



Bedrijfstakonderzoek
BTO 2020.007 | Februari 2020

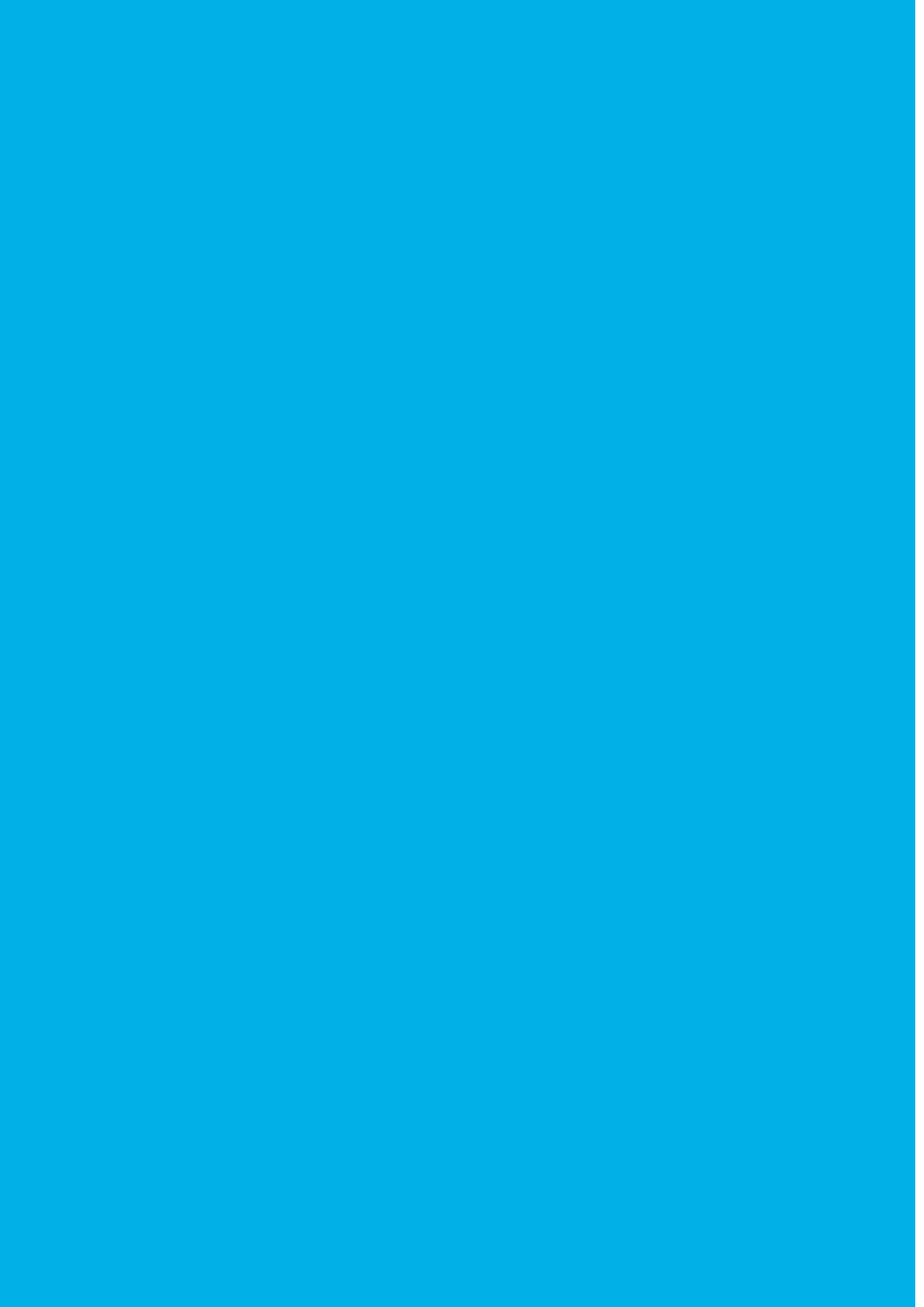
Handboek Citizen Science voor de watersector

Stijn Brouwer, Nicolien van Aalderen

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice



Colofon

Handboek Citizen Science voor de watersector

BTO 2020.007

Opdrachtnummer

402045

Jaar van publicatie
2020

Meer informatie
T +31 (0)30 60 69 662
E stijnbrouwer@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

Februari 2020 ©KWR

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

Het betrekken van burgers bij het vergaren en co-creëren van kennis en innovatie – ook wel Citizen Science (CS) of burgerwetenschap genoemd – is in steeds meer landen en domeinen in opkomst. Ook in de Nederlandse watersector beleeft het aantal CS-projecten een flinke groei. Drinkwaterbedrijven betrekken klanten bij hun onderzoek om bijvoorbeeld gegevens over drinkwater te verkrijgen; unieke data die zonder de hulp van burgers niet of nauwelijks zijn te achterhalen.

Waternet was in 2016 het eerste drinkwaterbedrijf dat samen met KWR Water Research Institute de stap nam om burgers te betrekken bij onderzoek. Dit gebeurde met het project ‘De versheid van water’, waarin klanten opheldering brachten over de microbiologische samenstelling van kraanwater in Amsterdam. Daarnaast deed Waternet ervaring op met de doeltreffendheid van CS tijdens ‘Het Schone Waterexperiment’ (HSWE¹), waarbij burgers onderzoek deden naar de kwaliteit van het Amsterdamse oppervlaktewater. Ook andere drinkwaterbedrijven scharen zich achter CS-projecten. Zo zette Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) een project op touw om klanten in de regio van het Midden-Limburgse pompstation Pey-Echt, het kalkafzettend vermogen van hun kraanwater te laten onderzoeken. In Den Haag gingen klanten van Dunea door het meten van lood op zoek naar de eventuele aanwezigheid van loden kraanwaterleidingen in hun binnenhuisinstallatie. In de regio Oss spanden klanten van Brabant Water zich in om gedurende langere tijd schommelingen in de hardheid van hun kraanwater te meten, terwijl werkzaamheden en technische aanpassingen aan het leidingnet werden gedaan. Steeds meer drinkwaterbedrijven ontplooiën initiatieven op het vlak van CS, want de kracht ervan heeft zich inmiddels bewezen.

Alle CS-projecten op het gebied van drinkwater zijn het resultaat van een samenwerkingsverband tussen de betreffende drinkwaterbedrijven, deelnemende burgers en KWR: hét Nederlandse kennisinstituut op het gebied van water. Maar hoe voer je zulke projecten uit, zodat ze tot de gewenste effecten leiden? Met het aanbieden van een concrete aanpak die voortkomt uit ervaring en literatuurstudie, wil dit handboek hierop antwoord geven zodat professionals in de watersector worden geholpen in het opzetten van zulke projecten. Met concrete handvatten, stapsgewijze ontwerpkeuzes en het aanreiken van de belangrijkste reflectievragen, legt het handboek de basis voor solide en betrouwbare CS-projecten, zodat deze bijdragen aan de gewenste effecten voor deelnemende individuen, wetenschap en het sociaal-maatschappelijk systeem.

¹ HSWE was een gezamenlijk initiatief van Deltares, Wageningen Universiteit, KWR, Waternet, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, AMS Institute en kunstenaar Pavèl van Houten.

Inhoud

Voorwoord	2
Inhoud	3
De SAMEN-aanpak	4
De SAMEN-aanpak in vogelvlucht	4
Opzet handboek	5
Stap 1: Streven	6
Impact op individuele deelnemers	6
Wetenschappelijke impact	7
Impact op het systeem	8
Reflectie 1: Is CS de juiste aanpak?	10
Stap 2: Afwegen	11
Doelgroep	11
Reflectie 2: Is CS mogelijk?	12
Onderzoeksstrategie	13
Gewenste betrokkenheid	15
Stap 3: Markeren	18
Ruimtelijke schaal	18
Doorlooptijd	18
Stap 4: Expliciteren	20
Dataverzamelingsprotocol	20
Betrouwbaarheidsprotocol	22
Wervingsstrategie	25
Transparantieplan	26
Reflectie 3: Praktische voorwaarden	28
Stap 5: Neerzetten	29
Training	29
Handleiding	29
Logistiek plan	30
Reflectie 4: Nagestreefde impact	31
Referenties	34

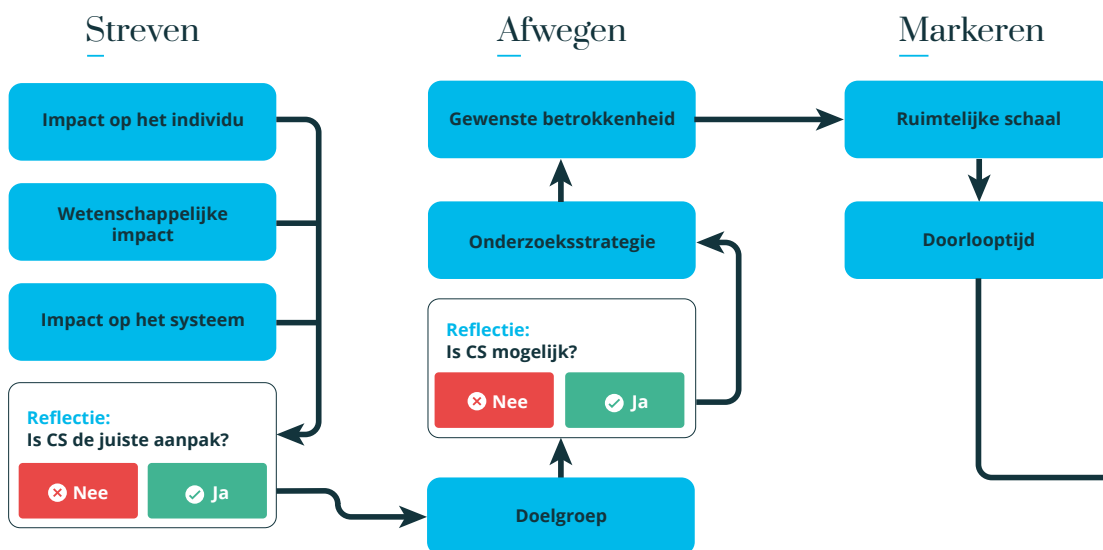
De SAMEN-aanpak

De SAMEN-aanpak in vogelvlucht

Dit handboek biedt een nieuwe aanpak van Citizen Science (CS) projecten, specifiek ontwikkeld voor de Nederlandse watersector. Hierin zijn vijf stappen omschreven – Streven, Afwegen, Markeren, Expliciteren en Neerzetten (SAMEN) – die zijn voortgekomen uit gedegen literatuuronderzoek en praktijkervaring. De eerste stap ‘streven’ bestaat uit het helder definiëren van de impact die het project op uiteenlopende niveaus voor ogen heeft. De stap daarna bestaat uit het ‘afwegen’ van de meest geschikte doelgroep, de onderzoeksstrategie en de gewenste betrokkenheid van de deelnemende burgerwetenschappers bij het onderzoeksproject. De keuzes uit voorgaande stappen leiden tot het ‘markeren’ van de geografische schaal en de tijdsduur van het project. In de vierde stap verschuift de aandacht naar praktische zaken en wordt door middel van ‘expliciteren’ een aantal protocollen uitgewerkt. In de vijfde en laatste stap ‘neerzetten’ komt het erop aan voorbereidingen te treffen zodat het project kan beginnen. Zo moet worden nagedacht over de benodigde training voor de deelnemende burgerwetenschappers en zijn een handleiding en logistieke planning nodig.

