



Bedrijfstakonderzoek
BTO 2022.025 | September 2022

Droogtemonitoring door burgers voor een beter sproeiadvies

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice

Rapport

Droogtemonitoring door burgers voor een beter sproeiadvies

BTO 2022.025 | September 2022

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045 - 229

Projectmanager

Dr. Geertje Pronk

Opdrachtgever

BTO - Verkennend onderzoek

Auteur(s)

Dr. Martin Korevaar, Esther Brakkee MSc, dr. Stefanie Salmon, dr. Stijn Brouwer

Kwaliteitsborger(s)

Dr. Peter van Thienen, Dr. Stef Koops

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Keywords

citizen science; droogte; internet of things; waterbesparing; sensors

Jaar van publicatie
2022

Meer informatie
Martin Korevaar PhD
T +31 30 606 9515
E martin.korevaar@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

September 2022 ©

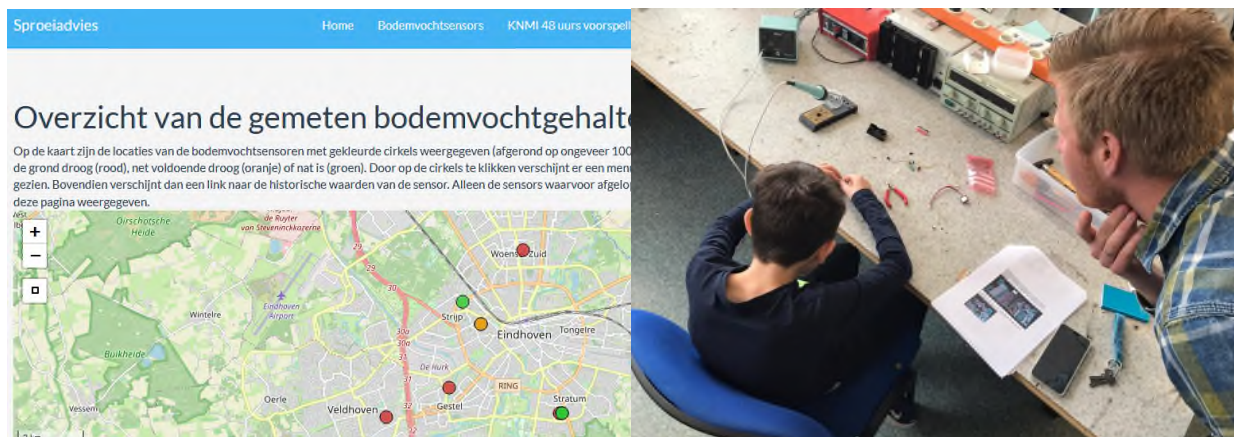
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Managementsamenvatting

Jonge burgers meten voor sproeiadviezen en effectiever sproeien in Eindhoven

Auteur(s) Martin Korevaar, Esther Brakkee, Stefanie Salmon, Stijn Brouwer.

Gedurende de zomer van 2021 hebben meer dan driehonderd inwoners van Eindhoven een advies ontvangen via e-mail waarin werd aangegeven of het nodig was om hun tuin te sproeien. De meesten vonden dit advies nuttig en hebben het opgevolgd. De adviezen werden opgesteld met behulp van KNMI-weersvoorspellingsdata, bodemvochtsensordata en een eenvoudig model waarmee het bodemvochtgehalte 48 uur vooruit kan worden voorspeld. Verder is er een webservice met website ontwikkeld, waarin dit advies automatisch en real-time wordt geüpdatet. De bodemvochtmetingen zijn uitgevoerd door meetstations in de tuin van Eindhovense jongeren en automatisch verstuurd via Internet of Things (IoT)-technologie LoRa. Zij hebben deze meetstations eerst zelf gesoldeerd en in elkaar gezet in een workshop bij hun eigen technische hobbyclub. Dit verkennend onderzoek toont aan dat met eenvoudige hardware en software het mogelijk is om open data te combineren met sensors die communiceren via open netwerken en modellen en vooral dat dit kan leiden tot een toepassing die burgers helpt duurzamere keuzes te maken. De gedemonstreerde toegankelijkheid van deze nieuwe technieken biedt waterbedrijven nieuwe mogelijkheden om actief met burgers te werken aan een wijzer gebruik van water, bijvoorbeeld bij sproeien.



Belang: Burgers beter betrekken draagt bij aan waterwijzer sproeien tegen droogte

Met de toenemende kans op droogte in Nederland en de bijbehorende druk op zoetwaterbronnen is het van belang dat ook burgers verstandig omgaan met water. Omdat droogteperiodes vooral in de zomer plaatsvinden, is het zinnig om waterbewust gedrag van burgers juist in die periode te ondersteunen, bijvoorbeeld door hen te helpen bij de beslissing wanneer en hoe de tuin te sproeien. Een dergelijk sproeiadvies adviseert burgers alleen te sproeien als het nodig is. Bovendien kan zo de piekbelasting op de drinkwatervoorziening door sproeien verminderen.

Burgers betrekken bij het verzamelen van de data kan ook hun betrokkenheid bij en vertrouwen in het advies vergroten en navolging bevorderen.

Aanpak: Enquêtes meten impact sproeiadvies; burgers verzamelen sproeiadviesdata met IoT

Voor deze verkennende pilot hebben, in samenwerking met Brabant Water, 5000 Brabant Water-klanten een e-mail gekregen met de vraag of zij gedurende de zomer een sproeiadvies willen ontvangen. Hierop hebben ruim driehonderd mensen gereageerd; zij hebben een vragenlijst ingevuld en gedurende de zomer elke week een

sproeiadvies ontvangen. Naderhand hebben zij opnieuw een enquête ontvangen; die is door ruim honderd mensen ingevuld.

Voor het sproeiadvies is een website opgezet die automatisch en real-time KNMI-weersvoorspellingen combineert met bodemvochtmetingen en -model waarmee het bodemvocht voor de komende 48 uur wordt voorspeld. De bodemvochtmetingen zijn uitgevoerd door meetstations, in de tuin van Eindhovense jongeren, en automatisch verstuurd via Internet of Things (IoT)-technologie LoRa (long range; netwerktechnologie voor lange afstand tegen laag energieverbruik). Zij hebben deze meetstations eerst zelf gesoldeerd en in elkaar gezet in een workshop in hun eigen technische hobbyclub, begeleid door hun eigen begeleiders en KWR-medewerkers.

Resultaten: sproeiadvies nuttig, dataverzameling succesvol, betrouwbaarheid is een aandachtspunt

Uit de resultaten van de ontvangen enquêtes bleek dat vrijwel iedereen blij was met het sproeiadvies en dat ze het ook altijd of meestal hebben opgevolgd. Bovendien zijn de meeste deelnemers geïnteresseerd om een eventueel sproeiadvies ook in 2022 te ontvangen.

Verder is aangetoond dat geavanceerde IoT-technologie als LoRa toegankelijk is voor een breed publiek en met relatief eenvoudige software en hardware concreet kan worden toegepast voor het geven van een sproeiadvies. Bovendien blijkt dat dit (near) real-time kan worden gecombineerd met open databronnen als KNMI-voorspellingen en -modellen en ontsloten kan worden via een dashboard.

Het inschakelen van jonge burgers geeft een goede mogelijkheid om hen bewust te maken van de droogteproblematiek en verstandig waterverbruik. Het is echter lastiger om hen voor langere tijd betrokken te houden bij het project. Dat is wel noodzakelijk voor het geval meetstations vreemde of geen data (meer) sturen. Bovendien was het ontwerp van het meetstation iets te ingewikkeld, waardoor het voor sommigen erg veel tijd kost om het te assembleren. Uiteindelijk zijn er 20 deelnemers geweest, waarvan 13 het meetstation

hebben voltooid. Van hen hebben 8 hem daadwerkelijk geplaatst en 4 van de meetstations bleven ook de hele zomer meten. Overduidelijk is hier nog winst te halen om de slagingskans te vergroten. Er zou voor kunnen worden gekozen om kant-en-klare meetstations te gebruiken waarmee de doelgroep van deelnemers ook groter wordt.

Het meten van bodemvocht is notoir lastig. Ook de resultaten uit dit onderzoek laten dat zien. Ondanks dat, geven alle sensoren een kwalitatief beeld van het bodemvochtgehalte waarin momenten van neerslag zijn te herkennen; absolute waarden van de sensoren zijn soms erg onbetrouwbaar. Het is niet onderzocht of deze onbetrouwbaarheid inherent is aan de sensor of wordt veroorzaakt door montage, manier van inbrengen in de grond, bodemtype, vegetatietype of hoeveelheid schaduw. Het was de verwachting dat er meer meetstations zouden worden geplaatst, waardoor dit soort onzekerheden beter zou uitmiddelen. Dat is helaas niet gelukt.

Toepassing: sproeiadvies tegen waterverspilling en piekbelasting

Voor waterbedrijven is het erg nuttig te weten dat er een groep burgers bestaat die een sproeiadvies nuttig vindt. Bovendien hebben de meeste deelnemers alle sproeiadviezen opgevolgd en zijn ze bewuster naar hun eigen sproeigedrag gaan kijken. Door deze burgers te bedienen kan ervoor worden gezorgd dat minder onnodig gesproeid wordt. Zo kan waterverspilling en piekbelasting tijdens droogteperioden worden verminderd.

Een manier om dat te doen is gedemonstreerd in dit verkennend onderzoek, waar burgers zelf in hun tuin bodemvochtmetingen hebben gedaan met (autonome) meetstations. Door efficiënte IoT-technieken kunnen deze meetstations maanden achtereen meten en zenden zonder enige tussenkomst van de deelnemer.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Droogtmonitoring door burgers voor een beter sproeiadvies* (BTO-2022.025).

Inhoud

Rapport	2
<i>Managementsamenvatting</i>	3
Inhoud	6
1 Effectiever sproeien tegen droogte	8
1.1 Droogte dwingt tot verantwoord watergebruik en sproeigedrag	8
1.2 Leeswijzer	9
2 Sensor, chipsets en ontwikkelplatform	10
2.1 Achtergrond	10
2.2 Functionele eisen	10
2.3 Hardware selectie	11
2.3.1 Communicatie en <i>internet of things</i>	11
2.3.2 Selectie en kalibratie van de bodemvochtsensor	12
2.3.3 Selectie microcontrollerboard en LoRa randapparatuur	14
3 Sproeiadvies(portaal) en data-uitwisseling	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Bodemvochtmetingen en communicatie en opslag	17
3.3 KNMI weersvoorspellingen	17
3.4 Modelbeschrijving	19
3.4.1 Modelopzet en aannames	19
3.4.2 Bodemvochtvoorspelling	19
3.4.3 Inschatting van de irrigatie-behoefte	20
3.5 Webserver en database	21
3.6 Dashboardbeschrijving	22
3.7 Evaluatie van metingen	24
4 Evaluatie sproeiadviezen en burgerparticipatie	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Bodemvochtmeetstation bouwen door jonge burgers	26
4.3 Evaluatie sproeiadviezen	28
4.3.1 Doel en verloop	28
4.3.2 Resultaten	29
5 Discussie en geleerde lessen	42
5.1 Workshop en interactie met deelnemers	42
5.2 Bodemvochtmetingen	43
5.3 Sproeiadvies: hardware en software	44
5.4 Geleerde lessen evaluatie sproeiadviezen	45

6	Conclusies en aanbevelingen	47
7	Referenties	50
I	Plaatsingsinstructie sensoren	52
II	Achtergrondinformatie eigenschappen van gras en bodem	54
III	Uitnodigingsmail deelname onderzoek en sproeiadvies	57
IV	Voorbeeld sproeiadvies-mail	59
V	Registratiesurvey	61
VI	Evaluatiesurvey	64

1 Effectiever sproeien tegen droogte

1.1 Droogte dwingt tot verantwoord watergebruik en sproeigedrag

Veranderingen in klimaat leiden in Nederland tot een toename in droogte, waardoor de waterbeschikbaarheid voor drinkwater, natuur, landbouw en industrie onder druk komt te staan (bijv. Mens et al., 2020; Pronk et al., 2020). Sinds de droge zomers van 2018 en 2019 heeft de watersector ook steeds meer aandacht voor waterbesparing door huishoudens. Recente studies van het KNMI laten zien dat de droge zomers van afgelopen jaren zijn gerelateerd aan klimaatverandering, en dat verwacht wordt dat deze in frequentie, duur en intensiteit zullen toenemen (Philip et al., 2020; van Dorland et al., 2021). Drinkwaterbedrijven worden tijdens droge periodes geconfronteerd met beperkte beschikbaarheid van water en een hoge piekvraag. Hierbij komt de vraag naar voren wat de mogelijkheden zijn voor waterbesparing. In eerdere BTO-onderzoeken (VO SMART water conservation, Koop et al., 2021; Brouwer en Salmon, 2022; Brouwer et al., 2020) is onderzoek gedaan naar mogelijkheden via gedragsverandering waterbesparing in huis (bv. douche, toilet, wasmachine, ...) te stimuleren. Het ging hierbij primair om het realiseren van waterbesparing gedurende het gehele jaar. Juist tijdens droge en hete periodes, wanneer het zuinig omgaan met water extra belangrijk is, worden drinkwaterbedrijven echter geconfronteerd met éxtra vraag. Deze extra vraag naar water door huishoudens valt onder meer toe te schrijven aan het vullen van zwembadjes, extra douchen, én, heel belangrijk, het sproeien van de tuin (Hillebrand et al., 2019; Vertommen et al., 2018). Nu is het aannemelijk dat mensen over het algemeen hun tuin sproeien vanuit de overtuiging hiermee het goede te doen voor hun gazon en planten. Maar dat is niet het hele verhaal. Deels kan het aanzetten van de sproeier ook een gewoonte zijn, een reflex wanneer het eenmaal warm wordt, terwijl dit op basis van het aanwezige vocht in de bodem nog niet echt nodig is. Burgers hebben echter vaak niet de juiste informatie beschikbaar om in te schatten of sproeien op een bepaalde dag voor hun lokale situatie nodig is. Een sproeiadvies op maat kan daarom mogelijk een belangrijke bijdrage leveren aan waterbesparing.

Voor een sproeiadvies op maat is de volgende informatie nodig:

- huidige vochtigheid van de bodem;
- verwachte weersomstandigheden: neerslag, temperatuur en zonnestraling;
- een model om de bodemvochtontwikkeling en de waterbehoefte te voorspellen.

Een beperkende factor hierbij is het gebrek aan lokale meetdata in steden, over uitdroging van de ondergrond en de (bodem)eigenschappen en sproeibehoefte van individuele tuinen (Tresch et al., 2018; Burghardt en Schneider, 2018). Deze gegevens zijn nodig om een goede schatting te kunnen maken van het bodemvochtgehalte en de noodzaak om te sproeien. Recente ontwikkelingen in de toepassing van Internet of Things (IoT) en sensoren maken het mogelijk betaalbare meetstations te bouwen waarmee burgers zelf bodemvocht in hun tuin kunnen meten. Deze gegevens kunnen met behulp van (draadloze) IoT-protocollen worden verzameld op centrale servers en weergegeven op een digitaal platform; hiermee wordt inzicht gegeven in de lokale droogtesituatie. Vervolgens kunnen deze data in een model gecombineerd worden met actuele weerdata om zo een lokaal sproeiadvies op te stellen.

De inzet van burgers en citizen science kan hierbij dus mogelijk een waardevolle bijdrage leveren door de ontbrekende informatie te verzamelen. Na succesvolle projecten waarbij burgers als onderzoeker betrokken waren op het gebied van de versheid van water, hardheid en kalkafzetting, lood en het in kaart brengen van de oppervlaktewaterkwaliteit wordt hiermee een nieuwe stap gezet binnen citizen science-onderzoek in de Nederlandse en Vlaamse drinkwatersector (Brouwer en Bouziotas, 2022; Brouwer en Hessels, 2019). Wanneer voldoende burgers ingeschakeld kunnen worden, zal de bemonsteringsdichtheid hoog zijn waardoor op een steeds

kleinere lengteschaal voorspellingen kunnen worden gedaan. Hiervan zijn recente en succesvolle voorbeelden te vinden, met name op het gebied van luchtkwaliteitsmetingen. Het bekendste voorbeeld is wellicht het 'Luftdaten'-project, dat inmiddels meer dan 14.000 actieve sensors heeft voor milieu- en weermetingen van burgers in met name Europa (<https://sensor.community>). In Nederland is al jaren het collectief Meetjestad actief, waarbinnen burgers de luchtkwaliteit in verschillende steden meten (<https://meetjestad.net/>). Dit collectief ontwikkelt de benodigde hardware en software zelf; hun succes zit met name in de sterke gemeenschap (community) die ze er omheen hebben weten op te bouwen. In Vlaanderen is er een vergelijkbaar initiatief onder de naam Curieuze Neuzen (<https://2018.curieuzeneuzen.be/>) waarbij het grootste verschil is dat er de deelnemende burgers een kant-en-klaar meetstation krijgen toegestuurd, terwijl ze dit bij andere projecten zelf moeten bouwen. Dit project heeft een vervolg gekregen in 2020, 2021 en 2022 waarbij niet luchtkwaliteit maar bodemvocht is gemeten door ruim 4000 burgers, wederom met een kant-en-klaar meetstation (<https://curieuzeneuzen.be/>).

Met dit project wordt niet alleen de bestaande kennisbasis over de waarde van citizen science-onderzoek binnen het drinkwaterdomein verdiept, maar ontstaat ook meer inzicht in de maatschappelijke vraag naar en de impact van sproeiadviezen. Onderzocht wordt of mensen door de sproeiadviezen anders gaan denken over het gebruik van kraanwater en in hoeverre dit effect heeft op hun sproeigedrag. Mogelijk neemt de mate van sproeien af, wat bijdraagt aan waterbesparing. Ook kan het moment van sproeien op deze manier worden beïnvloed, waardoor de piekbelasting afvlakt.

1.2 Leeswijzer

Het rapport bestaat uit 3 redelijk afzonderlijke delen, welke respectievelijk worden beschreven in hoofdstuk 2, 3 en 4.

- In hoofdstuk 2 wordt beschreven met welke hardware de bodemvochtmetingen zijn verzameld en hoe tot die keuze is gekomen.
- In hoofdstuk 3 wordt beschreven welke modellen, data en andere software zijn gebruikt om het sproeiadvies op te stellen.
- In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de rol van de burgers in dit onderzoek. Deze rol bestaat uit 2 delen:
 - o Enerzijds is er de burgerwetenschap waarbij jonge burgers zelf de sensors, zoals beschreven in deel 1, in elkaar zetten. Zij zetten deze sensors in hun eigen tuin om zo het bodemvochtgehalte van hun tuin te sturen naar het sproeiadvies-dashboard. In dit deel van het rapport wordt beschreven hoe dit proces is opgezet en uitgevoerd.
 - o Anderzijds is er het onderzoek naar het opvolgen van een sproeiadvies zoals dat wordt gegeven door het sproeiadvies dashboard. In deze sectie wordt beschreven naar wie dit sproeiadvies is gestuurd, hoe de impact daarvan is gemeten en de resultaten daarvan.
- Hoofdstuk 5 behandelt de discussie over het resultaten van de voorgaande hoofdstukken met daarin aandacht voor de geleerde lessen.
- Hoofdstuk 6 geeft de conclusies.

Het voornaamste doel van dit rapport is om te beschrijven hoe de pilot is uitgevoerd en welke lessen we daaruit kunnen leren. Dit maakt het veel meer een beschrijvend rapport dan een wetenschappelijke publicatie; het rapport moet daarom ook als zodanig worden gelezen.

2 Sensor, chipsets en ontwikkelplatform

2.1 Achtergrond

Met de nog steeds voortschrijdende innovatie van microchips en andere randapparatuur kunnen elektronische componenten steeds goedkoper worden gemaakt. Hierbij valt te denken aan processoren maar ook allerhande sensoren en radiochips (voor communicatie met bijvoorbeeld WiFi). Dit maakt het aantrekkelijk voor particulieren om hun eigen meetstation te maken (dit wordt ook wel een sensorknoop of, in het Engels, sensor node genoemd). Een meetstation bestaat uit een sensor met een microprocessor en andere elektronische componenten zoals een WiFi module, werkgeheugen, opslagcapaciteit en voeding. Dit heeft geleid tot een nog steeds groeiende gemeenschap van sensorbouwers, onder andere in de context van het automatiseren van zaken in huis (wat 'domotica' wordt genoemd). Hierbij zijn de Arduino microcontrollerboards (een printplaat met microcontroller) en chipsets een grote drijvende kracht geweest. Niet alleen is dit een betaalbaar product, maar bovendien zijn vele componenten al geïntegreerd in de printplaat. Dit maakt het laagdrempelig om te starten met deze technologie omdat de benodigde kennis beperkt is. De aandacht kan worden gericht op de specifieke functionaliteiten van het meetstation, omdat de standaard eigenschappen zoals microcontroller, connectie met sensoren en WiFi-connectiviteit 'out-of-the-box' werken. De ontwikkeling van deze sensorknoppen zit nu voornamelijk in de code om het meetstation te laten doen wat nodig is (sensor uitlezen, bewerken en versturen van data).

Inmiddels zijn naast Arduino vele fabrikanten op de markt gekomen en is er ook een ruime keuze aan microcontroller boards met elk hun specifieke niche. Vrijwel allemaal ondersteunen ze de Arduino ontwikkelomgeving (Arduino IDE, Arduino, 2022) waarmee de meetstation relatief eenvoudig kan worden geprogrammeerd; er zijn talloze handleidingen van projecten uit de community die dit laten zien. Bovendien kan met de ontwikkelomgeving gebruik worden gemaakt van bibliotheken met veel voorkomende functionaliteiten. Hierdoor kan met enkele regels code een krachtige functionaliteit worden geprogrammeerd. Deze bibliotheken zijn veelal open source en worden door de community onderhouden. Ook fabrikanten van randapparatuur onderhouden opensourcebibliotheken zodat hun eigen producten eenvoudig te gebruiken zijn met deze boards. Kortom, deze markt, de producten en de community zijn volwassen en geschikt om gebruikt te worden door personen die niet de technische details van de werking van de boards hoeven te kennen.

In dit project maken we daarom gebruik van deze recente ontwikkelingen in elektronische componenten om een meetstation te maken om bodemvocht te meten en versturen. De functionele eisen waaraan het meetstation moet voldoen wordt beschreven in de volgende sectie; deze eisen worden in de rest van het hoofdstuk gebruikt om de juiste hardware te selecteren.

2.2 Functionele eisen

Voor de meetstation voor dit project is het belangrijk dat de gebruiker hem zelf in elkaar kan zetten. Het moet dus eenvoudig genoeg zijn zodat ook mensen zonder (soldeer)ervaring kunnen deelnemen. Bovendien moet de gebruiker, na het in elkaar zetten van het meetstation, geen omkijken meer hebben naar het verzamelen van de data. Wanneer veel extra inspanning van de gebruiker wordt verwacht tijdens de meetcampagne, is de drempel om mee te doen hoger of haken deelnemers tijdens de campagne af. Dit betekent dat de oplossing robuust moet zijn zodat de gebruiker geen onderhoud hoeft te doen; voldoende (elektrische) voeding voor de hele meetcampagne heeft zodat de gebruiker geen batterij hoeft te verwisselen; en de data regelmatig en automatisch verstuurd wordt naar een centrale server zodat de gebruiker dit niet handmatig hoeft te doen. Aangezien de meetstation in de tuin komt te liggen, ligt het voor de hand om batterijen als voeding te gebruiken. Dit geeft als extra eis dat de meetstation energiezuinig moet zijn. Bovendien is het voor het project goed om een bewezen techniek te

gebruiken om het aantal onvoorziene fouten, bugs of problemen te beperken. Ten slotte is het handig als de meetstation zelf zijn GPS-locatie door kan geven, zodat er geen fouten kunnen worden gemaakt in de positiebepaling van het meetstation. De aanwezigheid van GPS is echter geen harde eis, omdat dit ook redelijk eenvoudig en eenmalig handmatig kan worden ingevoerd. Samenvattend geeft dit de volgende eisen:

- weinig ervaring nodig voor assemblage;
- bewezen technologie;
- betrouwbare (onderdelen van) meetstation;
- laag energieverbruik;
- geen onderhoud;
- draadloos data versturen;
- GPS (nice-to-have).

2.3 Hardware selectie

2.3.1 Communicatie en *internet of things*

Er bestaan verschillende protocollen om de communicatie van de meetstation naar een server op het internet tot stand te brengen. De meest bekende is WiFi. Het grote voordeel van WiFi is dat het alomtegenwoordig en heel bekend is. Een nadeel van WiFi is dat de dekking niet overal even goed is. Dit is met name voor onze toepassing relevant omdat de sensor in de tuin geplaatst moet worden; niet elke tuin heeft goede WiFi-dekking. Een ander belangrijk nadeel is dat communicatie met WiFi relatief veel energie kost, wat een groot nadeel is omdat er gebruik zal worden gemaakt van batterijen als energiebron. Ten slotte is het onhandig dat er voor elk WiFi een ander wachtwoord en SSID nodig is. Dit moet expliciet door elke afzonderlijke gebruiker in de code worden geschreven.

Een andere optie is Bluetooth. De eerste implementaties van Bluetooth waren niet energiezuinig, maar met Bluetooth Low Energy (BLE) is dit niet meer aan de orde. Een belangrijk nadeel van Bluetooth voor onze toepassing, is dat het bereik van Bluetooth maar beperkt is. Hierdoor moet er een telefoon of ander bluetooth apparaat binnen enkele meters van de sensor zijn; dit kan niet worden gegarandeerd in de tuin. Bovendien zou dit ontvangende Bluetooth apparaat de data moet doorsturen naar het internet. Dit vergt extra software op dit apparaat en een extra punt dat kan falen; de oplossing is daardoor minder robuust.

