

Water in de Circulaire Economie (WiCE)

BTO 2024.202(s) | Februari 2024

Synthese WiCE

2018 - 2022



Colofon

Synthese WiCE 2018 - 2022

BTO 2024.202(s) | Februari 2024

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

Opdrachtnummer

404448/001/008

Projectmanager

Joep van den Broeke

Opdrachtgever

WiCE Kerngroep

Auteur

Andrew Segrave

Kwaliteitsborger

Henk-Jan van Alphen

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Keywords

WiCE, synthese, overzicht, terugblik, evaluatie,

Jaar van publicatie
2024

Meer informatie
Andrew Segrave, PhD

T +31 30 606 9546
E andrew.segrave@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

Februari 2024 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - 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.

Inhoud

Colofon	1
Inhoud	2
1 Doelen	3
1.1 Programma doelen	3
1.2 Project doelen	3
2 Samenvatting en conclusies	4
2.1 Projecten en producten	4
2.2 Inhoudelijke synthese	4
3 Methode	6
3.1 Voorbereiding	6
3.2 Projecten en producten	6
3.3 Inhoudelijke synthese	6
4 Resultaten	8
4.1 Projecten en producten	8
4.2 Inhoudelijke synthese	11
4.2.1 Tools, denkkaders, procesbeschrijvingen	11
4.2.2 Problemen/ risico's/ belangen identificeren, agenderen	12
4.2.3 Oplossingen en maatregelen ontwikkelen	14

1 Doelen

1.1 Programmadoelen

Het collectieve onderzoeksprogramma Water in de Circulaire Economie (WiCE) bestaat uit gezamenlijk onderzoek van de waterbedrijven en partners in en om de waterketen, met als doel een bijdrage te leveren aan de maatschappelijke opgaven in het kader van de circulaire economie, klimaatadaptatie en transitie naar een duurzame energievoorziening.

Het onderzoek binnen WiCE richt zich op het sluiten van waterkringlopen en het terugwinnen van grondstoffen en energie uit water. Waterbedrijven en partijen in en om de waterketen voeren gezamenlijk onderzoek uit om een bijdrage te leveren aan de klimaatdoelen 2020, Nederland Circulair in 2050 en de energietransitie. Hiertoe zijn afgelopen zes jaar verschillende onderzoeksthema's gedefinieerd en projecten uitgevoerd.

1.2 Projectdoelen

Het doel van dit project is om alle opbrengsten van WiCE in de periode 2018 t/m 2022 te analyseren en een synthese te maken:

1. als communicatiemiddel om de opbrengsten breder te delen, en
2. om inhoudelijk bij te kunnen sturen aan het begin van de volgende programmaperiode.

De resultaten van de synthese zijn vastgelegd in dit rapport.

2 Samenvatting en conclusies

De analyse van alle opbrengsten van WiCE in de periode 2018 t/m 2022 is uitgevoerd met aandacht voor (i) het aantal projecten en producten van verschillende types, en (ii) de inhoudelijke focus van deze opbrengsten. De conclusies zijn daarom ook op deze manier gestructureerd. Bij deze conclusies is het belangrijk te benadrukken dat de opbrengsten van het WiCE-programma in termen van kennisontwikkeling, kennisdeling, en samenwerking meer waarde hebben dan enkel de informatie die onderzoekers in rapporten en artikelen hebben vastgelegd.

2.1 Projecten en producten

Het aantal projecten in de periode 2018-2022 is evenwichtig verdeeld over de vijf WiCE thema's. We zien een aanlooptijd van een paar jaar, met de meeste producten in 2021 opgeleverd. Relatief veel rapporten zijn opgeleverd in de thema's 'Zuinig met Zoet' en 'Waarde in de Keten'. Het Verkennend Onderzoek ook, maar deze projecten hebben een andere, verkennende aard en een kleinere omvang.

Voor het maken van dit synthesrapport zijn alle rapporten verzameld en geordend. Dit biedt een goede basis om een online WiCE etalage/archief te maken met de belangrijkste producten van 2018-2022. Doordat een categorisering al is uitgevoerd als onderdeel van de analyse in dit project is het nu relatief eenvoudig om deze rapporten te filteren op WiCE-thema, kennistype, enzovoort.

Voor de periode 2024-2029 wordt aangeraden sjablonen te maken voor WiCE producten, inclusief gestandaardiseerde rapporteringsprocedures, formats, inhoudsopgaves en afspraken over wie producten bijhoudt en waar. Om de samenhang tussen WiCE-producten te benadrukken en het onderzoeksprogramma als geheel te profileren zou een gestandaardiseerde huisstijl ook bevorderlijk zijn.

2.2 Inhoudelijke synthese

In de opbrengsten van WiCE in de periode 2018 t/m 2022 is er een vrij evenwichtige verdeling over drie soorten inhoud: (i) tools, denkkaders, procesbeschrijvingen; (ii) problemen/ risico's/ belangen; (iii) oplossingen en maatregelen. Wat betreft de thematische focus hebben WiCE-onderzoekers kennis ontwikkeld over:

- Maatregelen op het gebied van governance, bodem, ondergrond en water voor (her)gebruik van zoetwater.
- Subirrigatie als maatregel die waterbeschikbaarheid kan vergroten door het gebruik van zoetwater in de landbouw te verminderen en hergebruik van bijvoorbeeld RWZI-effluent mogelijk te maken.
- Managed aquifer recharge als maatregel om waterbeschikbaarheid te vergroten door RWZI-effluent of rivierwater te laten infiltreren en grondwater aan te vullen in tijden van wateroverschot.
- De potentie van warmte en koude uit water (aquathermie) en kennis over specifieke oplossingen, zoals thermische energie uit oppervlaktewater, en deelproblemen, zoals vervuiling.
- Risico's bij de toepassing van bodemenergie, zoals opwarming van de bodem (bij conventionele bodemenergiesystemen in woongebieden), menging van water uit verschillende watervoerende pakketten, en verspreiding van verontreinigingen in de bodem. En ook kennis over oplossingen voor deze problemen, zoals koppelingen maken met aquathermie om opwarming van de bodem te voorkomen.
- Verschillende biologische behandelingstechnieken voor de verwijdering van kritische parameters uit concentraatstromen van omgekeerde osmose zuiveringsstappen voor verschillende watertypen.
- Prioritering van maatregelen voor het realiseren van een circulaire waterketen, waarbij bronbescherming het belangrijkste aandachtsgebied is voor de lange termijn. Dit onderzoek zet ook vraagtekens bij bepaalde maatregelen, zoals uitbreiding van zuiveringen, vanuit oogpunt van een circulaire economie.
- Hoe het EU-milieubeginsel 'de vervuiler betaalt' en de verantwoordelijkheid van producenten wordt vertaald naar Nederland en de watersector specifiek.

