreken van data met een voldoende hoge ruimtelijke en temporele resolutie over hoe groenblauwe ruimten in een verstedelijkt landschap reageren op weersextremen. Droogte- en hitemodellering is immers complex: er zijn veel factoren die ervoor kunnen zorgen dat een welbepaalde tuin koeler of droger is dan die van de burens. De complexe 3D-structuur van de stedelijke matrix leidt namelijk tot aanzienlijke variatie in microklimaatomstandigheden over korte afstanden, wat een heel andere dynamiek geeft dan in natuurlijke systemen.<sup>7</sup> Grootschalige datasets met veel meetlocaties zijn dus nodig om de factoren die hitte en droogte bepalen uit elkaar



FIGUUR 1: RUIM 50.000 VLAMINGEN (GRIJZE STIPPEN) STELDEN ZICH KANDIDAAT OM DEEL TE NEMEN AAN CURIEUZE NEUZEN IN DE TUIN. ER WAREN 5.000 MEETSSETS BESCHIKBAAR. MET BEHULP VAN EEN GESTRATIFICEERDE SELECTIE OP BASIS VAN OMGEVINGSPARAMETERS WERDEN 5.000 TUINEN, AKKERS, PARKEN EN NATUURGEBIEDEN GESELECTEERD ALS MEETLOCATIE (RODE STIPPEN). INZET: FOTO VAN DE 'GAZONDOLK', DOOR AN VAN GIJSEGM.

te halen. Omdat we te maken hebben met weersextremen, moeten we bovendien gegevens verzamelen met een hoge temporele resolutie (bijv. om de reactie van bodemvocht op een zware regenbui te meten).

In het project CurieuzeNeuzen in de Tuin (CNidT) lossen we deze lacune aan microklimaatdata op door burgerwetenschap te koppelen aan nieuwe 'Internet of Things' sensortechnologie. Door duizenden enthousiaste burgerwetenschappers in te schakelen, en deze zelf metingen te laten doen in hun tuin, verkrijgen we toegang tot heel veel meetlocaties en een uitzonderlijk grote dataset. Uiteindelijk plaatsten 4400 burgers, verspreid over heel Vlaanderen, een microklimaat sensor in het midden van hun gazon (meting van bovengrondse temperatuur, bodemtemperatuur en bodemvocht). Door deze microklimaat sensor (de zogenaamde "gazondolk") te voorzien van een 'Internet of Things'-connectie, worden de data met een hoge temporele resolutie opgetekend (elke 15 minuten) en dagelijks doorgestuurd, wat real time monitoring van hitte en droogte toelaat. Om dit groot microklimaatnetwerk te realiseren waren er dus 3 belangrijke uitdagingen: (1) nieuwe, kosteneffectieve sensortechnologie met 'Internet of Things'-connectie, (2) nieuwe manieren voor het streamen, verwerken en analyseren van de veelheid aan meetgegevens die voorvloeien uit dergelijk "slim" microklimaatnetwerk, en (3) minstens 4400 Vlamingen enthousiast maken voor het plaatsen van microklimaat sensor in hun tuin.

Deze aanpak via burgerwetenschap van CurieuzeNeuzen in de Tuin biedt een aantal voordelen, zowel voor de "wetenschap" als voor de "burger" zelf. Allereerst maken de ruimtelijke datadichtheid en de hoge temporele resolutie het mogelijk om de kritische factoren te onderzoeken die het microklimaat beïnvloeden in stedelijke blauwgroene ruimten. Zo verwerven we beter een inzicht in de impact van extreme weersomstandigheden op het Vlaamse tuinencomplex, en kunnen we de klimaatdiensten van tuinen expliciet kwantificeren. Daarnaast, door met heel veel burgers te interageren, en door de data van het project breed te communiceren in de media, creëert het project begrip en draagkracht voor de problematiek van hitte en droogte. Door inzichten rond de impact van klimaatverandering zo dicht bij huis te brengen hopen we het draagvlak van de samenleving voor klimaatadaptatiemaatregelen te doen toenemen.