De SAMEN-aanpak leent zich bij uitstek voor een routekaart die alle stappen in één oogopslag inzichtelijk maakt. In onderstaand schema is duidelijk hoe de route wordt doorlopen, inclusief de reflectie op vier cruciale momenten. Deze zijn bedoeld om te heroverwegen of CS werkelijk de meest geschikte aanpak is om tot de geformuleerde doelen te komen. En of, al dan niet met eventuele aanpassingen, kan worden voldaan aan de praktische voorwaarden. Want hoewel de populariteit van CS gedurende de afgelopen tijd sterk toeneemt, is het zeker niet in alle gevallen de meest geschikte methode.

Hoe de vijf afzonderlijke stappen van de SAMEN-aanpak in elkaar zitten, wordt in de opeenvolgende hoofdstukken nader uitgewerkt.



Opzet handboek

Dit handboek richt zich expliciet op professionals in de watersector en heeft een resultaatgerichte aanpak van CS-projecten. Geïllustreerd met tal van voorbeelden en met inzichten uit wetenschap en praktijk, kan de gebruiker er meteen mee aan de slag.

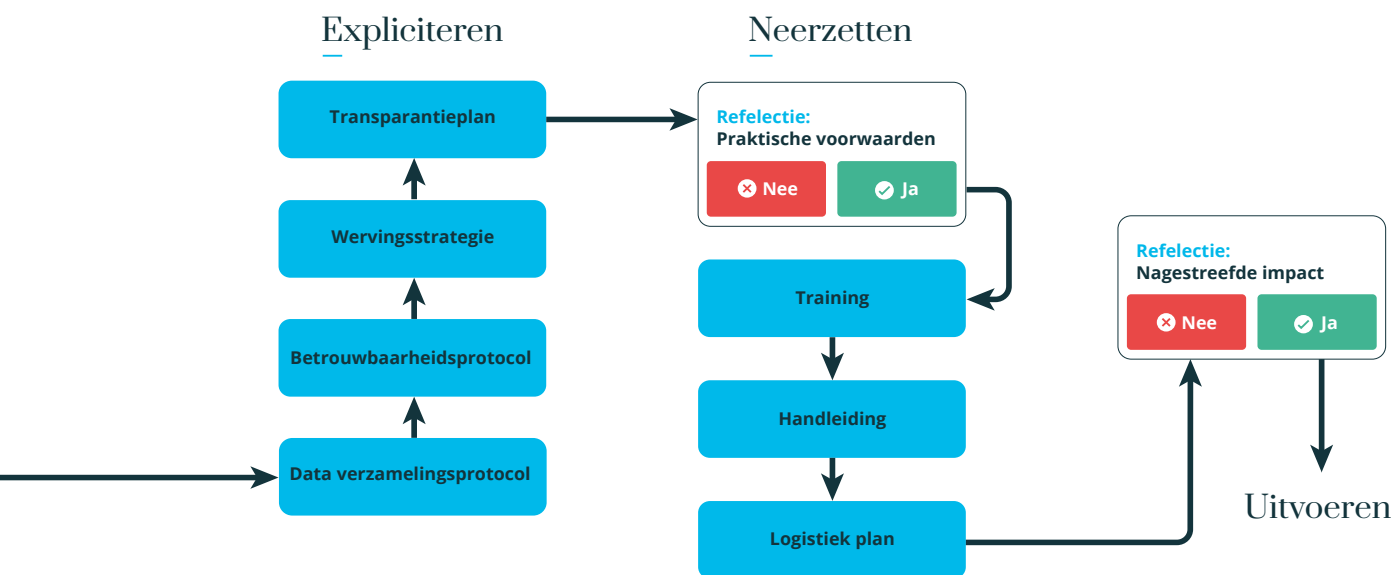
Impactgerichte aanpak

CS-projecten zijn bijzonder omdat zij impact genereren op verschillende niveaus: de wetenschap, het individu en het ecologisch en sociaal-maatschappelijk systeem [1-5]. Toch wordt in het ontwerpproces van CS-projecten hier vaak aan voorbijgegaan. Doorgaans is de opzet van CS-onderzoek vergelijkbaar met reguliere onderzoeksprojecten. Dit betekent dat een algemeen bekende volgorde wordt aangehouden, zoals het ontwikkelen van een onderzoeksstrategie en het opstellen van verzamelingsprotocollen. Dit handboek kiest voor een andere benadering: het zet de gewenste impact op de verschillende niveaus centraal. Op deze manier krijgen professionals de noodzakelijke tools in handen om CS-projecten effectief in de praktijk toe te passen.

Institutionele focus

Naast de impactgerichte aanpak is de insitutionele focus van dit handboek eveneens uniek; het is expliciet bedoeld voor professionals die vanuit hun organisatie een CS-project opstarten. De nadruk ligt hierbij op de Nederlandse watersector. Met deze keuze onderscheiden we ons van andere CS-studies [6] en –handboeken [7], die zijn gericht op de wetenschappelijke gemeenschap. Anderen [8, 9] hebben een focus op een bredere, meer algemene doelgroep en bieden een handleiding aan iedereen die zich bezighoudt met het opzetten van een CS-project. Aangezien CS-projecten niet langer alleen door wetenschappelijke instellingen of door burgers op touw worden gezet, maar ook in toenemende mate door private bedrijven, overheden en maatschappelijke organisaties waaronder drinkwaterbedrijven en waterschappen [10, 11], is een dergelijke keuze op zijn plaats.

Wanneer de organisatie besluit tot een CS-project, verdient het aanbeveling om een interdisciplinair projectteam samen te stellen. Dit team bestaat uit experts in het specifieke onderzoeksveld, maar ook uit communicatie-medewerkers [9]. Reden van zo'n breed blikveld is dat de aard van CS hierom vraagt, evenals om een goede wisselwerking tussen de betrokken partijen. In het ideale geval doorloopt het projectteam gezamenlijk het hele handboek.



Stap 1: Streven

De eerste stap bij het vormgeven van een CS-project volgens de SAMEN-aanpak bestaat uit het helder definiëren van de impact die het op verschillende niveaus nastreeft. In willekeurige volgorde geeft dit hoofdstuk een toelichting op hoe dit uitwerkt op het niveau van individuele deelnemers, de wetenschap en het ecologisch en sociaal-maatschappelijk systeem.

Impact op individuele deelnemers

Het is bekend dat CS voor de betrokken burgerwetenschappers een breed scala aan positieve uitkomsten biedt. Zo rapporteren verschillende studies over de nieuwe vaardigheden die deelnemers hierbij opdoen, de toename van hun begrip over wat het betekent om een wetenschappelijk experiment uit te voeren, en de algemene vergroting van hun wetenschapswijsheid [1, 4, 12-14]. Daarnaast bestaat een verband tussen deelname aan een CS-project en de toename van de inhoudelijke kennis over het betreffende onderwerp, zoals de kwaliteit van oppervlaktewater of de hardheid van kraanwater. Om deze redenen worden CS-projecten dan ook vaak ingezet voor educatieve doeleinden [12, 15].

Ook kan deelname aan een CS-project ertoe leiden dat deelnemers zich meer bewust worden van hun eigen kennis en meer grip krijgen op nieuwe feiten [12]. Daarnaast versterkt participatie de persoonlijke relatie met de fysieke locatie waar het onderzoek zich afspeelt [4, 12, 14]. En ook zorgt het ontstaan van relaties met andere deelnemers en de brede gemeenschap ervoor dat de band met de sociale omgeving toeneemt [14].

Ondanks de uiteenlopende vormen van impact op het individu, blijven deze in veel CS-projecten onbenoemd of worden ze slechts zijdelings aangestipt [16]. Toch is het van groot belang al in de startfase van het ontwerpproces duidelijk te zijn over de doelstellingen die op dit niveau worden nagestreefd. Alleen dan kan gedurende de rest van het traject hiermee rekening worden gehouden, met een grote kans op het behalen van de gewenste resultaten.

Kernvragen: Nagestreefde impact op het individu

- Streeft het project ernaar de wetenschapswijsheid en/of inhoudelijke kennis van de deelnemers te vergroten?
 - Streeft het project naar een verbetering van bepaalde vaardigheden van de deelnemers?
 - Streeft het project naar een versterking van de onderlinge relaties tussen deelnemers?
 - Zijn er andere wensen wat betreft de effecten van het project op het niveau van de individuele deelnemer?
-

Wetenschappelijke impact

Naast betrokkenheid van burgerwetenschappers gaat CS per definitie ook over wetenschap en het vergroten van kennis. Bij een geslaagd ontwerpproces hoort daarom ook het expliciteren van de wetenschappelijke impact die men voor ogen heeft. Te denken valt aan het verbeteren of vergroten van wetenschappelijke kennis over een specifiek onderwerp. In het eerste CS-project in de Nederlandse drinkwatersector – ‘De versheid van water’ – werden Amsterdamse burgers bijvoorbeeld betrokken bij het verzamelen van kennis over veranderingen in de microbiologische stabiliteit van drinkwater tijdens transport en tijdens stilstand in de binnenhuis-installatie [10]. Daarnaast wordt CS steeds meer gezien als een effectieve methode om tegen lage kosten grootschalige datasets op te bouwen die in potentie een grote ruimtelijke schaal en/of tijdreeks beslaan [8, 15, 17]. Bij het helder omschrijven van de gewenste wetenschappelijke impact is het tevens van belang om stil te staan bij het feit dat CS-projecten zich bij uitstek lenen voor een combinatie tussen bijvoorbeeld natuurwetenschappelijke onderzoeksvragen en sociaalwetenschappelijke vragen op het gebied van gedrag, perceptie en vertrouwen [16].

Met het verzamelen van gegevens op grote schaal, kunnen CS-projecten ongebruikelijke en onverwachte ontwikkelingen op het spoor komen die met een regulier wetenschappelijk onderzoek mogelijk minder snel bekend waren geworden. Ook beargumenteren sommige onderzoekers dat CS-projecten het voordeel genieten ten opzichte van reguliere onderzoeksprojecten wanneer het gaat om de ontwikkeling van langetermijn-datasets. In zulke gevallen is de levering van data namelijk minder afhankelijk van financiering, maar van de betrokkenheid van de deelnemers [8].

Een ander type wetenschappelijke impact van CS-projecten is het verkrijgen van inzicht in lokale omstandigheden [17, 18]. Zo bleek uit een dergelijk project in Mexico dat de lokale bevolking cruciale informatie kon aanleveren, onmisbaar voor de ontwikkeling van effectief beleid voor de bescherming van zeeschildpadden. Daarnaast zijn er voorbeelden van lokale CS-deelnemers die beter in staat blijken om soorten uit de omgeving op naam te brengen dan reguliere wetenschappers [8].

Tot slot maken CS-projecten het mogelijk om kennis op te doen die op een andere manier niet of nauwelijks valt te vergaren. Een voorbeeld hiervan is het eerdergenoemde project ‘De versheid van water’. Dankzij de CS-aanpak konden monsters kraanwater worden genomen nadat gedurende de hele nacht de kraan had dicht gestaan [10]. Zoiets is een stuk eenvoudiger met de inzet van burgers, aangezien reguliere bemonsteraars zullen aanbellen wanneer mensen toch al vaak water zullen hebben gebruikt.



CS-deelnemer in actie in de eigen keuken (foto: Goedele D'Haene)

Kernvragen: Nagestreefde wetenschappelijke impact

- Aan welk onderwerp en aan welke wetenschappelijke vragen beoogt dit project bij te dragen?
- Streeft dit project ernaar om (aanvullend) sociaalwetenschappelijke onderzoeksvragen te beantwoorden, en indien ja, welke vragen zijn dit?
- In welke mate is in dit project sprake van dataverzameling die zonder burgerparticipatie niet of nauwelijks mogelijk is?

Impact op het systeem

Behalve de impact op individuele deelnemers en het wetenschappelijk domein, valt de recente toename van CS-projecten ook te verklaren door hun invloed op het bredere ecologisch en sociaal-maatschappelijk systeem. Vanuit organisaties is dit veelal een belangrijke reden om CS-projecten op te starten, met als mogelijk resultaat een versterking van het sociaal kapitaal van een gemeenschap.