In meerdere WiCE-projecten zijn toekomstbeelden geschetst voor een circulaire inrichting van een waterketen op wijkniveau of geïntegreerde maatregelen voor een circulair bodem- en watersysteem op stroomgebiedsniveau. Voor de transitie naar een circulaire economie is het nodig om over de sectorgrenzen heen te kijken en integrale oplossingen te ontwerpen voor de Water-Energie-Voedsel-Ecosysteem nexus. Bij dit soort integrale projecten is het belangrijk om vroegtijdig een eerste dimensionering te maken van de verschillende componenten. Maak het snel concreet. Daarbij gaat het zowel om de verschillende systeemonderdelen als de grootheden, zodat het totaalconcept overzien wordt door alle betrokkenen. In verschillende WiCE-projecten werden Sankey diagrammen gebruikt om deze informatie inzichtelijk te maken. Als regelmatig wordt afgestemd over het grote plaatje, dan kan er ook parallelle engineering plaatsvinden voor de verschillende systeemonderdelen. Integrale problemen sectoraal aanpakken binnen de eigen controlesfeer is over het algemeen minder effectief. Een WiCE-verkenning laat bijvoorbeeld zien dat een 'energieonafhankelijke' drinkwatersector geen wenselijk toekomstbeeld is. Samenwerking wordt interessanter wanneer meerdere doelen kunnen worden behaald met één maatregel.

In vergelijking met andere duurzaamheidsprincipes ligt de nadruk bij "circulariteit" op waardebehoud. WiCE heeft daarom inzicht in modellen en methoden opgeleverd die het realiseren van meervoudige waarden kunnen ondersteunen. Voor het realiseren van een circulaire waterketen zijn er eerst spanningsvelden op te lossen tussen enerzijds het verlagen van de druk op het ecologisch plafond (bijv. grondstoffen terugwinning) en anderzijds het ondersteunen van het sociaal fundament (bijv. volksgezondheid waarborgen). De meeste WiCE-onderzoeken richten zich op een kant van deze spanningsvelden terwijl voor toepassing in de praktijk beide nodig zijn. Anders gezegd, oplossingen voor grondstoffenterugwinning worden waarschijnlijk niet geïmplementeerd als ze risico's vormen voor de volksgezondheid. Ook andere circulaire maatregelen die nieuwe risico's met zich meebrengen zijn gedoemd te falen zonder gesprekken met belanghebbenden over de voor- en nadelen. Om de transitie naar een circulaire waterketen op gang te brengen zijn de eerste drie stappen: (1) maak de kosten van extra zuiveringsinspanningen inzichtelijk, (2) herzie de lozingsvergunningen, en (3) organiseer maatschappelijk debat.

Er is in het WiCE-programma als geheel relatief veel aandacht voor terugwinning van energie en grondstoffen en minder focus op de kwaliteit van het ecosysteem en biodiversiteit. Het uiteindelijke doel van de beoogde transitie naar een circulaire economie is om de uitputting van schaarse natuurlijke hulpbronnen te vertragen en om milieuschade, als gevolg van de winning en verwerking grondstoffen en door afval, vervuiling en uitstoot, terug te dringen. Het is belangrijk om deze achterliggende doelen voor ogen te houden in het verkennen van oplossingen.

3 Methode

3.1 Voorbereiding

Een onderzoeker heeft de digitale versies van alle producten (artikelen, rapporten, presentaties) die opgeslagen waren in de KWR-extranet (BTONet) en/of de KWR-bibliotheek met een 'WiCE' tag, of op een deel van de extranet dat ingericht is voor het WiCE programma, in één map verzameld. De titel van elk product is gekopieerd uit het document en geplakt in een spreadsheet, waar mogelijk samen met een uniek productnummer. Aan de WiCE-programmamanagers is via e-mail een lijst opgevraagd van alle projecten die in de periode 2018 t/m 2022 van start gingen. De onderzoeker heeft de titels van de producten geclusterd onder de titels van de herkomstige projecten en deze lijst is via een e-mailronde met de verantwoordelijke onderzoekers en programmamanagers gedeeld ter controle. WiCE-producten bleken sporadisch opgenomen te zijn in de KWR bibliotheek en extranet. Alle aanvullende producten zijn via e-mail verzameld, toegevoegd aan de map, en de titels en nummers zijn toegevoegd aan het overzicht in de spreadsheet. Het nieuwe overzicht van projecten en producten is nogmaals met onderzoekers en programmamanagers gedeeld en definitief vastgesteld als basis voor de analyse.

3.2 Projecten en producten

Om een eerste, hoog-over analyse te maken van alle projecten en producten van WiCE heeft de onderzoeker in de spreadsheet die in de voorbereiding is gemaakt (hoofdstuk 3.1) vier kolommen toegevoegd naast de titelkolom en met deze informatie gevuld:

1. WiCE-thema
2. Startjaar project
3. Publicatiejaar product
4. Type product (rapport/artikel/presentatie)

Op basis van deze vier categorieën informatie zijn analyses gemaakt van de verdeling: (i) van projecten en producten over WiCE thema's; (ii) van projecten en producten in de tijd; (iii) van producten per project, en (iv) van producten van verschillende types. De resultaten van deze analyse staan beschreven onder hoofdstuk 4.1. Als laatste stap zijn de producten verdeeld over de drie kennistypes die de WiCE-programmamanagers gaan gebruiken om WiCE te structureren in de volgende onderzoeksperiode (2024-2029). Deze analyse vormde een overgang naar inhoudelijke documentenanalyse.