#### METHODOLOGIE

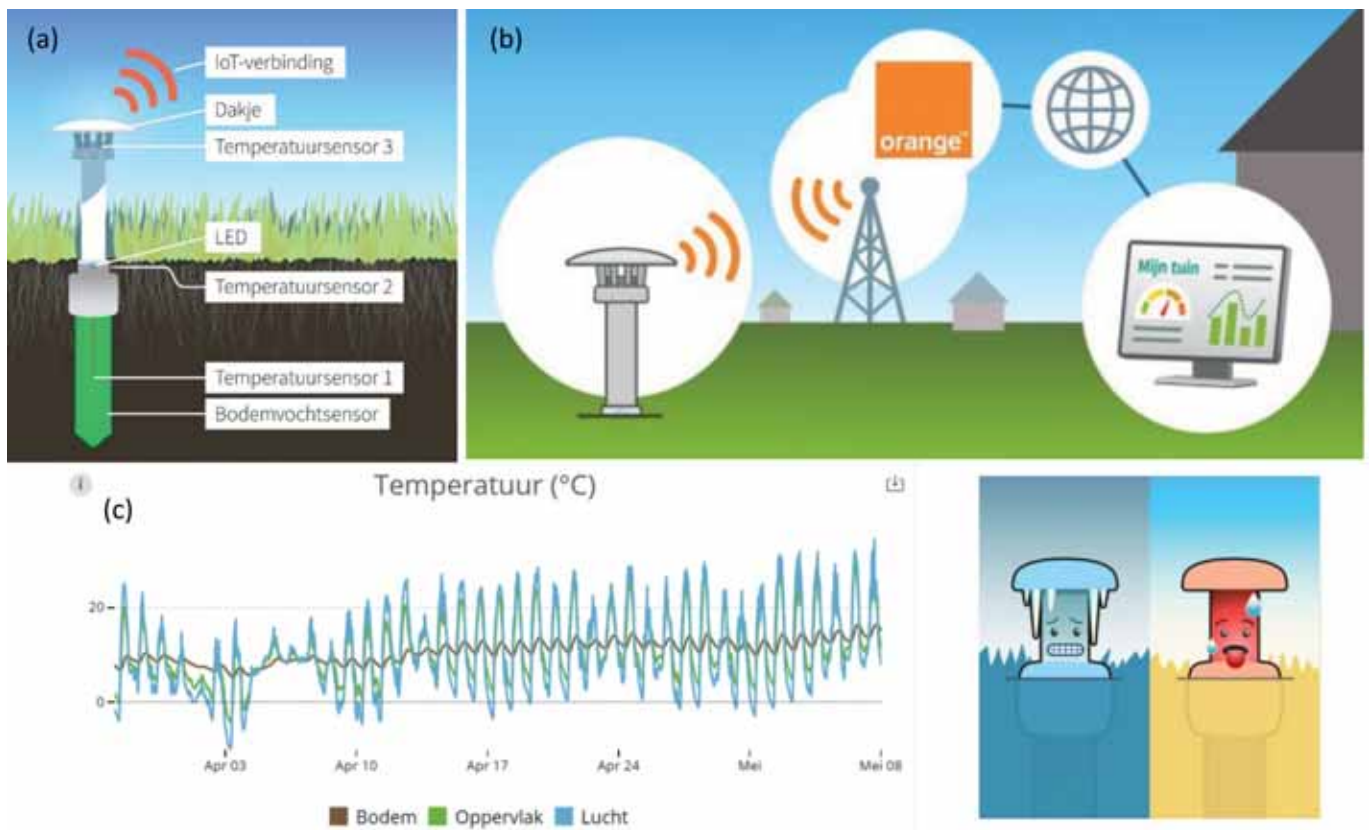
Hoe krijg je 4400 Vlamingen enthousiast om deel te nemen aan het project? Het idee achter CurieuzeNeuzen in de Tuin was een win/win te creëren: duizenden deelnemers helpen ons om een unieke dataset te vergaren, zij krijgen in ruil een uitgebreide ana-

Kunnen we de impact van extreem weer beïnvloeden door slim tuinbeheer?

lyse en communicatie op maat over hun tuin. Concreet betekent dit: (1) we vragen 4400 burgers om een half jaar lang een microklimaat sensor in hun tuin te plaatsen, (2) de meetgegevens worden elke dag doorgestuurd via het Internet of Things (IoT), (3) de burgers kunnen zelf de metingen in hun tuin online opvolgen via een persoonlijk dashboard dat dagelijks een update krijgt, (4) de rest van Vlaanderen kijkt mee op overzichtskaarten gehost door de krant De Standaard, (5) de burgers geven flankerende data over de inrichting en het beheer van hun tuin zodat we deze kunnen koppelen aan de vocht- en temperatuurmetingen en (6) de bevindingen van het onderzoek worden in een uitgebreid tuinrapport gecommuniceerd aan de deelnemers op het einde van de meetcampagne.

Om de beoogde metingen te realiseren, werd een nieuw type microklimaat sensor ontworpen met 'Internet of Things'-connectie. Deze zogenaamde 'gazondolk' meet elke 15 minuten de temperatuur op drie punten: op 12 cm boven de grond, aan het grondoppervlak, en op 10 cm onder de grond.<sup>8</sup> Daarnaast wordt ook het vochtgehalte van de bodem bepaald, op een diepte van 0 tot 15 cm (figuur 2). De gegevens belanden vervolgens in de CurieuzeNeuzen-database en zo op het dashboard van de tuinier. Die laatste hoeft zelf dus nauwelijks iets te doen.