CS biedt burgers en andere partijen een netwerk voor communicatie [13]. Dit maakt het mogelijk om onderlinge banden en het vertrouwen op verschillende niveaus te versterken en te vergroten; niet alleen binnen een gemeenschap, maar ook tussen een gemeenschap en wetenschappers, en tussen een gemeenschap en betrokken instanties [4, 13, 15]. Het vertrouwen in instanties en wetenschap(elijke methodes) neemt hiermee mogelijk

toe, evenals het vertrouwen in het beheer dat onderwerp is van het project [13, 20]. Uit een vergelijkende studie naar vijf CS-projecten binnen het Nederlandse waterdomein blijkt dat het publieke vertrouwen in deelnemende drinkwaterbedrijven over het algemeen toeneemt (52%) of gelijk blijft (43%) [16]. Daarnaast groeit bij de helft van de deelnemers (52%) het vertrouwen in de kwaliteit van het drinkwater, en blijft dit voor iets minder dan de helft (44%) ongewijzigd [20]. Een studie naar het voorkomen van microben in kraanwater ('De versheid van water'), uitgevoerd door Waternet en KWR, resulteerde in een toename van het vertrouwen in het drinkwaterbedrijf en de kwaliteit van het water [10].

Een ander mogelijk resultaat van een CS-project voor het systeem is dat hierbij een grotere maatschappelijke acceptatie van de onderzoeksresultaten optreedt [21], met een toegenomen vertrouwen in de wetenschap [22]. Dit effect is vergelijkbaar met gevallen waarin mensen meer steun geven aan een besluit en de implementatie hiervan, wanneer zij hebben kunnen deelnemen aan het proces dat eraan voorafging. Daarnaast kunnen CS-projecten de politieke betrokkenheid van burgers vergroten, net als de lokale gemeenschapszin [19], zoals in Winsconsin (VS) gebeurde bij het monitoren van beken [15]. Tot slot bestaat de kans dat gemeenschappen die deelnemen aan CS-projecten eerder geneigd zijn om in actie te komen. Hun betrokkenheid met het lokale milieu kan toenemen, evenals hun waardering voor ecologische parameters, zoals de aanwezigheid van open groene ruimte of het voorkomen van bepaalde soorten in eigen tuin [12]. Ook biedt CS grondstof voor gemeenschappen om initiatieven te ontwikkelen zoals het nemen van verduurzamings- of beschermingsmaatregelen [13, 19] en stimuleert het samenwerking tussen wetenschappers, instanties en gemeenschappen in het co-management van ecologische systemen [23].

Kernvragen: Nagestreefde impact op het systeem

- Streeft dit project naar het vergroten van het vertrouwen in instituties of het beheer van het systeem?
 - Ligt een verbetering van de maatschappelijke acceptatie van onderzoeksresultaten door dit project voor de hand?
 - Wordt door dit project het sociaal kapitaal van de gemeenschap of hun maatschappelijke betrokkenheid vergroot?
 - Zijn er andere effecten op het niveau van het systeem die worden nagestreefd?
-



Reflectie 1: Is CS de juiste aanpak?

Voordat aan de tweede ontwerpstep wordt begonnen, is het cruciaal om te reflecteren op de beoogde impact in stap 1. Dit betekent dat we kijken naar de toegevoegde waarde van CS.

De reflectie is bedoeld om voor het gedefinieerde CS-project de balans tussen de drie impact-niveaus op te maken. Zijn voor één ervan geen, of slechts heel vage resultaten gedefinieerd, dan is de conclusie duidelijk: CS is geen geschikte methode [1].

Een paar voorbeelden:

Wordt CS alleen ingezet om wetenschappelijke resultaten te behalen, zonder een nagestreefde impact op het individu of het systeem, dan ligt de verdenking voor de hand dat deelnemers worden ingezet als 'goedkope arbeidskrachten'.

Een project met uitsluitend een focus op het behalen van effecten voor het systeem, zal met scepsis worden ontvangen. Vooral wanneer initiatiefnemers niet afkomstig zijn van een universiteit of onderzoeksinstituut. Wanneer een CS-project zich bijvoorbeeld hoofdzakelijk richt op het verbeteren van een relatie tussen een instantie en een gemeenschap, zonder duidelijke wetenschappelijke doelen, verschilt het niet veel van een marketingcampagne.

De zorgen die aan reflectie in deze fase van het ontwerpproces ten grondslag liggen, komen eveneens naar voren in de kernprincipes voor CS-onderzoek, opgesteld door de Europese vereniging voor Citizen Science (ECSA). Twee ervan relateren aan het betrekken van burgers bij wetenschappelijk onderzoek dat kennis en begrip vergroot, maar ook wetenschappelijke inzichten oplevert [24].

Reflectievragen

Wordt met het project impact op zowel het individu, de wetenschap, als het systeem nagestreefd?

- Nee** Heroverweeg de nagestreefde impact. Wanneer het antwoord op deze vraag nee blijft, heroverweeg het gebruik van CS als onderzoeksmethode.
- Ja** Ga verder met de volgende ontwerpstep.

Stap 2: Afwegen

Zodra is gedefinieerd welke impact met het CS-project wordt nagestreefd, is het tijd om een reeks heldere afwegingen te maken. Dit betreft de meest geschikte doelgroep, de onderzoeksstrategie en de gewenste betrokkenheid van de deelnemende burgerwetenschappers.

Doelgroep

Omdat de vrijwillige inzet van burgers een voorwaarde is voor elk CS-project, is het belangrijk om bij aanvang een helder beeld te hebben van de beoogde doelgroep. Zowel het benodigd aantal deelnemers moet in kaart worden gebracht als de achtergrond die zij met zich meebrengen en sociaal-demografische kenmerken zoals geslacht en leeftijd.

Aantal deelnemers

Het aantal deelnemers aan CS-projecten kan sterk uiteenlopen. Zo tellen jaarlijks een half miljoen inwoners van het Verenigd Koninkrijk mee aan de 'Big Garden Birdwatch' [25]. Aan de andere kant van het spectrum zien we bijvoorbeeld het project 'De versheid van water', waarbij 43 Amsterdammers de microbiologische stabiliteit van hun drinkwater onderzochten [10]. Ook zulke relatief kleine deelnemersaantallen kunnen wetenschappelijk gezien zeer interessante resultaten opleveren, want er bestaat geen lineair verband tussen het aantal deelnemers en de kwaliteit van het project [26]. Bij vaststelling van het benodigd aantal deelnemers zijn de onderzoeksvraag en gewenste impact leidinggevend. Ook moet rekening worden gehouden met de kans op uitval; deelnemers die zich wel aanmelden maar gedurende het project afhaken. Zo gaf in 'Het Schone Waterexperiment' van Waternet slechts 36% van de geregistreerde deelnemers hun onderzoeksresultaten online door. Het project 'De versheid van water' was hierin veel succesvoller, met een resultaat van 100% [20].

Achtergrond van deelnemers

In het licht van de gewenste impact is het van belang om na te gaan wat de optimale achtergrond is van deelnemers aan een CS-project. Wordt gestreefd naar een representatieve groep of juist een specifieke doelgroep? Zo werd in een project gericht op de mogelijke aanwezigheid van loden kraanwaterleidingen in binnenhuisinstallaties primair gezocht naar ouders van jonge kinderen [16]. De meeste CS-projecten worden echter gekenmerkt door een deelnemersgroep van vooral hoogopgeleide mensen. De focus op hoogopgeleiden kan een bewuste keuze zijn, bijvoorbeeld wanneer complexe taken moeten worden verricht en het CS-project niet zozeer bedoeld is om wetenschapswijsheid te vergroten [22]. Maar is het project bijvoorbeeld opgezet om de wetenschappelijke relevantie ervan te laten toenemen of ter vergroting van de acceptatie van wetenschappelijke kennis, dan is een gevarieerde en representatieve doelgroep uiterst belangrijk.

Kernvragen: Geschikte doelgroep

- Wat is het minimale aantal deelnemers om de gewenste impact van het project te bereiken?
 - Wat is naar verwachting het percentage afvallers, en wat betekent dit voor het aantal deelnemers dat bij het project moet worden betrokken?
 - Is de ambitie om de impact van wetenschap of de acceptatie van wetenschappelijke kennis te vergroten, of is het voor een andere reden belangrijk dat de doelgroep representatief is?
 - Heeft het project een specifieke doelgroep voor ogen?
-



Reflectie 2: Is CS mogelijk?

Na vastgesteld te hebben hoeveel en welke deelnemers er bij het CS project-betrokken moeten worden, is het goed te overwegen wat hun motivaties zijn. Waarom zouden ze mee willen doen en wat levert het hen op? Antwoord op deze vragen vergroot de kans om het project van de grond te krijgen.

Er zijn uiteenlopende redenen waarom mensen meedoen aan een CS-project, bijvoorbeeld om het gevoel te krijgen ergens een bijdrage aan te leveren of om iets te leren [27]. Deelnemers aan het project 'De versheid van water' gaven aan dat ze het vooral belangrijk vonden om te helpen bij innovatief wetenschappelijk onderzoek en omdat zij een speciale interesse hadden in drinkwater [10]. Om oudere of jongere mensen tot deelname aan te moedigen, is een verschillende aanpak nodig. Voor ouderen is het belangrijk dat het onderwerp aansluit bij hun interesse. Jongere mensen letten vooral op de mogelijkheid om zelf experimenten uit te voeren en doen vaak mee omdat ze het leuk vinden [20].

Reflectievragen

Komen de motivaties van de doelgroep overeen met de gewenste impact van het project?

- ✘ **Nee** Is het mogelijk een andere doelgroep te kiezen waarvan de motivaties beter aansluiten op de gewenste resultaten van het project? Zo niet, heroverweeg dan of CS mogelijk is.
- ✔ **Ja** Ga door met de volgende ontwerpstep.

Onderzoeksstrategie

Net als bij elk wetenschappelijk onderzoek is het bij een CS-project noodzakelijk om op voorhand afwegingen te maken over de centrale onderzoeksvraag, het ontwerp en de aanpak. De beoogde wetenschappelijke impact en effecten op het systeem die in een eerder stadium zijn geformuleerd, zijn hiervoor richtinggevend. Tegelijkertijd heeft de onderzoeksstrategie invloed op stappen die later worden gemaakt, inclusief besluiten over de schalen van ruimte en tijd, evenals het type CS waar men voor kiest.

Onderzoeksvraag

Op basis van de gewenste wetenschappelijke impact kan een concept-onderzoeksvraag worden vastgesteld. Literatuuronderzoek moet uitwijzen of deze vraag aansluit op onderzoek dat eerder is uitgevoerd en op bestaande theorieën. Een brede scan van wetenschappelijke publicaties geeft zicht op de volgende vragen:

- Welk onderzoek in relatie tot het gekozen onderwerp is al gedaan?
- Welk aanvullend onderzoek wordt hierbij aangeraden?
- Welke vragen komen voort uit de resultaten van bestaande publicaties?

Het beantwoorden van deze vragen leidt ertoe dat actuele thema's en vragen in kaart kunnen worden gebracht. Hierna volgt het opstellen van één of meerdere onderzoeksvragen. Vergelijkbaar met de eisen voor regulier wetenschappelijk onderzoek, is het formuleren van een heldere, gefocuste en precieze onderzoeksvraag raadzaam [8]. Daarnaast moet het mogelijk zijn om de vraag te onderzoeken en moet deze in potentie een originele bijdrage aan het onderzoeksveld kunnen leveren [28].