Gegeven de functionele eisen, ligt het meer voor de hand te zoeken naar oplossingen uit het domein van internet-of-things (IoT). In het IoT-paradigma maakt elk apparaat zelf verbinding met het internet; daarmee is een meetstation dus typisch een IoT-component. Voor draadloze communicatie valt te denken aan technologieën als 2G en 3G of technologieën speciaal ontwikkeld voor internet-of-things zoals NB-IoT en LTE-M. Met name die laatste twee zijn erg geschikt, maar hebben een abonnement bij een provider nodig.

Een ander internet-of-things protocol is LoRa (long range). Dit protocol is, net als LTE-M en NB-IOT, geoptimaliseerd om data over grote afstanden te verzenden, tot wel 2 kilometer. Om deze grote afstanden te kunnen overbruggen, is de hoeveelheid data die verstuurd kan worden maar heel klein vergeleken met Bluetooth, WiFi of 2G - aan dit compromis is niet te ontkomen vanwege de onderliggende natuurkunde. Voor veel internet-of-things-toepassingen is deze kleine hoeveelheid data echter ruim voldoende, omdat alleen periodiek (sensor)waardes hoeven te worden doorgegeven. Ook voor de toepassing van dit project hoeft slechts het ID van het meetstation te worden gestuurd samen met enkele sensorwaardes; dit maakt LoRa dus geschikt.

Daarnaast is LoRa een heel energiezuinig protocol, wat het geschikt maakt voor toepassingen die op batterij werken; batterijen hoeven daardoor minder snel te worden vervangen. Afhankelijk van de toepassing, kan dit eens per 1 of zelfs 2 jaar zijn.

Het LoRa protocol maakt het mogelijk om tussen 2 machines te communiceren. Als gebruikers van dit project een meetstation maken om gegevens te verzenden, moet er dus ook een ontvangende machine zijn. Deze zogenoemde *gateways* moeten dan de ontvangen data doorsturen naar een server op het internet. Al jaren bestaat er een *crowdsourced* organisatie die dit eenvoudig mogelijk maakt: *The Things network* (<https://www.thethingsnetwork.org/>). In dit netwerk worden LoRa gateways beheerd door particulieren, waarbij iedereen connectie mag maken binnen de fair-use policy. Aangezien dit project een pilot studie is, is het goed gebruik te maken van deze bestaande infrastructuur.

2.3.2 Selectie en kalibratie van de bodemvochtsensor

Er zijn verschillende typen goedkope sensoren beschikbaar om bodemvocht te meten; dit zijn allemaal analoge sensoren, die een spanning leveren die relateert aan het bodemvochtgehalte rondom de sensor. Er is echter weinig informatie beschikbaar over de precisie en betrouwbaarheid van deze sensoren. Ook is van de meeste niet-professionele sensoren geen standaard omrekenformule beschikbaar om de voltages die de sensor produceert om te rekenen naar bodemvochtwaarden. Daarom is een test uitgevoerd, waarin de betrouwbaarheid van verschillende sensoren is onderzocht en, na selectie van de beste sensor, een kalibratieformule is opgesteld.

Sensoren en initiële tests

Er zijn in eerste instantie vier goedkope bodemvochtsensoren getest (Tabel 2.1). Deze zijn vergeleken met een professionele bodemvochtsensor (5TE-sensor, METER group). Alle sensoren meten de di-elektrische permittiviteit van de bodem (dielectric permittivity). Voor deze sensoren zijn verkennende tests uitgevoerd naar de respons van de sensoren op bodemvocht, door metingen te doen in bodems met verschillende vochtigheid; ook is de gevoeligheid voor temperatuur en zoutgehalte verkend. Een derde aspect van betrouwbaarheid is de consistentie van de relatie met bodemvocht over de tijd en tussen verschillende sensoren; dit aspect is niet in de tests meegenomen.

Uit de tests bleken geen duidelijke problemen met temperatuur- of zoutafhankelijkheid voor de vier geteste sensoren. The Pinotech, Seeed en DCS-sensoren lieten ieder een consistent verband met bodemvocht zien. Uiteindelijk is de Pinotech-sensor geselecteerd voor het onderzoek. Deze is waterbestendig, waardoor deelnemers niet zelf nog een omhulsel hoeven te maken; en deze liet de grootste variatie in voltagewaarden zien tussen verschillende bodemvochtgehalten. Wel bleek dat er een sterke variatie is in de instantane waarden die de sensor produceert, waardoor middeling over meerdere metingen nodig is.

Tabel 2.1: Geteste bodemvochtsensoren.

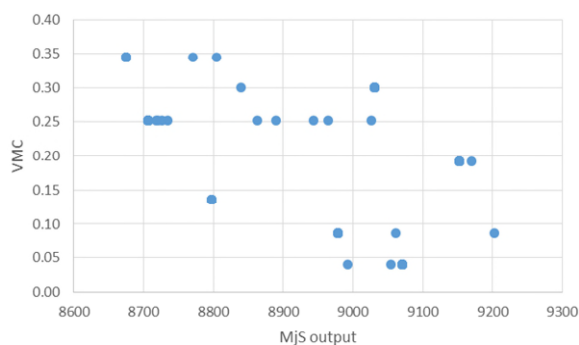
Sensor	Beschrijving
Pinotech	Waterbestendig
DFRobot	Waterbestendig
Seeed	Niet waterbestendig
DeboCapSens	Niet waterbestendig
ECH2O 5TE (METER)	Professionele sensor als referentie

Opstellen van een kalibratieformule

In een laboratoriumtest is voor de Pinotech-sensor een kalibratieformule opgesteld, die de relatie geeft tussen de ruwe sensor-output (in millivolt) en het volumetrisch bodemvochtgehalte VMC (volume water als fractie van het bodemvolume). In dit experiment is ook de bodemvochtsensor meegenomen die is ontwikkeld door Meet je Stad (<https://meetjestad.net/nl/Bodemvocht>). Dit is een sensor die is ingebouwd in een pvc-buis, en als geheel in de bodem ingebracht moet worden. Deze twee sensoren zijn opnieuw vergeleken met de 5TE-sensor.

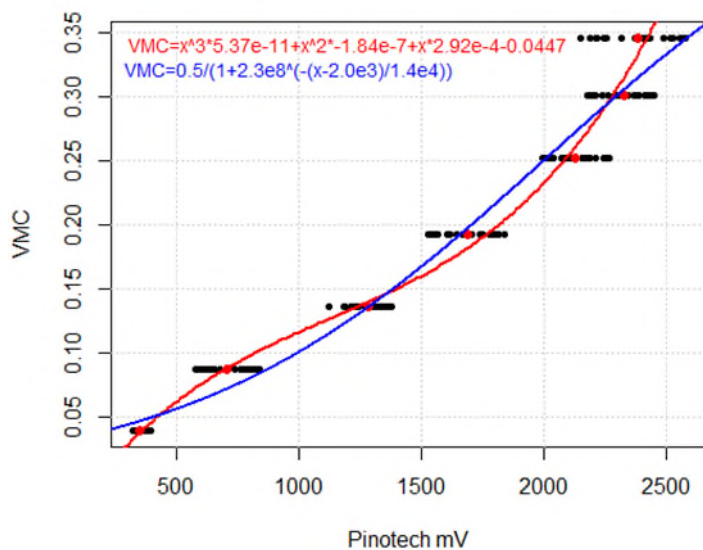
Behalve van het type sensor zijn kalibratiecurves afhankelijk van het bodemtype. De regio Eindhoven wordt gedomineerd door lemige fijne zandbodems, hoewel lokaal ook andere typen voorkomen. Voor de tests is daarom een licht lemige fijne zandbodem gebruikt. Deze is gedroogd aan de lucht tot ongeveer 4% VMC, en in een pvc-kolom ($\varnothing 18.5$ cm, hoogte 23 cm) met geperforeerde bodem gepakt tot een droge bulkdichtheid van ongeveer 1.2 g/cm^3 , kenmerkend voor zandige tuinbodems (Burghardt en Schneider, 2018). De bodem is vervolgens natter gemaakt in stappen van 5-6% VMC, door telkens water toe te voegen, goed te mengen, en de bodem op de juiste bulkdichtheid in de kolom terug te brengen. Op deze manier is het bodemvochtgehalte in de kolom in elke stap ruwweg uniform en zijn er geen effecten van het specifieke meetvolume van de sensor. Bij elke stap werd de massa van de kolom gemeten (± 5 g) en werd de uitvoer van de drie sensoren opgenomen (gemiddelde over ten minste 20 instantane waarden). De sensoren werden verticaal ingebracht met de kabel ongeveer 1 cm diep in de grond, op dezelfde manier als in de tuinen werd gedaan. Het vernatten werd voortgezet tot de bodem begon te lekken (veldcapaciteit). Vervolgens werd de bodem gedroogd in de oven om de werkelijke droge bulkdichtheid te bepalen en op basis daarvan de werkelijke VMC-waarden uit te rekenen. Tenslotte zijn curves gefit tussen de sensorresponswaarden en de bodemvochtgehaltenes.

Voor de Meet je Stad-sensor bleek de relatie tussen de sensoroutput en het bodemvocht instabiel (Figuur 2.1). De slechte relatie is mogelijk te verklaren doordat de bodemvochtsensor in de buis geen direct contact maakt met de bodem, terwijl dit voor bodemvochtsensoren wel belangrijk is.



Figuur 2.1: Output-waarden tegen bodemvocht voor de Meet je Stad-bodemvochtsensor.

Voor de Pinotech-sensor zijn twee curves gefit (Figuur 2.2): één die de metingen het best volgt (rood), en één die begrensd is tot realistische waarden (blauw). Uiteindelijk is voor het onderzoek de rode polynoom gebruikt, waarbij de bodemvochtgehaltenes werden beperkt tot positieve waarden en vanaf $x=2500$ op de blauwe sigmoïde werd overgegaan. Figuur 2.2 geeft de kalibratie voor gebruik van de Pinotech sensor met een bordje met een 12-bits uitvoer ($0-1^{12}$). Voor de bodemvochtmetingen in de tuintjes is gebruik gemaakt van een 10-bits resolutie en is de formule hiervoor gecorrigeerd.



Figuur 2.2: Kalibratiecurves voor de Pinotech-sensor.

Figuur 2.2 laat een redelijk goede betrouwbaarheid zien voor de VMC-metingen met de Pinotech-sensor. In de praktijk zal de betrouwbaarheid echter lager zijn, doordat deelnemers de sensoren mogelijk niet goed installeren; door mogelijke verschillen in kalibratiecurves tussen sensoren of over de tijd; door verschillen in bodemtypen tussen tuinen; en door ruimtelijke variatie in bodemvocht op kleine schaal.

2.3.3 Selectie microcontrollerboard en LoRa randapparatuur

Het microcontrollerboard is het hart van een meetstation. Het maakt het mogelijk om de sensor uit te lezen, data te verwerken, en LoRa randapparatuur aan te sturen zodat de data naar een externe gateway kan worden gestuurd. In Tabel 2.2 is een overzicht gegeven van enkele commercieel verkrijgbare microcontrollers waarin energieverbruik, beschikbaarheid van LoRa, prijs en de programmeerinterface zijn weergegeven.

Een functionele eis van het microcontroller board is dat het energiezuinig moet zijn, zodat het lang kan werken zonder dat batterijen hoeven te worden vervangen. Tijdens het uitlezen, verwerken en versturen van de sensordata heeft het board een hoog energieverbruik. Dit energieverbruik zal niet veel verschillen tussen de verschillende microcontroller boards, omdat de gebruikte chips vergelijkbaar zijn. Tussen de metingen hoeft het board weinig te doen en kan het schakelen naar een stand waarin weinig energie wordt gebruikt. Dit wordt door de diepe slaapmodus (*deep sleep*) genoemd. Dit wordt ondersteund door alle Arduino-compatibele boards en dus ook alle boards in Tabel 2.2. Het is heel belangrijk dat het energieverbruik in deze modus heel laag is omdat het board het grootste deel van de tijd zal slapen, met name als de frequentie van de metingen laag is. Aangezien de frequentie afhangt van de snelheid waarmee een signaal in de tijd wijzigt, is dit erg applicatie-afhankelijk. Wanneer we rekenen met een voor bodemvocht hoge frequentie van eens per 10 minuten en ervan uitgaan dat de meting 1 minuut kost (wat een conservatieve schatting is) dan kan het board bijna 90% van de tijd in *deep sleep* zijn. In Tabel 2.2 is het verschil in energieverbruik in diepe slaap tussen de verschillende boards te zien. Als we dat ruw vertalen naar hoeveel dagen een sensor op AA batterijen in diepe slaap kan zijn, wordt de relevantie van de verschillen heel duidelijk. Natuurlijk zal in de praktijk nooit dat aantal dagen worden gehaald omdat er ook metingen gedaan moeten worden, die een significant deel van het de batterijcapaciteit zullen gebruiken; hoe lager het diepe slaap-energieverbruik, hoe meer invloed de metingen zullen hebben op het aantal dagen dat met één batterij kan worden gemeten.

Tabel 2.2: Overzicht van microcontroller boards. Aangegeven is of LoRa al geïntegreerd is of als losse module zou moeten worden verbonden. 'Diepe slaap' is het energieverbruik van het meetstation tussen metingen. De kolom 'interface' geeft aan op welke manier de code van de programmeeromgeving (meestal een laptop of desktop computer) het board kan worden gezet.

Merk en type	Energieverbruik diepe slaap [mA]	Tijd in diepe slaap [d]*	Ingebouwde LoRa	prijs [€]	Programmeer interface
Arduino Uno	19	2,5	Nee	9,50	USB
Arduino Pro	0.57	87	Nee	17,04	Serieel
LilyGO TTGO ESP32 LORA	10	5	Ja	19,50	USB
Seeeduino LoRaWAN	0.06	830	Ja	35,91	USB
trigBoard v8	0.0015	33.000	Nee	23,02	USB
BSFrance LoRa32u4II	0.15	330	Ja	18,71	USB
Heltec Lora Cubecell	0.010	5.000	Ja	11,97	USB
Wisen Talk ² Whisper Node	0.0047	11.000	Ja	26,22	Serieel
MeetJeStad v1	Laag**	-	Vereist solderen	80	Serieel

* Maximale tijd in diepe slaap-modus (deep sleep), gebaseerd op 1 AA batterij met een capaciteit van 1200 mAh
 **Het verbruik in diepe slaap is niet gekwantificeerd maar het is ontworpen om zo laag mogelijk verbruik te hebben; de praktijk wijst uit dat dit verbruik laag (genoeg) is.

Zoals beschreven in 2.3.1 wordt in dit project gebruik gemaakt van het LoRa-protocol om data te verzenden. Dit protocol heeft specifieke hardware nodig, welke niet in alle microcontroller boards aanwezig is. Er bestaan voldoende externe modules om deze hardware aan te sluiten op een microcontroller, maar dit vergt dus wel extra werk bij de assemblage. Bij het MeetJeStad v1 board wordt de LoRa module bijgeleverd, maar deze moet nog wel op het board worden gesoldeerd.

De prijzen van de verschillende boards verschillen tot een factor 4, maar liggen meestal rond de 20 euro. De opvallend goedkope is de Heltec LoRa Cubecell, welke zowel een lage diepe slaap-verbruik heeft als een geïntegreerde LoRa module. Opvallend duur is de MeetJeStad hardware, maar daarover later meer.

De programmeerinterface geeft aan via welke verbinding de code van de computer waarop is geprogrammeerd kan worden verzonden naar het microcontroller board. Wanneer dit via USB kan is er alleen een micro USB – USB datakabel nodig. Wanneer dit via een seriële interface moet, dan is er ook nog een USB-serieel converter nodig. De seriële interface maakt het uitwisselen van de code iets minder toegankelijk voor mensen die hier nog nooit mee hebben gewerkt.

MeetJeStad microcontroller board en board keuze

Het MeetJeStad microcontroller board is de enige die niet commercieel beschikbaar is; dit verklaart ook de hoge prijs. Dit board is open source ontwikkeld binnen de MeetJeStad-gemeenschap en is de afgelopen jaren met veel succes toegepast. Dit is ook het enige board waarin de componenten nog niet aan het board zelf vastzitten; deze moet de gebruiker zelf nog vast solderen. Dit is inmiddels ook vele malen in verschillende workshops door de MeetJeStad-gemeenschap gedaan en hieruit blijkt dat ook mensen zonder soldeerervaring dit met een beetje begeleiding en bijgeleverde handleiding kunnen.

Verder heeft de MeetJeStad-gemeenschap al de code en de infrastructuur ingericht waarmee de sensor zijn data kan versturen naar de *The Things Network*-gateways en vandaar naar hun eigen server; de data kan daar eenvoudig worden opgevraagd via een REST API; een gestandaardiseerde machine-naar-machine-koppeling welke beschrijft hoe de informatie van één machine (e.g. een webserver) door een andere machine kan worden opgevraagd. Doordat deze communicatie alleen door machines wordt gedaan, kan dit automatisch en periodiek. Bovendien hebben zij een website waarop snel kan worden gecontroleerd of de sensors hun informatie (nog) door kunnen geven. Dit is heel handig wanneer fouten moeten worden opgespoord (debugging) als de meetstation niet lijkt te doen wat nodig is. Wanneer gebruik kan worden gemaakt van deze infrastructuur, neemt dat een kwetsbare schakel in het project weg. Er is binnen KWR nog niet veel ervaring met LoRa en *The Things Network* waardoor het lastig is om in te schatten hoe moeilijk deze stap in de implementatie is, terwijl het wel een cruciale stap is.

Ten slotte heeft het MeetJeStad-board een goede staat van dienst als het gaat om energieverbruik. In de toepassing van luchtkwaliteitsmetingen kunnen de boardjes maanden werken op een set AA-batterijen. In de toepassing van bodemvochtmetingen zou dit even lang of langer moeten zijn, omdat het verwerken van de meetdata eenvoudiger en de meetfrequentie lager is.

Op basis van de prijs en diepe slaap-prestaties zoals weergegeven in Tabel 2.2 zouden de HelTec en Wisen whispernode goede kandidaten zijn. De USB-interface van Heltec maakt het de voorkeurskandidaat. Het nadeel van deze microcontroller boards is dat hun prestaties in de praktijk niet bekend zijn, wat een risico met zich meebrengt. Een duurproef met de boards zou hiervoor nodig zijn, maar was binnen de tijdslijn van dit project niet haalbaar.

Van het MeetJeStad-board is wel bekend dat het zich goed gedraagt in de praktijk. Bovendien is hiervoor code beschikbaar die gegarandeerd werkt met het board. Ten slotte is voor dit board ook al een infrastructuur aanwezig om de data van de sensor in een database te krijgen *en* om fouten op te sporen in de connectiviteit als het board geassembleerd is. Kortom, het gebruik van MeetJeStad-board geeft het minste risico's voor het project en is daarom gekozen.

3 Sproeiadvies(portaal) en data-uitwisseling

3.1 Inleiding

Om burgers te helpen om alleen te sproeien als het echt nodig is, zijn zij gebaat met een sproeiadvies. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe dat sproeiadvies tot stand komt en wat er technisch voor nodig is. Er zijn metingen nodig van het actuele bodemvochtgehalte en voorspellingen van de (relevante) weersomstandigheden. Samen dienen zij gevoed te worden aan een model dat daarmee het bodemvocht in de komende dagen kan voorspellen. Dit alles wordt bij elkaar gebracht op een webserver met database en de meest relevante data wordt getoond op een online dashboard.

3.2 Bodemvochtmetingen en communicatie en opslag

Het vochtgehalte in de bodem is zeer variabel op kleine schaal, en is afhankelijk van de bodemeigenschappen, plantengroei, microklimaat en andere factoren. Daarom is ervoor gekozen om ons te richten op één vegetatietype, namelijk gras, om de variatie in de omstandigheden zo klein mogelijk te houden. Om diezelfde reden is er een gedetailleerde handleiding opgesteld zodat alle gebruikers de sensor op een min of meer gelijke manier plaatsen (zie Bijlage I).

De metingen zijn gedaan met de hardware zoals beschreven in hoofdstuk 2.3. Voor een meting wordt de sensor 10 keer uitgelezen, waarna het gemiddelde wordt doorgestuurd. Omdat bodemvochtgehalten relatief langzaam variëren, is gekozen om eens per uur het bodemvocht te bepalen en te verzenden. Deze metingen worden via LoRa verstuurd naar een van de beschikbare LoRa gateways van het open LoRaWAN netwerk van het *The Things Network* (*The Things The Things Network*, , *n.d.*). Door de samenwerking met MeetJeStad wordt de data van de servers van het *The Things Network* automatisch opgehaald en opgeslagen in de MeetJeStad-database. Deze database kan eenvoudig worden benaderd via een REST API. De server, die het sproeiadvies bepaalt en waar het dashboard (zie hoofdstuk 3.6) wordt gehost, haalt deze data op via deze REST API en slaat het op in die database. De meetstations sturen ruwe waarden (in Volt) naar de database. Voordat deze waarden aan de database worden toegevoegd, worden ze eerst omgezet naar bodemvochtpercentages met de kalibratiecurve uit hoofdstuk 2.3.2.

De software die op het meetstation staat geïnstalleerd, is gebaseerd op die van MeetJeStad (MeetJeStad, 2022) en is te vinden op KWR github pagina (https://github.com/KWR-Water/mjs_soil_moisture). De grootste wijzigingen zijn het verlagen van de meetfrequentie naar eens per uur; het alleen uitlezen van de analoge bodemvochtsensor (in plaats van alle andere sensoren in het MeetJeStad-meetstation); en het verlagen van de GPS-nauwkeurigheid, zodat de sensor niet gerelateerd kan worden aan een specifieke tuin. De meetstations zijn geleverd door MeetJeStad waarbij de microcontroller van elk station zijn eigen unieke nummer heeft. Met dit nummer is het eenvoudig te bepalen of de sensor data doorstuurt via een onderdeel van de MeetJeStad-website (https://meetjestad.net/data/sensors_recent.php).

3.3 KNMI weersvoorspellingen

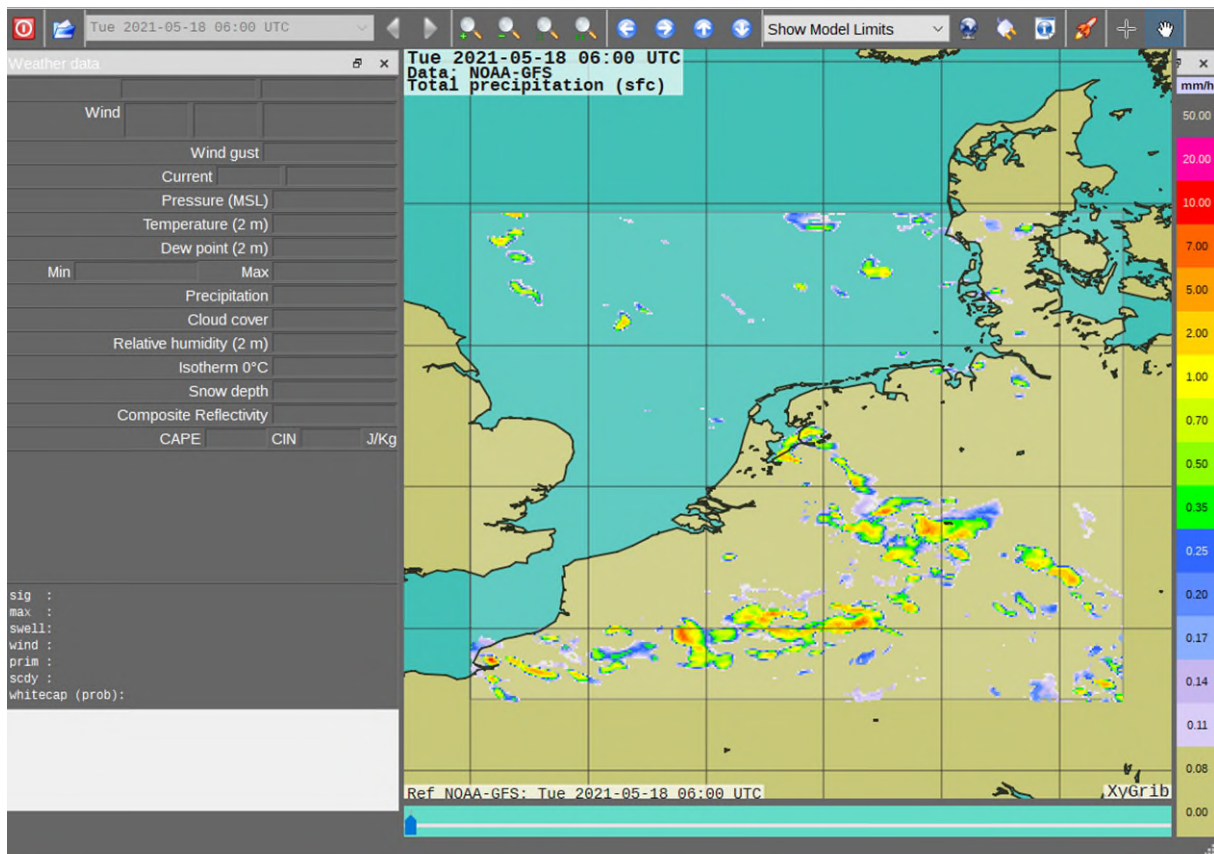
Om voorspellingen van het bodemvocht te maken, zijn voorspellingen nodig van de neerslag en de potentiële verdamping. De potentiële verdamping kan worden geschat uit de luchttemperatuur en inkomende zonnestraling. We hebben de benodigde weersvoorspellingen opgehaald van het KNMI, die ze heeft bepaald met het open source-model HARMONIE 40. Dit is een model met hoge resolutie dat de weersomstandigheden in Nederland voor de

komende 48 uur berekent (zie Figuur 3.1). In het ideale geval zouden voor een sproeiadvies voorspellingen verder vooruit worden gebruikt, maar deze zijn niet eenvoudig beschikbaar. Voor dit project is daarom van de 48-uursvoorspelling uitgegaan. Om de juiste gegevens te vinden en te downloaden zijn de volgende stappen genomen:

1. Het in dit project gebruikte model HARMONIE 40 is te vinden in het datacenter van het KNMI: <https://www.knmidata.nl/data-services/knmi-producten-overzicht/atmosfeer-modeldata/data-product-1> (gratis te downloaden met een API). Meer gegevens zijn te vinden via <https://dataplatform.knmi.nl/>.
2. Er is een KNMI-account en een API-sleutel aangemaakt om gegevens te kunnen downloaden. Het account en de API-sleutel kunnen hier worden toegepast: <https://developer.dataplatform.knmi.nl/apis>. Deze API-sleutel wordt gebruikt bij het schrijven van een script om in de volgende stap KNMI-gegevens te downloaden, waarbij een downloadlimiet bestaat voor verschillende soorten gegevens.
3. Er is een script geschreven om de voorspellingsgegevens te downloaden, te verwerken en op te slaan. De gegevens uit het HARMONIE 40-model zijn verwerkt met de volgende code: https://github.com/KWR-Water/DroogteMonitoring/blob/main/sensordata/get_remote_data/extract_weather_forecast.py. Let hierbij met name op de variabelen API_URL, DATASET_NAME en DATASET_VERSION.
4. De verwerkte weersvoorspelling heeft de volgende opbouw:

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	2021062018	temperature	humidity	wind u-component	wind v-component	instantaneous precipitation	cumulative precipitation	pressure	cumulative net SRW
+01hour	15.6652832	79.32826233	-1.422350883	-4.55816555	0	0	101026.625	66.32818047	
+02hour	14.90869141	80.01446533	-1.415172577	-4.592746735	0	0	101025.875	79.0484392	
+03hour	14.57373047	80.79881287	-1.314228058	-5.712038994	0	0	101017.5625	79.07003262	
+04hour	14.35400391	82.63070679	-1.926200867	-5.470286369	0	0	101034.3125	79.07721049	
+05hour	14.36376953	81.67236328	-2.680253029	-6.303078651	0	0	101039.75	79.07744276	
+06hour	14.171875	78.42216492	-2.609226227	-6.896080017	0	0	100996.125	79.07744276	
+07hour	14.31494141	79.62402344	-3.91927433	-7.444406509	0	0	100971.0625	79.07744276	
+08hour	14.35620117	78.36845398	-3.443328857	-7.574564934	0	0	100952	79.07744276	

Omdat het KNMI deze gegevens elke zes uur publiceert, moet ook de database voor de sproeiadviezen op dezelfde frequentie worden bijgewerkt. De boven beschreven downloadfunctie is daarom vier keer per dag gebruikt. Elke keer slaan we de weersvoorspellingen op onze lokale driver (server) op en gebruiken deze voor het bodemvochtmodel. Deze functie kan echter ook voor andere doeleinden worden gebruikt waar de 48-uursvoorspellingen van het KNMI nodig zijn.