3.3 Inhoudelijke synthese

De inhoudelijke synthese is gebaseerd op een documentenanalyse van de 45 rapporten die tijdens de voorbereiding (hoofdstuk 3.1) zijn verzameld. Andere producten, waaronder artikelen en presentaties, werden gedurende de onderzoeksperiode op verschillende manieren bijgehouden voor de verschillende WiCE-projecten, waardoor de rapporten een meer evenwichtige informatiebasis vormde. Gezien de grote hoeveelheid producten, leende de relatief gestandaardiseerde structuur van de rapporten zich ook beter voor een systematische en daardoor efficiëntere verwerking. Een documentenanalyse is een kwalitatieve onderzoeksmethode die tijdrovend is. Het is aan de onderzoeker om via interpretatie van de teksten, zoals uitgedrukt door de schrijvers, de essentie van de boodschappen te begrijpen. De moeilijkheid zit in het samenvoegen van betekenissen uit verschillende teksten om een synthese te maken.

De eerste stap in de documentenanalyse was om de samenvatting en de conclusies van alle 45 rapporten uit de documenten te kopiëren en te plakken in de spreadsheet die in de voorbereiding is gemaakt (hoofdstuk 3.1). Vervolgens is een codering toegekend aan deze teksten. Codering wordt uitgevoerd volgens drie stappen:

1. *Open coderen*: de onderzoeker las alle 45 samenvattingen en conclusies in de spreadsheet en schreef labels (codes) in de aangrenzende kolommen. Codes zijn termen die aangeven wat het hoofdthema is in de tekst. Om tot codes te komen zijn de essentieel zinsneden in de tekst van de samenvattingen en de conclusies eerst vetgedrukt, en de codes zijn daaruit ontleden.
2. *Axiaal coderen*: nadat de tekstfragmenten in codes waren samengevat per rapport heeft de onderzoeker de toegekende codes vergeleken over alle rapporten heen om een beperkt aantal overkoepelende codes te definiëren. Soms is het duidelijk wanneer twee codes kunnen worden samengevoegd, maar niet alle codes uit het open coderen kunnen geïntegreerd worden. Dit is een kwestie van begrijpend lezen en alle codes filteren en reduceren tot een gelijksoortige abstractieniveau.
3. *Selectief coderen*: de samengevoegde codes vormde hoofdcategorieën waaronder de onderzoeker de oorspronkelijke samenvattingen en conclusies uit alle rapporten heeft ondergebracht. Deze teksten zijn vervolgens per hoofdcode ingekort tot de essentie om de synthese te schrijven. De resultaten van deze stap staan beschreven in hoofdstuk 4.2.

Er is software beschikbaar voor het coderen op deze manier, bijvoorbeeld voor interviewanalyse, maar in dit geval voldeed een spreadsheet. In het begin werkten drie onderzoekers aan het coderen volgens bovenstaande stappen. De reden hiervoor was om het leeswerk te verdelen om daardoor sneller voortgang te boeken. Tijdens het proces bleek het echter inefficiënt om op deze manier te werken, mede omdat de afstemming tussen onderzoekers over de interpretatie en de betekenissen van codes koste ook veel tijd. Daarom heeft uiteindelijk één onderzoeker alle 45 teksten gelezen en de synthese gemaakt.

Deze resulterende synthese is in een PowerPointpresentatie met de programmamanagers en de kerngroep van WiCE gedeeld en aanvullingen en aanpassingen zijn gemaakt op basis van de feedback. Voor de lezer is het van belang dat deze methode inherent tot informatieverlies leidt: het is onmogelijk om een samenvatting te schrijven van 45 rapporten van zes jaar onderzoek en alle informatie te behouden. Het resultaat van deze methode is een synthese van de essentie, en voor wie meer wil weten over één onderwerp: de achterliggende rapporten, artikelen, presentaties en mensennetwerk van WiCE vormen een rijke kennisbasis voor de toekomst.

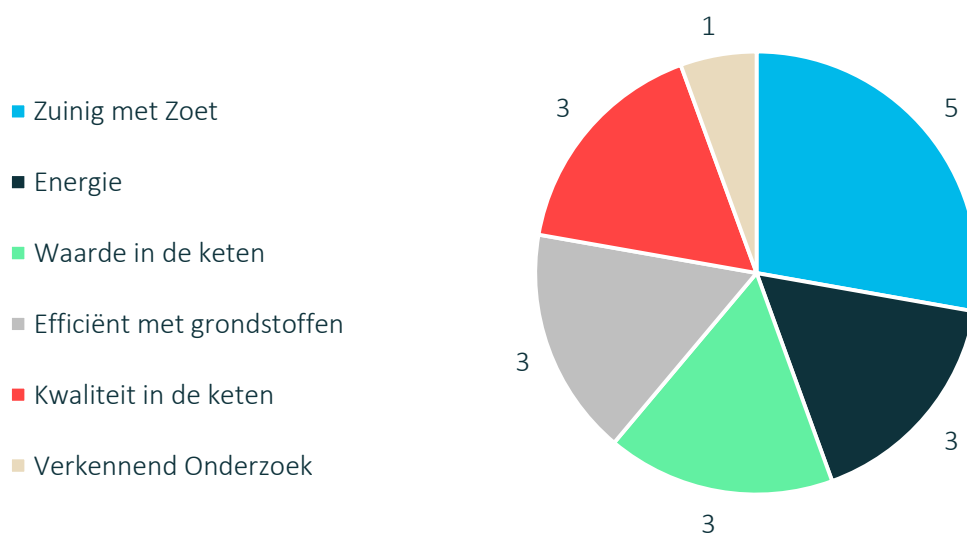
4 Resultaten

4.1 Projecten en producten

WiCE richtte zich in de onderzoeksperiode 2018-2022 op vijf thema's, aangevuld met boven-thematisch verkennend onderzoek:

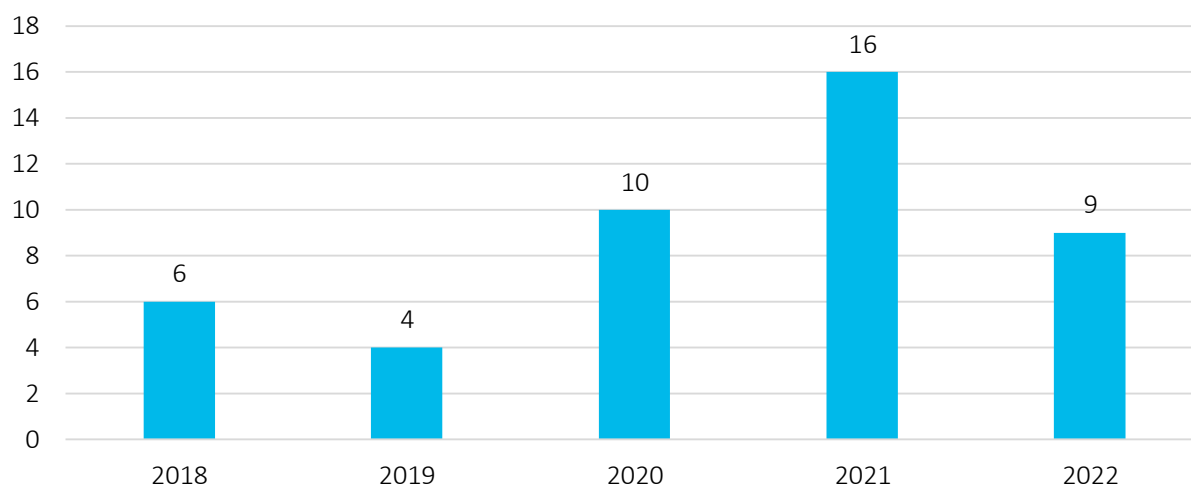
1. *Zuinig met zoet*: het (her)gebruik van water voor een robuuste zoetwatervoorziening
2. *Energie*: water-gerelateerde technologieën die bijdragen aan de energietransitie
3. *Waarde in de keten*: de governance-aspecten van de circulaire economie
4. *Efficiënt met grondstoffen*: het terugwinnen van grondstoffen en energie uit waterstromen
5. *Kwaliteit in de keten*: kwesties van waterkwaliteit in de gehele watercyclus
6. *Verkennend Onderzoek*: nieuwe ontwikkelingen (kansen/bedreigingen) signaleren en experimenteren

Het aantal projecten in de periode 2018-2022 is evenwichtig verdeeld over deze WiCE thema's (figuur 1). De omvang van de projecten is niet meegenomen in deze analyse.



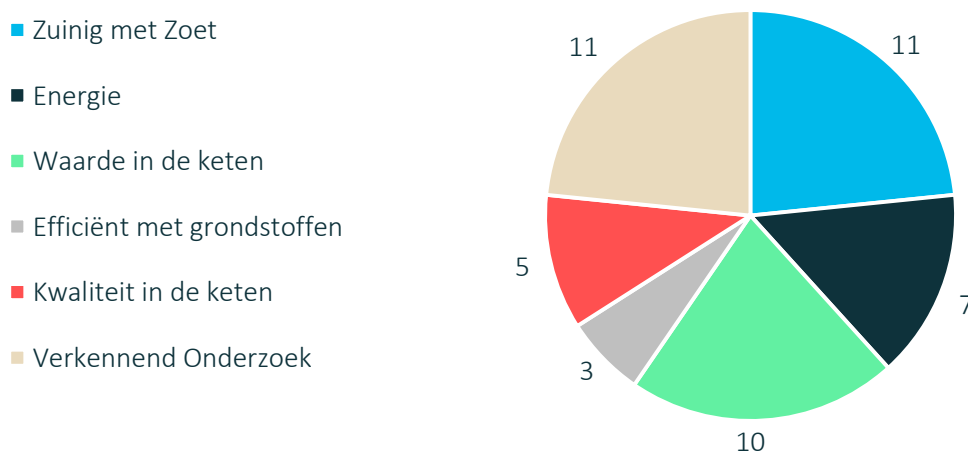
Figuur 1: Projecten per thema 2018 – 2022, 18 projecten in totaal

Deze 18 projecten hebben in totaal 45 rapporten opgeleverd. We zien een aanlooptijd van een paar jaar, met de meeste rapporten in 2021 opgeleverd (figuur 2).



Figuur 2: Aantal rapporten per jaar over alle WiCE thema's, 45 rapporten in totaal

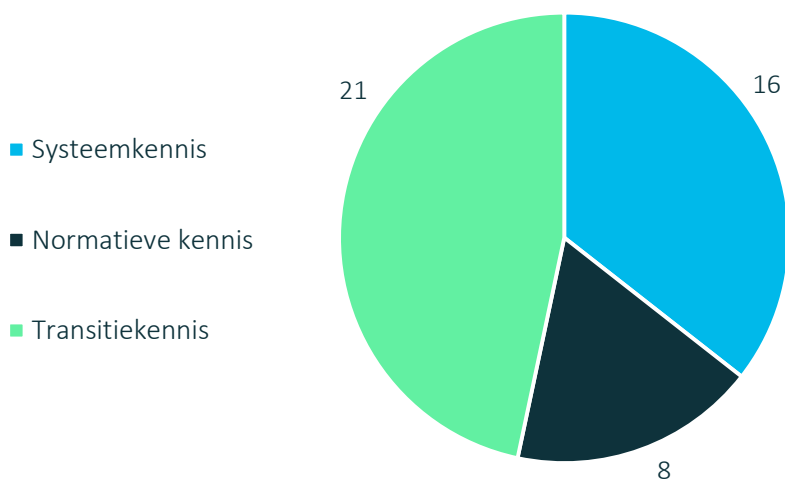
Relatief veel rapporten zijn opgeleverd over de thema's 'Zuinig met Zoet' en 'Waarde in de Keten' (figuur3). Het Verkennend Onderzoek heeft ook relatief veel rapporten opgeleverd, maar deze rapporten zijn relatief kort.