Onderzoeksontwerp

Is de centrale onderzoeksvraag geformuleerd, dan volgt hierop het vaststellen van de route die moet worden bewandeld om tot een antwoord hierop te komen. Het onderzoeksontwerp bepaalt hoeveel en welk type gegevens moeten worden verzameld en hoe dit gebeurt. Hiervoor kan een keuze worden gemaakt uit ten minste vier soorten ontwerpen, die voornamelijk van elkaar verschillen in de toegepaste schaal in ruimte en tijd [28].

- Een veel voorkomend onderzoeksontwerp in CS-projecten is het **longitudinaal ontwerp**. Hierbij wordt een bepaalde meting of monitoring herhaaldelijk en steeds op dezelfde manier uitgevoerd om een ontwikkeling in kaart te brengen. Deelnemers worden bijvoorbeeld gevraagd om over een langere periode bepaalde observaties bij te houden [17].
- Ook het **case study ontwerp** is bruikbaar voor CS-projecten. Hierin wordt een specifieke casus intensief bestudeerd, wat vooral toepasselijk is bij het onderzoeken van een lokale situatie. Case study ontwerpen worden vooral ingezet bij het realiseren van een gewenste uitkomst, zoals gemeenschapsvorming en het opbouwen van sociaal kapitaal [15].
- Met een **survey ontwerp** wordt op een gestandaardiseerde wijze een beperkte hoeveelheid data van een grote doelgroep verzameld, met als doel het verkrijgen van inzicht in bepaalde variabelen binnen een doelgroep. Bij CS-projecten gebeurt dit vaak in combinatie met monitoring [14].
- Het **experimenteel ontwerp** wordt toegepast in het vergaren van data over en het toetsen van oorzaak-gevolg relaties [29]. In een semi-gerandomiseerde omgeving worden afhankelijke en onafhankelijke variabelen getest, wat een uitspraak mogelijk maakt over hun onderlinge verbanden. Hoewel dit ontwerp voor CS-projecten weinig wordt toegepast [6], is het bruikbaar om op lokale schaal of bij grootschalig gecoördineerde projecten voorspellingen of hypothesen te testen.

Onderzoeksaanpak

De laatste afweging in de onderzoeksstrategie is het vaststellen van de methode waarmee data worden verzameld, net als de overkoepelende onderzoeksaanpak. Hierin wordt doorgaans gekozen tussen een kwantitatieve of kwalitatieve aanpak. Bij kwantitatief onderzoek draait het om deductie: het toetsen van theorieën en hypothesen. In CS-projecten is dit vaak gerelateerd aan grootschalige monitoringsprojecten. Aan de andere kant heeft kwalitatief onderzoek juist inductie als uitgangspunt: het ontwikkelen van een nieuwe theorie op basis van de resultaten [28].

Deze aanpak wordt vaak toegepast bij sociaalwetenschappelijke vraagstukken, en is ook bij CS-projecten met deze insteek van waarde.

Toch is het kiezen tussen kwantitatief of kwalitatief onderzoek bij CS niet altijd nodig. Ook een combinatie van beiden is mogelijk. Zo worden binnen veel CS-projecten observaties gedaan, zonder toetsing van een vooropgestelde hypothese (inductie). Tegelijkertijd zijn er ook CS-projecten waarin heel gericht een bepaald onderwerp, zoals de microbiologische samenstelling van kraanwater, wordt gemonitord, met als doel een hypothese te testen.

Kernvragen: Geschikte onderzoeksstrategie

- Wat is de centrale onderzoeksvraag?
 - Welk type en hoeveel data zijn nodig om deze vraag te beantwoorden?
 - Is het wenselijk om vooraf hypothesen op te stellen?
 - Is gegeven de centrale onderzoeksvraag een kwalitatieve, kwantitatieve of gecombineerde aanpak het meest geschikt?
 - Op basis van de voorgaande vragen: wat is de optimale onderzoeksstrategie?
-



Deelnemers aan 'Het Schone Waterexperiment' kregen tijdens de startbijeenkomst een waterbox mee, met hierin alle benodigdheden voor bemonstering van het Amsterdamse oppervlaktewater (foto: Josjah Kunkeler)

Gewenste betrokkenheid

In de afgelopen tijd is 'Citizen Science' verworpen tot een verzamelnaam voor onderzoek waar burgers actief aan deelnemen. Die mate van betrokkenheid verschilt echter enorm van project tot project. Om helderheid te scheppen is hiervoor een typologie ontwikkeld [30].

- **Bijdragende projecten:** burgers zijn primair actief in het verzamelen van data en helpen soms ook bij het analyseren hiervan.
- **Collaboratieve projecten:** burgers verzamelen en analyseren data, en zijn daarnaast soms betrokken bij de methodeontwikkeling, de interpretatie- en/of implementatiefase.
- **Co-creatie projecten:** burgers zijn betrokken bij alle fases van het wetenschappelijk onderzoek.

Tabel 1: typologie en beschrijving van mate van betrokkenheid: 'B' bijdrage en '(B)' mogelijke bijdrage van deelnemers aan dit onderdeel van het CS-project (gebaseerd op Bonney et al., 2009)

Type project	Bijdragend	Collaboratief	Co-creatie
Rol van de deelnemers	Dragen bij aan het verzamelen van data voor een onderzoeksproject	Verzamelen data en analyseren de resultaten, samen met onderzoekers	Werken samen met onderzoekers aan het gehele onderzoeksproces
Formulering onderzoeksvraag			B
Ontwikkeling hypothesen			B
Ontwikkeling dataverzameling methode		(B)	B
Dataverzameling	B	B	B
Data analyse	(B)	B	B
Data interpretatie		(B)	B
Disseminatie en implementatie		(B)	B
Evaluatie			B

Het merendeel van huidige CS-projecten in binnen- en buitenland zijn bijdragend van aard. Deelnemers worden hierin vaak uitsluitend gevraagd om data te verzamelen, bijvoorbeeld in de vorm van observaties [8, 9]. Ook kiest men de bijdragende opzet binnen projecten waarbij het interpreteren van data centraal staat, zoals bij het classificeren van foto's. Vaak gaat het hierbij om (arbeidsintensieve) analyses waarvoor het nodig is een beroep te doen op het menselijk vermogen bepaalde patronen te herkennen. De literatuur spreekt in dit geval over crowd sourcing van data interpretatie [9]. Een aansprekend voorbeeld hiervan – buiten de watersector – is het project 'Snapshot Hoge Veluwe'. Hierin werden deelnemers gevraagd dieren op foto's die met wildcamera's in het Nationaal Park waren gemaakt op naam te brengen. Binnen anderhalve maand na lancering van het digitale platform hadden 4.000 deelnemers maar liefst 600.000 foto's geclassificeerd.

Aan de andere kant van het spectrum staan co-creatie projecten, waarbij deelnemers vanaf het begin betrokken zijn. Deze aanpak vraagt van deelnemers behoorlijk wat tijd vrij te maken. Daarnaast moet de projectgroep bereid zijn om deelnemers bij alle stappen van de voorbereiding en uitvoering te betrekken [9]. In de praktijk komen zulke CS-projecten weinig voor. En mochten burgers bij alle onderzoeksfases betrokken zijn, dan geldt dit vaak voor slechts een klein deel van de totale groepsgrootte [1, 31, 32].

Om vast te stellen wat de gewenste betrokkenheid van deelnemers bij een CS-project is, moet niet alleen de nagestreefde impact ervan in ogenschouw worden genomen, maar ook de doelgroep en onderzoeksstrategie zoals eerder in dit hoofdstuk is omschreven. Daarnaast moeten de voor- en nadelen van elk type CS worden meegewogen (Tabel 2) en de wensen en behoeften (motivatie) van de deelnemers zelf [1].

Tabel 2: belangrijkste voor- en nadelen van de verschillende type CS-projecten (samengesteld uit Bonney, Ballard [30], Shirk, Ballard [1], Conrad and Hilchey [33] en Lawrence [34])

Type	Bijdragend	Collaboratief	Co-creatie
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Mogelijk om lange termijn datasets te verzamelen • Mogelijk om grote datasets te creëren • Deelnemers kunnen technische vaardigheden opdoen • Deelnemers kunnen meer kennis opdoen over het systeem 	<ul style="list-style-type: none"> • Biedt alle partners de mogelijkheid nieuwe kennis en kunde op te doen • Hoge kwaliteit van de data • Toename van het onderling vertrouwen tussen partners • Mogelijke veranderde attitudes van deelnemers 	<ul style="list-style-type: none"> • Meest responsief • Biedt mogelijkheid tot divers en diepgaande leerervaringen voor deelnemers en wetenschappers • Toename van het onderling vertrouwen tussen partners • Het contact met mensen met andere standpunten kan leiden tot een veranderde attitude • Meer sociaal relevante onderzoeksvragen
Nadelen	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe mogelijkheid om dingen te leren • Minder opbouw van onderling vertrouwen tussen partners • Het vasthouden van deelnemers is het lastigst 	<ul style="list-style-type: none"> • Moeilijk te herhalen • Het maken van keuzes kan lang duren • (Soms) een gedwongen keuze tussen het boeken van wetenschappelijke voortgang en wetenschappelijke educatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemiddelde kwaliteit van de data • Hoge tijdsinvestering vereist van deelnemers • Moeilijk te herhalen • Inzet voor het nastreven van consensus is nodig • Langzame voortgang • Vooral gericht op het behalen van sociale in plaats van wetenschappelijk resultaten • Mogelijk een niet diverse groep deelnemers

Kernvragen: Gewenste betrokkenheid

- Worden met dit CS-project grote hoeveelheden data verzameld die moeilijk en/of inefficiënt verkrijgbaar zijn via andere onderzoeksmethoden?
 - ✔ **Ja** Met een bijdragend project kunnen grote hoeveelheden data worden verzameld, verspreid over een brede geografische schaal.
 - ✘ **Nee** Een collaboratief of co-creatie project maakt het mogelijk een kleine groep deelnemers nauw bij het onderzoek te betrekken.
- Wordt in dit CS-project context-specifieke, lokale kennis verzameld?
 - ✔ **Ja** Een co-creatie project maakt het mogelijk een kleine schaal aan te houden en de lokale bevolking er nauw bij te betrekken. Ook is de relevantie voor de lokale bevolking beter te waarborgen.
 - ✘ **Nee** In een bijdragend project is de samenwerking met deelnemers minder hecht dan in collaboratieve of co-creatie projecten. Daarom is deze methode minder geschikt voor het verzamelen van context-specifieke, lokale kennis. Wel maakt het mogelijk om bepaalde ontwikkelingen in een gebied zorgvuldig te monitoren.

**Tip**

Wanneer het project gericht is op het verzamelen van locatie-specifieke kennis, maar het niet mogelijk/gewenst is deelnemers in alle fasen van het onderzoek te betrekken, voldoet een collaboratief project waarschijnlijk het beste aan de eisen.

- Vereist het CS-project het doen van herhaaldelijke metingen (door dezelfde personen)?
 - ✔ **Ja** Het uitvoeren van herhaalde metingen vraagt van deelnemers een bepaalde mate van inzet en verbondenheid met het project. Daarom is een co-creatie of collaboratief project hiervoor mogelijk het meest geschikt.
 - ✘ **Nee** Wanneer het niet noodzakelijk is dat deelnemers na een eerste meting verbonden blijven met het project, ligt een bijdragend project het meest voor de hand.
 - Welke vorm van CS past het beste bij de verwachtingen en behoeften van de (potentiele) deelnemers zelf?
-

Stap 3: Markeren

In voorgaande stappen is de impact vastgesteld die met het CS-project wordt nagestreefd. Ook de onderzoeksstrategie staat op papier. Nu is het tijd om aan te geven wat de geografische reikwijdte is en te markeren hoeveel tijd het onderzoek in beslag neemt.

