



Augustus 2022

**Routes naar een Circulaire
Economie voor de
waterketen**

Water in de Circulaire Economie
(WiCE) | Efficiënt met grondstoffen |
Circulair Water 2050

Routes naar een Circulaire Economie voor de waterketen | Water in de Circulaire Economie (WiCE) | Efficiënt met grondstoffen | Circulair Water 2050

Opdrachtnummer

402324-001 | BTO 2022.055 | Augustus 2022

Opdrachtgevers

BTO Water in de Circulaire Economie (WiCE), STOWA, AquaMinerals, Unie van Waterschappen (UvW), Energie en Grondstoffen Fabriek (EFGF)

Begeleidingscommissie

André Struiker (Waternet/WiCE, waterketen), Cora Uijterlinde (STOWA, afvalwaterketen), Aalke Lida de Jong (AquaMinerals, reststoffen), Ruud van Esch (Unie van Waterschappen, beleid), Ruud Peeters (Energie- en Grondstoffenfabriek)

Projectmanager

Kees Roest

Auteurs

Andrew Segrave (KWR), Henk-Jan van Alphen (KWR, WiCE Waarde in de Keten) en Kees Roest (KWR, WiCE Efficiënt met Grondstoffen)

Kwaliteitsborger

Frank Oesterholt

Meer informatie

Dr. Andrew Segrave

T +31 6 15946475

E Andrew.Segrave@kwrwater.nl

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

The Netherlands

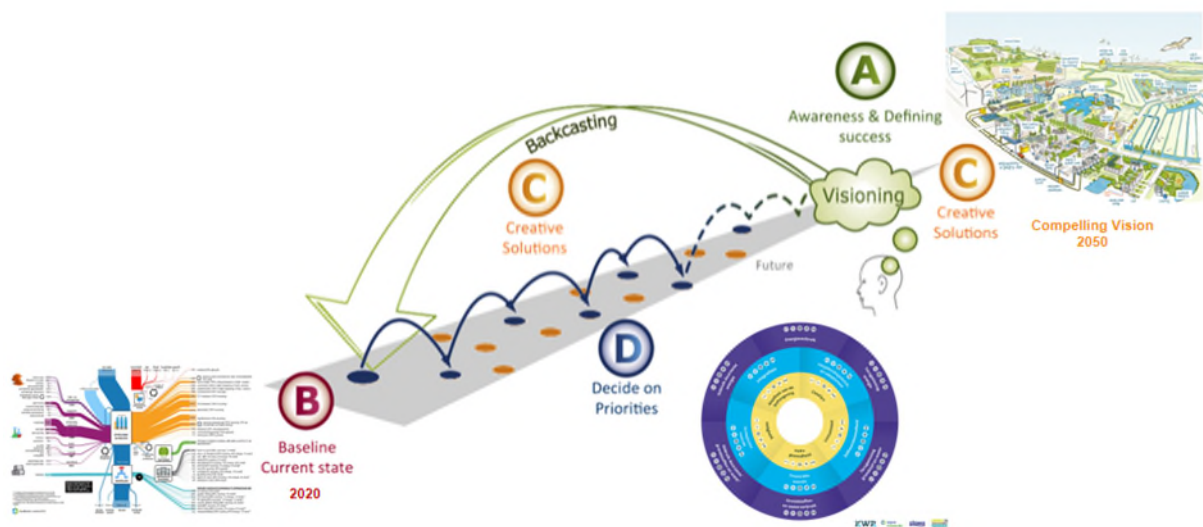
Augustus 2022 ©

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevens bestand, 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.

Routes naar een circulaire economie voor de waterketen

Auteur(s) Andrew Segrave, Henk-Jan van Alphen, Kees Roest.

Het Rijk heeft zich als doel gesteld om in 2050 een volledig circulaire economie te hebben gerealiseerd. In navolging daarop is in het WiCE-project Circulair Water 2050 invulling gegeven aan de circulaire waterketen van 2050, vastgelegd in een stip op de horizon. Deze stip op de horizon dient niet als toekomstvoorspelling, maar vooral als richtpunt voor strategische keuzes die nu gemaakt worden. Om het strategische proces te ondersteunen, is een methode toegepast waarmee adaptieve paden vanaf het heden naar de toekomst kunnen worden ontwikkeld, backcasting. Deze paden laten de keuzes zien die gemaakt moeten worden, evenals de timing van die keuzes. De ontwikkelde paden dienen niet als strategische blauwdruk, maar als instrument voor een strategische discussie. De beschreven methode kan door waterorganisaties worden gebruikt om hun eigen, meer specifieke paden, te ontwikkelen.



Overzicht van backcasting en gebruikte tools

Belang: strategische keuzes voor een volledig circulaire economie in 2050

Het Rijk heeft zich als doel gesteld om in 2050 een volledig circulaire economie te hebben gerealiseerd. Daarom bestaat binnen de watersector behoefte aan een stip op de horizon, niet als toekomstvoorspelling, maar vooral als richtpunt voor strategische keuzes die nu worden gemaakt, en aan een methode om paden te ontwikkelen die naar de stip op de horizon kunnen leiden.

Aanpak: Ontwikkelen van adaptieve paden

Op basis van werkateliers is een methode ontwikkeld om tot een stip op de horizon te komen. Deze stip op de horizon is concreet gemaakt en vastgelegd in een tekening. De vastgestelde doelen zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd. Daarna zijn door middel van de backcastingmethode adaptieve paden ontwikkeld die in stappen van vijf jaar laten zien hoe de onderdelen van de stip op de horizon gerealiseerd kunnen worden.