Figuur 3: Aantal rapporten per WiCE thema 2018 – 2022, 45 rapporten in totaal

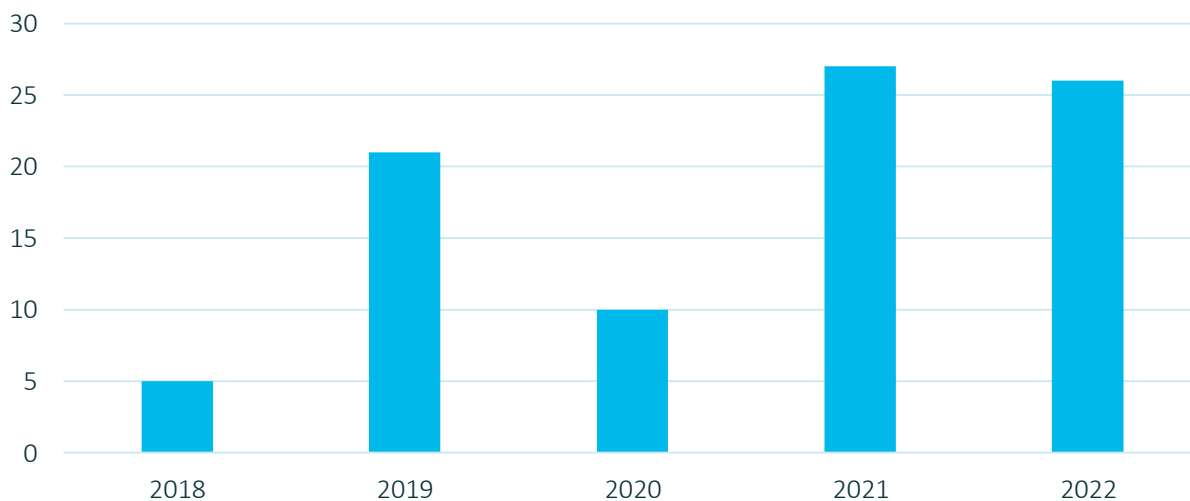
Voor de volgende onderzoeksperiode (2024-2029) wordt het WiCE programma ingericht voor de ontwikkeling van drie kennistypes: (i) *systeemkennis* (over veelal technische oplossingen op het raakvlak van water, klimaat, energie en grondstoffen en de impact daarvan op de grote maatschappelijke transitie op die gebieden), (ii) *normatieve kennis* (over behoeften van verschillende partijen en de weging van maatschappelijke waarden en de gewenste richting van verandering) en (iii) *transitiekennis* (over hoe veranderingen in de praktijk gerealiseerd worden).

Terugkijkend naar de onderzoeksperiode 2018-2022 zien we dat de meeste rapporten transitiekennis bevatten en er minder normatieve kennis is ontwikkeld (figuur 4). Er is relatief veel onderzoek gedaan over welke technieken, op welke schaal, onder welke omstandigheden en op welk moment nodig zijn voor het realiseren van een circulaire waterketen. De programmamanagers en stuurgroep van WiCE kunnen deze resultaten gebruiken om, waar wenselijk, nieuwe accenten te leggen aan het begin van de volgende programmaperiode.



Figuur 4: Aantal rapporten per kennistype 2018 – 2022, 45 rapporten in totaal

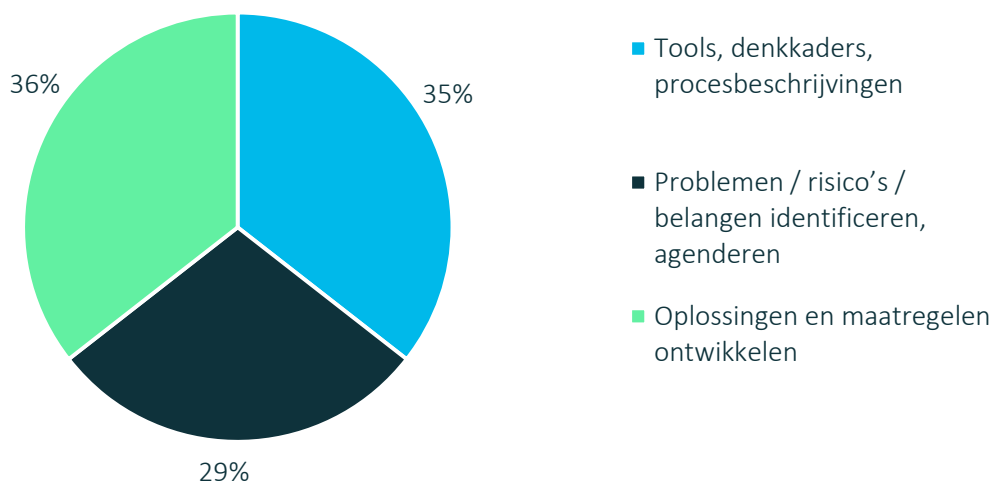
Aanvullend op de 45 rapporten hebben de WiCE projecten 89 artikelen en presentaties opgeleverd in de periode 2018 – 2022. De meeste artikelen en presentaties zijn opgeleverd aan het einde van de onderzoeksperiode (figuur 5). Gezien deze artikelen en presentaties op verschillende manieren zijn bijgehouden voor de verschillende WiCE thema’s is het niet zinvol om meer specifiek in te gaan op de aantallen.



Figuur 5: Aantal artikelen en presentaties per jaar 2018 – 2022

4.2 Inhoudelijke synthese

Door de documentenanalyse (zie uitleg methode in hoofdstuk 3.2) zijn drie soorten inhoud inductief ontdekt in de WiCE-rapporten: (i) tools, denkkaders, procesbeschrijvingen; (ii) problemen/ risico's/ belangen identificeren, agenderen; (iii) oplossingen en maatregelen ontwikkelen. Deze drie soorten inhoud worden toegelicht in de volgende paragrafen met een aantal voorbeelden en de belangrijkste conclusies. Opvallend is dat er in de opbrengsten van WiCE in de periode 2018 t/m 2022 een vrij evenwichtige verdeling was over deze drie soorten inhoud (figuur 6).