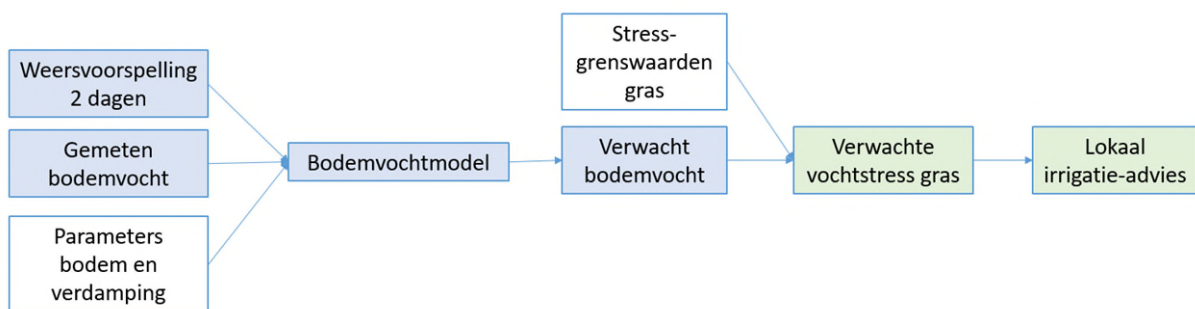


Figuur 3.1: Een voorbeeld van de ruimtelijke neerslag geleverd door het gerasterde HARMONIE 40-model.

3.4 Modelbeschrijving

3.4.1 Modelopzet en aannames

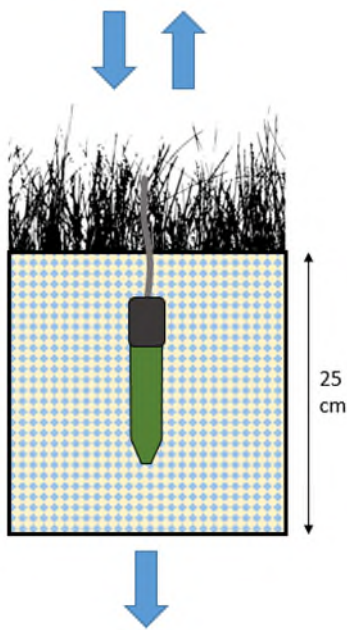
Om van de bodemvochtmetingen te komen tot een lokaal sproeiadvies, is gebruik gemaakt van een simpele modelopzet (Figuur 3.2), die op basis van het huidige bodemvochtgehalte en de weersvoorspelling het bodemvocht over twee dagen voorspelt (blauw); en hieruit de droogtestress van de tuin en de noodzaak tot sproeien inschat (groen).



Figuur 3.2: Opzet van de routine voor het bepalen van het sproeiadvies.

3.4.2 Bodemvochtvoorspelling

Het bodemvochtmodel is een ‘bakjesmodel’, een versimpelde versie van Ireson en Butler (2013). Het model gaat uit van een situatie met (standaard) gras op een lemige zandbodem (zie Figuur 3.3). Het model houdt het



Figuur 3.3: Opzet van het bodemvochtmodel.

bodemvochtgehalte bij van de wortelzone van het gras. Er is aangenomen dat de bodemvochtmetingen representatief zijn voor het gemiddelde bodemvochtgehalte van deze zone (~25 cm). De gebruikte bodemvochtsensor is vrij groot (17 cm) en de deelnemers moesten deze verticaal in het midden van de 25-cm-zone plaatsen. Het meetvolume van de sensor is niet bekend; de meeste professionele sensoren hebben echter een meetvolume over de gehele lengte van de sensor en enkele cm daar omheen. Daarom is te verwachten dat de meting redelijk representatief zal zijn voor de bovenste 25 cm-zone.

De voorspellingen van luchttemperatuur, inkomende straling en neerslag worden geaggregeerd naar dagschaal; vervolgens wordt op basis van Makkink (van Kraalingen en Stol, 1997) de referentieverdamping van gras berekend. Voor elke tijdstap van een dag wordt de neerslag aan het 'bakje' toegevoegd, en de werkelijke verdamping, afhankelijk van het bodemvochtgehalte, verwijderd. Voor de verdampingsparameters van gras is uitgegaan van Feddes en Raats (2004) (zie Tabel 3.1). Daarbij is rekening gehouden met de afhankelijkheid van de verdampingsreductie van de potentiële verdamping; interceptie is niet meegenomen. Wanneer het bodemvochtgehalte boven de veldcapaciteit komt, wordt het overschot als wegzijging naar beneden afgevoerd; er vindt geen stroming omhoog plaats.

Voor de bodemeigenschappen is uitgegaan van 'zeer humeus, matig fijn, leemarm zand' met een verhoogd gehalte organisch materiaal, zoals beschreven in Locher et al. (1987; bodem 5, p. 141). De bodems in en rond Eindhoven bestaan vooral uit zwak tot sterker lemig fijn zand. Op veel plekken komen leemlagen voor op zo'n 50-100 cm diepte en lokaal langs beken liggen soms venige gronden (BRO bodemkaart, PDOK). Van bodems in stadstuinen kan verwacht worden dat ze verstoord en bewerkt zijn bij het inrichten van de tuin. Studies hebben in bovengronden in stadstuinen een relatief hoog organisch stofgehalte (~10%) en lage bulkdichtheid (~1.1 g/cm³ in zandgrond) gevonden (Tresch et al., 2018; Burghardt en Schneider, 2018).

Tabel 3.1: Gebruikte parameters voor het bodemvochtmodel.

Parameter	Waarde
RD	Worteldiepte gras 250 mm
VMC-fc	Bodemvochtgehalte bij veldcapaciteit 0.27 (pF 2)
VMC-red-hi	Bodemvochtgehalte waarbij transpiratiereductie begint bij hoge potentiële verdamping 0.23 (pF 2.3)
VMC-red-lo	Bodemvochtgehalte waarbij transpiratiereductie begint bij lage potentiële verdamping 0.14 (pF 2.9)
VMC-pwp	Bodemvochtgehalte bij het verwelkingspunt ('permanent wilting point') 0.06 (pF 4.2)

3.4.3 Inschatting van de irrigatie-behoefte

Wanneer het gras in de tuin te weinig vocht tot zijn beschikking heeft, zal het droogtestress ondervinden, dor en bruin worden, en kan uiteindelijk deels doodgaan. De droogtetolerantie van gras is in een groot aantal studies onderzocht (zie achtergrondinformatie bijlage II). Deze gebruiken vaak één van twee benaderingen om de vochtstress te kwantificeren:

- Als de verhouding tussen werkelijke en potentiële verdamping (ET_a/ET_p): hoe lager deze verhouding, hoe sterker de vochtstress.

- In termen van het bodemvochttekort over de afgelopen weken, waarbij het bodemvochttekort en de tijd waarover dit voortduurt samen de droogtestress bepalen. Dit is realistischer maar complexer te berekenen.

In dit onderzoek is uitgegaan van de simpele benadering op basis van ET_a/ET_p . Tabel 3.2 geeft de droogtestress-grenswaarden op basis waarvan het model beslist om wel of geen sproeiadvies te geven. De meeste gazongrassen van gematigde gebieden hebben relatief snel last van droogte en hitte; het gras kan in de zomer echter in een 'ruststand' gaan, waarbij het bovengronds uitdroogt, maar na de droogte weer herstelt. In intensere en/of langere droogteperiodes kan wel permanente schade aan het gras optreden. Of het op een bepaald moment nodig is om te sproeien, hangt dus af van het doel van de gebruiker. Wanneer de tuineigenaar het niet erg vindt als het gras af en toe dor wordt, is nauwelijks sproeien nodig; wanneer hij of zij een volmaakt groene grasmat wil, of het gras net heeft ingezaaid, zal dit veel vaker nodig zijn. Daarom zijn twee geschatte grenswaarden aangehouden voor het sproeiadvies: een grenswaarde om verdorring te voorkomen, en een om permanente schade te voorkomen. Zo kan de gebruiker zelf kiezen.

Tabel 3.2: Vochtgrenzen om sproeiadvies in gang te zetten. Zie Bijlage II voor achtergrondstudies.

Eis	Vochtgrens in % ET_a/ET_p op basis van studies	Gebruikte vochtgrens in sproeimodel
Gras blijft er goed uitzien/jong gras	50-70% gedurende zomer voor tolerantere soorten, 80-100% voor meest gevoelige soorten	75%
Gras verdort maar herstelt	40-60% (minder voor meest tolerante soorten)	50%

De modelroutine produceert op basis van de voorspelde werkelijke verdamping en de gegeven grenswaarden een sproeiadvies-tekst in het volgende format:

“Het bodemvochtgehalte is nu 18 %. Het voorspelde bodemvochtgehalte over 2 dagen is 16 %. Er wordt de komende 2 dagen 0 mm regen voorspeld. De verdamping is 80 % van de potentiële verdamping. Om schade aan het gras te voorkomen is sproeien nog niet nodig, maar wel om het gras optimaal te laten groeien. Sproei in de avond of vroege ochtend tot de bodem tot zo'n 10 cm diepte vochtig is. De precieze waterbehoefte van jouw gras is afhankelijk van hoe je het gras onderhoudt, de bodem en de omstandigheden in jouw tuin, en kan lokaal van het advies afwijken.”

3.5 Webserver en database

Om de bodemvochtmetingen, KNMI voorspellingen en modelvoorspellingen samen te laten werken is er software geschreven, welke gehost wordt op een webserver. Hiervoor is gewerkt in het open source python-framework Django (Django, 2022) waarmee (relatief) eenvoudig en snel een webservice met database en website kan worden gemaakt. De KNMI-voorspellingen en bodemvochtdata worden elke 6 uur opgehaald van hun respectievelijke servers (zoals in bovenstaande secties beschreven) via een *scheduler* van het besturingssysteem van de webserver (Windows). Deze worden geconverteerd naar de juiste waarden en eenheden en daarna opgeslagen in de lokale database. Tenslotte is ook de code van het model zoals beschreven in 3.4 opgenomen in de software om zo voorspellingen van het bodemvocht en de sproei-behoefte te kunnen doen. Voor het dashboard is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van functionaliteit in het Django-framework voor een zo snel mogelijke ontwikkeling. Alleen de interactieve kaart is gemaakt met Leaflet en de grafieken met Plotly (<https://plotly.com/python/>). Het dashboard wordt verder beschreven in de volgende sectie. De broncode van de webservice, website en database is te vinden op de KWR github-pagina (<https://github.com/KWR-Water/DroogteMonitoring>) (deze is alleen beschikbaar na inloggen op github en nadat de gebruiker de benodigde rechten heeft gekregen).

3.6 Dashboardbeschrijving

De bodemvochtmetingen en sproeiadviezen zijn gevisualiseerd op een online portaal <http://sproeiadvies.kwrwater.nl/> (door technische beperkingen is deze website na het project helaas niet meer beschikbaar). Hier konden de deelnemers en andere geïnteresseerden gedurende de zomer de droogtesituatie en sproeiadviezen voor Eindhoven inzien. De hoofdpagina laat een algemeen sproeiadvies zien voor Eindhoven op basis van de gemiddelde metingen (Figuur 3.4, boven). Op het moment dat de pagina wordt geopend, wordt het bodemvochtmodel gerund met het gemiddelde van de actuele bodemvochtmetingen en de meest recente weersvoorspellingen. Zo wordt een sproeiadvies gegenereerd voor de komende twee dagen. Een tweede tabblad laat de kaart van Eindhoven zien met daarin de actuele meetlocaties in de tuinen met hun huidige bodemvochtstatus (Figuur 3.4, onder).

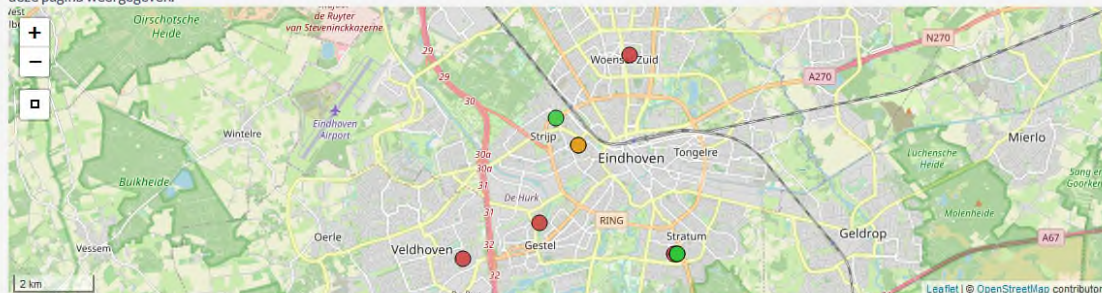


Figuur 3.4: Screenshot van het sproeiadvies-portaal op 1-9-2021. Boven: de hoofdpagina met het algemene sproeiadvies, gebaseerd op het gemiddelde van de actuele sensorwaarden. Onder: de pagina waar de kaart met alle bodemvochtsensoren te zien is.

Op ieder moment in de zomer zijn meestal rond de 4 sensoren tegelijk zichtbaar geweest. Figuur 3.5 geeft een overzicht van alle sensoren die over de zomer, kort of lang, enige metingen hebben doorgegeven. Door in te zoomen op de kaart kunnen de individuele locaties worden ingezien (anoniem sensornummer, locatie op 100 meter nauwkeurig). Dit geeft de bodemvocht-meetreeks van die locatie en een locatiespecifiek sproeiadvies gebaseerd op de lokale bodemvochtsituatie (Figuur 3.6).

Overzicht van de gemeten bodemvochtgehalten per locatie

Op de kaart zijn de locaties van de bodemvochtsensoren met gekleurde cirkels weergegeven (afgerond op ongeveer 100 meter nauwkeurig). De kleur van de cirkels geeft aan of de grond droog (rood), net voldoende droog (oranje) of nat is (groen). Door op de cirkels te klikken verschijnt er een menu waarin de exacte waarde van de sensor kan worden gezien. Bovendien verschijnt dan een link naar de historische waarden van de sensor. Alleen de sensoren waarvoor afgelopen 24 uur een nieuwe waarde is verstuurd worden op deze pagina weergegeven.



Figuur 3.5: Het sproeiadvies-portaal met alle sensoren die over zomer (kort of lang) metingen hebben gegeven. De kleuren zijn bepaald door de laatst gemeten waarde, dus de kaart geeft niet de droogtesituatie op een bepaalde dag weer.

Sensor 800

Previous

Next

Sproeiadvies

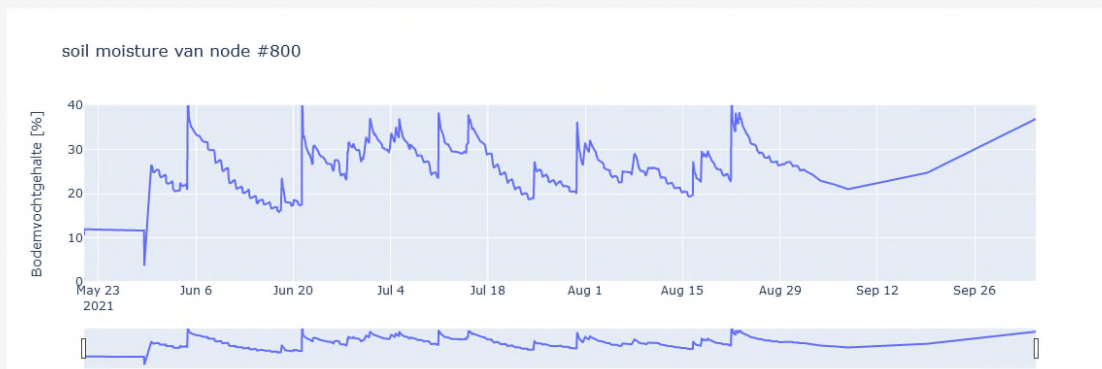
Bodemvocht is 37% gemeten op 04-10-2021 18:58

Het bodemvochtgehalte is nu 37%. Het voorspelde bodemvochtgehalte over 8 uur is 27%. Er wordt de komende 8 uur 0 mm regen voorspeld. De verdamping is 100% van de potentiële verdamping. Het is niet nodig om het gras te sproeien. De precieze waterbehoefte van jouw gras is afhankelijk van hoe je het gras onderhoudt, de bodem en de omstandigheden in jouw tuin, en kan lokaal van het advies afwijken.

[Klik hier](#) voor de meest recente KNMI voorspelling.

Historische overzicht bodemvochtgehalte

De figuur hieronder toont het gemeten volumetrische bodemvochtgehalte van afgelopen periode. Onder de grote figuur bevindt zich een schuif waarmee kan worden ingezoomd op een kleinere periode.



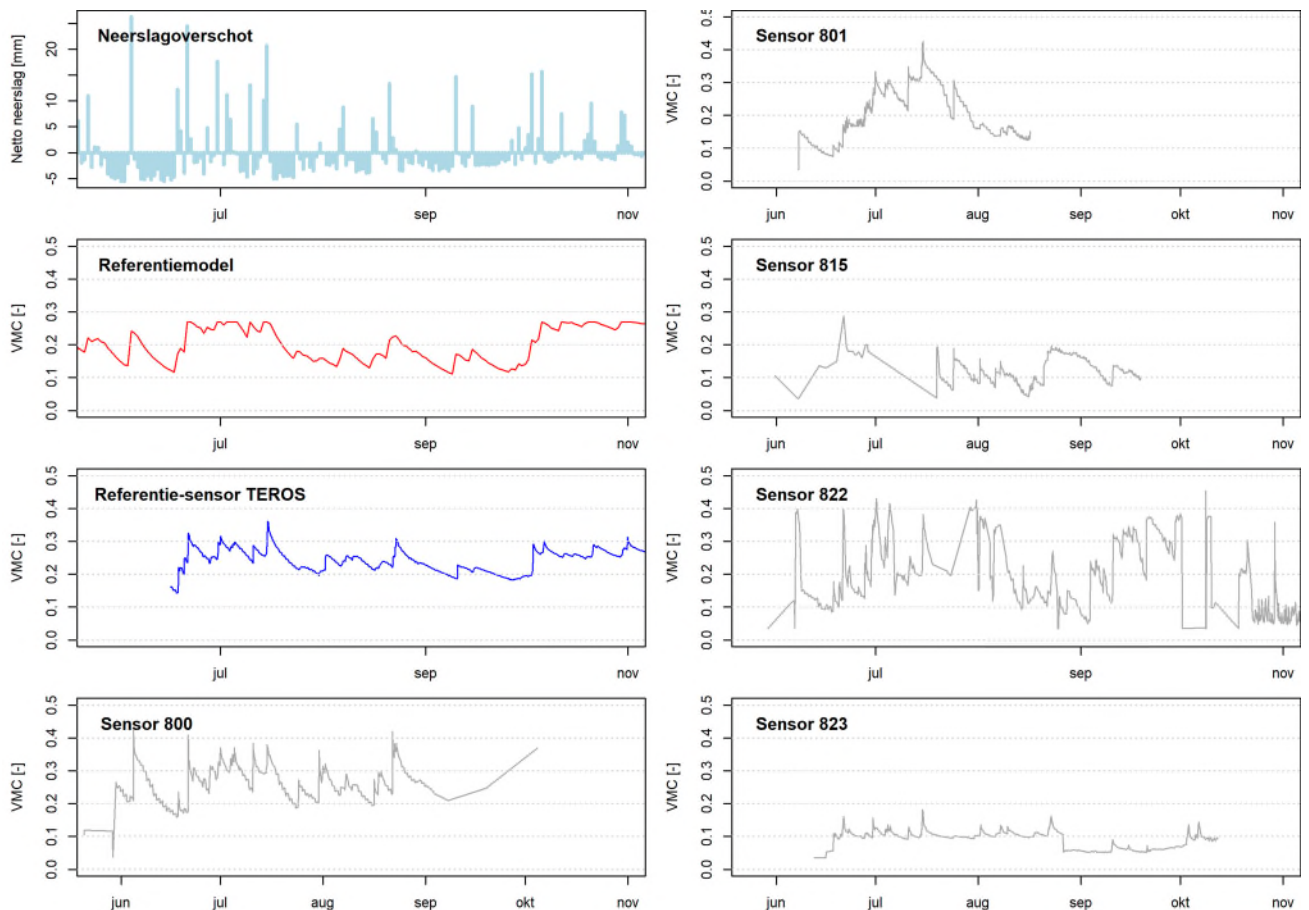
Figuur 3.6: Pagina op het sproeiadvies-portaal met metingen en advies voor een specifieke locatie. Het advies is gebaseerd op de laatst gemeten waarde in oktober, die niet meer betrouwbaar is. Tot begin september zijn de metingen en de daarop gebaseerde adviezen wel van redelijke kwaliteit.

Gedurende de zomer zijn op basis van de informatie in het portaal ook actief sproeiadviezen als email verstuurd naar een groep klanten van Brabant Water in Eindhoven. Een voorbeeld is gegeven in Bijlage III en IV.

3.7 Evaluatie van metingen

Gedurende de zomer is een eerste controle op de bodemvochtmetingen uitgevoerd door deze te vergelijken met neerslagreeksen en met een referentie-bodemvochtmodel, dat doorlopend is gerund vanaf een aangenomen ‘volle’ situatie in de lente, zonder updates met metingen. Ook is in één van de tuinen naast de zelfgebouwde sensor een professionele sensor geplaatst als referentie.

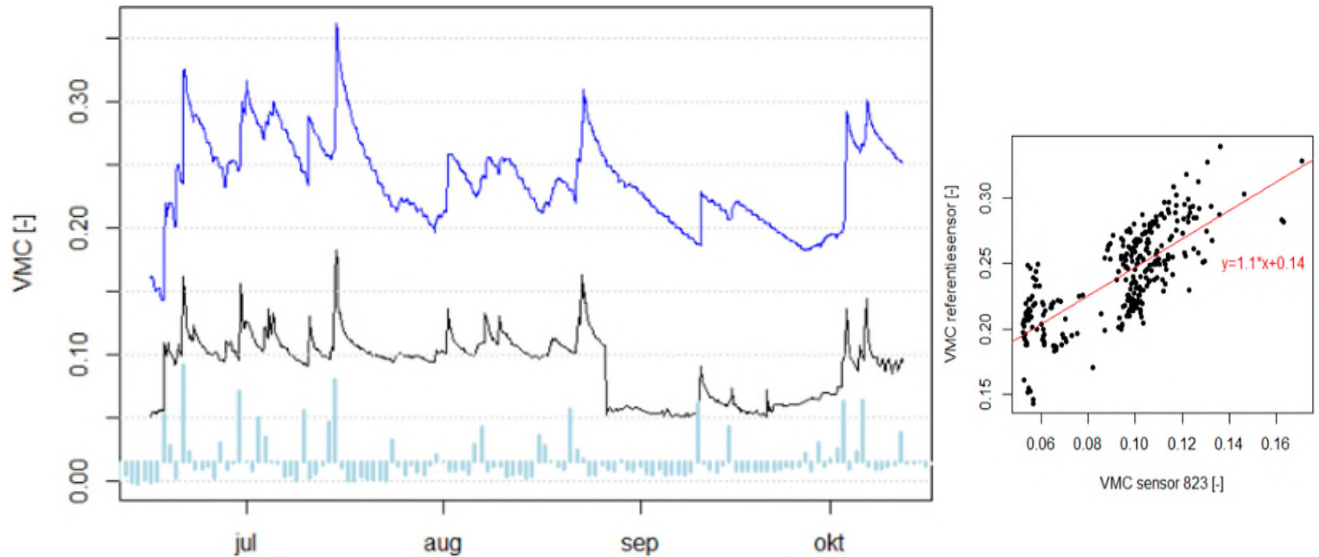
Figuur 3.7 geeft de gemeten bodemvochtreesen van alle zelfgebouwde sensoren die redelijk doorlopend data hebben geleverd (zie Tabel 4.1), samen met de metingen van de referentiesensor, de gemodelleerde bodemvochtwaarden van het referentiemodel, en het neerslagoverschot. De zelfgebouwde sensoren laten een redelijk goede reactie op neerslag zien, met een piek na neerslag en een geleidelijke, vertragende afname daarna. De kwaliteit van de metingen verschilt wel sterk tussen sensoren. Soms lijkt drift op te treden (801), zitten er gaten in de meetreeksen (815) of lijkt de gevoeligheid beperkt (823). Daarnaast lijken de sensoren toch enigszins temperatuurafhankelijk (dagelijkse schommeling). Het referentiemodel (rood) volgt het bodemvochtgedrag van de professionele sensor redelijk goed, maar lijkt de pieken iets te onderschatten. Het gemiddelde van de metingen uit de tuinen kwam over de zomer meestal redelijk overeen met het referentiemodel.