Ruimtelijke schaal

De schaalgrootte van CS-projecten kent grote variaties. De opzet kan zowel lokaal [20], regionaal [19] als (supra) nationaal [17] zijn. Keuzes die eerder met behulp van dit handboek zijn gemaakt, bepalen het markeren van de optimale ruimtelijke schaal. Bestaat de gewenste wetenschappelijke impact uit het verzamelen van locatie specifieke kennis, dan ligt een studie met een lokale focus voor de hand. In dit geval bestaat de individuele impact vaak uit het versterken van de persoonlijke relatie met de fysieke locatie waar het onderzoek zich afspeelt en kunnen relaties met andere deelnemers en de brede gemeenschap ervoor zorgen dat ook de band met de sociale omgeving toeneemt. Is gekozen voor een wetenschappelijke impact waarbij sprake is van het verzamelen van grote hoeveelheden gegevens, dan wordt gekozen voor CS-projecten met veel verschillende locaties of op grote geografische schaal. Wat systeemimpact betreft kan deze opzet leiden tot culturele uitwisseling tussen locaties en zogenoemd 'global citizenship'.

Kernvragen: Ruimtelijke schaal

- Kunnen op één locatie genoeg data worden verzameld voor een antwoord op de onderzoeksvraag?
- Welke schaal is nodig om de gewenste effecten voor het systeem te realiseren?
- Wat is de optimale schaal voor de ontwikkelde onderzoeksopzet?

Doorlooptijd

Omdat een CS-project een begin en een eind kent, is het belangrijk vast te stellen hoeveel tijd ermee gemoeid is. De doorlooptijd kan zeer uiteenlopen. Zo zijn er projecten die bestaan uit een eenmalige meting, waarbij deelnemers kortstondig – enkele dagen, weken of maanden – zijn betrokken. Ook zijn er langetermijnprojecten, die maanden tot jaren kunnen duren. In zulke gevallen vereist deelname een intensieve inzet en verbintenis [6, 35].

Op het markeren van de doorlooptijd is met name de gekozen onderzoeksstrategie van invloed. Gaat het om een langetermijnproject, dan is het de grootste uitdaging om deelnemers gedurende lange tijd bij het onderzoek te blijven betrekken [35]. Voor het projectteam betekent dit dat zij flinke inspanningen moeten leveren en deelnemers blijven informeren en motiveren, zodat zij niet afhaken.

Kernvragen: Doorlooptijd

- Vereist het onderzoek langetermijngegevens?
 - ✔ **Ja** Ontwerp een langetermijnproject en investeer in het betrekken, motiveren en informeren van de deelnemers over een langere periode. Bij een langdurig project dient rekening te worden gehouden met uitval. Dit heeft zijn weerslag op het aantal gewenste deelnemers dat gedurende de fase van het afwegen (zie Stap 1) wordt bepaald.
 - ✘ **Nee** Is een eenmalige meting voldoende?
 - ✔ **Ja** Ontwikkel een CS-project met een eenmalige meting.
 - ✘ **Nee** Ontwikkel een kortetermijnproject met een doorlooptijd van een aantal dagen tot weken of maanden. De optimale tijdsduur van een project hangt af van het benodigd aantal metingen, evenals het tijdsinterval tussen opeenvolgende metingen.
-

Stap 4: Expliciteren

Nu helder is welke impact een CS-project voor ogen heeft, welke onderzoeksstrategie wordt gevolgd, wat de ruimtelijke schaal is en hoe lang het onderzoek duurt, is het tijd om ervoor te zorgen dat de verzamelde data overeenkomen met de wetenschappelijke aspiraties. Daartoe is het raadzaam protocollen op te stellen die omschrijven hoe de data worden verzameld en hoe deze zo betrouwbaar mogelijk zijn. In deze praktische stap van 'Expliciteren' is het tevens belangrijk dat er een wervingsstrategie komt. Hierin staat uiteengezet hoe deelnemers worden aangetrokken om mee te doen met het project. Ook een transparantieplan is essentieel. Dit plan moet ertoe leiden dat deelnemers steeds goed op de hoogte zijn van wat er tijdens hun vrijwillige bijdrage wordt gevraagd en wat hen dit oplevert.

Dataverzamelingsprotocol

Het dataverzamelingsprotocol zorgt ervoor dat de onderzoeksstrategie en nagestreefde impact van een CS-project operationeel worden. Zo geeft dit protocol aan wat voor type en hoeveel data moeten worden verzameld om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag. In hoeverre hiervoor meetinstrumenten nodig zijn, hangt af van het type data. We geven hier een aantal mogelijkheden.

- **Observaties**, inclusief tijdstip en locatie. Dit datatype komt bij CS-projecten het meest voor.
- **Beeldmateriaal** (foto of video) of geluidsopnames die worden toegevoegd aan een database, waarna ze verder zijn te analyseren.
- **Fysieke monsters**, zoals watermonsters, die door deelnemers zelf worden geanalyseerd en mogelijk in aanvulling hierop door een laboratorium.
- **Sensorgegevens**, zoals straling of temperatuur, die meestal niet op een andere manier nauwkeurig kunnen worden gemeten.
- **Classificatie** van reeds verzamelde informatie, bijvoorbeeld in de vorm van crowd sourcing-projecten die bij voorkeur online plaatsvinden. Hierin dragen deelnemers bij aan het herkennen van patronen in bestaande datasets.

Tijdens het omschrijven van een dataverzamelingsprotocol kan het behulpzaam zijn een inschatting te maken van de expertise waar deelnemers aan moeten voldoen. Door verschillende taakniveaus te onderscheiden, neemt de kans toe dat een diversiteit aan burgerwetenschappers intellectueel wordt uitgedaagd [36]; van een basistaak voor alle deelnemers tot een meer uitgebreid takenpakket voor mensen met ervaring of een sterke motivatie.

Daarnaast moet in deze stap van het projectontwerp altijd een risicoanalyse worden uitgevoerd, inclusief het in kaart brengen van mogelijke risico's voor deelnemende burgers [8]. Ook wordt een strategie opgesteld die omschrijft hoe het projectteam toegang krijgt tot de verzamelde data. Tot slot verdient het aanbeveling om aan te geven hoe een evaluatie van het project het beste kan plaatsvinden wat betreft de impact ervan op het individu en het sociaal-maatschappelijk systeem. Ook het in kaart brengen van de ervaring van de deelnemers hoort hierbij. Om projecten met elkaar te kunnen vergelijken, is het nodig zoveel mogelijk gebruik te maken van een gestandaardiseerde aanpak zoals deze in de afgelopen jaren in samenwerking tussen KWR en de drinkwaterbedrijven is ontwikkeld.



Een monster dat door een deelnemer aan een CS-project is verzameld, kan worden geanalyseerd in een laboratorium (foto: Ivar Pel)

Kernvragen: Dataverzamelingsprotocol

- Wat voor data (type en hoeveelheid) moeten worden verzameld om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden?
 - Zijn er adequate meetinstrumenten voorhanden waarmee niet-wetenschappers deze data kunnen verzamelen?
 - Zijn de meetinstrumenten geschikt voor iedereen in de doelgroep(en)? Is het wenselijk een onderscheid te maken tussen basistaken en taken voor meer gevorderde deelnemers?
 - Hoe (moment, manier) kan het beste worden geëvalueerd wat de impact van het project is op het individu en het systeem? In hoeverre is het mogelijk hierbij de gestandaardiseerde aanpak te volgen?
 - Hoe kunnen de data door deelnemers worden gedeeld?
-



Deelnemers van het WML project 'CS en kalkafzetting' tijdens de startbijeenkomst in Maasbracht (foto: Stijn Brouwer)

Betrouwbaarheidsprotocol

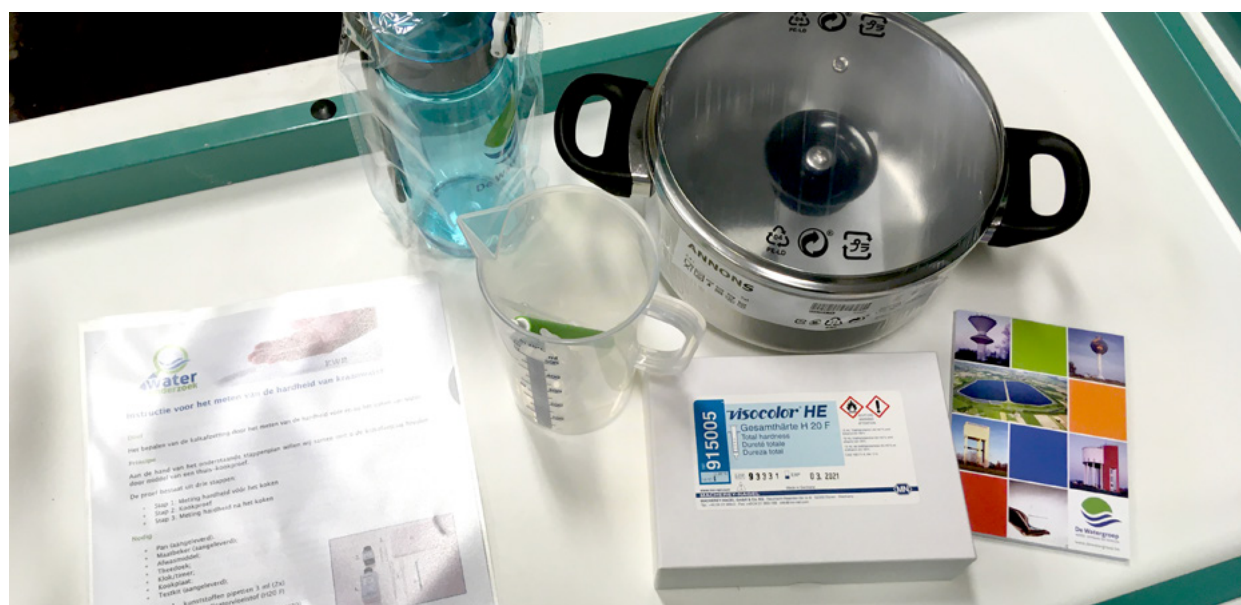
Kenmerkend voor CS-projecten is dat – vaker dan bij regulier wetenschappelijk onderzoek – de resultaten ervan in twijfel kunnen worden getrokken. Zo zouden gegevens die eruit voortkomen een vertekend beeld geven, niet betrouwbaar en minder accuraat zijn [6, 38]. Tegelijkertijd tonen diverse studies aan dat CS-projecten data opleveren met een kwaliteit, vergelijkbaar met gangbaar onderzoek. Ook compenseert de veelal grote omvang van meetreeksen eventuele onnauwkeurigheden. De European Citizen Science Association (ECSA) benadrukt dan ook dat CS als elke andere onderzoeksmethode moet worden gezien, inclusief de gebruikelijke oorzaken die uitkomsten

kunnen verstoren en andere factoren waarmee rekening moet worden gehouden [24]. In verband hiermee is het van groot belang om voor elk CS-project een betrouwbaarheidsprotocol uit te werken. Door op een drietal cruciale momenten (ontwerpfase, dataverzameling, data-analyse) een toetsingsmoment in te bouwen, vergroot dit de waarborg en validatie van de datakwaliteit.

Ontwerpfase

Tijdens het ontwerpen van een CS-project kunnen verschillende maatregelen ervoor zorgen dat de resultaten zo betrouwbaar mogelijk zijn. Allereerst kan het projectteam inventariseren of voor het betreffende onderzoeksveld een gestandaardiseerde methode bestaat om data te verzamelen. Op deze manier kunnen de resultaten met bestaande databases worden vergeleken of aangevuld [38]. Uiteraard is het ook noodzakelijk over betrouwbare meetinstrumenten te beschikken. Aangeraden wordt om deze voorafgaand aan het onderzoek altijd uitgebreid te testen [38]. Uiteraard kan dit onderdeel vormen van een project zelf, zoals bijvoorbeeld het geval was bij het Citizen Science project in Den Haag waarin klanten door het meten van lood op zoek gingen naar de eventuele aanwezigheid van loden kraanwaterleidingen in hun binnenhuisinstallatie. Binnen dit onderzoek bleek bijvoorbeeld dat de gebruikte indicatiestrips niet voldoende betrouwbaar waren om als vervanging te dienen voor loodmetingen op de watermonsters in het laboratorium.