Figuur 6: Verdeling van de WiCE rapporten over drie soorten inhoud, inductief ontdekt tijdens de documentenanalyse

4.2.1 Tools, denkkaders, procesbeschrijvingen

In verschillende WiCE-projecten zijn manieren ontwikkeld om waterbedrijven en partijen in en om de waterketen te helpen om de eigen doelen helder te krijgen in het kader van de circulaire economie, klimaatadaptatie en/of de transitie naar een duurzame energievoorziening, en om de respons-strategieën concreter te maken. De behoefte waar deze kennis in voorziet betreft het 'hoe' van de watertransitie. Er is vraag naar manieren om van lange-termijn, abstracte beleid voor complexe opgaves te komen tot concrete keuzes en oplossingen. Voorbeelden van WiCE-tools, denkkaders en procesbeschrijvingen voor dit doeleinde zijn:

- Serious game: Aqua ludens: <https://www.kwrwater.nl/projecten/ontwikkeling-instrumentarium-watertransitie-case-groningen/>
- Meervoudige waarde creatie: <https://www.kwrwater.nl/projecten/meervoudige-waardecreatie/>
- Conceptueel watersysteemmodel: <https://www.kwrwater.nl/projecten/verbinden-van-waterketen-en-watersysteem-voor-een-betere-balans-in-watervraag-en-aanbod/>
- Cocreatie, public design: <https://www.kwrwater.nl/projecten/cocreatie-circulair-watersysteem-brainport-smart-district/>
- Donuteconomie: <https://www.kwrwater.nl/projecten/circulair-water-2050-gevolgen-en-kansen-van-volledig-circulair-in-2050-voor-de-waterketen/>
- Backcasting: <https://www.kwrwater.nl/actueel/agenda/wice-bijeenkomst-routes-naar-een-circulaire-economie-end-of-pipe-volstaat-niet/>
- Governance optiematrix: <https://www.kennisactiewater.nl/optiematrix/>
- Database van circulaire oplossingen: <https://www.kwrwater.nl/en/projecten/nextgen/>

Tools vergroten inzicht

Uit literatuuronderzoek in het WiCE-programma blijkt dat, in vergelijking met andere duurzaamheidsprincipes, de nadruk bij “circulariteit” ligt op waardebehoud. In WiCE is daarom onderzoek uitgevoerd om inzicht te geven in modellen en methoden die het realiseren van meervoudige waarden kunnen ondersteunen. Samenwerking wordt interessanter wanneer meerdere doelen worden behaald met één maatregel. De vraag naar verantwoording van maatregelen in termen van maatschappelijke impact is ook groeiende. Er is een WiCE-toolbox opgeleverd met modellen en methoden ter ondersteuning van meervoudige waardecreatie in verschillende projectfasen. Daarnaast zijn tools ontwikkeld, zoals de serious game ‘Aqua Ludens’, om gebiedsprocessen te faciliteren en met alle partijen gezamenlijk aan oplossingen te werken.

Leren van de praktijk

Naast toolontwikkeling en deskresearch is in WiCE-projecten praktijkkennis ontwikkeld door onderzoekers die nauw betrokken waren bij de ontwerpfase en/of de realisatiefase van integrale oplossingen in gebieden. Denk aan het Superlocal project in Kerkrade-Oost, Brainport Smart District in gemeente Helmond, en Power-to-X in Nieuwegein. In Nieuwegein is het Power-to-X concept verder onderzocht met een focus op realisatie. Het idee was om (overtollige) duurzame energie en regenwater op te slaan en/of om te zetten in waterstof, warmte, en demi-water. Uit WiCE onderzoek blijkt dat voor dit soort projecten, waarin verschillende sectoren bijeenkomen, het belangrijk is om al aan het begin een eerste dimensionering te maken van de verschillende componenten. Daarbij gaat het zowel om de verschillende systeemonderdelen als de grootheden. Dit maakt dat het totaalconcept overzien wordt door alle betrokkenen. Als regelmatig wordt afgestemd over het grote plaatje, dan kan er ook parallelle engineering plaatsvinden voor de verschillende systeemonderdelen zonder dat deze met elkaar uit de pas gaan lopen.

Watersysteendenken bevordert circulariteit

Een aantal onderzoeken onderstrepen het belang van watersysteendenken en –modelleren: een nieuwe aanpak om op watersysteemniveau inzicht te krijgen in de kansen en knelpunten van cross-sectorale maatregelen. Zoetwater is een vitale grondstof en waterbeschikbaarheid wordt steeds problematischer, onder meer door klimaatverandering. Het doel van een circulaire economie is om de waarde van grondstoffen zo lang mogelijk te behouden en afval te minimaliseren. Daarom hebben WiCE onderzoekers kennis ontwikkeld over (her)gebruik van zoetwater. Er is op stroomgebiedsniveau gekeken naar maatregelen op het gebied van governance, bodem, ondergrond en water. De resultaten geven aan welke (innovatieve) maatregelen op welke (geïntegreerd) wijze nodig zijn.

Subirrigatie is een maatregel die waterbeschikbaarheid kan vergroten door het gebruik van zoetwater in de landbouw te verminderen en hergebruik van bijvoorbeeld RWZI-water mogelijk te maken. Uit veldmetingen en modelsimulaties blijkt dat subirrigatie ook een betere vochtvoorziening voor het gewas kan leveren. Gedeeltelijke verstopping van drains kan een probleem zijn. De verspreiding van (mobiele) stoffen uit RWZI-effluent ook. Bij verspreiding naar de wortelzone kunnen sommige stoffen mogelijk ook opgenomen worden door het gewas. Immobiele, persistente stoffen zullen zich ook ophopen nabij de drains. MAR (managed aquifer recharge) is een maatregel die waterbeschikbaarheid kan vergroten door RWZI-effluent of rivierwater te laten infiltreren en grondwater aan te vullen in tijden van wateroverschot. Gezien de variabele beschikbaarheid van de beschikbare bronnen, wordt aanbevolen infiltratiegrachten droog te leggen in de zomer. Voorbehandeling van het infiltratiewater wordt ook sterk aanbevolen om verstopping te reduceren en de kwaliteit van het bodemslib te waarborgen.