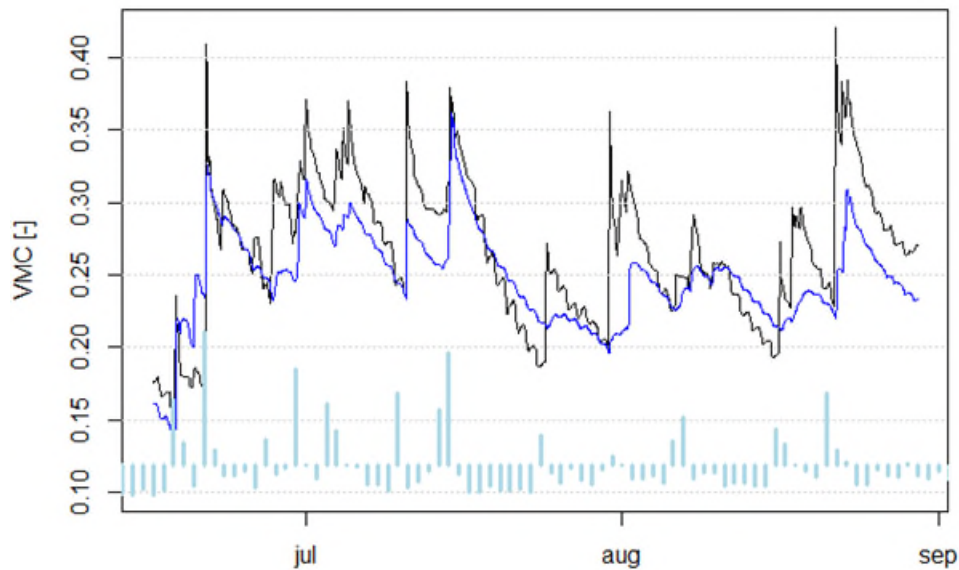
Figuur 3.7: Vergelijking van de zelfgebouwde sensoren met referentiedata. In grijs de sensoren die redelijk doorlopend data hebben geleverd over de zomer. De netto neerslag is de dagelijkse neerslag min potentiële verdamping (KNMI station Eindhoven).

Figuur 3.8 geeft de vergelijking tussen zelfgebouwde sensor 823 en de referentiesensor, die in dezelfde tuin stonden. Te zien is dat de zelfgebouwde sensor goed de patronen van de professionele sensor volgt, maar op een te laag niveau ligt en te weinig variatie laat zien. Dit zou deels verklaard kunnen worden doordat de sensor afwijkt van de algemene kalibratie of onvoldoende gevoelig is; maar werkelijke ruimtelijke verschillen in bodemvochtgedrag of een andere manier van plaatsen kunnen ook een belangrijke oorzaak zijn; daarnaast kunnen

verschillen worden veroorzaakt doordat de TEROs-sensor waarschijnlijk een ander meetvolume heeft dan de Pinotech-sensor. Uit Figuur 3.7 blijkt dat sensor 800 wel soortgelijke patronen laat zien als de referentiesensor. De vergelijking is gegeven in Figuur 3.9. Deze twee sensoren staan in verschillende tuinen, maar duidelijk is wel dat zowel het bereik als het gedrag van sensor 800 goed overeenkomt met de referentiesensor.



Figuur 3.8: Vergelijking van zelfgebouwde sensor 823 (zwart) met referentiesensor (blauw) in dezelfde tuin. In lichtblauw de netto neerslag.



Figuur 3.9: Vergelijking van zelfgebouwde sensor 800 (zwart) met referentiesensor (blauw). In lichtblauw de netto neerslag.

Samenvattend kan gesteld worden dat de bodemvochtmetingen met de zelfgebouwde sensoren en de daarop gebaseerde bodemvochtvoorspellingen meestal wel een goed *kwalitatief* beeld geven van de ontwikkelingen in het bodemvochtgehalte, maar dat de absolute bodemvochtwaarden van individuele sensoren zeer onbetrouwbaar kunnen zijn. Verschillen in de kwaliteit van de bouw en de plaatsing van de sensoren tussen deelnemers lijken mogelijk een belangrijke rol te spelen. Ook is het mogelijk dat de algemene kalibratie vanuit het labexperiment niet direct bruikbaar is voor de individuele sensoren, en dat een aparte kalibratie per sensor nodig is. Sowieso kan, ook bij betrouwbare metingen, een redelijke variatie in bodemvochtgedrag worden verwacht tussen tuinen, door verschillen in bodemtype, type tuin en begroeiing, zoninval enzovoort. Ook bleek tijdens de onderzoeksperiode dat de ruimtelijke variatie in neerslag zelfs op de schaal van Eindhoven soms groot kan zijn. Ook dit kan een oorzaak zijn van de variatie in gemeten bodemvochtwaarden.

4 Evaluatie sproeiadviezen en burgerparticipatie

4.1 Inleiding

Met de huidige klimaatveranderingen zullen droge zomers in Nederland steeds vaker voorkomen. Op dat moment is water schaars en moet er zo wijs mogelijk omgegaan worden met drinkwater. Sproeien van planten kan nodig zijn, maar is in sommige gevallen ook overbodig. Het is voor de meeste mensen echter niet eenvoudig te bepalen of hun tuin gesproeid moet worden of niet; de meeste mensen doen dit op basis van gevoel en ervaring in plaats van metingen. Dit kan ertoe leiden dat er te veel water wordt gesproeid. Zo is sproeien niet nodig als er binnenkort een bui gaat vallen of als de vegetatie van de tuin best goed bestand is tegen (korte) droogtestress. Ook is het tijdstip en regelmaat van sproeien belangrijk. Midden op de dag sproeien leidt tot grote verliezen in verdamping en tuinschade omdat planten verschroeien. Ook is één keer in de week goed sproeien beter voor de tuin én waterzuiniger dan elke dag een beetje. Burgers zijn dus zeer geholpen met ondersteuning om hierin goede keuzes te maken, bijvoorbeeld door een sproeiadvies.

Voor een optimaal sproeiadvies zijn metingen nodig van het vochtgehalte van de bodem in de tuin; hoe lager het vochtgehalte, hoe droger de grond. In hoofdstuk 2 en 3 is beschreven wat technisch nodig is voor het bouwen van een bodemvochtmeetstation. Deze meet en verstuurt autonoom en periodiek het bodemvocht van de tuin naar een centrale server. Deze metingen worden gecombineerd met weersvoorspellingen van het KNMI en modelvoorspellingen van het bodemvochtgehalte; samen leveren ze een sproeiadvies.

In dit hoofdstuk wordt de burgerparticipatie in dit project beschreven. Enerzijds is er een groep burgers in workshops begeleid om de bodemvochtmeetstations te maken en hun metingen van hun tuin zijn verstuurd naar de centrale server. Dit is gedaan in samenwerking met jeugdclubs waardoor de deelnemers jonger zijn dan 15 jaar. Anderzijds is er een veel grotere groep die zich heeft aan kunnen melden om periodiek een sproeiadvies te ontvangen via e-mail. Bij hen is met name onderzocht hoe zij deze adviezen waarderen en opvolgen. Beide onderdelen worden besproken in de volgende twee secties.

4.2 Bodemvochtmeetstation bouwen door jonge burgers

De meetstations om bodemvocht te meten zijn niet kant en klaar beschikbaar, maar kunnen wel geassembleerd worden van goed beschikbare componenten (zie hoofdstuk 2). In dit project is er voor gekozen om burgers zelf deze meetstations in elkaar te laten zetten. Lang niet iedereen heeft voldoende vaardigheden of affiniteit met techniek om dit te kunnen en willen doen. Dit heeft als nadeel dat minder mensen mee willen werken aan een dergelijk citizen science-project. Aan de andere kant heeft het als voordeel dat (naar verwachting) de representativiteit van de deelnemers voor de Nederlandse bevolking hoger dan gebruikelijk is voor burgerwetenschapsprojecten (zie hoofdstuk 4.3). In burgerwetenschapsprojecten tot nu toe nemen veelal huishoudens deel met een hoge betrokkenheid en interesse in duurzaamheid. Door ervoor te kiezen om burgers, in dit geval jongeren, zelf meetstations in elkaar te laten zetten, wordt er mogelijk een bredere, meer representatieve groep huishoudens betrokken. Dit omdat de motivatie om deel te nemen nu ook enkel gericht kan zijn op het graag zelf in elkaar willen zetten van een meetstation, en mogelijk niets te maken heeft met een hoge betrokkenheid bij, en interesse in duurzaamheid. Verder is de verwachting dat het zelf assembleren van de meetstations ertoe leidt dat het eigenaarschap van het meetstations en de metingen vergroot, omdat de deelnemers hier zelf moeite in hebben gestoken en weten hoe de data verzameld wordt.

Omdat het lastig kan zijn om een groep deelnemers te vinden is contact gezocht met twee elektronische hobbyclubs in Eindhoven, waarmee een KWR medewerker nauwe contacten heeft. Hun leden hebben affiniteit met

techniek en solderen regelmatig dergelijke systemen in elkaar. Het betrof De Jonge Onderzoekers Eindhoven (DJOE) en de Tech Playground, (TPG) beide in Eindhoven. Dit zijn jeugdclubs, wat betekent dat de deelnemers aan dit deel van het project tussen de 10 en 15 jaar oud zijn. Dit is voor het eerst dat KWR een citizen-science project met niet volwassenen uitvoert. Dit maakt het een interessante pilot om te zien hoe dat gaat en of dat verschil maakt in percentage dat bereid is om deel te nemen en in betrokkenheid bij, en effectiviteit van het project op het doelgedrag (minder sproeien). Wanneer de jeugd wordt betrokken in citizen science projecten, is het meest zinvol om jongeren op de middelbare school te betrekken, en gedrag hierbij te kiezen dat voorheen nog niet sterk onder de aandacht van deze doelgroep stond (Oturai et al., 2022). De deelnemers in het huidige project zijn deels basisschool (groep 7/8), deels middelbare scholieren (onderbouw). Doordat zij vanuit de workshops zelfgebouwde meetstations mee naar huis nemen, die in het gazon dienen te worden geplaatst, zullen de ouders naar verwachting ook worden betrokken.

Samen met de (bege)leiders van de jeugdclubs is overlegd hoe de workshop (waarin het meetstation gebouwd wordt) het beste georganiseerd kan worden en hoe de deelnemers geworven konden worden. Binnen DJOE konden leden zich opgeven, terwijl de workshop bij TPG in het reguliere programma werd ingepast. In eerste instantie is bij beide clubs een workshop van één middag gepland. Deze tijdsinschatting is gemaakt op basis van de ervaring van de begeleiders en van MeetJeStad in het solderen van dit type sets. Het bleek echter dat één middag voor vrijwel alle deelnemers te weinig was. Daarom is KWR bij beide clubs nog een extra middag langsgegaan.

De workshop werd ingeleid door kort de droogteproblematiek te schetsen, waarbij werd aangegeven hoe de deelnemers met dit project bijdragen aan de oplossing. Vervolgens werden de deelnemers aan het werk gezet aan de hand van een schriftelijke instructie. Hiermee konden ze zelfstandig verder en moest er alleen meegekeken en - geholpen worden of alles goed werd gesoldeerd. Het zelfstandig bouwen van de sensoren ging meestal goed. Wanneer een deelnemer alle componenten had gesoldeerd, werd de sensor getest; dit bleek een tijdrovende activiteit te zijn. De belangrijkste reden hiervoor was dat de LoRa-dekking op de locaties van de workshop erg slecht was. Dit maakte het lastig om te bepalen of de LoRa-module goed was gesoldeerd en werkte; het niet ontvangen van data kan immers zowel komen door een slecht gemonteerde LoRa module, als door een slechte LoRa-dekking. Dit is op te lossen door zelf een LoRa toegangspoort (gateway) mee te nemen naar een workshop, om een gegarandeerd goede LoRa dekking te hebben.

Uiteindelijk heeft meer dan de helft van de deelnemers het meetstation afgemaakt (zie Tabel 4.1). Voor sommigen was de duur van de workshop te lang, anderen hadden direct weinig interesse, weer anderen waren na de eerste workshop afgehaakt of toch verder gegaan met hun eigen project waar ze bij hun hobbyclub aan werkten. Na de tweede workshop hebben we geen derde contactmoment aangeboden, omdat we de indruk hadden dat diegenen die echt interesse hadden al klaar waren. We hebben nog wel contact gezocht met de andere deelnemers, maar dat bleek toch heel lastig. Bij de ene club kon dat alleen via de begeleiders van de club, bij de andere via e-mail van de ouders. In beide gevallen was de respons erg laag.

Van de deelnemers die tijdens de workshops een werkend meetstation in elkaar hebben gezet ($n = 20$) heeft iets meer dan de helft deze ook daadwerkelijk in de tuin geplaatst en is de data binnengekomen bij de centrale server (Tabel 4.1). De anderen hebben óf het meetstation niet aangezet, óf hun tuin had geen dekking met LoRa. Hiervan heeft een enkeling contact gezocht om advies te vragen zodat hun meetstation alsnog data zou kunnen versturen. Verplaatsing naar de andere zijde van het huis zorgde ervoor dat het meetstation alsnog data kon versturen.

Van de sensoren die geplaatst zijn en data hebben verstuurd, is ongeveer de helft gedurende de zomer uitgevallen. Met een deelnemer hebben we contact gekregen en weten we dat dat komt doordat er water in het meetstation is gelopen doordat een schroef niet goed was aangedraaid. Van een ander is er een verkeerde instelling in de code van het meetstation blijven staan, waardoor de sensor veel te vaak metingen verzond. Hierdoor liep de batterij binnen enkele weken leeg, terwijl andere sensoren maandenlang werkten. Met de meeste deelnemers is echter geen contact meer gevonden.

Er zijn tijdens de workshop minder sensors geassembleerd dan aanvankelijk ingeschat. Daardoor was er nog materiaal over om nog meer meetstations te bouwen. Daarom is er bij het uitsturen van het sproeiadvies (zie hoofdstuk 4.3) ook nog gevraagd of iemand van *die* deelnemers een meetstation wilden bouwen (zonder begeleiding, alleen met de schriftelijk instructie). Hierop kregen we een positieve respons van drie mensen. Eén van hen is het niet gelukt de sensor te assembleren, ook niet na wat extra instructies via e-mail. Twee van hen hebben de sensor dusdanig weten te plaatsen dat er metingen van binnen zijn gekomen op de server.

Tabel 4.1 - Overzicht van het aantal sensors dat gemaakt, getest en geplaatst is en gedurende de hele pilot data heeft verstuurd.

Assemblage	Aantal deelnemers	Aantal succesvol getest	Aantal succesvol geplaatst	Aantal actief gedurende de zomer
Tijdens workshop	20	13	8	4
Zelfstandig thuis	4	2	2	2

4.3 Evaluatie sproeiadviezen

4.3.1 Doel en verloop

Doel surveyonderzoek sproeiadviezen

Op basis van de (zes) actieve sensoren uit bovenstaande workshops is er een sproeiadvies voor de stad Eindhoven verstuurd naar een groep drinkwaterklanten in Eindhoven, om inzicht te krijgen in hoe de sproeiadviezen door drinkwaterklanten worden geëvalueerd. Daarnaast was het doel om te achterhalen in hoeverre de sproeiadviezen effect hebben op intenties om water te besparen en de tuin minder vaak te sproeien, en een eerste inzicht te krijgen in het effect van deze sproeiadviezen op daadwerkelijk sproeigedrag. Deze e-mails met sproeiadviezen zijn verstuurd naar een grotere groep respondenten in Eindhoven ($n = 319$; zie paragraaf ‘verloop onderzoek sproeiadviezen’ voor een beschrijving van de uitnodiging en aanmelding van klanten).

Wat in de huidige studie niet gelukt is, maar vooraf wel was beoogd, is het vergelijken van de effectiviteit en de evaluatie van de sproeiadviezen tussen een groep respondenten *met* en *zonder* sensors in de tuin. Doel hiervan was om te kunnen achterhalen in hoeverre deelname aan het citizen science project de effectiviteit van de sproeiadviezen zou kunnen versterken. Omdat er weinig sensors online kwamen ($n = 4$), was de groep met sensors te klein om te kunnen vergelijken met de groep zonder sensors. Daarnaast reageerde deze kleine groep met sensors niet op oproepen om persoonlijke sproeiadviezen te ontvangen en de vragenlijst in te vullen. Daarom is deze kleine groep, en dus de beoogde vergelijking, in de huidige studie achterwege gelaten. Om in een vervolgonderzoek een hogere respons te krijgen zou mogelijk een beloning voor deelname kunnen helpen.

Verloop onderzoek sproeiadviezen

Eind juni 2021 is een e-mail verstuurd naar 2500 klanten van Brabant Water met de oproep om deel te nemen aan onderzoek en daarbij sproeiadviezen op maat te ontvangen in de zomer van 2021 (zie bijlage III voor deze oproep). Na vier dagen is de oproep verstuurd naar wederom 2500 klanten, zodat voldoende respondenten zich aan zouden melden. Respondenten werd bij aanmelding gevraagd om een registratiesurvey in te vullen, waarin sociodemografische gegevens, gegevens over de grootte van de tuin, zelfrapportage van sproeigedrag, en intenties om korter of minder vaak te sproeien werden gemeten (zie registratiesurvey in bijlage V). Binnen een tijdsbestek van 21 dagen hebben 319 respondenten zich hiervoor aangemeld en de registratiesurvey ingevuld (waarvan 169 binnen zeven dagen en 310 binnen 14 dagen). Dit is een responspercentage van 6,4%, wat iets lager ligt dan de verwachting (+/- 10%) op basis van eerdere onderzoeken (bijvoorbeeld Brouwer & Hessels, 2019; Brouwer & Salmon, 2022). In de huidige studie is klanten niet gevraagd of zij interesse zouden hebben in het ontvangen van sproeiadviezen *zonder* daarbij de vragenlijsten in te vullen. Het ligt voor de hand dat de interesse van klanten voor het ontvangen van sproeiadviezen dus hoger ligt dan 6,4%. Hoe hoog dit percentage is valt op basis van de huidige studie niet vast te stellen.

In de periode van begin juli tot begin september zijn vijf e-mails met sproeiadviezen verstuurd naar de 319 respondenten, iedere twee à drie weken. Vooraf is ingeschat dat meer sproeiadviezen effectiever zouden zijn, maar omdat 2021 een natte en relatief koude zomer was, zonder (helaas voor het onderzoek) warme en droge perioden, was dat niet nodig. In deze sproeiadvies-e-mails stond achtergrondinformatie over het project, de sproeiadviezen zelf, hoe deze sproeiadviezen tot stand zijn gekomen, een link naar het Sproeiadviesportaal, en één waterbesparingstip vanuit Brabant Water (zie bijlage IV voor een voorbeeldmail). Eind september is de evaluatiesurvey verstuurd naar de 319 respondenten die sproeiadviezen hebben ontvangen (+ een herinneringsmail om de survey in te vullen). Van deze groep hebben 111 respondenten (35%) de survey ingevuld. In deze evaluatiesurvey is een zelfrapportage van het sproeigedrag gemeten van de zomer van 2021, een aantal psychologische variabelen die gerelateerd kunnen worden aan het sproeigedrag (waaronder houding en intentie om korter en minder vaak te sproeien), en een evaluatie van de sproeiadviezen (zie evaluatiesurvey in bijlage VI).

4.3.2 Resultaten

Statistische gegevens

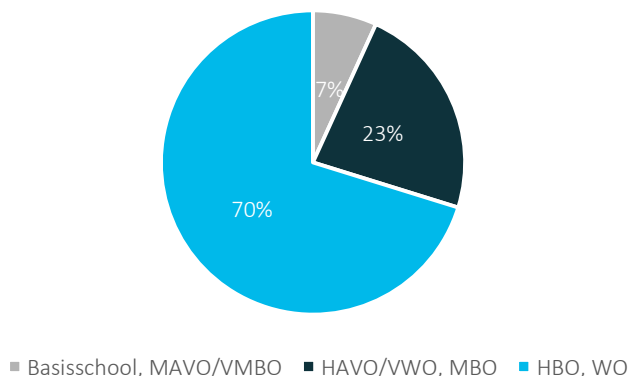
In onderstaande resultaten worden de afkortingen M , SD en n vaak gebruikt. M staat voor een gemiddelde en SD staat voor standaarddeviatie, een standaardafwijking van het gemiddelde (bij een normale verdeling van een variabele zoals bijvoorbeeld leeftijd wijkt 68% hoogstens één standaardafwijking af van het gemiddelde). De n is het aantal respondenten dat desbetreffende vraag heeft ingevuld.

Beschrijving respondenten

Sociodemografische variabelen

De registratiesurvey is ingevuld door 319 respondenten (responspercentage van 6,4%) met een gemiddelde leeftijd van 55 jaar ($SD = 14$ jaar), waarvan 63% man is (en 37% vrouw). Relatief veel respondenten hebben een hbo (hoger beroepsonderwijs) of wo-opleiding (wetenschappelijk onderwijs) gevolgd (zie figuur 4.1). Speculatief hangt het hoge percentage mannelijke deelnemers samen met het feit dat de uitnodiging tot deelname aan dit onderzoek verstuurd is naar de emailadressen waar normaliter de drinkwaterfacturen aan worden verzonden (het voor het drinkwaterbedrijf bekende contactadres). Het is mogelijk dat de traditionele rolverdeling, waarbij de man de financiën regelt, weerspiegelt wordt in de deelname. Ook in voorgaande BTO-onderzoeken waarbij deelnemers op dezelfde wijze geworven zijn laten vaak een oververtegenwoordiging van mannen zien. Ondanks dat er in Eindhoven relatief veel hoogopgeleide mensen wonen (35%; Compendium voor de Leefomgeving, 2019) De oververtegenwoordiging van respondenten met een hbo en wo achtergrond is opvallend, maar in lijn met eerdere onderzoeken waarin bijvoorbeeld is gekeken naar het kraanwaterbewustzijn van Nederlanders (Brouwer, van Aalderen & Koop, 2020). Uit deze studie is naar voren gekomen dat Nederlanders met een hbo of wo achtergrond een significant hoger kraanwaterbewustzijn hebben.

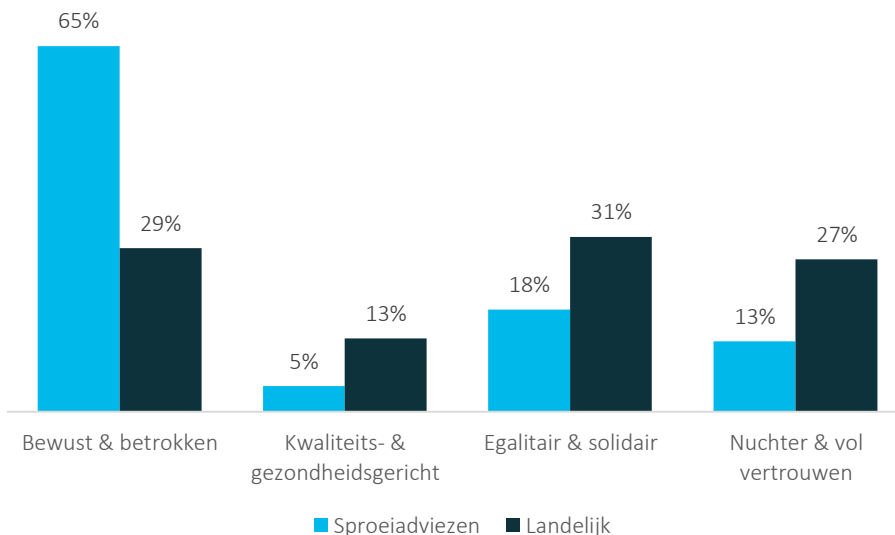
Figuur 4.1. Respondenten registratiesurvey verdeeld naar opleidingsniveau



Klantperspectief

Om te begrijpen of de resultaten van dit onderzoek representatief zijn voor alle huishoudens zijn de klantperspectieven gemeten in dit onderzoek. Er zijn opvallend veel respondenten (65%) met het klantperspectief “Bewust & betrokken” (zie figuur 4.2). Deze klanten worden gekenmerkt door idealisme en een groot maatschappelijk en institutioneel vertrouwen. Zo zijn deze klanten vaker bereid om thuis water te besparen en een kostenstijging te accepteren voor het beheer van waterrijke natuurgebieden door drinkwaterbedrijven en de productie van water met 100% duurzame energie. Uit eerder grootschalig onderzoek naar perspectieven van de drinkwaterklant blijkt dat de verdeling van de klantperspectieven als volgt is: bewust en betrokken (29%), egalitair en solidair (31%), nuchter en vol vertrouwen (27%) en kwaliteits- en gezondheidsgericht (13%) (Brouwer & Sjerps, 2018). Hieruit kan geconcludeerd worden dat mensen die duurzaamheid (in relatie tot kraanwater) belangrijk vinden met het invullen van de vragenlijst van deze studie meer interesse tonen in het ontvangen van sproeiadviezen. Ook in een recent afgerond project op het gebied van waterbesparing waarbij klanten werd gevraagd actief bij te dragen aan onderzoek was de groep klanten met het bewust en betrokken klantperspectief oververtegenwoordigd (Brouwer & Salmon, 2022).