Vooraf van groot belang is het om deelnemers zorgvuldig op hun bijdrage voor te bereiden. Dit vermindert het risico op veel voorkomende vergissingen. In de eerste plaats gaat het hierbij om vergissingen die deelnemers zelf kunnen maken; de zogenoemde 'observer errors'. Er worden 'gekleurde' (foute) metingen verricht en het verzamelen van gegevens verloopt niet naar wens. Vaak zijn deze vergissingen te wijten aan onvoldoende training van de deelnemers. Begeleiding in het doorlopen van de handleiding en de stappen die hierop volgen, kan de kwaliteit van de verzamelde data vergroten [38]. Ook zijn vergissingen te voorkomen door gestandaardiseerde methoden te hanteren, inclusief ingebouwde ijkpunten en/of een gelijkmatig interval tussen opeenvolgende metingen [6]. Een ander risico betreft het maken van ruimtelijke vergissingen, ook wel aangeduid als 'spatial errors'. In dit geval doet de deelnemer een meting op een locatie die niet representatief is voor het gebied. Net als in het voorgaande kan een goede handleiding hierbij helpen, met een juiste balans tussen detail en aantrekkelijkheid. Zeer veel detail in de beschrijving kan fouten voorkomen, maar wordt wellicht minder aandachtig gelezen dan een kort en bondig exemplaar [6].



Voorbeeld van de inhoud van een dataverzamelingstoolbox, zoals gebruikt in 'CS en kalkafzetting project' in het Vlaamse Avelgem (foto: Stijn Brouwer)

Dataverzameling

Ook tijdens de uitvoering van een project bestaan verschillende manieren om de betrouwbaarheid van de verzamelde data te vergroten. Bij langetermijnprojecten loont het de moeite om deelnemers regelmatig te trainen. Behalve dat zij hierdoor betere metingen doen, vergroot dit ook hun betrokkenheid. Aanmoediging om aan de training deel te nemen, gebeurt bijvoorbeeld door hantering van een rankingsysteem. Het bijwonen van extra trainingen of andere activiteiten doet deelnemers hierbij steeds een stapje hoger komen op een schaal van expertise [38]. Daarnaast kan ter vergroting van de betrouwbaarheid van data aan professionals, andere deelnemers of externe partijen worden gevraagd om het verzamelen van data te overzien en te controleren [38]. Ook kunnen deelnemers het verzoek krijgen een foto of ander 'bewijs' van hun meting te overleggen. In dat geval is het mogelijk een vergelijking te maken tussen de foto en de genoteerde observatie [9]. Tot slot zijn technologische hulpmiddelen voorhanden die de kwaliteit van waarnemingen vergroten en/of het makkelijker maken om lastige waarnemingen uit te voeren [38, 39]. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van een GPS om de locatie zo exact mogelijk vast te leggen [10].

Data-analyse

Zodra de data zijn verzameld en ingevoerd in een dataset, gaat de zorg uit naar het uifilteren van eventuele vergissingen en fouten in de analyse. Bij een grotere dataset is een statistische controle hiervoor mogelijk toereikend, zoals in het wereldwijde eBird-project waarbij populaties van verschillende vogelsoorten in hun ontwikkeling worden gemonitord. Heeft een project een kleinere database tot zijn beschikking, dan valt een statistische controle mogelijk in te bouwen door in de ontwerpfase het verzamelingsprotocol te standaardiseren. Als gevolg hiervan kunnen de resultaten met een vergelijkbare dataset worden vergeleken die al dan niet door professionele onderzoekers is opgesteld [38]. Ook neemt de betrouwbaarheid van data-analyse toe wanneer bepaalde data hierin niet worden meegenomen, zoals die van nieuwe deelnemers, van deelnemers die onregelmatig zijn in het doorgeven van data of van deelnemers die eerder foutieve data hebben aangeleverd [6].

Kernvragen: Betrouwbaarheidsprotocol

- Wordt een grote database ontwikkeld?
 - ✓ **Ja** Controleer de beschikbaarheid van een gestandaardiseerd verzamelingsprotocol. Onderzoek daarnaast wat de meest geschikte manier is om de deelnemers te trainen.
 - ✗ **Nee** Ga na of een vergelijkbaar CS-project is uitgevoerd en bekijk indien mogelijk het gebruikte dataverzamelingsprotocol.
 - Is het nodig om meerdere metingen te doen?
 - ✓ **Ja** Overweeg de noodzaak om deelnemers herhaaldelijk te trainen.
 - ✗ **Nee** Kunnen de validatie en verificatie van data worden ondersteund door technologie?
 - ✓ **Ja** Gebruik deze technologie en controleer de resultaten.
 - ✗ **Nee** Maak gebruik van andere validatiemethoden.
 - Kunnen observaties worden geverifieerd door aanvullende controle door deelnemers, professionals, of vergelijkingen met bestaande data?
-

Wervingsstrategie

Hoewel het voor een succesvol CS-project cruciaal is dat er geschikte deelnemers op afkomen, is nog maar weinig onderzoek uitgevoerd naar verschillende wervingsstrategieën. Uit de literatuur [20, 37] komen de volgende mogelijkheden naar voren:

- Een **mond-op-mond werving** is gebaseerd op persoonlijk contact tussen bestaande deelnemers en potentieel nieuwe deelnemers. De bestaande deelnemers fungeren als ‘ambassadeurs’ en de strategie werkt vooral wanneer zij een grote passie voor het project uitdragen. Mogelijk nadeel is dat deze vorm van werving vooral mensen aantrekt die al actief zijn als vrijwilliger. Daarmee zijn zij bovengemiddeld betrokken bij hun omgeving en niet representatief.
- Bij een **werving door externe organisaties** fungeren organisaties zoals opleidingsinstituten en vrijwilligersorganisaties als intermediair tussen het projectteam en de doelgroep. Deze aanpak is geschikt om specifieke en soms moeilijk te bereiken doelgroepen te betrekken, zoals jongeren, minderheden en werklozen.
- Met de **scattergun werving** wordt niet gericht naar deelnemers gezocht, maar als het ware ‘met hagel geschoten’. Men maakt gebruik van sociale media, lokale kranten, radio en televisiekanalen om advertenties en persberichten te plaatsen. Op locaties zoals universiteiten, bezoekerscentra, bibliotheken en buurtcentra worden posters opgehangen en flyers verspreid. Voordeel van deze aanpak is dat het met relatief weinig moeite grote groepen mensen bereikt. Wel worden met name hoogopgeleide mensen aangetrokken, waardoor deze wervingsvorm minder geschikt is voor het nastreven van een representatieve doelgroep [16].
- Werven via **gerichte uitnodiging** vindt plaats door een gerandomiseerde groep mensen persoonlijk te vragen om deel te nemen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van het klantenbestand van een drinkwaterbedrijf. Uit onderzoek in Nederland en Vlaanderen blijkt dat deze aanpak kan bijdragen aan het verkrijgen van een representatieve groep deelnemers [20]. Er worden aanzienlijk meer laagopgeleide mensen mee aangetrokken dan met andere strategieën, evenals deelnemers van uiteenlopende leeftijden.

In de praktijk kan ook een combinatie van bovengenoemde wervingsstrategieën worden toegepast. Voor de juiste afwegingen is het van belang het gekozen type CS-project (bijdragend, collaboratief, co-creatie), de ruimtelijke schaal en de doorlooptijd in ogenschouw te nemen. Daarnaast is ook het gewenste aantal deelnemers van invloed, net als hun achtergrond en diversiteit.

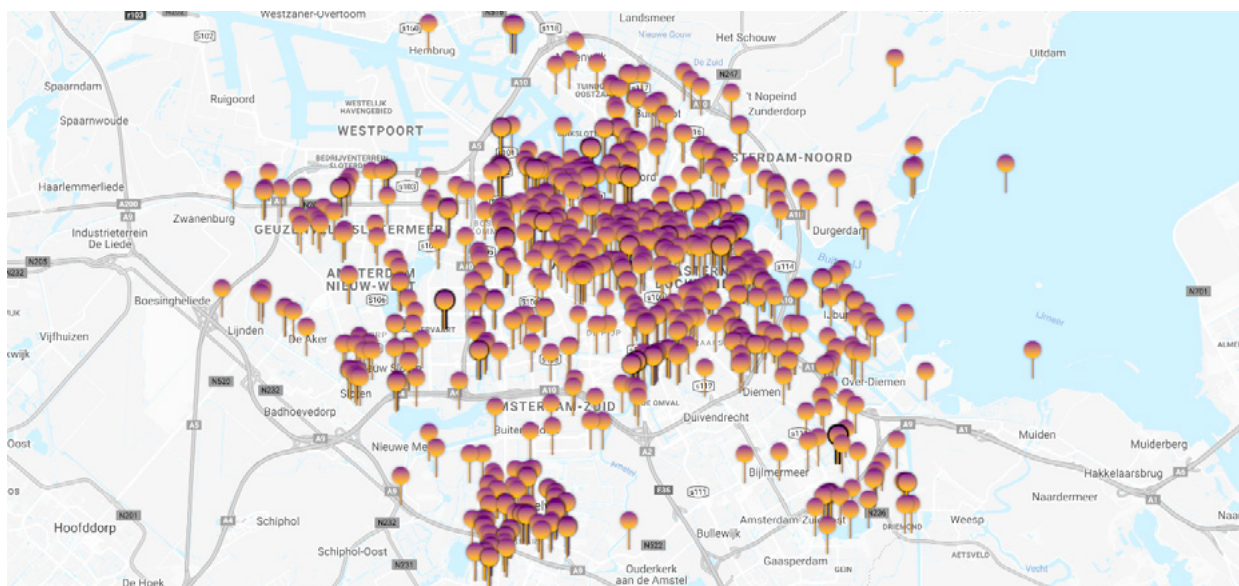
Kernvragen: Wervingsstrategie

- Is een groot aantal deelnemers nodig?
 - ✓ **Ja** Overweeg het gebruik van de scattergun werving. Deze strategie bereikt eenvoudig een grote hoeveelheid mensen.
 - ✗ **Nee** Moet een specifieke doelgroep worden bereikt?
 - Pas een werving via gerichte uitnodiging toe en/of gebruik werving door externe organisaties.
 - ✓ **Ja**
 - ✗ **Nee** Is de representativiteit en diversiteit van de deelnemers belangrijk?
 - Nodig gericht deelnemers uit.
 - ✓ **Ja**
-

Transparantieplan

Aangezien burgers op vrijwillige basis aan een CS-project meedoen en hierin kennis en tijd investeren, is het van belang om transparantie te bieden, realistische verwachtingen te scheppen, en respect en integriteit te tonen. Dit brengt verantwoordelijkheden voor het projectteam met zich mee. Om deelnemers betrokken en tevreden te houden is het uiterst belangrijk dat zij ervaren wat hun bijdrage betekent voor de uitkomst van het onderzoek en wat het nut hiervan is [14, 27, 36]. Zij moeten deze informatie niet alleen meekrijgen bij de aanvang en afronding van het project, maar ook op tussentijdse momenten. Er moet feedback worden gegeven op persoonlijke bijdragen en resultaten moeten transparant worden gedeeld, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een 'realtime' online database waarop deelnemers op elk gewenst moment kunnen inloggen [11, 40]. Deelnemers krijgen zo inzicht in hun persoonlijke vooruitgang en ze kunnen leren van eventueel gemaakte meetfouten [36]. De vraag of zo'n directe kwaliteitscontrole mogelijk en wenselijk is, verschilt per project en hangt mede af van de financiële middelen.