4.2.2 Problemen/ risico's/ belangen identificeren, agenderen

De maatschappelijke opgaven in het kader van de circulaire economie, klimaatadaptatie en transitie naar een duurzame energievoorziening, en de antwoorden daarop van andere partijen, brengen verschillende

kansen en bedreigingen voor de waterbedrijven met zich mee. De waterbedrijven hebben belang bij bepaalde oplossingen. Denk bijvoorbeeld aan maatregelen voor de energietransitie, zoals bodemenergiesystemen, en de locaties daarvan ten opzichte van drinkwaterwinningen. Maar ook in het realiseren van (eigen) oplossingen voor een circulaire waterketen worden de waterbedrijven geconfronteerd met nieuwe problemen en risico's. In WiCE-projecten zijn dit soort kwesties aan de orde gesteld, bijvoorbeeld:

- Waterkwaliteit in de circulaire waterketen: <https://www.kwrwater.nl/projecten/kennisimpuls-waterkwaliteit/>
- Actiebereidheid, acceptatie burgers: <https://library.kwrwater.nl/publication/59770305/burgerperspectief-op-de-circulariteit-de-actiebereidheid-van-nederlanders/>
- Noodzaak van een bronaanpak
- Onduidelijkheden, lacunes in wetgeving: <https://www.kwrwater.nl/actueel/agenda/wice-workshop-watertransitie-watersysteem-en-waterketen-verbonden/>
- Risico's van bodemenergiesystemen: <https://www.kwrwater.nl/projecten/energietransitie-en-drinkwater-fase-2/>
- Participatie en de omgevingswet
- Eiwit-, landbouwtransitie: <https://library.kwrwater.nl/publication/70031530/trendalert-afvaleters-op-het-bord-meelwormen-als-circulaire-schakel/>
- Energieonafhankelijkheid, energietransitie: <https://library.kwrwater.nl/publication/69646169/trendalert-energieonafhankelijkheid-drinkwaterbedrijven/>

Verschillende probleemstellingen

In de bovenstaande WiCE-projecten is kennis ontwikkeld over oplossingen en maatregelen (hoofdstuk 4.2.3) waaronder innovatieve waterbehandelingstechnieken en technieken voor hergebruik van reststromen. Dit is een voorbeeld van een oplossing (omgekeerde osmose als oplossing voor opkomende stoffen) die nieuwe problemen en risico's met zich meebrengt (reststromen). Ook voor deze nieuwe problemen is in WiCE kennis ontwikkeld over mogelijke oplossingen. Dit soort problemen zijn concreet, maar de transitie naar een Circulaire Economie betreft ook systeeminnovatie, inclusief minder concrete problemen zoals belemmerende sociale structuren en governance-systemen.

Maatregelen van partijen in andere sectoren hebben gevolgen voor de watersector en andersom hebben maatregelen van waterbedrijven, zoals uitbreiding van zuiveringen, gevolgen voor andere sectoren: In het geval van innovatieve waterbehandelingstechnieken omdat ze doorgaans relatief veel energie vragen. Dit laat zien hoe de problemen en de oplossingen van verschillende sectoren samenhangen. Verschillende WiCE-projecten zijn tot deels tegenstrijdige conclusies gekomen wat betreft een aantal van dit soort samenhangende problemen en oplossingen, afhankelijk van de doelstellingen van het project en de disciplines van diegenen die betrokken waren. Bijvoorbeeld, innovatieve waterbehandelingstechnieken worden in sommige projecten beschouwd als oplossing terwijl ze in andere projecten als "lock-ins" worden beschouwd die de achterliggende problemen reproduceren in plaats van transformeren.

Aandacht voor transitievraagstukken

Meer transdisciplinaire kennisontwikkeling over verschillende transitiepaden, inclusief het in- en uitfaseren van extra zuiveringsstappen, vraagt aandacht in vervolgonderzoek binnen het WiCE-programma. De (financiële) governance is een belangrijk aspect hierin. Bijvoorbeeld, in een Circulaire Economie mogen de kosten voor extra zuiveringsstappen en bescherming van de waterkwaliteit niet bij de drinkwaterconsument en de belastingbetaler worden neergelegd. Dit rijmt namelijk niet met het EU-milieubeginsel 'de vervuiler betaalt' en de verantwoordelijkheid van producenten, zoals in de Europese Green Deal 2050 staat beschreven. Maar wie gaat dan wel betalen, en hoe moeten we dit organiseren?

4.2.3 Oplossingen en maatregelen ontwikkelen

WiCE-onderzoekers hebben samengewerkt met andere partijen om stappen te zetten richting een circulaire economie door verschillende maatregelen en oplossingen verder uit te werken. In meerdere WiCE-projecten zijn toekomstbeelden geschetst en concepten geoperationaliseerd voor een circulaire inrichting van een waterketen op wijkniveau. Deze circulaire inrichtingen zijn ontworpen inclusief nieuwe bronnen voor drinkwater en het watersysteem als geheel. Er zijn ook scenario's gemaakt met geïntegreerde maatregelen voor een bodem- en watersysteem op stroomgebiedsniveau. Voorbeelden van oplossingen en maatregelen zijn:

- Aquathermie (TEO, TEA, TED, warmtenetten): <https://www.kwrwater.nl/actueel/wice-roadshow-energie-aandacht-voor-warmtetransitie-en-aquathermie/>
- Sub-irrigatie: <https://www.kwrwater.nl/actueel/regelbare-drainage-met-subirrigatie-als-wateroplossing-voor-de-landbouw/>
- Infiltratie: <https://library.kwrwater.nl/publication/58974808/verstopingspotentie-van-een-infiltratiegracht-op-de-avekapellekreekrug/>
- Effluenthergebruik: <https://library.kwrwater.nl/publication/56467244/evaluation-of-the-proposed-eu-regulation-on-minimum-requirements-for-water-reuse-for-irrigation/>
- Power-to-X: <https://www.kwrwater.nl/en/actueel/power-to-x-in-nieuwegein-a-further-step-closer/>
- Behandeling RO-concentraat: <https://library.kwrwater.nl/publication/69138949/behandeling-van-ro-concentraat-een-verkenning-van-microbiologische-processen-t-o-v-fysischchemische-technieken/>