Figuur 4.2. Respondenten uit het huidige onderzoek verdeeld naar klantperspectief ($n = 287$, 32 missings), in vergelijking met een landelijke representatieve groep respondenten uit eerder onderzoek.



Oppervlakte voor- en achtertuin

Een voorwaarde voor het ontvangen van de sproeiadviezen is het hebben van een (voor- of achter)tuin. De gemiddelde oppervlakte van de voortuin van respondenten is 32 m^2 ($SD = 24 \text{ m}^2$, $n = 256^1$). Daarnaast geven 35 respondenten aan geen voortuin te hebben. Wel hebben alle respondenten een achtertuin. De gemiddelde oppervlakte hiervan is 109 m^2 ($SD = 78 \text{ m}^2$, $n = 290^2$).

Waterbesparende opties in huis

Om inzicht te krijgen van in hoeverre respondenten al met duurzaamheid bezig, is in kaart gebracht welke waterbesparende opties respondenten in huis hebben. Een groot deel van de respondenten heeft een

¹ Respondenten die een diepte of breedte van de voortuin aangeven van meer dan drie standaarddeviaties boven het gemiddelde, zijn geëxcludeerd ($n = 10$). Daarnaast heeft deze variabele 18 missings (doordat de breedte en/of de diepte van de voortuin mist of foutief is ingevuld).

² Respondenten die een diepte of breedte van de achtertuin aangeven van meer dan drie standaarddeviaties boven het gemiddelde, zijn geëxcludeerd ($n = 16$). Daarnaast heeft deze variabele 13 missings (doordat de breedte en/of de diepte van de achtertuin mist of foutief is ingevuld).

waterbesparende douchekop of zuinige wasmachine in huis (zie onderstaande tabel 4.2). Wanneer we deze data vergelijken met de resultaten van een vragenlijst die rond de jaarwisseling 2021-2022 onder een representatieve groep Nederlanders is uitgezet (n = 2018) dan valt op dat klanten die interesse hebben in het ontvangen van sproeiadviezen en bereid waren deel te nemen aan het onderzoek relatief vaak een zuinige wasmachine hebben. Daarnaast blijkt het deel respondenten met waterbesparende douchekop relatief hoog in vergelijking met een ander grootschalig representatieve survey, waar het aandeel respondenten met waterbesparende douchekop 51% was (Koop, Clevers, Blokker, & Brouwer, 2021) Voor de andere waterbesparende opties lijken er geen verschillen te zijn tussen de huidige groep respondenten en de respondenten uit eerdere landelijke vragenlijsten (Brouwer & Salmon, in prep.; Koop et al., 2021).

Tabel 4.2: Waterbesparende opties in huis, n=303 (16 missings)

Waterbesparende opties in huis, meerdere opties mogelijk	n	Percentage ³	Percentage landelijk
Waterbesparende douchekop	189	62%	58%
Waterbespaarder op de keukenkraan	54	18%	22%
Zuinige wasmachine	184	61%	47%
Regenton	96	32%	33%
Anders	56	18%	-. ⁴
Weet niet	8	3%	-
Geen	24	8%	-

Sproeigedrag tijdens warme en droge dagen

Wanneer we kijken naar de sproeifrequentie tijdens warme en droge dagen (in het algemeen), dan geeft bij de voormeting 53% van de respondenten aan bij droge en warme dagen de tuin twee of meer keer per week te sproeien (zie tabel 4.3). Daarnaast sproeit 46% de tuin één keer per week of minder.

Tabel 4.3: Sproeifrequentie tijdens warme en droge dagen, n=303 (16 missings).

Sproeifrequentie tijdens warme en droge dagen	n	%
Minder dan 1 keer per week	77	25%
1 keer per week	65	21%
2 tot 3 keer per week	116	38%
4 tot 6 keer per week	29	10%
Iedere dag	16	5%
Totaal	303	99% ⁵

De meeste respondenten (40%) geven aan de tuin gemiddeld tussen de 10-30 minuten te sproeien. Hoe groter de achtertuin, hoe langer de deelnemer sproeit (zie tabel 4.4). Voor de voortuin geldt dit ook, tot 60 min. Bij

³ Totaal telt op tot meer dan 100%, omdat voor deze vraag meerdere antwoorden mogelijk waren.

⁴ In de landelijk representatieve vragenlijst zijn er nog zeven andere waterbesparende opties meegenomen als antwoordopties voor deze vraag (omdat het doel bij die vraag was om ook het aantal regenwatertoepassingen te onderzoeken). De antwoordopties 'anders', 'weet niet' en 'geen' kunnen daarom niet vergeleken worden met de resultaten van het huidige onderzoek.

⁵ 99%, vanwege afronding geen 100%

respondenten die langer dan een uur sproeien is de gemiddelde oppervlakte van de voortuin wat kleiner (dan bij respondenten die 30-60 minuten sproeien), maar de achtertuin is bij deze groep groter.

Tabel 4.4: Verdeling duur sproeien, n=303 (16 missings).

Duur sproeien	n	%	Gem. oppervlakte voortuin (SD)	Gem. oppervlakte achtertuin (SD)
Minder dan 10 minuten	78	26%	25m ² (21m ²)	76m ² (53m ²)
10-30 minuten	120	40%	27m ² (19m ²)	103m ² (70m ²)
30-60 minuten	116	22%	47m ² (31m ²)	134m ² (88m ²)
Langer dan 60 minuten	40	13%	36m ² (26m ²)	162m ² (97m ²)
Totaal	303	99% ⁶	32m ² (24m ²)	109m ² (78m ²)

De meeste respondenten sproeien hun tuin in de avond (87%, zie Tabel 4.5) In de middag wordt bijna niet gesproeid. Deze sproeitijden zijn positief voor het totale waterverbruik, omdat 's avonds (of vroeg in de ochtend) minder water direct zal verdampen en meer water de bodem intrekt. Ook op makkelijk beschikbare websites als [weeronline](#), [landleven](#) en [tijdvoorjetuin](#) worden deze adviezen gegeven. [Brabant Water](#) zelf ziet liever niet dat mensen aan het begin van de avond sproeien. Om de piekuren in de avond (18- 22 uur) te vermijden geven zij het advies het sproeien van de tuin uit te stellen tot na de piekuren.

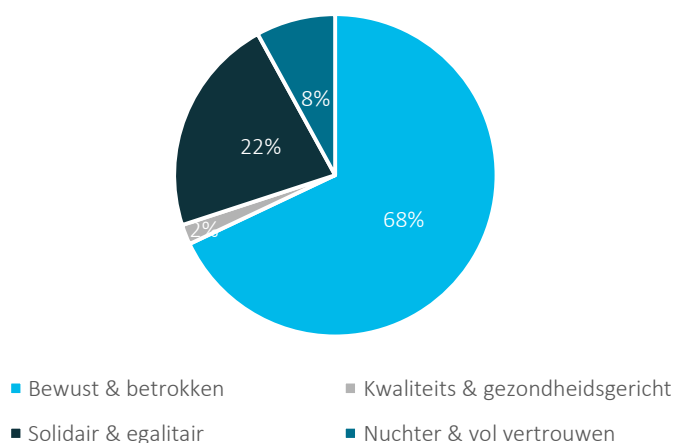
Tabel 4.5: Verdeling tijdstip sproeien, n=314 (5 missings).

Tijdstip sproeien	n	%
Ochtend	23	7%
Middag	2	1%
Avond	273	87%
Heel verschillend	16	5%
Totaal	314	100%

Respondenten evaluatiesurvey

De evaluatiesurvey (met evaluatie van de sproeiadviezen en een zelfrapportage van het sproeigedrag in de zomer van 2021) is eind september 2021 verstuurd naar de 319 respondenten die de registratiesurvey aan het begin van het onderzoek, voorafgaand aan de sproeiadviezen hebben ingevuld (eind juni 2021). Van deze 319 respondenten hebben 111 respondenten ook de evaluatiesurvey ingevuld (35%). Deze respondenten hebben een gemiddelde leeftijd van 59 jaar ($SD = 16$ jaar, $n = 105$), en 56% is man (en 44% vrouw, $n = 110$), en ook veelal het klantperspectief Bewust & betrokken (68%; zie figuur 4.3). Het is dus goed mogelijk dat er door de rest van de drinkwaterklanten in Eindhoven meer gesproeid is dan onder deze, relatief bewust en betrokken, groep respondenten.

⁶ 99%, vanwege afronding geen 100%



Figuur 4.1: Respondenten die de registratievragenlijst en de evaluatievragenlijst hebben ingevuld, verdeeld naar klantperspectief, n= 107 (4 missings).

Sproeigedrag - Zomer 2021

De meeste respondenten geven in de evaluatiesurvey aan dat zij de tuin in de zomer van 2021 alleen tijdens warme en droge dagen hebben gesproeid (62%), waarvan de meesten één keer per week tijdens warme en droge dagen (zie Tabel 4.6). Een klein deel van de respondenten heeft de tuin minimaal één keer per week gesproeid gedurende de hele zomer (5%). En een derde van de respondenten heeft in de zomer van 2021 de tuin *niet* gesproeid.

Tabel 4.6: Verdeling frequentie tuin sproeien zomer 2021, n= 110 (1 missing).

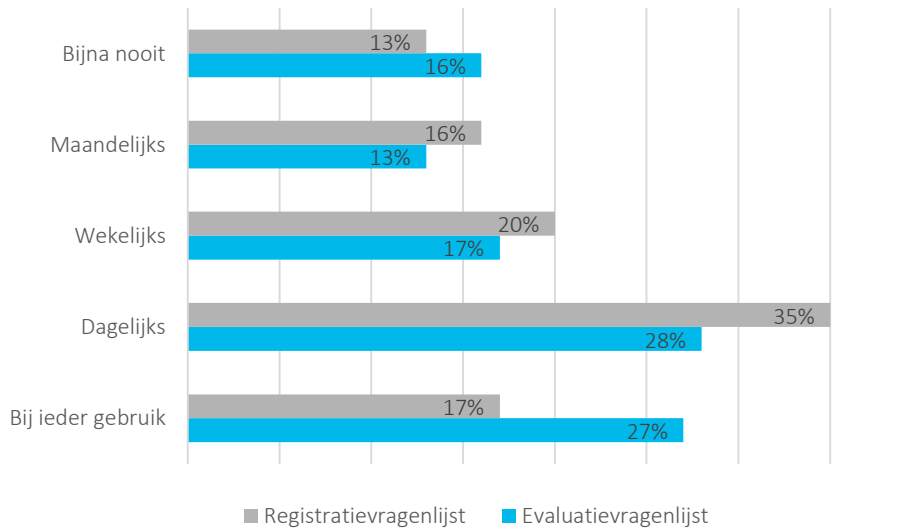
Sproeigedrag zomer 2021	n	%
Niet gesproeid	37	34%
1 keer per week, gedurende de hele zomer	2	2%
2-3 keer per week gedurende de hele zomer	1	1%
4- 6 keer per week gedurende de hele zomer	1	1%
1 keer per week, gedurende warme en droge dagen	53	48%
2-3 keer per week gedurende warme en droge dagen	15	14%
4- 6 keer per week gedurende warme en droge dagen	1	1%
Totaal	110	100%

Nadenken over waterverbruik

Ongeveer de helft van de respondenten (51%) geeft aan wekelijks of minder vaak na te denken over zijn of haar watergebruik (zie Figuur 4.2). Bijna een derde van de respondenten geeft aan wel iedere dag na te denken over zijn of haar watergebruik, en een kleiner aantal respondenten (17%) geeft aan bij iedere handeling (zoals douchen of gebruik van de wasmachine) te denken over het waterverbruik. Het elke dacht bewust nadenken over het waterverbruik is opvallend te nemen omdat het waterverbruik bestaat uit typisch dagelijkse gedachteloze gedragingen (zoals douchen, toilet doorspoelen, vaatwasser aanzetten). Het is waarschijnlijk dat dit hoge bewustzijn verklaart kan worden door het type klanten dat zich voor het huidige onderzoek heeft aangemeld (i.e.,

veel klanten met het duurzaam & bewust klantperspectief).

Hoewel het aantal respondenten dat aangeeft bij iedere handeling (zoals douchen of gebruik van de wasmachine) na te denken over het waterverbruik lijkt gestegen (en het aantal respondenten dat dagelijks nadenkt over het waterverbruik lijkt gedaald) is er geen verschil in score op deze vraag tussen de registratie- en de evaluatiesurvey ($p = .464$; $n = 101$).



Figuur 4.2: Frequentie nadenken waterverbruik, vergelijking verdeling antwoordopties registratievragenlijst met evaluatievragenlijst ($n = 101$).

Effect sproeiadviezen op mate van activatie en intenties

Respondenten zijn door de sproeiadviezen in lichte mate geactiveerd om hun sproeigedrag en algemeen waterverbruik te verminderen. Respondenten geven aan dat het ontvangen van de sproeiadviezen hen in lichte mate aan het denken heeft gezet over hun sproeigedrag, hen in lichte mate heeft gemotiveerd om hun waterverbruik in het algemeen te verminderen en in lichte mate ertoe heeft geleid dat zij bewuster met hun waterverbruik zijn omgegaan (zie Tabel 4.7).

Tabel 4.7: Gemiddelde scores op stellingen over mate van activatie door de sproeiadviezen (zelfrapportage).

Stellingen	Gemiddelde score op 5 puntschaal, waarbij 1= helemaal mee oneens en 5= helemaal mee eens
De sproeiadviezen hebben mij aan het denken gezet over mijn sproeigedrag	$M = 3,38$ ($SD = 1,10$)
De sproeiadviezen hebben mij gemotiveerd om mijn watergebruik in het algemeen te verminderen	$M = 3,27$ ($SD = 0,99$)
De sproeiadviezen hebben ertoe geleid dat ik bewuster met mijn watergebruik ben omgegaan	$M = 3,38$ ($SD = 0,89$)

De intentie van respondenten om in het algemeen de tuin minder vaak te sproeien is sterker geworden. Bij aanvang van dit onderzoek (registratiesurvey, eind juni) hadden respondenten een licht positieve intentie om minder vaak de tuin te sproeien ($M = 3,18$, $SD = 0,80$), en na de zomer (evaluatiesurvey, eind september) hadden respondenten een sterkere intentie om de tuin minder vaak of minder lang te sproeien ($M = 3,62$, $SD = 0,89$). Een statistische test (een t-test) is gebruikt om te achterhalen of er een statistisch significant verschil is waar te nemen tussen de registratiesurvey en de evaluatiesurvey. Een significant verschil duidt op een zeer kleine kans dat dit verschil op toeval berust. Het verschil in intentie is statistisch significant ($t(100) = -5,32$, $p < .001$, $n = 101$). De verhoogde intentie om minder vaak en minder lang te sproeien is dus niet toevallig maar kan voor deze groep van

respondenten worden toegeschreven aan het sproeiadvies.

De intentie om in het algemeen kraanwater te besparen is niet veranderd gedurende het onderzoek en blijft in lichte mate positief ($M = 3,47$, $SD = 0,86$ bij de registratiesurvey, en bij de evaluatiesurvey $M = 3,55$, $SD = 0,86$, $p = .361$, $n = 102$).

Sproeiadviezen – zelfrapportage gedrag

In totaal zijn er vijf sproeiadviezen verstuurd in de periode van eind juni t/m eind september, één keer per twee à drie weken.

De meeste respondenten zijn tevreden over de frequentie van de sproeiadviezen: 81 respondenten (76%) geven aan de hoeveelheid sproeiadviezen precies goed te vinden. Daarnaast vinden 23 respondenten (22%) dat zij te weinig sproeiadviezen hebben ontvangen, wat opmerkelijk is omdat het advies bijna iedere keer (op één keer na) was om niet te sproeien vanwege de natte en koele weersverwachting. Drie respondenten (3%) vinden dat er te veel sproeiadviezen zijn verstuurd.

De meeste respondenten ($n = 82$; 77%) geven aan alle sproeiadviezen te hebben gelezen. Daarnaast hebben 16 respondenten (15%) de meeste sproeiadviezen gelezen en hebben zeven respondenten (7%) een paar sproeiadviezen gelezen. Slechts één deelnemer (1%) geeft aan de sproeiadviezen niet te hebben gelezen, met de volgende reden: *“Ik sproei de tuin nooit. De wortels van de planten worden uitgedaagd om te groeien zodat ze zelf water kunnen opnemen uit de grond.”*

De respondenten geven aan de sproeiadviezen over het algemeen te hebben opgevolgd. Een aanzienlijk deel van de respondenten ($n = 47$, 44%) geeft aan alle sproeiadviezen te hebben opgevolgd. Daarnaast geeft 31% van de respondenten aan ($n = 33$) dat zij de meeste sproeiadviezen hebben opgevolgd. Een kleinere groep geeft aan een paar sproeiadviezen te hebben opgevolgd ($n = 16$, 15%) en 10 respondenten (9%) geven aan geen enkel sproeiadvies te hebben opgevolgd. Drie van deze 10 respondenten geeft aan de sproeiadviezen niet nodig te hebben, daarnaast geven acht van deze 10 respondenten andere redenen voor het niet opvolgen van deze sproeiadviezen, deze staan in Tabel 4.8. Wat opvalt is dat vier van deze respondenten aangeven minder te sproeien dan geadviseerd. Daarnaast geven drie respondenten aan dat zij graag adviezen hadden ontvangen voor losse potten/plantenbakken. Er is blijkbaar behoefte bij deelnemers om een meer gespecificeerd sproeiadvies te krijgen die niet alleen geldt voor gras. Omdat vegetatie met diepere wortels (e.g. struiken) beter tegen korte droge periodes kunnen dan gras, kan dit er ook toe leiden dat er minder advies tot sproeien wordt gegeven (hetgeen weer aansluit bij de beleving van enkele deelnemers). In dit project is gekozen voor een advies voor gras omdat eenduidig is en er al veel bekend is over de verdamping e.d. van een grasveld. Maar gezien deze reacties is het gewenst hier ook andere vegetatie bij te betrekken.

Tabel 4.8: Redenen voor het niet opvolgen van de sproeiadviezen ($n = 8$).

Redenen voor het niet opvolgen van de sproeiadviezen
<i>“Vond ze nogal voor de hand liggend. Dit kon je prima zelf bedenken als je maar naar het weerbericht keek. En helaas waren ze niet altijd van toepassing op onze losse plantenbakken. Die hadden in tegenstelling tot de tuin echt af en toe wat meer water nodig.”</i>
<i>“Tuin niet besproeid, alleen de potten met planten water gegeven.”</i>
<i>“In mijn tuin was het niet nodig.”</i>
<i>“Ik vond vaker sproeien nodig”</i>
<i>“Ik sproei veel minder dan de adviezen. Bevalt mij prima.”</i>
<i>“Ik sproei mijn tuin om hem er fris uit te laten zien, water kunnen ze voldoende uit de bodem halen.”</i>
<i>“Ik gebruik minder water dan de adviezen.”</i>
<i>“De sproeiadviezen hadden betrekking op grasveld. Ik heb geen gras, wel een tuin. Heb dus helemaal niets gesproeid deze zomer. Las helaas geen adviezen over struiken/planten sproeien. “</i>

Vergelijking sproeigedrag zomer 2021 met voorgaande zomer(s)

Wanneer we een vergelijking maken tussen hoe vaak respondenten aangeven te sproeien bij warm en droog weer bij de voormeting (registratiesurvey) en hoe vaak respondenten deze zomer tijdens warme en droge periodes de tuin hebben gesproeid (evaluatiesurvey) dan zien we dat respondenten minder vaak de tuin sproeien in deze zomer dan zij in voorgaande warme en droge periodes deden (zie tabel 4.9). Dit kan verklaard worden door de natte en koele weersomstandigheden van de zomer van 2021. In hoeverre hierbij ook de sproeiadviezen (advies was meestal 'niet sproeien') een rol in hebben gespeeld is, door het afwijkende zomerweer, middels het huidige onderzoek lastig precies vast te stellen. Afgaand op de hierboven gepresenteerde data over de opvolging van de adviezen is het echter goed voorspelbaar dat de adviezen hierbij op zijn minst voor een deel aan hebben bijgedragen.

Tabel 4.9: Vergelijking zelfrapportage sproeigedrag zomer 2021 met voorgaande zomer(s), n= 104.

	Algemeen sproeigedrag – registratievragenlijst - eind juni		Sproeigedrag zomer 2021 – evaluatievragenlijst - eind september	
Sproeien gedurende warme en droge dagen	n	%	n	%
1 keer per week of minder	50 ⁷	48%	90 ⁸	84%
2-3 keer per week	41	39%	15	15%
4- 6 keer per week	10	10%	1	1%
Iedere dag	3	3%	-	0%
Totaal	104 ⁹	100%	104 ¹⁰	100%

Evaluatie sproeiadviezen

De mails met sproeiadviezen zijn geëvalueerd als informatief en duidelijk (zie tabel 4.10). Daarnaast vinden respondenten de sproeiadviezen betrouwbaar en redelijk passend bij het drinkwaterbedrijf. De mails met sproeiadviezen worden niet gezien als nutteloos of betuttelend. De sproeiadviezen kloppen gemiddeld genomen in lichte mate met wat respondenten hebben waargenomen in hun tuin. Een meerderheid van de deelnemers (59%) vindt dat de sproeiadviezen kloppen met wat zij hebben waargenomen in hun tuin (zie Figuur 4.3). Een vijfde van de deelnemers (20%) is het hier niet mee eens. Mogelijk vinden deelnemers de sproeiadviezen niet kloppen met wat zij zagen in hun tuin doordat hun tuin afweek van de aannames uit het sproeiadvies, zoals meer schaduw, een andere begroeiing dan gras (waarop de voorspelling gebaseerd was). Ook kan het zijn dat de tuin van deze mensen andere bodem- of groeiomstandigheden heeft, zoals planten in potten. Sommige deelnemers hebben aangegeven ook graag sproeiadviezen te willen ontvangen voor (pot)planten. Wanneer de deelnemers wel gras in hun tuin hadden, kan het zijn dat de aannames die zijn gebruikt om de 'droogtestress' van het gras te berekenen niet altijd geschikt zijn geweest. Om dit te verifiëren zouden daadwerkelijke metingen nodig zijn van de vochtstress van gras in verschillende tuinen.

⁷ Voor deze categorie zijn de antwoordopties 'minder dan 1 keer per week' en '1 keer per week' samengenomen.

⁸ Voor deze categorie zijn de antwoordopties 'niet gesproeid' en '1 keer per week tijdens warme en droge dagen' samengenomen.

⁹ 104 deelnemers hebben deze vraag zowel bij de registratievragenlijst als bij de evaluatievragenlijst ingevuld.

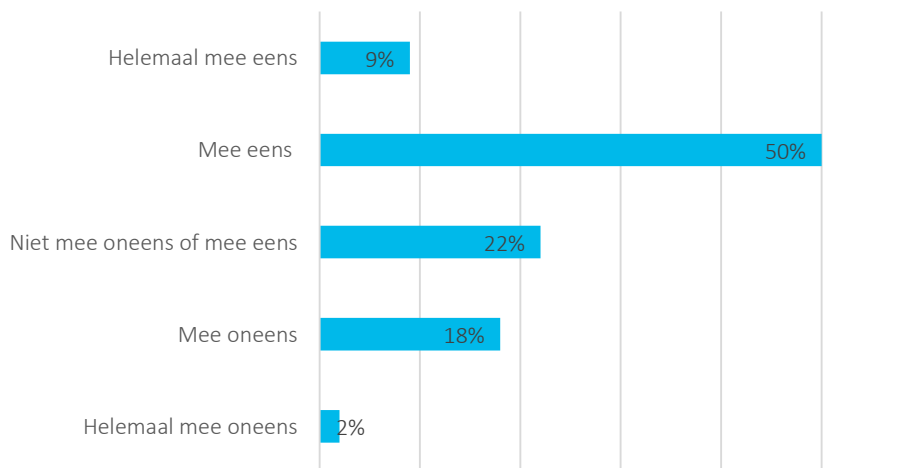
¹⁰ 4 deelnemers die gedurende de hele zomer van 2021 hebben gesproeid, en niet alleen tijdens de warme en droge dagen zijn geëxcludeerd.

Om te kunnen vergelijken met de voormeting uit de registratievragenlijst zijn hier alleen deelnemers geselecteerd die tijdens de warme en droge dagen hebben gesproeid.

Tabel 4.10: Evaluatie mails met sproeiadviezen, n = 105 tenzij anders aangegeven.