Behalve een online platform zijn ook andere vormen van feedback mogelijk, zoals het organiseren van tussentijdse of afsluitende bijeenkomsten of het sturen van e-mails waarin een update van het project wordt gegeven. Welke vorm men kiest, is bijvoorbeeld afhankelijk van de nagestreefde impact op het individu en het sociaal-maatschappelijk systeem. Zo kan erop worden gelet dat deelnemers regelmatig met elkaar in contact komen, waardoor zich een gemeenschapsgevoel ontwikkelt [27].



Deelnemers van 'Het Schone Waterexperiment' in Amsterdam konden hun verzamelde data uploaden in een interactieve kaart, zodat de reikwijdte van het project zichtbaar werd

Behalve de omschrijving in het transparantieplan hoe bij aanvang van een project de resultaten worden teruggekoppeld en communicatie plaatsvindt over de hoe- en waarom-vraag, is het eveneens belangrijk opvolging te geven aan de onderzoeksresultaten en dus aan de wat nu-vraag. Ook wanneer onverwachte, ingewikkelde of zelfs ongewenste bevindingen worden gedaan. Door van tevoren een inschatting te maken van de onderzoeksuitkomsten, de reacties van deelnemers, en hun verwachtingen, kan het projectteam effectief reageren en eventueel de verwachtingen bijstellen [8]. Ook de langetermijnpact van een project en de mogelijke invloed ervan op beleid, beheer en aanvullend onderzoek, kunnen in het transparantieplan worden meegenomen. In zulke gevallen worden deelnemers na afloop van het onderzoek op de hoogte gehouden van gerelateerde ontwikkelingen.

Een transparantieplan is ook bedoeld om helder te communiceren over de eventuele risico's van deelname aan het project [8]. Daarnaast adviseert de universiteit ETH Zurich [7] een consensusbrief te gebruiken, waarin deelnemers kunnen nalezen hoe de verzamelde informatie zal worden gebruikt en op welke manier met de data wordt omgegaan. Door deze brief te ondertekenen, bevestigen deelnemers tegelijkertijd hun commitment aan het project. Tot slot moet worden vermeld dat in het transparantieplan ook de buitenwereld dient te worden meegenomen. Bij de presentatie van onderzoeksgegevens, afkomstig uit een CS-project, is het te allen tijde belangrijk om hierin expliciet de bijdrage van burgerwetenschappers te erkennen [7, 24].

The screenshot shows the Facebook profile of 'De Versheid van Water - door KWR', a page for the 'Technisch Instituut'. The page features a cover photo of a canal scene in Amsterdam with a bridge. The profile picture is the KWR logo. The page has a 5.0 star rating and 126 likes. A recent post from Merijn Kwwater, dated May 17, 2016, at 14:19, reads: 'Beste allemaal, bedankt voor de grote belangstelling. Vanaf vandaag is de inschrijving voor dit unieke project gesloten. Op voorwaarde dat je je met volledige gegevens ingeschreven hebt, ontvang je deze week een email of je geselecteerd bent voor de praktijkproef "de versheid van water". Op zaterdag 4 juni is de aftrap van dit project bij Micropia te Amsterdam. SAVE'. The right sidebar shows engagement statistics for the week: 29 reach, 4 engagement, 0 registrations, and 0 website clicks.

In het project 'De versheid van water' werden deelnemers via sociale media zoals Facebook op de hoogte gehouden van de ontwikkelingen

Kernvragen: Transparantieplan

- Kijkend naar onder meer de gewenste impact, het aantal deelnemers en het gekozen type CS-project (bijdragend, collaboratief, co-creatie); wat is de beste manier om de resultaten met deelnemers te delen?
- Hoe kan de bijdrage van deelnemers worden erkend in de resultaten?
- Hebben deelnemers naar verwachting aanvullende wensen over het project met betrekking tot beleid, investeringen, informatie enzovoort?



Reflectie 3: Praktische voorwaarden

Voor het project verder te gaan uitwerken, is het nuttig in deze stap een aantal praktische zaken te overwegen.

Budget: Hoewel aan het begin van het projectontwerp waarschijnlijk al een inschatting is gemaakt van het benodigde budget, kan deze worden aangescherpt nu voorgaande stappen zijn doorlopen. Vaak zijn substantiële investeringen nodig in de vorm van tijd en geld [8]. Aanvullingen op het budget zijn wellicht mogelijk dankzij samenwerkingen met andere instanties of bedrijven of door externe subsidies.

Veiligheid: Tijdens het opstellen van een dataverzamelingsprotocol is een risicoanalyse gemaakt. In de reflectie op dit moment is het van belang deze analyse kritisch te overwegen [7].

Uitvoerbaarheid: Een laatste overweging is de uitvoerbaarheid van de beoogde metingen onder de loep te nemen, zowel in technisch als organisatorisch opzicht. Begrijpen deelnemers bijvoorbeeld hoe zij de meetinstrumenten moeten gebruiken? Is de locatie waar zij aan de slag gaan goed bereikbaar? Wanneer over de uitvoerbaarheid van het project twijfel bestaat, is het verstandig het project vooraf met een klein groepje deelnemers te testen.

Reflectievragen

Is voldoende budget beschikbaar om alle benodigde data, hulpmiddelen, training en communicatie te realiseren?

- Nee** Probeer door aanpassingen in het projectontwerp kosten te besparen of zoek naar aanvullende financiering door middel van een samenwerkingsverband of subsidie.
- Ja** Vormen de benodigde technische hulpmiddelen en de vereiste toegang tot meetlocaties een obstakel voor de haalbaarheid van het project?
 - Nee** CS is geen geschikte methode voor dit project.
 - Ja** Is deelname aan het project veilig?
 - Nee** CS is geen geschikte methode voor dit project.
 - Ja** Ga door naar de volgende ontwerpstep.

Stap 5: Neerzetten

We zijn aangekomen bij de laatste stap in de SAMEN-aanpak voor CS-projecten. Hierin komt het aan op het schenken van aandacht aan de training van deelnemers, het opstellen van een handleiding, en het maken van een logistiek plan. Zijn deze voorbereidingen getroffen, dan zijn alle facetten van het project neergezet en kan het van start.

Training

Wanneer deelnemers aan een CS-project een training ondergaan, valt te verwachten dat de betrouwbaarheid van de verzamelde data toeneemt. Ook ondervangt een gedegen voorbereiding dat onnodige risico's worden gelopen. Er bestaat een scala aan trainingsmethoden, uiteenlopend van face-to-face sessies tot het aanbieden van online cursussen en leesmateriaal. De frequentie varieert van eenmalig – bijvoorbeeld bij aanvang van het project – tot regelmatig terugkerende trainingen.

Meestal bestaat een training uit verschillende onderdelen. Vaak begint het met een voorbereiding van de deelnemers op het uitvoeren van verschillende onderzoekstappen en het leren omgaan met verschillende meet-instrumenten. Ook krijgen zij handreikingen over wie zij kunnen benaderen wanneer ze hulp of meer informatie nodig hebben.

Hoe een training is opgebouwd en vormgegeven, volgt uit eerder gemaakte keuzes met betrekking tot de gewenste impact op het individu en het sociaal-maatschappelijk systeem. Een persoonlijke ontmoeting tussen deelnemers en projectteam biedt de kans om elkaar te leren kennen en vergemakkelijkt de vorming van een netwerk binnen de gemeenschap.

Kernvragen: Training

- Welke elementen van het project vereisen de training van deelnemers?
 - Uitgaande van eerder gemaakte keuzes bij het doorlopen van de stappen uit dit handboek; welke trainingsmethode en welke frequentie hiervan sluiten het beste aan bij de doelen van het project?
-

Handleiding

Een zorgvuldige en accurate verzameling van data voor een CS-project, valt of staat met een gebruiksvriendelijke handleiding [1]. Ter inspiratie kan bij het opstellen hiervan gebruik worden gemaakt van bestaande handleidingen, wat ook bespaart in de ontwikkelkosten. De handleiding moet aansluiten op de capaciteiten van de beoogde deelnemers en bevat doorgaans de volgende onderdelen:

- Een beeldend overzicht (foto's met tekst) van de middelen en meetinstrumenten die de deelnemers voor het

onderzoek hebben ontvangen.

- Specificatie van de meetlocatie en/of tips voor het selecteren van een ideale locatie.
- Specificatie van het moment waarop de deelnemer in actie moet komen.
- Toelichting op mogelijke risico's en hoe deze kunnen worden voorkomen, inclusief een waarschuwing voor eventuele gevaarlijke stoffen of situaties.
- Stapsgewijs overzicht van de procedure, met bij elke stap een aanwijzing hoe lang deze duurt.
- Per stap een uitgebreide uitleg, inclusief foto's/afbeeldingen en doorverwijzingen naar meer informatie.
- Contactinformatie.



Instructievideo van het Brabant Water project 'CS en hardheid'

Kernvragen: Handleiding

- Welke elementen moeten in de handleiding worden meegenomen?
- Zijn relevante, eerder ontwikkelde handleidingen voorhanden?

Logistiek plan

Het logistiek plan vormt het sluitstuk van elk CS-project. In de regel bestaan zulke projecten uit vele stappen waarbij telkens verschillende partijen zijn betrokken. Door in het logistiek plan elke onderdeel afzonderlijk te benoemen, inclusief de belangrijkste handelingen en verantwoordelijkheden, ontstaat overzicht op het project als geheel.

Kernvragen: Logistiek plan

- Welke momenten zijn belangrijk voor de logistieke planning?
 - Op welke manier en op welk moment kunnen de handleiding en de mogelijke meetinstrumenten en hulpmiddelen het beste ter beschikking worden gesteld aan de deelnemers?
-