Behandeling concentraatstromen

Omgekeerde osmose (RO) is een waterzuiveringstechniek met halfdoorlatend membranen voor het verwijderen van ongewenste stoffen (zoals medicijnresten en meststoffen). Hierbij komt een stroom gereinigd water vrij, en een geconcentreerde stroom met verontreinigingen. Voor een circulaire waterketen is het nodig om de geconcentreerde verontreinigingen te verwerken voordat het geloosd wordt. Verschillende biologische behandelingstechnieken zijn mogelijk voor de verwijdering van kritische parameters uit RO-concentraatstromen van verschillende watertypen, namelijk brak grondwater, duinfiltraat, oeverfiltraat, oppervlaktewater en zoet grondwater. Een aantal fysisch/chemische processen zijn mogelijk ook interessant om te onderzoeken.

Voor de verwijdering van specifieke stoffen zoals ammonium kan biologische behandeling met anammox interessant zijn. Voor de verwijdering van fosfaat kunnen waterstof-oxiderende bacteriën en denitrificerende fosfaat-accumulerende organismen (D-PAOs) onderzocht worden. Algen en/of diatomeeën zijn mogelijk inzetbaar voor de verwijdering van meerdere stoffen, maar zonlicht, benodigd oppervlak en biomassa productie kunnen een uitdaging vormen. Voor ijzerverwijdering kan fysisch/chemische vivianiet ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$) productie een mogelijkheid bieden.

Meer onderzoek is nodig om de toepasbaarheid/geschiktheid van snelle zandfiltratie voor behandeling van RO concentraat reststromen in kaart te brengen, maar het zou inzetbaar kunnen zijn voor de verwijdering van meerdere stoffen uit RO concentraat, zoals fosfaat, ijzer, mangaan, methaan en ammonium.

Reproductie versus transformatie

Uit backcasting onderzoek in het WiCE-project 'Circulair Water 2050' blijkt dat om de transitie naar een circulaire waterketen op gang te brengen de eerste drie stappen zijn: (1) maak de kosten van extra zuiveringsinspanningen inzichtelijk, (2) herzie de lozingsvergunningen, en (3) organiseer maatschappelijk debat. Volgens dit WiCE-project is *bronbescherming* de belangrijkste maatregel voor het realiseren van een circulaire waterketen, aangezien de problemen het gevolg zijn van een lineaire economie (afval en lozingen uit andere sectoren) en de oplossingen in de hele keten doorwerken. Door problemen met waterkwaliteit is

er echter een periode van erfenis waarin (tijdelijke) uitbreiding van zuiveringen voor drinkwater en rioolwater onvermijdelijk is om de kerntaken te vervullen. Het is de vraag in hoeverre deze “end-of-pipe” maatregelen samengaan met de principes van het beleid. Bijvoorbeeld, de Kaderrichtlijn Water (KRW) schrijft voor dat de waterkwaliteit zodanig moet zijn dat een eenvoudige zuivering volstaat om er drinkwater van te maken. Extra zuiveringsstappen passen ook niet bij de klimaatdoelen, want de extra inspanningen leveren een grotere klimaatvoetafdruk op. Maar uit praktisch oogpunt is (tijdelijke) uitbreiding van zuiveringen voor drinkwater en rioolwater *onvermijdelijk* om de kerntaken te vervullen. Het WiCE-onderzoek gaf dus inzicht in zowel tijdelijke maatregelen als meer langetermijnoplossingen.

Kansen en risico's van aquathermie

Het benutten van warmte en koude uit water (aquathermie) is een van de oplossingen in de energietransitie. De energietransitie draagt bij aan een circulaire economie door de waarde van grondstoffen zo lang mogelijk te behouden en uitstoot te minimaliseren. Van alle aquathermie-technieken is TEO de meest breed toepasbaar. Voor Nederland is het berekende technisch potentieel om bij te dragen aan de warmtevraag voor TEO 43%, TEA 16%, en TED 1-5%. De belangrijkste uitdaging voor TEO-toepassingen is vervuiling van het systeem door gebruik van oppervlaktewater.

De bodem biedt mogelijkheden om energie op te slaan (bodemenergiesystemen) of te winnen (aardwarmte) en is daarmee ook een belangrijke drager voor de energietransitie. Voor de drinkwatersector potentiële negatieve effecten bij de toepassing van bodemenergie zijn opwarming van de bodem (bij conventionele bodemenergiesystemen in woongebieden), menging van water uit verschillende watervoerende pakketten, en verspreiding van verontreinigingen in de bodem. Door de koppeling met aquathermie is er een extra energiebron waarmee opwarming van de bodem wordt voorkomen. Bodemenergiesystemen kunnen wel zo worden ingericht en gecombineerd met aanvullende maatregelen dat deze bijdragen aan een verbetering van de grondwaterkwaliteit.

Inzichten rondom de energietransitie

Uit een WiCE-verkenning blijkt dat een energieonafhankelijke drinkwatersector geen realistisch toekomstbeeld is doordat zowel kosten als schaal van de faciliteiten voor elektriciteits-onafhankelijkheid bijzonder groot zijn. In andere WiCE-projecten is verder gekeken naar andere ontwikkelingen in de energietransitie die interessant zijn voor waterbedrijven. Bijvoorbeeld, het kabinet wil dat Nederland een energiehub wordt dat groene waterstof produceert, importeert, transporteert en opslaat. Mogelijke kansen en risico's voor de watersector zijn onderzocht. Het is goed mogelijk om waterstof, warmte, en demi-water te produceren uit duurzame energie en regenwater, maar het is (nog) nodig om ook stroom uit het net te importeren om een rendabele business case te krijgen. Als een project kan worden gerealiseerd op of bij een bedrijf met een hoog stroomverbruik, dan zijn de tarieven voor elektriciteit vaak lager, net als de tarieven voor transport en energiebelasting.