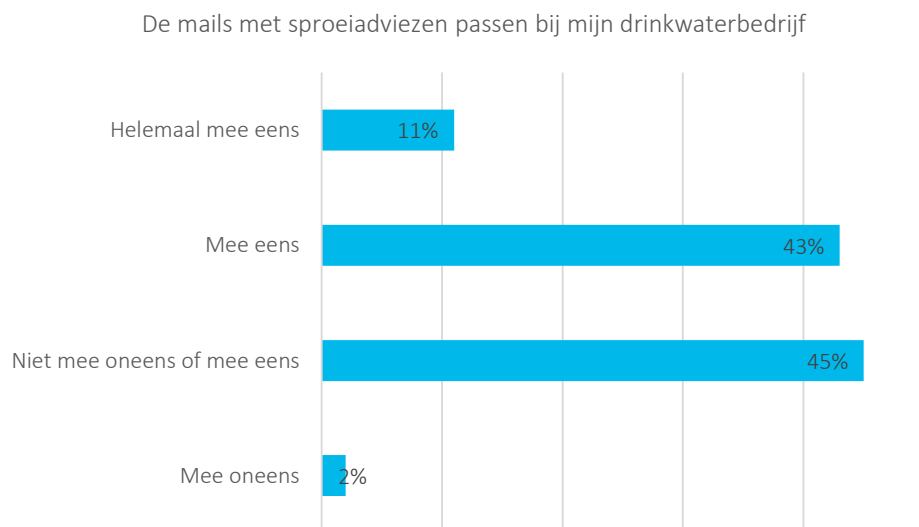
Variabele	Gemiddelde score op 5 puntschaal, waarbij 1= helemaal mee oneens en 5= helemaal mee eens
Informatief, n = 106	M = 3,85 (SD = 0,79)
Duidelijk	M = 3,99 (SD = 0,62)
Betrouwbaar	M = 3,77 (SD = 0,74)
Passend bij het drinkwaterbedrijf	M = 3,62 (SD = 0,70)
Kloppen met wat ik zag in de tuin	M = 3,45 (SD = 0,95)
Nutteloos, n = 104	M = 1,88 (SD = 0,84)
Betuttelend	M = 1,88 (SD = 0,85)

De sproeiadviezen kloppen met wat ik zag in mijn tuin



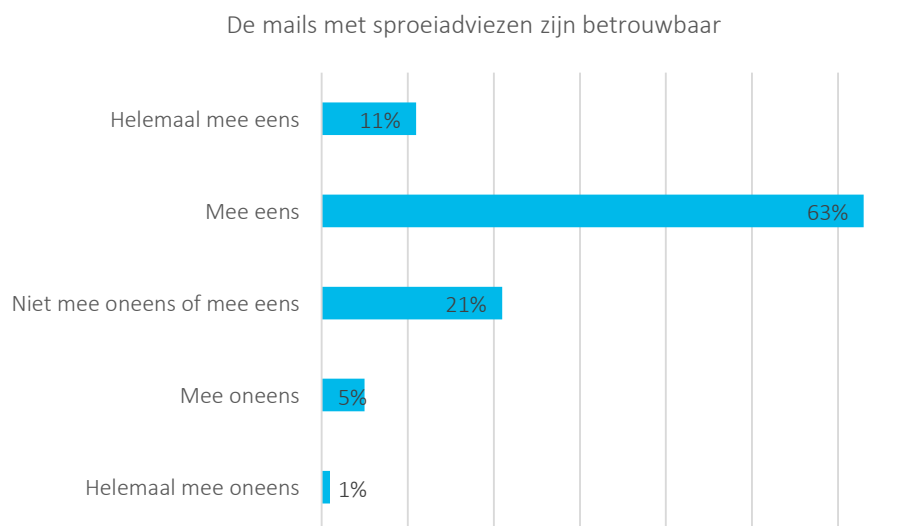
Figuur 4.3: Verdeling antwoordcategorieën stelling 'de sproeiadviezen passen bij wat ik zag in mijn tuin', n=105.

Wanneer we de antwoordcategorieën uitsplitsen voor de stelling in hoeverre respondenten de mails met sproeiadviezen bij hun drinkwaterbedrijf vinden passen, zien we dat een aanzienlijk deel van de respondenten het eens of helemaal eens met deze stelling (54%). Daarnaast staat een deel hier neutraal tegenover (45%; zie Figuur 4.4). Een verklaring hiervoor is dat respondenten niet goed weten of zij dit bij hun drinkwaterbedrijf vinden passen.



Figuur 4.4: Verdeling antwoordcategorieën stelling 'de mails met sproeiadviezen passen bij mijn drinkwaterbedrijf', n = 105.

De meeste respondenten vinden de mails met sproeiadviezen betrouwbaar (74%, zie Figuur 4.5). In de mails met sproeiadviezen is beschreven hoe we tot de sproeiadviezen zijn gekomen, en daarbij is ook uitleg gegeven over het citizen science project waarin de sensoren zijn gebouwd. Ongeveer een vijfde van de respondenten geeft aan het niet oneens of eens te zijn met de stelling dat de sproeiadviezen betrouwbaar zijn. Mogelijk weten zij niet of zij de sproeiadviezen betrouwbaar vinden of niet. Slechts 6% vindt de sproeiadviezen onbetrouwbaar. het is waarschijnlijk dat het lage aantal sensoren waarop de metingen is gebaseerd (4 sensoren) hier een rol in heeft gespeeld. Ook kan het zijn dat er een lager vertrouwen in de meetresultaten is onder de deelnemers in de kwaliteit van de data omdat het door jongeren zelfgebouwde sensoren zijn (en deze door hen zelf in het gazon zijn geplaatst).



Figuur 4.5: Verdeling antwoordcategorieën stelling 'de mails met sproeiadviezen zijn betrouwbaar', n = 105.

Kennis

De kennis uit de mails met sproeiadviezen lijkt in redelijke mate te zijn overgekomen bij de respondenten. Voor alle drie de stellingen geldt dat een meerderheid de stelling juist heeft beantwoord (zie tabel 4.11). Omdat deze vragen niet zijn meegenomen in de voormeting, weten we niet of respondenten deze kennis al hadden, of hebben opgedaan door de mails met sproeiadviezen.

Tabel 4.11: Verdeling respondenten in juist, onjuist of weet niet geantwoord op de kennisstellingen, n = 105.

Stellingen	% juist geantwoord	% onjuist geantwoord	% weet niet geantwoord
Eén keer per week sproeien is beter voor de planten in de tuin dan vaker sproeien	65%	11%	24%
Als je het gras in de zomer wat langer houdt, dan hoef je minder te sproeien	64%	5%	31%
Planten die veel water nodig hebben kan je het beste wat beschut neerzetten	72%	4%	24%

Website Sproeiportaal

28 respondenten (26%) hebben via de link in de mail met het sproeiadvies de website met metingen (het Sproeiadviesportaal) bekeken. De website wordt in lichte mate positief geëvalueerd (zie Tabel 4.12).

Tabel 4.12: Evaluatie Sproeiadviesportaal, n = 28.

Variabele	Gemiddelde score op 5 puntschaal, waarbij 1= helemaal mee oneens en 5= helemaal mee eens
Informatief	M = 3,75 (SD = 0,80)
Duidelijk	M = 3,75 (SD = 0,70)
Betrouwbaar	M = 3,57 (SD = 0,84)
Nuttig	M = 3,86 (SD = 0,80)

Kennis over sensoren in tuinen

Slechts 40% van de respondenten (n = 42) geeft aan te weten dat de sensoren voor de vochtmetingen van de bodem bij bewoners in Eindhoven in het gazon zijn geplaatst. Dit is opmerkelijk omdat dit in iedere van de vijf e-mail met sproeiadviezen vermeld stond, en vrijwel alle respondenten (op één na) één of meerdere sproeiadviezen hebben gelezen.

Respondenten denken wel dat het meerwaarde heeft voor de sproeiadviezen dat de sensoren voor de bodemvochtmetingen in Eindhovense tuinen zijn geplaatst (M = 4,02, SD = 0,82, n = 97). Daarnaast geven acht respondenten aan niet te weten of dit meerwaarde heeft.

Interesse in sproeiadvies zomer 2022

De meeste respondenten geven aan, dat wanneer er in de zomer van 2022 weer sproeiadviezen worden gegeven, zij deze zeker weer zouden willen ontvangen (n = 82, 77%). Daarnaast geeft een klein deel van de respondenten aan misschien volgend jaar weer sproeiadviezen te willen ontvangen (n = 18, 17%) en slechts 6% (n = 6) geeft aan geen sproeiadviezen meer te willen ontvangen wanneer deze volgend jaar weer worden gegeven.

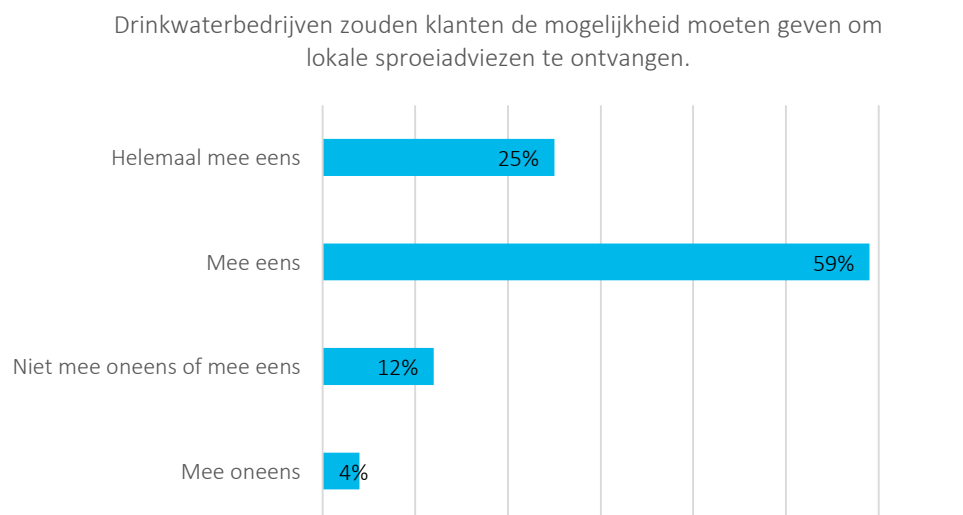
Als redenen waarom zij geen sproeiadviezen meer willen ontvangen geven deze zes respondenten aan dat de tuin verdroogt door het sproeiadvies (n = 1), dat zij met regenwater sproeien dus dat voor hen de adviezen niet zouden gelden (n = 2) en bij de optie anders namelijk worden de redenen gegeven die staan in Tabel 4.13. Wat opvalt is dat vier van de zes respondenten aangeven heel zuinig of bijna nooit de tuin te sproeien, en dat zij daarom de sproeiadviezen niets vinden toevoegen. Daarnaast gebruiken twee van de zes respondenten regenwater en één

van hen heeft geen gras maar vooral bomen en potplanten water, en vindt de sproeiadviezen daarom minder passen bij zijn tuin. Inderdaad kan gesteld worden dat in deze situatie het sproeidadvies minder relevant is.

Tabel 4.13: Redenen die respondenten aangeven om volgend jaar geen sproeiadviezen meer te willen ontvangen.

Redenen om volgend jaar geen sproeiadviezen meer te willen ontvangen (n = 6)
<i>Ik sproei zuinig. Alleen de potten doe ik elke dag.</i>
<i>Ik sproei VOORAL met regenwater. De inrichting van mijn tuin (zeer grote vijver, heel veel potplanten, heesters en bomen, geen gras) leent zich minder voor de aard van de sproeiadviezen. Door deze te volgen zouden te veel planten in potten en borders overlijden.</i>
<i>Ik sproei sowieso sporadisch.</i>
<i>Ik gebruik regenwater. En ik heb niet iets nieuws geleerd. Ik had mij al verdiept in de materie.</i>
<i>De adviezen voegen niets toe aan wat ik al doe: bijna nooit sproeien.</i>
<i>Alleen als het echt uitzonderlijk lang droog is, besproeien wij de tuin.</i>

Respondenten staan positief tegenover de stelling 'Drinkwaterbedrijven zouden klanten de mogelijkheid moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen.' ($M = 4,05$, $SD = 0,72$). 84% van de respondenten is het (helemaal) eens met deze stelling (zie Figuur 4.6).



Figuur 4.6: Verdeling antwoordcategorieën stelling drinkwaterbedrijven zouden klanten de mogelijkheid moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen, n = 106.

Van deze 84% ($n = 89$) die het met deze stelling eens zijn is in vervolgvragen gevraagd waarom zij vinden dat drinkwaterbedrijven klanten de mogelijkheid zouden moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen. Hierbij geven 80 respondenten (90%) aan dat drinkwaterbedrijven op deze manier kunnen bijdragen aan waterbesparing, 19 respondenten (21%) geven aan dat drinkwaterbedrijven zo een leuke extra kunnen bieden aan hun klanten en vier respondenten (4%) geven (daarnaast) nog een andere reden aan, zie Tabel 4.14. Deze redenen gaan voornamelijk over dat drinkwaterbedrijven op deze manier klanten kunnen helpen om bewuster te sproeien.

Tabel 4.14: Antwoorden bij de open optie 'anders namelijk' waarom respondenten vinden dat drinkwaterbedrijven klanten de mogelijkheid zouden moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen.

Redenen waarom klanten vinden dat drinkwaterbedrijven klanten de mogelijkheid zouden moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen (n = 4)
<i>Omdat klanten dan bewuster een keuze kunnen maken.</i>
<i>Omdat klanten daarmee kunnen bijdragen aan beter sproeien en dus besparen.</i>
<i>Helpen bewustzijn creëren.</i>
<i>Goed dat bedrijven betrokken zijn en adviezen geven.</i>

5 Discussie en geleerde lessen

In dit rapport is beschreven hoe een sproeiadvies *voor* burgers tot stand kan komen in samenwerking *met* burgers. Dit vraagt om een combinatie van technische kennis van sensoren en software; ecohydrologische kennis van de dynamiek van droogte; én sociaal-psychologische kennis van het gedrag en de voorkeuren van betrokken burgers. De ervaringen die in dit project zijn opgedaan worden hierna kort bediscussieerd, om daar vervolgens de belangrijkste lessen uit te trekken over de haalbaarheid en de waarde van citizen science-droogteonderzoek voor waterbesparing.

De belangrijkste les is dat het mogelijk is om jongeren en andere burgers met goedkope, zelfgebouwde sensors bodemvochtmetingen te laten doen en hieruit een real-time sproeiadvies te genereren. Het is gelukt om de volledige cyclus van metingen tot real-time sproeiadvies op te zetten, die door een grote groep ontvangers positief werden beoordeeld. Wel bleken er vele haken en ogen die met name onderdeel metingen nog hebben beperkt, en was de effectiviteit voor waterbesparing moeilijk te beoordelen door de relatief natte zomer.

5.1 Workshop en interactie met deelnemers

Er is met weinig moeite, ondanks de coronamaatregelen, een redelijke groep deelnemers gevonden voor de workshop door gebruik te maken van het netwerk en de leden van bestaande elektronische hobbyclubs. Een aantal van hen waren zeer enthousiast over het bouwen van het meetstation. Door via deze kanalen de deelnemers te werven, beperkten we ons tot jongere deelnemers (tussen de 9 en 15). Hier bleek ook een nadeel aan te zitten omdat het lastig bleek om contact te houden na de workshop. Het contact liep volledig via e-mail van henzelf, hun ouders of hun begeleiders. Alleen in het geval dat het langs de ouders liep was het in sommige gevallen mogelijk om naderhand nog contact te krijgen. Het is altijd lastig om deelnemers gedurende het hele traject betrokken te houden in burgerwetenschapsprojecten, maar hier is het dus nog lastiger omdat zowel ouder en kind betrokken moeten blijven. Wellicht dat andere communicatiekanalen hier geschikter voor zijn die meer aansluiten bij de deelnemers, zoals Instagram of Facebook. Aan de andere kant waren er ook ouders die wel heel enthousiast meewerkten en veel moeite hebben gedaan om te zorgen dat de sensor alsnog of weer data ging versturen. Dit geeft ook aan dat de kinderen juist een ingang kunnen zijn bij hun ouders, zodat die ouders actief mee gaan doen aan het burgeronderzoek.

Ook is het voor een eventueel vervolgonderzoek goed om beter na te denken over opvolging na de workshop: hoe houd je de deelnemers betrokken, hoe zorg je ervoor dat ze hun sensor afmaken en ook plaatsen. Dit is een erg arbeidsintensief proces gebleken. De communicatie verliep niet altijd soepel of was afwezig. Dit kan deels worden ondervangen door een centraal punt of platform te hebben waar mededelingen kunnen worden aangeboden en vragen kunnen worden gesteld en (onderling) beantwoord. Het gebruik van dit platform zal groter zijn wanneer het aansluit bij platforms die deelnemers al gebruiken, zoals Facebook, Instagram of Whatsapp. In ieder geval is het goed om voordat de workshops beginnen al contact te hebben gelegd met de deelnemers zelf. Dit verhoogt de kans dat naderhand ook contact met hen kan worden gehouden.

Het was ook niet makkelijk om de deelnemers contactgegevens te krijgen in verband met privacy; bij een van de twee clubs ging alle communicatie daardoor langs de begeleiders. Dit belemmerde initieel de communicatie, dus het is goed om vroeg in het project aandacht te hebben voor een goed plan van aanpak voor de communicatie. In dit project hadden we dat niet voldoende gedaan. Wanneer met jongeren wordt gewerkt, is gebleken dat dit punt nog gevoeliger ligt.

Een ander aspect van de workshop dat verbeterd kan worden, is de tijdsduur. De gebruikte hardware bevatte veel componenten, waardoor het solderen veel tijd in beslag nam. Hierdoor moest de workshop over 2 dagen worden uitgesmeerd, waardoor sommige deelnemers afhaakten voor hun station klaar was. Bovendien was er daardoor minder tijd om met de deelnemers in gesprek te gaan om te zorgen dat ze de meetstations ook plaatsten of om in contact te komen met hun ouders. Gezien de inventarisatie uit hoofdstuk 2.3, zijn er ook mogelijkheden waarbij veel minder hoeft te worden gesoldeerd. Voor deze oplossingen moet dan wel eerst een duurproef worden uitgevoerd om te zien of ze ook geschikt zijn om langere tijd op één set batterijen te kunnen werken.

De duur van de workshop kan ook worden verkleind met een snellere methode om de gebouwde sensoren te testen, het zogenaamde debuggen. Met name het testen of het meetstation contact maakt met de LoRa gateway kostte erg veel tijd, doordat de dekking van LoRa op de workshoplocatie erg slecht was. Dit zou makkelijk te ondervangen zijn door een eigen LoRa gateway aan te schaffen en mee te nemen naar de workshop. Hiermee is een goede dekking gegarandeerd en zal de connectie snel gemaakt worden. Als de verbinding niet snel gemaakt wordt, is duidelijk dat de fouten liggen bij het soldeerwerk of de componenten.

Er waren ongeveer 10 deelnemers per workshop en deze werden begeleid door 1 of 2 medewerkers van KWR, in het geval van DJOE nog deels ondersteund door begeleiders van DJOE zelf. Het is moeilijk te zeggen hoeveel begeleiders precies per deelnemer nodig zijn, maar in ieder geval moeten dit er meer zijn dan 2 begeleiders per 20 deelnemers. Dit betekent dat het begeleiden van de workshops een arbeidsintensief proces is. Het zou goed zijn als dit meer gedaan kan worden door de gebruikelijke begeleiders van de hobbyclubs, of door organisaties die er meer ervaring mee hebben zoals MeetJeStad. Hiervoor moet het wel eenvoudiger worden om het meetstation te assembleren, zoals hierboven ook voorgesteld. Bovendien zullen zij dan een korte training moeten krijgen.

Na de workshop is het belangrijk zicht te houden op welke sensors wel of geen signaal doorsturen. Dit is twee keer in de meetcampagne gedaan. Hierna zijn er batterijen vervangen bij een sensor die de verkeerde, energie-intensieve instellingen had ingesteld en is er een sensor gevonden die niet meer werkte door vochtproblemen door een verkeerde assemblage. Het monitoren of de meetstations nog verbinding maken kost niet veel tijd en is eenvoudig in een Excelsheet bij te houden. Het kost meer tijd om te zorgen dat de deelnemers actie ondernemen om de stations weer online te krijgen. Het is met name tijdrovend om op afstand de fouten op te sporen; dit kan zo een uur per fout per deelnemer kosten.

Omdat de nazorg zo veel tijd kost, is het belangrijk dat de meetstations een robuust ontwerp hebben, goed getest zijn voordat ze het veld in gaan en lang met een batterijlading kunnen.

5.2 Bodemvochtmetingen

Omdat gebruik werd gemaakt van niet-professionele sensoren met een onbekende betrouwbaarheid, is in het project ook de betrouwbaarheid van de bodemvochtmetingen kort onderzocht. In eerste instantie zijn verschillende goedkope, capacitieve sensoren vergeleken. Er bleek een groot verschil te zijn tussen de verschillende sensoren in reproduceerbaarheid van de metingen. De meest betrouwbare sensor is geselecteerd en hiervoor is een calibratiecurve opgesteld die goed de hele reikwijdte van de bodemvocht beschrijft. Dit type sensor is vervolgens gebruikt voor alle meetstations die de deelnemers in elkaar hebben gezet; er is ervan uit gegaan dat dezelfde calibratiecurve geldig is voor alle sensoren. Dit wordt ondersteund door de observatie dat de calibratiecurve zoals beschreven door de leverancier goed overeenkomt met de door ons afgeleide curve. Het wordt aanbevolen de reproduceerbaarheid van de sensoren te testen door het experiment te herhalen met verschillende exemplaren van hetzelfde type sensor.

Verder is ook de data van de veldmetingen geanalyseerd om een beeld te krijgen van de betrouwbaarheid in de praktijk. Hieruit bleek dat de bodemvochtmetingen met de zelfgebouwde sensoren meestal wel een goed *kwantitatief* beeld gaven van de ontwikkelingen in het bodemvochtgehalte: de algemene patronen volgden de

neerslag en kwamen overeen met referentiemetingen met een professionele sensor. De absolute bodemvochtwaarden van individuele sensoren liepen echter zeer sterk uiteen en konden zeer onbetrouwbaar zijn. Dit blijkt uit deels onwaarschijnlijke metingen van individuele sensoren en grote verschillen tussen de professionele referentiesensor met de naastgelegen zelfgebouwde sensor. Bovendien waren er ook grote verschillen tussen de metingen van de meetstations in verschillende tuinen. Nu zijn bodemvochtgehalten altijd zeer variabel in de ruimte, waardoor het notoir moeilijk is om bodemvocht representatief te meten met deze capacatieve bodemvochtsensors, zelfs met professionele sensors. Om die reden worden er in de praktijk soms meerdere sensors bij elkaar geplaatst om door middeling een meer representatieve waarde te krijgen. De onbetrouwbaarheid van individuele sensoren kan verder verklaard worden door het gebruik van één enkele kalibratieformule, terwijl deze werkelijkheid afhankelijk kan zijn van bodemtype en mogelijk de specifieke sensor. Een andere reden kan de locatie en manier van plaatsing van de sensor zijn: dit is met name bij burgerwetenschap een onzekere factor. Het maakt immers veel uit of de sensor in het gazon, onder hoge begroeiing of dicht bij een boom is geplaatst; net als de diepte van de sensor of de dichtheid van de grond. Om deze verschillen te minimaliseren, hebben de deelnemers een gedetailleerde instructie meegekregen om de sensor te plaatsen. Het is echter onduidelijk hoe ze de sensoren in werkelijkheid hebben geplaatst.

Dat de metingen een grote mate van onzekerheid zouden bevatten was op voorhand verwacht. De hoop was dat dit verschil zou uitmiddelen door een groot aantal meetlocaties. Hiervoor hebben echter niet voldoende mensen deelgenomen.

5.3 Sproeiadvies: hardware en software

Het is gebleken dat het met eenvoudige middelen en bescheiden budget technisch mogelijk is om een online sproeiadvies te genereren met eenvoudige meetstations die (jonge) burgers zelf in elkaar zetten en in de tuin plaatsen. Het communiceren tussen meetstation en de sproeiadvies-server via LoRa, The Things Network en MeetJeStad is een robuuste manier gebleken die gedurende de hele pilot heeft gewerkt. De zwakke schakel hierin is de dekking van LoRa en de ontvangst van de meetstations. Niet alle tuinen hebben een voldoende goede ontvangst waardoor de plaatsing van (de antenne van) het meetstation relevant is. Wanneer deze op de grond wordt geplaatst, zoals bij deze pilot, dan is de ontvangst doorgaans slechter dan wanneer die hoger wordt geplaatst. Het is dus beter wanneer het meetstation hoger zou zijn geplaatst (hoe hoger hoe beter, maar in ieder geval hoger dan 1 meter).

Het is ook mogelijk gebleken dat 48-uurs weersvoorspellingen van KNMI elke zes uur op te halen. Vervolgens konden de voorspelling van temperatuur, straling en neerslag voor Eindhoven hieruit worden bepaald. Dit is niet eenvoudig door het weinig inzichtelijke bestandsformaat (.grib) dat vooral in de meteorologie wordt gebruikt. De data worden gratis aangeboden door KNMI omdat ze als overheidsinstelling hiertoe verplicht zijn. Het is echter niet hun hoofdtaak waardoor de technische ondersteuning bij problemen beperkt is; tegen betaling lijkt hier meer mogelijk. Dit bleek ook uit het offline gaan van het sproeiadvies gedurende de pilot doordat het bestandsformaat opeens wijzigde .. Een aandachtspunt bij het binnenhalen en verwerken van de data is dat de dataset groot is en het verwerken veel processorcracht kost. Dit leidde soms tot problemen met de responsiviteit van de website. Ook zijn dit precies de twee zaken die bepalen hoe duur het hosten van de benodigde server is. Verder zijn de voorspellingen op de KNMI fileserver ook enkele weken tijdens de pilot niet geüpdatet.

Voor het voorspellen van het toekomstige bodemvochtgehalte is er gebruik gemaakt van een eenvoudig bakjesmodel. Ondanks zijn eenvoud bleek het voldoende betrouwbaar om het bodemvocht 48 uur vooruit te kunnen bepalen, gegeven het huidige bodemvochtgehalte en voorspelde weersomstandigheden. De betrouwbaarheid van het model in werkelijk droge situaties was echter moeilijk te evalueren doordat deze in de gebruikte zomer nauwelijks optraden. Een ander punt voor verbetering is de korte voorspellingshorizon van slechts

48 uur. De opbouw van droogtestress in de tuin duurt in werkelijkheid langer, waardoor een langere voorspellingsperiode een beter beeld zou geven.

Het ontwikkelen van de website, webservice en database is binnen beperkte tijd gelukt. Het framework Django is een goede manier gebleken om snel een dergelijk prototype te produceren. Met standaard libraries als Leaflet en Plotly is het mogelijk om relatief eenvoudig responsieve, interactieve grafieken en kaarten te maken. Het is veelzijdig genoeg gebleken om ook te interacteren met externe bronnen als KNMI en MeetJeStad.