De oproep tot deelname gebeurde via een brede mediacampagne, met advertenties op radio, TV, in kranten en online, ondersteund door de krant De Standaard als mediapartner. Meer dan 50.000



FIGUUR 2: (A) DE 'GAZONDOLK' IS UITGERUST MET DRIE TEMPERATUURSENSOREN, EEN BODEMVOCHTSENSOR EN EEN INTERNET OF THINGS-VERBINDING (IOT). (B) DE SENSOR MEET ELKE 15 MINUTEN DE TEMPERatuur EN HET VOCHTGEHALTE EN STUURT DEZE DATA ELKE NACHT DOOR NAAR ONZE DATABASE VIA HET INTERNET OF THINGS. ZO VERSCHIJNEN DE METINGEN AL DE VOLGENDE DAG OP HET DASHBOARD VAN DE DEELNEMERS. (C) FRAGMENT UIT HET DEELNEMERSDASHBOARD WAAROP HET TIJDVERLOOP IN DE BODEM-, OPPERVLAKTE- EN LUCHTTEMPERatuur TIJDENS DE MEETPERIODE KAN WORDEN OPGEVOLGD.

tuinbezitters stelden zich kandidaat, terwijl er slechts 5.000 meetpakketten beschikbaar waren (figuur 1). Dit overaanbod aan kandidaat-meetlocaties was echter een bonus voor het project. Met behulp van een algoritme<sup>9</sup> werden de uiteindelijke meetlocaties zo geselecteerd, dat ze optimaal de variatie in tuintypes bestreken, met specifieke aandacht voor de grootte van de tuin, de locatie langsheen de stedelijke gradiënt, het bodemtype en de geografische spreiding.

Daarnaast nam elke deelnemer ook een bodemstaal en stuurde dit op naar de Universiteit Antwerpen. In samenwerking met andere universitaire partners bepaalden we de textuur van de bodem (% klei, zand en leem) en het organische koolstofgehalte. Die parameters worden gebruikt om de bodemvochtmetingen te kalibreren, terwijl de informatie over het organisch koolstofgehalte ons ook leert hoeveel potentieel tuinen hebben voor koolstofopslag, in verhouding tot landbouw- en natuurgebieden.

**RESULTATEN**

De 'big microklimaat data' die op dagelijkse basis binnenstroomde, zorgt voor een grote statistische rekenkracht, zodat we de factoren verantwoordelijk voor hitte en droogte makkelijker kunnen identificeren. De bijhorende metadata over de tuinen, aangeleverd door de deelnemers zelf of geëxtraheerd uit bestaande kaarten en satelliet data, laten ons toe om in te schatten in hoeverre we, als individu of als samenleving, de lokale impact van extreem weer kunnen beïnvloeden door slim tuinbeheer en stedelijke planning. We gaan ervan uit dat de ruimtelijke variabiliteit in tuintemperaturen grotendeels bepaald wordt door locatiegebonden parameters zoals verstedelijking (bijv. hogere temperaturen in steden), bodemtype (bijv. hogere temperaturen op zandgronden) en macroklimaat (bv. hogere zomertemperaturen in de meer continentale delen in het oosten van Vlaanderen dan aan de kust). Niettemin wordt voorspeld dat beslissingen inzake tuin-

**CurieuzeNeuzen in de toekomst**

Hoge kwaliteit sensortechnologie is een eerste vereiste voor het volgen van wereldwijde klimaatveranderingen door het verschaffen van 'ground-truthing' voor klimaatdatasets, satellietbeelden en modellen. De bestaande weerstationnetwerken zijn vaak echter duur omdat de nadruk is gelegd op het verkrijgen van zeer nauwkeurige metingen met apparatuur van onderzoekskwaliteit, met als gevolg dat de ruimtelijke dekking gering is, vooral in afgelegen, moeilijk te bereiken gebieden. Ook zijn ze specifiek ontworpen om grootschalige patronen in kaart te brengen en meten ze voornamelijk op twee meter boven de grond. Daardoor geven weerstationdata geen goed beeld van de omstandigheden nabij en onder het bodemoppervlak, waar nochtans kritische ecosysteemfuncties (evapotranspiratie/waterretentie/waterinfiltratie) worden gestuurd.<sup>10</sup> Onlangs is om die reden de SoilTemp-database opgezet om fijnschalige microklimaatgegevens over alle biomen en continenten wereldwijd te verzamelen.<sup>10</sup> Die database bevat op het moment van schrijven al zo'n 35.000 meetseries van meer dan 70 landen. Wat in deze database in veel gevallen nog ontbreekt zijn data van grootschalige netwerken, specifiek opgezet om de variatie in het microklimaat te meten. Sensornetwerken zoals CNiDT die deze microklimatologische gegevens op grote schaal kunnen vastleggen zijn dus dringend nodig om een beter inzicht te krijgen in de klimaatveranderingen die zich in de natuur voordoen. De overkoepelende doelstelling van CNiDT is om de technologie en knowhow over deze uitgebreide open-source netwerken van sensoren ook in het buitenland toe te passen. Vlaanderen is in die zin een uitgebreid experimenteel labo, maar de horizon ligt open. Van de Arctis tot Texas, van Zwitserland tot Denemarken, op vele plaatsen zijn al gesprekken gaande om ook daar microklimaatnetwerken op te zetten. Ook Nederland staat op de radar, dus laat dit artikel een oproep zijn: wie durft de sprong te wagen om ook in Nederland mee te bouwen aan de microklimaatnetwerken van de toekomst? CNiDT hoopt in die toekomstige projecten een sterke ondersteunende rol te spelen: van metingen tot datatransfer, van wetenschappelijke conclusies tot snelle, correcte en beklijvende communicatie, op al die vlakken heeft CNiDT ons veel geleerd. Kennis die voor mogelijke geïnteresseerden maar al te zeer van pas kan komen.