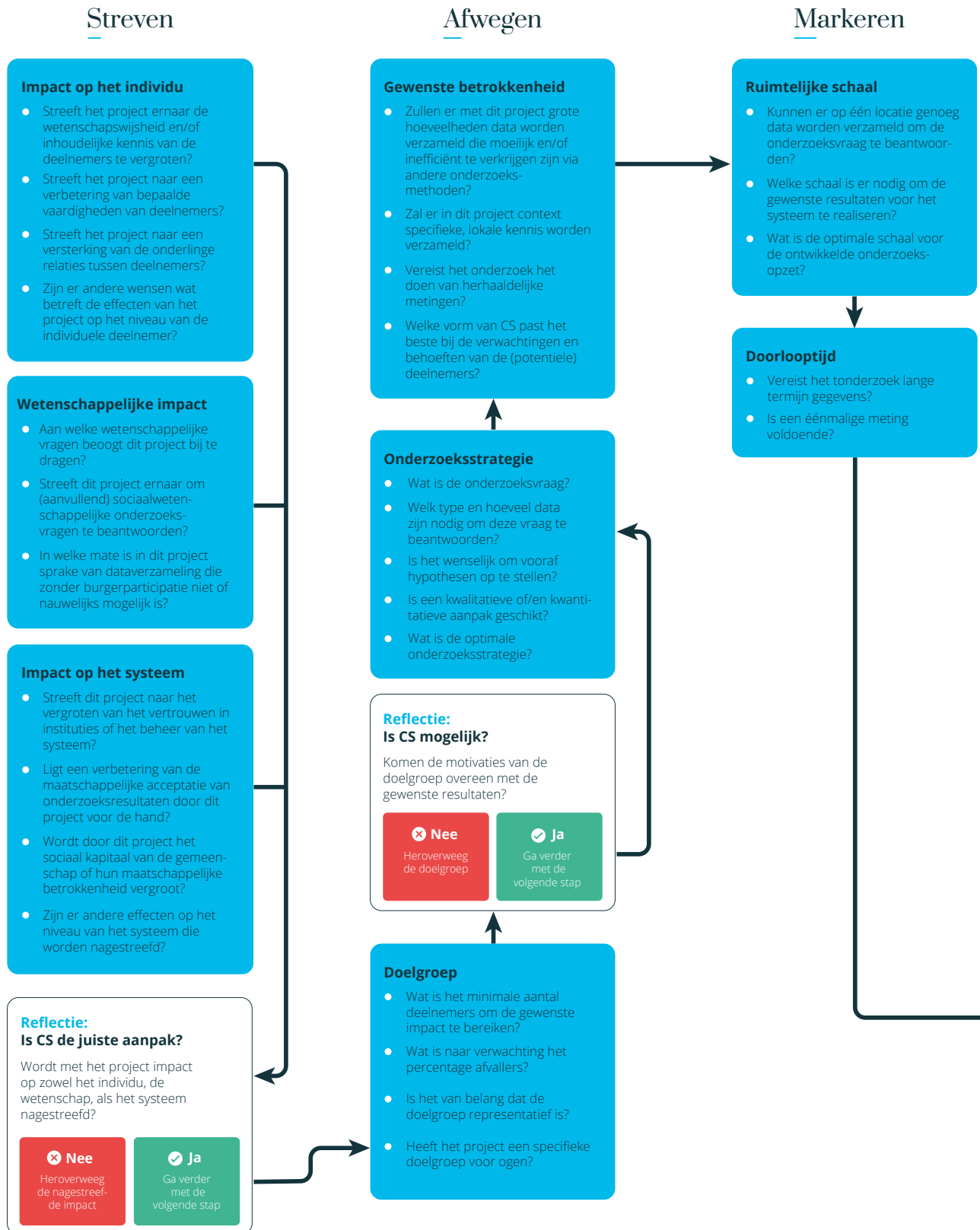
Reflectie 4: Nagestreefde impact

De laatste reflectie van het projectteam bestaat uit een algehele overdenking van het plan dat zij gezamenlijk hebben ontwikkeld. Ze heroverwegen of de impact op de verschillende niveaus – individu, wetenschap, sociaal-maatschappelijk systeem – adequaat is geformuleerd. Is naar verwachting de gewenste impact haalbaar? Of moeten onderdelen worden aangepast? Op zijn minst moet het project van wetenschappelijke waarde zijn en heeft het een positieve impact op de individuele deelnemers.

Reflectievragen

Reflecterend op het projectontwerp; valt te verwachten dat de nagestreefde impact in voldoende mate kan worden gerealiseerd?

- ✘ **Nee** Heroverweeg de gewenste impact en/of bepaalde ontwerpstappen, en herhaal reflectiestap 1: 'Is CS de juiste aanpak?'
- ✔ **Ja** Start de uitvoering.



Expliciteren

Neerzetten

Transparantieplan

- Wat is de beste manier om de resultaten met deelnemers te delen?
- Hoe kan de bijdrage van deelnemers worden erkend in de resultaten?
- Hebben deelnemers naar verwachting aanvullende wensen over het project met betrekking tot beleid, investeringen, informatie enzovoort?

Wervingsstrategie

- Is er een groot aantal deelnemers nodig?
- Is er een specifieke doelgroep?
- Is de representativiteit en diversiteit van de deelnemers belangrijk?

Betrouwbaarheidsprotocol

- Wordt er een grote database ontwikkeld?
- Is het nodig meerdere metingen te doen?
- Kan de validatie en verificatie van data worden ondersteund door technologie?
- Kunnen observaties geverifieerd worden door aanvullende controle door deelnemers, professionals, of vergelijkingen met bestaande data?

Data verzamelingsprotocol

- Wat voor data moeten worden verzameld?
- Zijn er adequate meetinstrumenten voorhanden waarmee niet-wetenschappers deze data kunnen verzamelen?
- Zijn de meetinstrumenten geschikt voor iedereen in de doelgroep(en)? Is het wenselijk een onderscheid te maken tussen basis- en gevorderdentaken?
- Hoe kan de impact of het individu en het systeem het beste worden geëvalueerd?
- Hoe kunnen de data door deelnemers worden gedeeld?

Reflectie:

Praktische voorwaarden

- Is er voldoende budget beschikbaar?
- Is deelname aan het project veilig?
- Vormen de benodigde technische hulpmiddelen en de vereiste toegang tot meetlocaties een obstakel voor de haalbaarheid van het project?

⊗ Nee

verbeter de onderzoeksopzet en protocollen.

☑ Ja

Ga verder met de volgende stap

Training

- Welke onderdelen vereisen training van deelnemers?
- Wat is de optimale vorm, frequentie en intensiteit van de training?

Handleiding

- Welke elementen moeten worden meegenomen in de handleiding?
- Zijn er reeds ontwikkelde handleidingen voorhanden?

Logistiek plan

- Welke momenten zijn belangrijk voor de logistieke planning?
- Op welke manier kunnen de handleiding en de mogelijke hulpmiddelen het beste ter beschikking worden gesteld aan de deelnemers?

Refectie:

Nagestreefde impact

Reflecterend op het projectontwerp; valt te verwachten dat de nagestreefde impact in voldoende mate kan worden gerealiseerd?

⊗ Nee

Heroverweeg de gewenste impact en/of bepaalde ontwerpstappen.

☑ Ja

Ga verder met de volgende stap

Uitvoeren

Referenties

1. Shirk, J.L., et al., *Public participation in scientific research: a framework for deliberate design*. Ecology and Society, 2012. **17**(2):29.
2. Pahl-Wostl, C., E. Mostert, and D. Tàbara, *The growing importance of social learning in water resources management and sustainability science*. Ecology and Society, 2008. **13**(1): 24.
3. Armitage, D.R., et al., *Adaptive co-management for social–ecological complexity*. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009. **7**(2): 95-102.
4. Jordan, R.C., H.L. Ballard, and T.B. Phillips, *Key issues and new approaches for evaluating citizen-science learning outcomes*. Frontiers in Ecology and the Environment, 2012. **10**(6): 307-309.
5. Cooper, C., et al., *Citizen Science as a tool for conservation in residential ecosystems*. Ecology and Society, 2007. **12**(2): 11.
6. Dickinson, J.L., B. Zuckerberg, and D.N. Bonter, *Citizen Science as an ecological research tool: challenges and benefits*. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 2010. **41**: 149-172.
7. ETH Zurich, *Standards for Citizen Science. Principles and guidelines for Citizen Science projects at universities and other research institutions*, 2015. ETH Zurich.
8. Pocock, M.J., et al., *Choosing and using Citizen Science: a guide to when and how to use Citizen Science to monitor biodiversity and the environment*, 2014. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
9. Tweddle, J.C., et al., *Guide to Citizen Science: developing, implementing and evaluating Citizen Science to study biodiversity and the environment in the UK*, 2012. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
10. Brouwer, S., et al., *Public participation in science: The future and value of Citizen Science in the drinking water research*. Water, 2018. **10**(3): 284.
11. van der Meulen, S., et al., *Het Schone Waterexperiment; Amsterdammers onderzoeken de kwaliteit van oppervlaktewater*, 2018. Deltares.
12. Evans, C., et al., *The Neighborhood Nestwatch Program: Participant outcomes of a Citizen-Science ecological research project*. Conservation Biology, 2005. **19**(3): 589-594.
13. Tudor, M.T. and K.M. Dvornich, *The NatureMapping program: resource agency environmental education reform*. The Journal of Environmental Education, 2001. **32**(2): 8-14.
14. Bell, S., et al., *What counts? Volunteers and their organisations in the recording and monitoring of biodiversity*. Biodiversity and Conservation, 2008. **17**(14): 3443-3454.
15. Overdeest, C., C.H. Orr, and K. Stepenuck, *Volunteer stream monitoring and local participation in natural resource issues*. Human Ecology Review, 2004. **11**(2): 177-185.
16. Brouwer, S. and L.K. Hessels, *Increasing research impact with Citizen Science: the influence of recruitment strategies on sample diversity*. Public Understanding of Science, 2019. **Vol. 28**(5): 606–621.
17. Sullivan, B.L., et al., *eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences*. Biological Conservation, 2009. **142**(10): 2282-2292.
18. Berkes, F., J. Colding, and C. Folke, *Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management*. Ecological applications, 2000. **10**(5): 1251-1262.
19. Bird, K.E., W.J. Nichols, and C. Tambiah, *The value of local knowledge in sea turtle conservation: a case from Baja California, Mexico*. University of British Columbia Fisheries Centre Research Reports, 2003. **11**: 178-183.
20. Brouwer, S. and L.K. Hessels, *Increasing research impact with Citizen Science: The influence of recruitment strategies on sample diversity*. Public Understanding of Science, 2019. **28**(5): 606-621.
21. Boon, W.P., et al., *Demand articulation in emerging technologies: intermediary user organisations as co-producers?* Research Policy, 2011. **40**(2): 242-252.
22. Bäckstrand, K., *Civic science for sustainability: reframing the role of experts, policy-makers and citizens in environmental governance*. Global Environmental Politics, 2003. **3**(4): 24-41.
23. Virapongse, A., et al., *A social-ecological systems approach for environmental management*. Journal of Environmental Management, 2016. **178**: 83-91.
24. ECSA, *Ten principles of Citizen Science*. 2015, European Citizen Science Association: London.
25. Kobori, H., et al., *Citizen Science: a new approach to advance ecology, education, and conservation*. Ecological Research, 2016. **31**(1): 1-19.
26. Gadermaier, G., et al., *Peer-reviewed publishing of results from Citizen Science projects*. Journal of Science

- Communication*, 2018. **17**(3): L01.
27. Haywood, B.K., *Beyond data points and research contributions: the personal meaning and value associated with public participation in scientific research*. International Journal of Science Education, Part B, 2016. **6**(3): 239-262.
 28. Bryman, A., *Social research methods*. 3rd ed. 2008. Oxford; New York: Oxford University Press.
 29. Schröter, M., et al., *Citizen Science for assessing ecosystem services: Status, challenges and opportunities*. Ecosystem Services, 2017. **28**: 80-94.
 30. Bonney, R., et al., *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education*. A CAISE Inquiry Group Report. Online Submission, 2009.
 31. Cornwall, A., *Unpacking 'Participation': models, meanings and practices*. Community development journal, 2008. **43**(3): 269-283.
 32. Tomasek, T.M., *Student cognition and motivation during the Classroom BirdWatch Citizen Science project*. 2006. Citeseer.
 33. Conrad, C.C. and K.G. Hilchey, *A review of Citizen Science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities*. Environmental monitoring and assessment, 2011. **176**(1-4): 273-291.
 34. Lawrence, A., *'No personal motive? 'Volunteers, biodiversity, and the false dichotomies of participation*. Ethics Place and Environment, 2006. **9**(3): 279-298.
 35. Hecker, S., et al., *Innovation in open science, society and policy – setting the agenda for Citizen Science*, in *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy*, S. Hecker, et al., Editors. 2018, UCL Press: London.
 36. Jennett, C. and A.L. Cox. *Eight guidelines for designing virtual Citizen Science projects*, in *Second AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing*. 2014.
 37. West, S.E. and R.M. Pateman, *Recruiting and Retaining Participants in Citizen Science: What Can Be Learned from the Volunteering Literature?* Citizen Science: Theory and Practice, 2016. **1**(2).
 38. Freitag, A., R. Meyer, and L. Whiteman, *Strategies employed by Citizen Science programs to increase the credibility of their data*. Citizen Science: Theory and Practice, 2016. **1**(1).
 39. Ballard, H., T. Phillips, and L. Robinson, *Conservation outcomes of Citizen Science*. Citizen science: innovation in open science, society and policy. UCL Press, London, UK, 2018. 254-268.
 40. Pocock, M.J., et al., *A vision for global biodiversity monitoring with Citizen Science*. Advances in Ecological Research, 2018. **59**: 169-223.