5.4 Geleerde lessen evaluatie sproeiadviezen

De gegeven sproeiadviezen zijn in het algemeen positief geëvalueerd. Respondenten vinden de sproeiadviezen duidelijk, informatief en betrouwbaar. Een meerderheid van de respondenten (77%) zou in de zomer van 2022 zeker weer e-mails met sproeiadviezen willen ontvangen, en nog eens 17% zou misschien weer sproeiadviezen willen ontvangen. Een grote meerderheid (84%) geeft ook aan dat zij vinden dat drinkwaterbedrijven klanten de mogelijkheid zouden moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen. Ook vinden respondenten gemiddeld genomen dat het meerwaarde heeft voor de sproeiadviezen dat de sensoren voor de bodemvochtmetingen in Eindhovense tuinen zijn geplaatst.

Met name hoger opgeleiden (70%) en klanten die sowieso duurzaamheid (in relatie tot kraanwater) belangrijk vinden hebben interesse in de sproeiadviezen. Een meerderheid van de respondenten (65%) die zich hebben aangemeld voor de sproeiadviezen (en deelname aan het onderzoek) kan zich het meest vinden in het klantperspectief 'Bewust en betrokken'. In de oproep is het doel van de sproeiadviezen geformuleerd als 'bewuster omgaan met water in de tuin', wat inderdaad goed lijkt te passen bij klanten die duurzaamheid (in relatie tot kraanwater) belangrijk vinden.

De meeste respondenten (77%) geven aan alle sproeiadviezen te hebben gelezen, en 22% geeft aan niet alle sproeiadviezen te hebben gelezen (maar wel de meeste of een paar). Slechts 1% geeft aan geen enkel sproeiadvies te hebben gelezen. De respondenten geven aan de sproeiadviezen over het algemeen te hebben opgevolgd. Een aanzienlijk deel van de respondenten (44%) geeft aan alle sproeiadviezen te hebben opgevolgd. Daarnaast geeft 46% aan niet alle sproeiadviezen (maar wel de meeste of een paar) te hebben opgevolgd. Slechts 9% geeft aan geen enkel sproeiadvies te hebben opgevolgd.

Hoewel vrijwel alle respondenten (op één na) aangeven de e-mails met sproeiadviezen te hebben gelezen, geeft slechts 40% aan te weten dat de sensoren bij bewoners in Eindhoven in het gazon zijn geplaatst. Dit stond echter in iedere e-mail met sproeiadviezen omschreven. Mogelijk kan dit verklaard worden doordat berichten vaak vluchtig worden gelezen, waarbij klanten de inhoud niet grondig doorlezen en verwerken, maar oppervlakkig bekijken. Hierbij worden vooral koppen gelezen, en is de vormgeving en het aantal argumenten bijvoorbeeld belangrijker dan de inhoud van de argumenten (Petty & Cacioppo, 1986).

In het Sproeiadviesportaal (de website met metingen van de sensoren) lijken de respondenten minder interesse te hebben, slechts 26% heeft via de link in de mail met het sproeiadvies het Sproeiadviesportaal bekeken. Deze respondenten evalueren het Sproeiadviesportaal wel (in lichte mate) positief. Het Sproeiadviesportaal wordt door en gezien als nuttig, informatief en duidelijk.

Hoewel de sproeiadviezen positief worden geëvalueerd, en respondenten na de zomer met sproeiadviezen een sterkere intentie hebben om de tuin minder vaak te sproeien bij warm en droog weer, is er slechts een lichte mate van activatie in het hoofd van de respondenten. Respondenten geven aan dat de sproeiadviezen hen in lichte mate aan het denken hebben gezet over hun sproeigedrag, hen in lichte mate hebben gemotiveerd om hun watergebruik in het algemeen te verminderen en in lichte mate ertoe hebben geleid dat zij bewuster met hun watergebruik zijn

omgegaan. Al deze stellingen gaan over een verandering, over bewuster worden van watergebruik. Mogelijk kunnen de relatief lage scores op deze stellingen verklaard worden doordat de groep respondenten die heeft deelgenomen aan dit onderzoek al vrij bewust is van hun watergebruik (vanwege het hoge deel respondenten met het Bewust & Betrokken perspectief).

Respondenten hadden bij aanvang van dit onderzoek al in lichte mate de intentie om minder vaak de tuin te sproeien tijdens warme en droge dagen, en deze is sterker geworden na het ontvangen van de sproeiadviezen. De deelnemers geven aan deze zomer minder vaak de tuin te hebben gesproeid dan afgelopen zomers. Dit wordt waarschijnlijk in belangrijke mate verklaard door de natte en koele zomer van 2021 ten opzichte van de droge en warme zomers in 2018-2020. Gezien de grote mate van opvolging van de adviezen is het echter mogelijk dat de adviezen hier ook voor een deel aan hebben bijgedragen. Waar in voorgaande zomers 48% van de deelnemers de tuin één keer per week of minder sproeide, gold voor de zomer van 2021 dat 84% de tuin één keer per week of minder heeft gesproeid (een derde heeft de tuin in de zomer van 2021 helemaal niet gesproeid).

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is beschreven hoe een sproeiadvies voor burgers tot stand kan komen in samenwerking met burgers. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

- Het is mogelijk om (jonge) burgers in te schakelen om de meetstations te maken en in hun tuin te plaatsen.
- De meeste meetstations die geplaatst zijn hebben de hele pilot meetdata gestuurd zonder dat er verdere interactie nodig was met de deelnemers.
- Het assembleren van de meetstations moet binnen 2 uur te doen zijn omdat deelnemers anders afhaken en het meetstation niet afmaken. Ook zal het testen van de hardware anders minder goed gebeuren en zal de aandacht voor het vervolg, het op de goede manier plaatsen van het meetstation, verminderen.
- Het begeleiden van workshops is tijdsintensief. In deze workshop waren er 1 á 2 KWR-medewerker(s) nodig voor ongeveer 10 deelnemers. Hoe langer de workshop moet duren, hoe tijdsintensiever dit wordt.
- Het contact houden met deelnemers is lastig en tijdsintensief. Als alles goed gaat is dit contact niet zo nodig, maar met name het op afstand oplossen van problemen met de sensor(plaatsing) kost tijd. Het is wellicht goed om communicatie niet via e-mail maar bijvoorbeeld een Facebook- of Whatsappgroep te doen. Of wellicht extra contactmomenten inplannen tijdens de loop van het project.
- Slechts een klein percentage (25%) van de initiële deelnemers heeft uiteindelijk succesvol een meetstation in de tuin weten te plaatsen. Dit lijkt er op te duiden dat het zelf bouwen van de meetstations niet per se bijdraagt aan een grote betrokkenheid bij het meten en het meetstation, in tegenstelling tot wat aan het begin van het onderzoek was verwacht.
- Een kleine pilot als in dit project is een uitermate geschikt middel om te zien waar de succesfactoren en knel- en aandachtspunten liggen. Dit is essentiële informatie wanneer wordt nagedacht over een grotere uitrol van, in dit geval, het sproeiadvies.
- Het meten van bodemvocht met eenvoudige bodemvochtsensors is mogelijk en geeft relatief goede informatie van de trends in bodemvocht. De spreiding tussen de verschillende sensors is echter zeer groot. Dit komt waarschijnlijk deels door werkelijke ruimtelijke variatie, deels door onbetrouwbaarheid van de sensoren zelf en verschillen in plaatsing (type begroeiing, diepte van plaatsing); de mate waarin is niet te bepalen in dit onderzoek. Het maakt wel duidelijk dat het niet eenvoudig is om betrouwbare bodemvochtresultaten te krijgen.
- Gezien de grote spreiding in de metingen, is het noodzakelijk om een veel groter aantal sensors te hebben dan in dit onderzoek, om een representatieve inschatting te kunnen maken van het bodemvochtgehalte.
- Het versturen van meetdata via het The Things Network met LoRa technologie is een goede manier gebleken om in de stad Eindhoven draadloos en energiezuinig (bodemvocht)data te versturen. Een stad met vergelijkbare dekking zal vergelijkbare resultaten geven. Wel kan de dekking per tuin verschillen en is het beter om de meetstation op minimaal 1 meter boven de grond te plaatsen om de ontvangst te verbeteren.

- Het is mogelijk om het HARMONY model van het KNMI te gebruiken om voor elke plaats in Nederland 48-uurs voorspellingen van de (onder andere) zonnestraling, temperatuur en neerslag op te halen. Dit kan periodiek en automatisch. Er moet echter wel op worden gelet dat de voorspellingen soms niet worden geüpdatet of dat het gedownloadte format opeens kan wijzigen.
- Het gebruikte bakjesmodel voor bodemvocht volstaat om de 48-uurs voorspellingen van het bodemvocht te doen. Hiervoor is de huidig gemeten bodemvocht en de voorspelde zonnestraling, temperatuur en neerslag de benodigde input.
- Met Django, het Python-framework voor website- en webservice-ontwikkeling, is het mogelijk om op relatief snelle en eenvoudige wijze een webservice op te zetten waarbij het sproeiadvies kan worden gegenereerd door de bodemvochtmetingen via de MeetJeStad REST API binnen te halen, de 48-uurs voorspellingen van het KNMI REST API binnen te halen, het bodemvochtmodel te draaien en dit te combineren om het sproeiadvies en historisch overzicht van de metingen te tonen in een eenvoudige, interactieve website.
- De sproeiadviezen worden positief geëvalueerd. Met name hoger opgeleiden en klanten met een bewust en betrokken klantperspectief lijken geïnteresseerd in sproeiadviezen.
- De sproeiadviezen worden door vrijwel alle respondenten gelezen (of een aantal/ de meeste van de sproeiadviezen), en door veel respondenten worden de sproeiadviezen (of enkele/ de meeste sproeiadviezen) opgevolgd. Een kleine minderheid (9%) volgt geen enkel sproeiadvies op.
- Respondenten hadden bij aanvang van dit onderzoek al in lichte mate de intentie om minder vaak de tuin te sproeien tijdens warme en droge dagen, en deze is sterker geworden na het ontvangen van de sproeiadviezen.
- Respondenten geven aan deze zomer minder vaak de tuin te hebben gesproeid dan afgelopen zomers. Dit kan verklaard worden door de natte en koele zomer van 2021, maar gezien de grote mate van opvolging van de adviezen is het mogelijk dat de adviezen hier ook voor een deel aan hebben bijgedragen.
- Aangezien de sproeiadviezen positief worden geëvalueerd, en veelal worden gelezen en opgevolgd, en er ook een effect van de sproeiadviezen lijkt te zijn op de intentie om in warme en droge periodes minder vaak de tuin te sproeien, zou het interessant zijn om in toekomstig onderzoek de effectiviteit van de sproeiadviezen op psychologische variabelen (zoals attitudes en intenties) en het effect op het waterverbruik in de tuin te onderzoeken.

Gebaseerd op deze conclusies dient het aanbeveling om de verkenning vervolg te geven, met name omdat de mensen die een sproeiadvies ontvingen aangaven dat ze het nut ervan inzagen en het meestal opvolgden.

Het is wel de vraag of de aanpak in deze pilot daarvoor de beste resultaten geeft. Met name het inschakelen van burgers om een meetstation zelf te bouwen bleek een lastig proces, vooral bemoeilijkt voor de duur van de workshop en de communicatie met de deelnemers. Wanneer gekozen wordt voor deze aanpak moet er voor de workshops een goed plan liggen om te communiceren met de deelnemers en moet er een eenvoudiger meetstationontwerp worden gemaakt. Voor een zo betrouwbaar mogelijk sproeiadvies is deze aanpak wellicht niet de meest optimale, maar het heeft wel andere voordelen. Veel mensen zijn erg enthousiast over deze aanpak door het inschakelen van jonge burgers. Dit heeft veel meer tot doel om van jonge burgers (en hun ouders) te interesseren voor het waterwijs sproeien van hun tuin dan accurate metingen. Ook past het in het promoten van (interesse voor) techniek, wat (zeker in de regio Eindhoven) een voortdurend aandachtspunt is van overheden.

Wanneer het doel is om zo nauwkeurig mogelijk metingen te verkrijgen, dient het aanbeveling dat de gebruikte sensors uitgebreider getest worden op hun betrouwbaarheid door een beoordeling van het gedrag van de verschillende sensors van hetzelfde type in het lab onder verschillende condities. Ook zouden verlengde metingen in een daadwerkelijk drogere zomer waardevol zijn. Ook is het waardevol om het effect van verschillende groeiomstandigheden (type begroeiing, schaduw en beschutting, bodem) op het bodemvochtgedrag in tuinen beter te begrijpen, door metingen te doen onder verschillende omstandigheden. Hierdoor kan zowel de representativiteit van metingen als de toepassing van de adviezen in andere typen tuinen dan het 'standaard' grasveld (zoals borders, struiken, potten) worden verbeterd. De ervaringen van het curieuzeneuzen-project kunnen hiervoor van grote waarde zijn, en het dringende advies is om hen te benaderen. Om afwijkingen door onnauwkeurige assemblage van het meetstation te minimaliseren, dient het aanbeveling om kant-en-klare meetstations te gebruiken voor de metingen. Deze metingen kunnen nog wel het best in de tuinen zelf worden gedaan; voor de plaatsing van de meetstations is daarom nog steeds deelname van burgers nodig.

Voor de communicatie tussen server en website is het The Things Network met LoRa technologie de aanbevolen route. Echter zou dit niet meer via MeetJeStad moeten gaan, maar via een eigen The Things Network-account. Wel kan nog steeds gebruik gemaakt worden van de webservice en website, al is een meer robuuste oplossing, zoals StellaSpark, misschien een betere oplossing. Dit hangt erg af van het aantal deelnemende meetstations en (verwachte) bezoekersaantallen van de website.

7 Referenties

- Arduino: Arduino IDE 1 Installation (Windows), <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Windows>, access: 2022-04-06, 2022.
- Brouwer, S., en Hessels, L. K.: Increasing research impact with citizen science: The influence of recruitment strategies on sample diversity, *Public Understanding of Science*, 28, 606-621, <https://doi.org/10.1177/0963662519840934>, 2019.
- Brouwer, S., Van Aalderen, N., en Koop, S. H. A.: Waterbesparing door burgers: Welke maatregelen zijn mogelijk en hoe overtuig je mensen?, *H2O-Online*, 2020.
- Brouwer, S., en Bouziotas, D.: Water hardness in the eye of the beholder: Exploring links between central softening, customer perception and behavior, and citizen science., *Citizen Science: Theory and Practice*, 7, 2, <http://doi.org/10.5334/cstp.452>, 2022.
- Brouwer, S., en Salmon, S.: Gedragsbeïnvloeding in de praktijk: implementatie en resultaten, KWR, Nieuwegein, 2022.
- Burghardt, W., en Schneider, T.: Bulk density and content, density and stock of carbon, nitrogen and heavy metals in vegetable patches and lawns of allotments gardens in the northwestern Ruhr area, Germany, *Journal of Soils and Sediments*, 18, 407-417, 10.1007/s11368-016-1553-8, 2018.
- Curieuzeneuzen: Curieuze neuzen Vlaanderen: Het grootste burgeronderzoek naar luchtkwaliteit ooit., <https://2018.curieuzeneuzen.be/>, access: 2022-04-06, 2018.
- Curieuzeneuzen: CurieuzeNeuzen: Wetenschap door en voor burgers, <https://curieuzeneuzen.be/over-curieuzeneuzen/>, access: 2022-04-06, 2022.
- Django: Django, <https://www.djangoproject.com/>, access: 2022-08-23, 2022.
- Fariaszewska, A., Aper, J., Van Huylbroeck, J., Baert, J., De Riek, J., Staniak, M., en Pecio, Ł.: Mild Drought Stress-Induced Changes in Yield, Physiological Processes and Chemical Composition in *Festuca*, *Lolium* and *Festulolium*, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203, 103-116, <https://doi.org/10.1111/jac.12168>, 2017.
- Feddes, R. A., en Raats, P. A. C.: Parameterizing the soil – water – plant root system, in: *Unsaturated-zone modeling; Progress, challenges and applications*, edited by: Feddes, R. A., Rooij, G. H. d., en Dam, J. C. v., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 95-141, 2004.
- Feldhake, C. M., Danielson, R. E., en Butler, J. D.: Turfgrass Evapotranspiration. 11. Responses to Deficit Irrigation¹, *Agronomy Journal*, 76, 85-89, <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600010022x>, 1984.
- Hillebrand, B., Vonk, E., en Raterman, B.: Oorzaak piekverbruik (technisch memo), KWR, 22, 2019.
- Hong, M., Bremer, D. J., en Keeley, S.: Minimum water requirements of cool-season turfgrasses for survival and recovery after prolonged drought, *Crop Science*, n/a, <https://doi.org/10.1002/csc2.20393>, 2020.
- Huang, B., en Fu, J.: Photosynthesis, respiration, and carbon allocation of two cool-season perennial grasses in response to surface soil drying, *Plant and Soil*, 227, 17-26, 10.1023/A:1026512212113, 2000.
- Ireson, A. M., en Butler, A. P.: A critical assessment of simple recharge models: application to the UK Chalk, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 2083-2096, 10.5194/hess-17-2083-2013, 2013.
- Jinmin, F., Jack, F., en Bingru, H.: Minimum Water Requirements of Four Turfgrasses in the Transition Zone, *HortScience HortSci*, 39, 1740-1744, 10.21273/HORTSCI.39.7.1740, 2004.
- Koop, S. H. A., Hillebrand, B., Clevers, S. H. P., Pan, Q., Blokker, E. J. M., en Brouwer, S.: Outcomes SMART Water Conservation, KWR, Nieuwegein, 19, 2021.
- Locher, W. P., de Bakker, H., en Steur, G. G. L.: *Bodemkunde van Nederland : leer- en handboek op hoger-onderwijsniveau*, Malmberg, Den Bosch, 1987.
- MeetJeStad: Meet je Stad initiatief voor burgerwetenschap, <https://meetjestad.net>, access: 2022-04-06.
- MeetJeStad: Bodemvocht, <https://meetjestad.net/nl/Bodemvocht>, access: 2022-04-06, 2021.
- Mens, M., Hunink, J., Delsman, J., Pouwels, J., en Schasfoort, F.: Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater, Fase II, Deltares, Delft, 2020.
- Philip, S. Y., Kew, S. F., van der Wiel, K., Wanders, N., en Jan van Oldenborgh, G.: Regional differentiation in climate change induced drought trends in the Netherlands, *Environmental Research Letters*, 15, 094081, 10.1088/1748-9326/ab97ca, 2020.
- Plotly: Plotly Open Source Graphing Library for Python, <https://plotly.com/python/>, access: 2022-08-23, 2022.

- Pronk, G. J., van Dooren, T. C. G. W., Stofberg, S. F., en Bartholomeus, R. P.: Waterhergebruik en de zoetwatervoorziening (Managementsamenvatting en dataoverzicht op dia's) KWR, Nieuwegein, BTO 2020.011, 2020.
- Qi, C., Fang, J., Emily, M., en Bingru, H.: Growth and Physiological Traits Associated with Drought Survival and Post-drought Recovery in Perennial Turfgrass Species, *Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 135, 125-133, 10.21273/JASHS.135.2.125, 2010.
- Sensor.Community: Sensor.Community global sensor network, <https://sensor.community/en/>, access: 2022-04-06.
- The Things Network: The Things Network, <https://www.thethingsnetwork.org>, access: 2022-04-06.
- Tresch, S., Moretti, M., Le Bayon, R.-C., Mäder, P., Zanetta, A., Frey, D., . . . Fließbach, A.: Urban Soil Quality Assessment—A Comprehensive Case Study Dataset of Urban Garden Soils, *Frontiers in Environmental Science*, 6, 10.3389/fenvs.2018.00136, 2018.
- van Dorland, R., van der Wiel, K., Haarsma, R., Daniels, E., van der Schrier, G., en Aalbers, E.: KNMI Klimaatsignaal'21: hoe het klimaat in Nederland snel verandert,, KNMI, De Bilt, 72, 2021.
- van Kraalingen, D., en Stol, W.: Evapotranspiration modules for crop growth simulation: Implementation of the algorithms from Penman, Makkink and Priestley-Taylor, in: *Quantitative Approaches in Systems Analysis*, AB-DLO, Wageningen, 1997.
- Vertommen, I., Blokker, M., Albert, M., en Agudelo-Vera, C.: Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik, KWR, Nieuwegein, 2018.
- Yaling, Q., en Jack, D. F.: Water Relations and Drought Tolerance of Four Turfgrasses, *Journal of the American Society for Horticultural Science jashs*, 122, 129-133, 10.21273/JASHS.122.1.129, 1997.
- Youngner, V., Marsh, A., Strohman, R., Gibeault, V., en Spaulding, S.: Water use and turf quality of warm-season and cool-season turfgrasses, *California Turfgrass Culture*, 31, 1-4, 1981.

I Plaatsingsinstructie sensoren

Hoe installeer ik de sensor?

1. Zoek een goede plek in de tuin. De ideale plek is een stuk *gras* waar niet teveel gelopen wordt, liefst een stukje van de rand van het gras af. Is er geen gras? Zoek dan een plekje met lage planten, zoals een border. Maar vooral niet vlak bij een grote boom.



2. Maak met een schopje een smalle opening in de grond van ongeveer 7 centimeter diep.



3. Steek de sensor recht naar beneden helemaal in de grond. Steek het hele groene deel in de grond en probeer de grond zo min mogelijk te verstoren. Raak je een steen, probeer het dan iets verderop nog een keer. **Gebruik geen geweld om de sensor in de grond te krijgen.**



4. Vul de grond en de grasmat zo goed mogelijk weer aan. Probeer alle grond terug te stoppen die je eruit hebt gehaald.



5. Zet een paaltje of vlaggetje bij de sensor. Zo zal niemand over de sensor struikelen of hem beschadigen.



6. Stuur een foto van je sensor en de omgeving naar martin.korevaar@kwrwater.nl

Je kunt de sensor gewoon in de grond laten zitten. Zorg dat hij zo min mogelijk wordt verstoord. Probeer het gras rond de sensor op dezelfde lengte te houden als de rest van het gras en ook op dezelfde manier water te geven. Mocht je de sensor er toch uit willen halen, trek hem er dan niet aan de kabel uit, maar graaf hem eerst uit. De gemeten data zijn zichtbaar op de kaart op sproeiadvies.kwrwater.nl/sensors/nodes. Iedere dag wordt de gps-locatie van jouw sensor geüpdatet, dus met een dag zal jouw sensor te zien zijn op de kaart op 100 meter nauwkeurig van de plek waar je hem nu hebt neergezet.

II Achtergrondinformatie eigenschappen van gras en bodem

II.1 Achtergrondinformatie: droogterespons van gras

In Nederland zijn belangrijke grassoorten voor (speel/sport)gazons vooral Engels raaigras (*Lolium perenne*), roodzwenkgras (*Festuca rubra*) en veldbeemd (*Poa pratensis*). Dit zijn relatief droogtegevoelige soorten, vooral Engels raaigras; bovendien ondervinden ze stress van hoge temperaturen (>27°C). In vaktermen gaat het om 'cool-season' grassen die vooral groeien in de lente en herfst en in warme, droge periode in ruststand gaan. Het gras kleurt bruin en de groei stopt, maar bij regen herstelt het gras zich snel. Vooral grassen met ondergrondse rhizomen (bijv. veldbeemd) herstellen zich goed. In het algemeen kunnen onze gazongrassen redelijk lang, in de orde van weken (afhankelijk van temperatuur), met weinig vocht toe zonder schade, maar in intensere en/of langere droogteperiodes kan wel schade aan het gras optreden, zodat voor het volgende jaar bijgezaaid moet worden. Er zijn dus gradaties in de vochtstress van gras, en de hoeveelheid benodigde irrigatie hangt af van het doel van de eigenaar. Meestal wordt aangeraden om 's ochtends, 's avonds of 's nachts te irrigeren; te zorgen dat je voldoende water geeft om het dieper in de grond te laten trekken, en niet vaker water te geven dan eens in de 1 à 2 weken. Als het gras echt bruin en dor is heeft water geven mogelijk weinig zin meer; je kunt dus ook kiezen om alleen water te geven als de bodem droog is en het gras gelig begint te worden.

De vochtstress van het gras en de benodigde irrigatie kunnen ook sterk worden beïnvloed door het beheer van het gras. Waterbesparende maatregelen zijn:

- droogteresistente grassoorten gebruiken;
- minder kort maaien;
- niet vaak en kort irrigeren, maar liever heel af en toe en diep;
- de bodem losmaken om infiltratie te stimuleren;
- maaisel niet afvoeren maar als mulch laten liggen;
- meer organische stof in de bodem brengen.

Onderstaande tabel geeft samengevatte grenswaarden vanuit de literatuur voor verschillende eisen aan de kwaliteit van het gras.

Eis	Vochtgrens in vochttekort*tijd	Vochtgrens in % ETa/ETp
Gras blijft er goed uitzien/jong kwetsbaar gras	pF 2.7-2.8 long-term = $90 \cdot 10^{2.8} = 57000$ Severe topsoil drying at pf 3-4 over max ~2 weeks = $14 \cdot 10^{3.5} = 44000$	50-70% ETp, 80-100% for most drought-prone over summer

Gras herstelt	Severe topsoil drying pF >4 over max ~3 weeks =21 days*10 ⁴ .2=330000	40-60% ETp, less for drought-tolerant species
---------------	--	---

Onderstaande tabel geeft een overzicht van gevonden droogte-effecten van gras bij verschillende vochtcondities in de literatuur.