beheer (bijv. aantal bomen in de tuin, percentage ondoordringbare oppervlakken in de tuin, maairegime) verscheidene gradaties van de variabiliteit op lokale schaal kunnen verklaren. Aangezien bodemvocht naar verwachting op kleine schaal variabel is dan temperatuur, verwachten we dat lokale beheersbeslissingen een nog belangrijkere factor kunnen zijn achter de ruimtelijke variabiliteit van bodemvocht dan bij temperatuur.

De eerste resultaten ondersteunen die hypothesen, zij het met een belangrijke nuance: nachtelijke minimumtemperaturen bleken zeer sterk locatiegebonden, met zoals voorspeld een belangrijke rol voor het stedelijk *hitte-eiland effect*. De bodemtemperatuur overdag was echter veel minder afhankelijk van de locatie. Daarvoor leken lokale factoren als bomen, hagen en een 'luier' maaibeheer (minder maaien) voor verschillende graden verkoe-ling te kunnen zorgen, zelfs in de stad. Tuinbodems bleken ook verschillend te reageren op extreme neerslag. Zo moesten kleine tuinen of tuinen in de stad bij extreme neerslag meer water verwerken, terwijl bomen voor een vermindering van de waterinflux konden zorgen. Toch bleven hier de ligging en vooral het bodemtype cruciaal: tuinen met zanderige bodems konden op korte tijd veel meer water opnemen dan tuinen op kleiige bodems. Deze preliminaire resultaten tonen het cruciaal belang aan van deze unieke dataset, vermits ze aangeven hoe belangrijk een goede tuinrichting kan zijn voor het beperken van de impact van extreem weer, zeker voor het verminderen van de impact van hittegolven. Nu dient zich echter eerst een grondige statistische analyse aan die rekening houdt met de spatiale structuur van de data, voor harde wetenschappelijke conclusies kunnen genomen worden.

#### NOTEN

1. Chapman, S., Watson, J. E. M., Salazar, A., Thatcher, M. & McAlpine, C. A. The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: a systematic review. *Landsc. Ecol.* 32, 1921–1935 (2017).
2. Akter, T., Quevauviller, P., Eisenreich, S. J. & Vaes, G. Impacts of climate and land use changes on flood risk management for the Schijn River, Belgium. *Environ. Sci. Policy.* 89, 163–175 (2018).
3. De Boeck, H. J., Dreesen, F. E., Janssens, I. A., & Nijs, I. (2010). Climatic characteristics of heat waves and their simulation in plant experiments. *Global Change Biology*, 16(7), 1992–2000.
4. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (2019). Review of progress on implementation of the EU green infrastructure strategy
5. Dewaelheyns, V., Christiaens, A., Claeys, M. (2021). Kiemen voor een toekomstig tuinenbeleid. Rapport van een experten-opdracht naar beleidstactieken om tuinen beter te enten op onze groene infrastructuur. i.o.v. Departement Omgeving
6. Ruimterapport Vlaanderen 2021. 345 <https://omgeving.vlaanderen.be/ruimterapport> (2021).
7. Lin, B. B. et al. Local- and landscape-scale land cover affects microclimate and water use in urban gardens. *Sci. Total Environ.* 610–611, 570–575 (2018).
8. Wild, J. et al. Climate at ecologically relevant scales: A new temperature and soil moisture logger for long-term microclimate measurement. *Agric. For. Meteorol.* 268, 40–47 (2019).
9. Lembrechts, J. J., Lenoir, J., Scheffers, B. & De Frenne, P. Designing countrywide and regional microclimate networks. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 30(6), 1168–1174 (2021).
10. Lembrechts, J. J. et al. SoilTemp: A global database of near-surface temperature. *Glob. Change Biol.* 26, 6616–6629 (2020).