“Goed van water voorzien”				
Species	Soil type	Moisture/irrigation level	Grass quality & recovery	Source
Festuca arundinacea, Poa pratensis (DT)	Loam	pF 2.2 at 15 and 30 cm	Well-watered	(Youngner et al., 1981)
Festuca arundinacea (DT)	Loam	35% VMC at 12 cm	Well-watered	(Yaling en Jack, 1997)
Lolium perenne, (DS) Festuca arundinacea (DT)		70% of FC	Well-watered	(Fariaszewska et al., 2017)
Festuca arundinacea, Poa pratensis (DT)	‘Fritted clay’	80-100% FC/25% VMC	Well-watered	(Huang en Fu, 2000)
Poa pratensis, festuca arundinacea (DT)		>70% ETp	Turf quality maintained	(Feldhake et al., 1984)
Poa pratensis , Festuca arundinacea (DT)	Silty clay loam	80% ETp	Well-watered	(Hong et al., 2020)
“Voldoende” kwaliteit				
Species	Soil type	Moisture/irrigation level	Grass quality & recovery	Source
Festuca arundinacea (DT)	Loam	Dry-down to pF 2.7 at 15 or 30 cm, ~80% of Epan	Quality down from 7-8 to 6-7, some wilting & disease (Poa); 8-9 to 7-8 (Festuca); good recovery	(Youngner et al., 1981)
Festuca arundinacea (DT)	Leem	Drying towards 12% at 12 cm over 14 days	Start of ET decline	(Yaling en Jack, 1997)
Lolium perenne, (DS) Festuca arundinacea (DT)		Kept at 40% of FC over 3 weeks	LP: yield to 62% on average; FA: 74% LP: transpiration to 78%, FA 67%	(Fariaszewska et al., 2017)
Festuca arundinacea, Poa pratensis (DT)	‘fritted clay’	Upper 20 cm dried to 5% over 30 days	Performance not much affected; deep rooting stimulated	(Huang en Fu, 2000)
Poa pratensis (DT)	Silt loam	100% ETp	Sufficient quality	(Jinmin et al., 2004)
Festuca arundinacea (DT)	Silt loam	60-80% ETp over summer	Sufficient quality	(Jinmin et al., 2004)
Poa pratensis, festuca arundinacea (DT)		>70% ETp	Little effect on turf quality	(Feldhake et al., 1984)

Festuca arundinacea (DT)	Silty clay loam	50% ETp over 60-83 days	Green cover down to 45% after 2 month, Acceptable quality retained over most of summer, no dormancy, recovery within 2 months	(Hong et al., 2020)
'Onvoldoende' kwaliteit, wel herstel				
Species	Soil type	Moisture/irrigation level	Grass quality & recovery	Source
Festuca arundinacea, Poa pratensis (DT)	'fritted clay'	Upper 40 cm dried to 5% over 30 days	Performance reduced, roots remain alive	(Huang en Fu, 2000)
Poa pratensis (DT) & Lolium perenne (DS)	Sand-loam mix	Drying to min 5% VMC in upper 20 cm over 2-3 weeks	80-90% survival, 16-43% green area; fast recovery	(Qi et al., 2010)
Poa pratensis (DT)	Silt loam	40-60% of ETp (no rain) over summer	'insufficient' quality, not yet dead (2-6)	(Jinmin et al., 2004)
Festuca arundinacea (DT)	Silt loam	40-60% ETp (no rain) over summer	Largely sufficient quality, short period insufficient	(Jinmin et al., 2004)
Poa pratensis, festuca arundinacea (DT)		<70% ETp	Turf quality reduced, temperature increased	(Feldhake et al., 1984)
Festuca arundinacea (DT)	Silty clay loam	0% ETp over 60-83 days	Green cover down to 5% after 2 months, 'Insufficient' quality reached relatively quickly, no dormancy, fast recovery within 2 months	(Hong et al., 2020)
Slecht herstel				
Species	Soil type	Moisture/irrigation level	Grass quality & recovery	Source
Festuca arundinacea (DT)	Loam	Drying to 8% VMC at 12 cm over 25 days	Almost full wilting, poor recovery	(Yaling en Jack, 1997)
Poa pratensis (DT)	Silty clay loam	50% ETp over 60-83 days, hot weather	Green cover halved after 1 month, to 0 after 6 weeks, no recovery	(Hong et al., 2020)

II.II Bodemeigenschappen in stadstuinen

Bron	Locatie	Organisch stofgehalte	Bulkdichtheid
(Burghardt en Schneider, 2018)	Tuinen Ruhrgebied, lemige zandgronden, gazons	OC 5.8 % (0-5 cm onder gras) ≈ 11-12% OM	1.1 g/cm ³ (gemiddeld alle tuinen); 0.8 – 1.4
(Tresch et al., 2018)	Stadstuinen Zürich, selectie zandgronden + gras	TOC 4,6% (2.3 – 7.5)	1.1 g/cm ³ (0.8 – 1.2)

Ook in België is onderzoek gedaan naar stadstuinen (zie mijntuinlab.be), maar hier is weinig data van openbaar gemaakt.

III Uitnodigingsmail deelname onderzoek en sproeiadvies



Sproeiadvies op maat deze zomer

Het is warm en droog in Eindhoven. En hebt u een tuin? Dan heeft deze ook extra dorst. Door een half uur te sproeien gebruikt u al snel zo'n 200 liter kostbaar drinkwater. Maar is het nu wel of niet nodig om de tuin alweer te sproeien? En hoe zit dat als het over twee dagen alweer gaat regenen? Dan is het ook zonde van al water.

Hebt u een tuin en wilt u thuis ook meedoen als onderzoeker?

Samen met onderzoeksbureau KWR en met u als waterklant in Eindhoven, wil drinkwaterbedrijf Brabant Water graag onderzoeken of we bewuster met water in de tuin om kunnen gaan.

[**Doe mee met dit onderzoek en ontvang sproeiadvies**](#)



Dit levert het op

- Vrijblijvende sproeiadviezen op maat per e-mail van juni tot en met augustus. Maximaal 2 keer per week, in stabielere periodes is dit wellicht eens per 2 of 3 weken. U kunt zich op ieder moment afmelden.
- Tips voor uw tuin met bewuster watergebruik. Wist u dat door wekelijks in plaats van dagelijks te sproeien uw planten sterker worden?
- Meer tijd voor andere dingen.

Wat vragen we van u?

- Bij aanmelding een korte vragenlijst van maximaal vijf minuten.
- Aan het eind van de zomer ter evaluatie een korte online vragenlijst van maximaal 7 minuten.

Hoe maken jullie een sproeiadvies voor mij als Eindhovenenaar?

We hebben al een groep Eindhovenaren gevonden die metingen doen in hun tuin. Dertig sensoren in verschillende tuinen van bewoners verdeeld over de stad meten hier de bodemvochtigheid. Met deze informatie samen met de weervoorspellingen maakt KWR de sproeiadviezen, speciaal voor Eindhoven.

En u kunt deze sproeiadviezen deze zomer vrijblijvend ontvangen!

Wilt u zich ook aanmelden als onderzoeker thuis en sproeiadvies op maat ontvangen?

- Leuk! Meldt u voor vrijdag 25 juni aan en vul de eerste korte vragenlijst in.
- U ontvangt vervolgens in de week van 28 juni de eerste sproeiadviezen in uw mailbox.

Hebt u nog vragen?

Stuur dan gerust een bericht naar Martin Korevaar, onderzoeker bij KWR martin.korevaar@kwrwater.nl, of mail naar communicatie@brabantwater.nl

Alvast bedankt.

Met uw hulp maken we Brabant steeds een stukje watervriendelijker!

Met vriendelijke groet,

Marleen Wicking

Strategisch Beleidsadviseur Brabant Water

brabant **Water**
bewust. natuurlijk.



IV Voorbeeld sproeiadvies-mail

Beste deelnemer,

Met de steeds droger en warmer wordende zomers, en de negatieve gevolgen die waterschaarste kan hebben voor de natuur, is het van belang dat we niet te veel water verbruiken en dus niet onnodig de tuin sproeien. De sproeiadviezen die wij geven kunnen hierbij helpen.

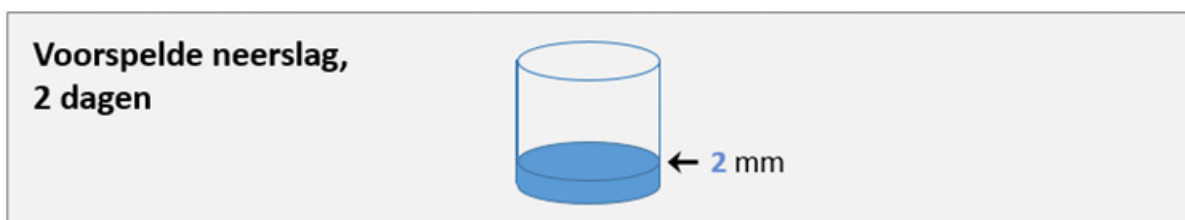
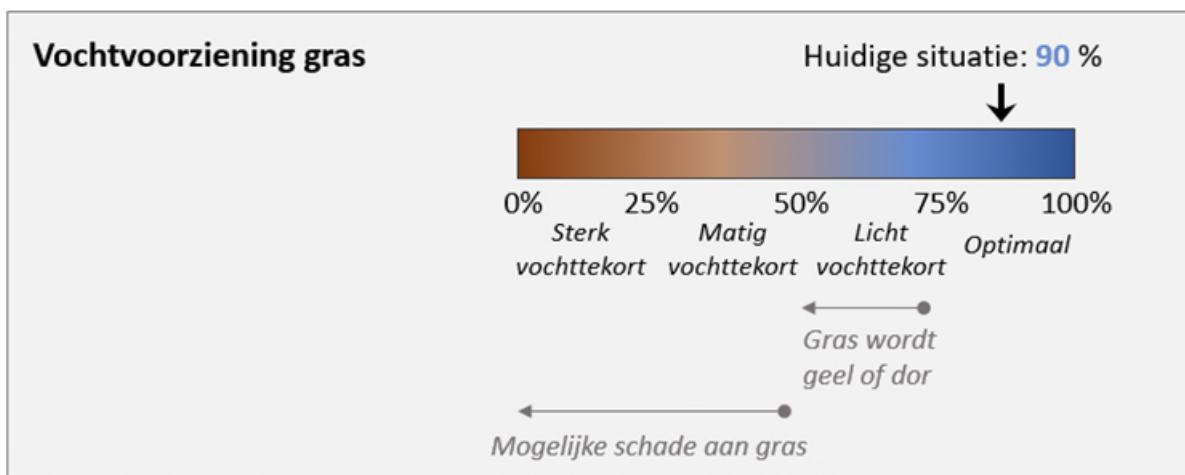
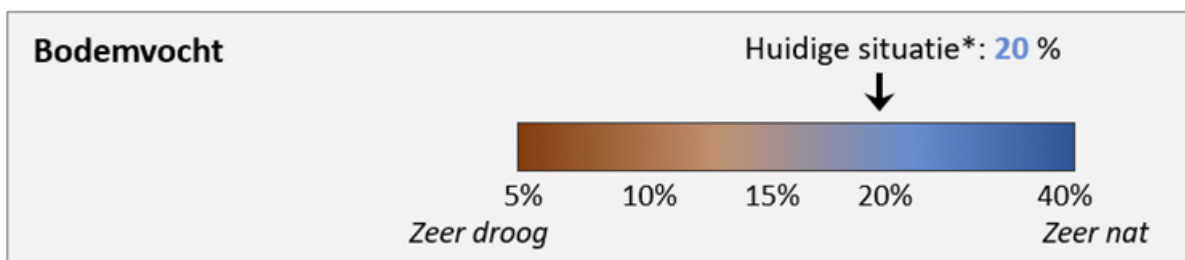
Na de buien van afgelopen weekend is de bodem in de meeste tuinen nog vrij vochtig. Komend weekend wordt ook weer wat regen verwacht. Na het weekend lijkt er weer een wat drogere en zonnigere periode aan te komen. Sproeien is dus nog niet nodig, maar blijf je tuin in de gaten houden.

Sproeiadvies

De bodem in Eindhovense tuinen is nog voldoende vochtig. De komende twee dagen wordt er 2 mm regen verwacht. Het is op dit moment niet nodig om je tuin te sproeien.

Omdat de adviezen voortkomen uit lopend onderzoek, zijn de adviezen geen harde voorschriften maar een richtlijn.

Achterliggende metingen



*Gemiddelde meting van 3 tuinen op 25/8

Op de meeste Eindhovense meetpunten heeft de regen van het weekend de bodem goed met water opgeladen, en heeft het gras nog geen extra water nodig. Na het weekend is er echter kans op een wat drogere en zonnigere periode, waarin de bodem langzaam uit zal beginnen te drogen en pas gezaaid of kwetsbaar gras een sproeibeurt nodig zal hebben. Hou dus het weer en de website in de gaten.* Kijk op <http://sproeiadvies.kwrwater.nl/> om de metingen van alle tuinen te zien!

*De precieze waterbehoefte van jouw gras is afhankelijk van hoe je het gras onderhoudt, de bodem en de omstandigheden in jouw tuin, en kan lokaal van het advies afwijken.

Dit sproeiadvies is onderdeel van een verkennend onderzoeksproject ([Droogtmonitoring: jongeren meten mee - KWR \(kwrwater.nl\)](#)), waarin wordt onderzocht of droogtevoorspellingen op basis van citizen science-metingen kunnen helpen om tuinen slimmer te sproeien. In verschillende tuinen in Eindhoven zijn door jongeren zelfgebouwde sensors in de grond geplaatst. Deze meten voortdurend hoe vochtig de bodem is ([KWR sproeiadvies \(kwrwater.nl\)](#)). Deze metingen combineren we met weersvoorspellingen om een sproeiadvies te geven voor een 'gemiddeld' Eindhovens gazon.

Waterbesparingstip van de week van Brabant Water

Bedek borders met planten (bodembedekkers) of met boomschors/ cacaokorrels, zodat de bodem bedekt wordt. Zo droogt de bodem minder snel uit en blijft het vochtiger. Zo hoef je minder vaak te sproeien.

Heb je nog vragen over dit onderzoek?

Neem contact op met Esther Brakkee, via esther.brakkee@kwrwater.nl of

Martin Korevaar, via martin.korevaar@kwrwater.nl

V Registratiesurvey

De volgende vragen zijn bedoeld voor de onderzoekers om te begrijpen wie interesse hebben in de sproeiadviezen en om op basis van deze kenmerken beter te begrijpen waar de verschillen zitten. Deze worden geanonimiseerd en niet gebruikt voor commerciële doeleinden.

Wat is uw leeftijd?

...

Wat is uw geslacht?

- Man
- Vrouw
- Genderneutraal/ anders

Wat is uw hoogst genoten opleiding?

- Lagere school
- VMBO (kader en beroepsgerichte leerweg)
- MAVO/VMBO (theoretisch gemengde leerweg)
- HAVO/VWO
- MBO
- HBO/WO bachelor
- WO-doctoraal of master

Wat is ongeveer de diepte van uw voortuin? (in meters)

...

Wat is ongeveer de breedte van uw voortuin? (in meters)

...

Wat is ongeveer de diepte van uw achtertuin? (in meters)

...

Wat is ongeveer de breedte van uw achtertuin? (in meters)

...

Hoe vaak sproeit u gemiddeld uw tuin tijdens warme en/of droge periodes?

- Minder dan 1 keer per week
- 1 keer per week
- 2 tot 3 keer per week
- 4 tot 6 keer per week
- Iedere dag

Hoe lang bent u gemiddeld bezig met de tuin sproeien, tijdens warme en/of droge periodes?

- Minder dan 10 minuten
- Tussen de 10 en 30 minuten
- Tussen de 30 en 60 minuten
- Langer dan een uur

Op welk tijdstip op de dag sproeit u meestal?

- Ochtend
- Middag
- Avond
- Dat is heel verschillend

Lees s.v.p. de onderstaande groepen van stellingen goed door:

<p style="text-align: center;">Stellingen A</p> <ul style="list-style-type: none">• Ik geloof in gezamenlijk werken aan een duurzamere wereld.• Drinkwaterbedrijven zouden water op een 'groene' en duurzame manier moeten produceren.• Waterhergebruik in en om het huis of via een tweede leidingnet lijkt mij een goed idee.• Ieder individu heeft zijn eigen verantwoordelijkheid duurzaam en zuinig met water om te gaan.• Informatie en inzicht voor individuele burgers leidt tot bewustwording en daarmee mogelijk duurzamer waterverbruik.	<p style="text-align: center;">Stellingen C</p> <ul style="list-style-type: none">• Het is mijn overtuiging dat water de absolute basis is en voor iedereen gelijk moet zijn.• Het is onwenselijk dat huishoudens tegen extra betaling een betere kwaliteit water of een betere service zouden kunnen inkopen.• Om de voorziening van voldoende kraanwater in de toekomst te garanderen ben ik bereid zuinig om te gaan met mijn water.• Drinkwaterbedrijven hebben ook een taak in de voorziening van water in ontwikkelingslanden.
<p style="text-align: center;">Stellingen B</p> <ul style="list-style-type: none">• Ik ben bezorgd over mijn gezondheid.• Kraanwater zou zo natuurlijk mogelijk moeten zijn.• Stoffen, ook in concentraties die veel lager zijn dan waarbij er schadelijke effecten zijn, zouden uit mijn kraanwater verwijderd moeten worden.• Ik vind het niet wenselijk dat (maatschappelijke) inspanningen van drinkwaterbedrijven, anders dan het leveren van veilig water, aan mij als consument worden doorberekend.• Soms maak ik mij zorgen over kwaliteit van mijn water in de toekomst, en de effecten daarvan op mijn gezondheid.	<p style="text-align: center;">Stellingen D</p> <ul style="list-style-type: none">• Voor mij is gemak en geen gedoe belangrijk.• Drinkwaterbedrijven zouden zich moeten beperken tot hun kerntaak: het zorgen voor voldoende, gezond kraanwater van hoge kwaliteit op een zo efficiënt mogelijke manier.• Over mijn kraanwater wil ik het liefst zo min mogelijk na hoeven denken.• Ik maak me geen zorgen over mijn kraanwater: ook in de toekomst voorzie ik door technologische vooruitgang geen onoverkomelijke problemen.

Welke van bovenstaande groep stellingen geeft het best weer hoe u denkt over kraanwater?

- De stellingen A
- De stellingen B
- De stellingen C
- De stellingen D

Hoe vaak denkt u erover na hoeveel water u gebruikt?

- Bij ieder gebruik
- Dagelijks
- Wekelijks
- Maandelijks
- Bijna nooit

Welke van de onderstaande opties om kraanwater te besparen heeft u in uw woonhuis? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Waterbesparende douchekop
- Waterbespaarder op de keukenkraan
- Zuinige wasmachine
- Regenton

- Weet niet
- Geen

Geef aan in hoeverre u het eens bent met onderstaande stellingen. Er zijn geen goede of foute antwoorden, we zijn benieuwd naar uw mening.

- *Ik heb het voornemen om thuis (nog) meer kraanwater te besparen*
- *Ik heb het voornemen om in het algemeen mijn tuin minder vaak of minder lang te sproeien*

Helemaal mee oneens (1) – helemaal mee eens (5)

Hartelijk dank voor uw antwoorden. Vanaf begin juli kunt u sproeiadviezen in uw mailbox verwachten!

VI Evaluatiesurvey

Dit is de afsluitende enquête over de sproeiadviezen die wij deze zomer hebben verstuurd. Het invullen van de enquête zal ongeveer 5 minuten duren. Uw feedback is voor ons heel belangrijk om meer inzicht te krijgen in uw ervaringen en behoeften met betrekking tot deze sproeiadviezen.

De resultaten zijn volledig anoniem en zullen niet worden gebruikt voor commerciële doeleinden.

Ten eerste willen we u een paar vragen stellen ter controle.

Wat is uw e-mailadres?

...

Wat is uw leeftijd?

...

Wat is uw geslacht?

- Man
- Vrouw
- Genderneutraal/ anders

De volgende vragen gaan over uw sproeigedrag afgelopen zomer.

Heeft u afgelopen zomer (van juli t/m september) uw tuin gesproeid?

- Nee, helemaal niet
- Ja, gemiddeld één keer per week gedurende de gehele zomer
- Ja, gemiddeld één keer per week tijdens de warme en droge dagen
- Ja, gemiddeld vaker dan één keer per week gedurende de gehele zomer
- Ja, gemiddeld vaker dan één keer per week tijdens de warme en droge dagen

U geeft aan deze zomer vaker dan één keer per week uw tuin te hebben gesproeid. Hoe vaak heeft u deze zomer uw tuin gesproeid?

- 2 tot 3 keer per week
- 4 tot 6 keer per week
- Iedere dag

U geeft aan tijdens de warme en droge periodes vaker dan één keer per week uw tuin te hebben gesproeid. Hoe vaak heeft u tijdens de warme en droge periodes uw tuin gesproeid?

- 2 tot 3 keer per week
- 4 tot 6 keer per week
- Iedere dag

Nu volgen er een aantal vragen over uw houding en gedrag t.a.v. watergebruik. Er zijn geen goede of foute antwoorden, we zijn enkel benieuwd naar uw mening.

Hoe vaak denkt u erover na hoeveel water u gebruikt?

- Bij ieder gebruik
- Dagelijks
- Wekelijks
- Maandelijks
- Bijna nooit

Geef aan in hoeverre u het eens bent met onderstaande stellingen.

- Ik heb het voornemen om thuis (nog) meer kraanwater te besparen
- Ik heb het voornemen om in het algemeen mijn tuin minder vaak of minder lang te sproeien
- Ik vind het belangrijk om tijdens warme en droge periodes zuinig met water om te gaan
- Water besparen tijdens warme en droge periodes is in Nederland nodig
- Water besparen tijdens warme en droge periodes is zinloos als niet iedereen meedoet
- In het algemeen vind ik water besparen in Nederland nutteloos.
- Ik begrijp waarom water besparen in Nederland belangrijk is.

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

U geeft aan sproeiadviezen te hebben ontvangen.

Wat vond u van de frequentie van de sproeiadviezen?

- Te vaak
- Te weinig
- Precies goed

Heeft u de sproeiadviezen gelezen?

- Ja, ik heb alle sproeiadviezen gelezen
- Ja, ik heb de meeste sproeiadviezen gelezen
- Ja, ik heb een paar sproeiadviezen gelezen
- Nee, niet gelezen

Indien *niet* gelezen:

U geeft aan de sproeiadviezen niet te hebben gelezen. Kunt u aangeven waarom niet? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Ik had de sproeiadviezen niet nodig
- De sproeiadviezen leken mij onbetrouwbaar
- Anders, nml...

Indien *wel* gelezen:

De mails met sproeiadviezen...

- ... zijn informatief
- ... zijn duidelijk
- ... zijn betrouwbaar
- ... passen bij mijn drinkwaterbedrijf, Brabant Water
- ... zijn nutteloos
- ... zijn betuttelend

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

Geef aan in hoeverre u het eens bent met de volgende stellingen:

- De sproeiadviezen hebben mij aan het denken gezet over mijn sproeigedrag
- De sproeiadviezen hebben mij gemotiveerd om mijn watergebruik in het algemeen te verminderen
- De sproeiadviezen hebben ertoe geleid dat ik bewuster met mijn watergebruik ben omgegaan
- Als er volgend jaar weer sproeiadviezen worden gegeven zou ik deze weer willen ontvangen
- Drinkwaterbedrijven zouden klanten de mogelijkheid moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen.

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

Ik heb de sproeiadviezen opgevolgd

- Ja, allemaal
- Ja, de meeste
- Ja, een paar
- Nee, niet opgevolgd

Indien *niet* opgevolgd:

U geeft aan de sproeiadviezen niet te hebben opgevolgd. Kunt u aangeven waarom niet? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Ik had de sproeiadviezen niet nodig
- De sproeiadviezen leken mij onbetrouwbaar
- Anders, nml...

Heeft u via de link in de mail met het sproeiadvies de website met metingen (het Sproeiadviesportaal) bekeken?

- Ja
- Nee

Indien ja:

Geef aan in hoeverre u het eens bent met de volgende stellingen. Er zijn wederom geen goede of foute antwoorden, we zijn enkel benieuwd naar uw mening.

De informatie op het sproeiadviesportaal is...

- ... informatief
- ... duidelijk
- ... betrouwbaar
- ...nuttig

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

De volgende stellingen gaan over de sproeiadviezen. Geef per stelling aan of u denkt dat stelling waar of niet waar is.

- Eén keer per week sproeien is beter voor de planten in de tuin dan vaker sproeien
- Als je het gras in de zomer wat langer houdt, dan hoef je minder te sproeien
- Planten die veel water nodig hebben kan je het beste wat beschut neerzetten

Antwoordopties:

- Waar
- Niet waar
- Weet ik niet

Wist u dat de sensoren voor de vochtmetingen van de bodem bij bewoners in Eindhoven in het gazon zijn geplaatst?

- Ja
- Nee

Geef aan in hoeverre u het eens bent met de volgende stelling.

Het heeft meerwaarde voor de sproeiadviezen dat de sensoren voor de bodemvochtmetingen in Eindhovense tuinen zijn geplaatst

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

Mochten er volgend jaar weer sproeiadviezen worden gegeven zou u deze dan (weer) willen ontvangen?

- Ja, zeker
- Misschien
- Nee, geen interesse

Indien nee:

U geeft aan dat u volgend jaar geen sproeiadviezen (meer) wilt ontvangen. Kunt u aangeven waarom niet? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Te veel moeite om te lezen

- De tuin verdroogd door het sproeiadvies
- Ik sproei met regenwater dus voor mij gelden deze adviezen niet

Geef aan in hoeverre u het eens bent met de volgende stelling.

Drinkwaterbedrijven zouden klanten de mogelijkheid moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen.

Antwoordopties: Van helemaal mee oneens (1), tot helemaal mee eens (5)

U geeft aan dat u vindt dat drinkwaterbedrijvenklanten de mogelijkheid zouden moeten geven om lokale sproeiadviezen te ontvangen. Kunt u aangeven waarom u dit vindt? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Omdat drinkwaterbedrijven zo bij kunnen dragen aan waterbesparing
- Omdat drinkwaterbedrijven hun klanten zo een leuke extra kunnen bieden
- Anders, namelijk...

Tot slot nodigen wij u uit om op te schrijven wat er verder nu nog in u opkomt over de onderwerpen die aan de orde zijn gekomen in deze vragenlijst.

Alle aanvullingen en/of opmerkingen worden van harte op prijs gesteld.