Resultaten: Backcastingmethode en toepassing – een manier van denken

Het resultaat van dit deel van het project Circulair 2050 is een toepassing van de backcastingmethode voor de watersector. Er is een stip op de horizon concreet gemaakt voor een referentiegemeente van 150.000 inwoners en vastgelegd in een tekening. Ook is een reeks adaptieve paden naar een circulaire economie voor de waterketen van 2050 ontwikkeld. Daarnaast zijn op basis van deze paden een aantal kennisvragen, innovatiebehoeften en keuzemomenten beschreven.

De backcastingmethode is een waardevol instrument voor strategievorming dat goed kan worden gebruikt in combinatie met

forecastingmethodes zoals horizon scanning en scenario planning.

Toepassing van de backcastingmethode en de manier van denken die daarbij hoort zijn belangrijke resultaten van dit project. Backcasting dwingt om een toekomstbeeld concreet te maken en de realisatie ervan in realistische stappen op te breken. De resultaten van een backcasting met bijbehorende routekaarten bieden ten eerste een keuzeruimte waarbinnen adaptieve paden kunnen worden gekozen richting een circulaire economie voor de waterketen in 2050. Dit zijn geen voorschriften, maar het startpunt voor een strategische discussie. Ten tweede wordt uit het onderzoek naar de adaptieve paden ook duidelijk welke kennis en welke innovaties nog ontbreken op weg naar een circulaire economie.

Toepassing: Gebruik methode en paden voor eigen strategieontwikkeling

De resultaten van dit onderzoek kunnen door waterorganisaties worden gebruikt in hun eigen strategieontwikkeling. De ontwikkelde adaptieve paden kunnen als vertrekpunt dienen van de meer specifieke paden voor een waterorganisatie. Ook kunnen waterorganisaties de backcastingmethode toepassen op andere onderwerpen waarvoor een duidelijke toekomstvisie is ontwikkeld. De kennisvragen en innovatiebehoeften richten zich zowel op normatieve vraagstukken als specifieke technische kennis en kunnen als basis dienen voor vervolgonderzoek.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Routes naar een Circulaire Economie voor de Waterketen* (BTO 2022.055)

Inleiding en doelstelling	6
Water in de Circulaire Economie.....	6
Efficiënt met grondstoffen.....	6
Projectteam.....	7
Aanpak	9
Stappen samengevat	9
Nulmeting en stip op de horizon	13
Hypothetische referentiewijk/stad	13
Nulmeting 2020.....	14
Bestaande bouw / Historische binnenstad 2020	15
Nieuwbouwgebied 2020.....	17
Platteland / Landbouw 2020.....	17
Stip op de horizon.....	19
Bestaande bouw / Historische binnenstad	19
Nieuwbouw.....	21
Platteland / Landbouw.....	23
Evaluatie stip op de horizon volgens “De 16 kenmerken van een circulaire waterketen” Scorecard	24
Resultaten backcasting	29
Adaptieve paden	29
Zuivering communaal afvalwater.....	29
Productie drinkwater	34
In de omgeving/wijk.....	37
Conclusies en aanbevelingen.....	42
Bijlages	46
Samenvatting Resultaten	46
Discussie: visuele weergave adaptatiepaden.....	52
Geraadpleegde experts	54

INLEIDING



Inleiding en doelstelling

Water in de Circulaire Economie

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.

WiCE onderzoek is gericht 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, Nederland Circulair in 2050 en de energietransitie. Hiertoe zijn verschillende onderzoeksthema's gedefinieerd:

- Waarde in de keten: richt zich op de governance-aspecten van de circulaire economie, zoals de waarde van water, het schaalniveau en de transitie in tijd.
- Kwaliteit in de keten: richt zich op de waterkwaliteit in de gehele waterketen.
- Energie: richt zich op ontwikkeling en inzetten van watergerelateerde technologieën die bruikbaar zijn in de energietransitie, zoals winnen van thermische energie uit drinkwater of rioolwater en/of opslag en terugwinnen van warmte in en uit de ondergrond.
- Klimaatadaptatie: richt zich vooral op de klimaatadaptatie in de stedelijke omgeving en het ommeland.
- Zuinig met zoet: richt zich op (her)gebruik van water voor een robuuste zoetwatervoorziening.
- Efficiënt met grondstoffen: richt zich op terugwinnen van grondstoffen en energie uit (afval)waterstromen.

Efficiënt met grondstoffen

Dit rapport betreft onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van het project 'Circulair Water 2050', dat onder het onderzoeksthema 'Efficiënt met grondstoffen' valt. Dit onderzoeksthema is gericht op grondstoffenefficiëntie, inclusief grondstoffenwinning en -hergebruik die van belang zijn voor de gehele watersector. Het project 'Circulair Water 2050' beoogt inzicht te geven in de implicaties van het beleid van de Rijksoverheid om in 2050 volledig circulair te willen zijn. Gaat het dan vooral om een hogere grondstoffenefficiëntie, of spelen andere zaken een belangrijkere rol? Het project heeft drie doelen:

- Inzichtelijk maken van alle in- en uitgaande stofstromen in de waterketen (drinkwaterbedrijven, waterschappen en mogelijk ook gemeenten) in de huidige situatie.¹
- Onderzoeken, omschrijven, bespreken, afbakenen en vastleggen wat in de waterketen wordt verstaan onder volledig circulair in 2050 (stip op de horizon).²
- Routes naar een Circulaire Economie voor de waterketen: Bepalen welke mogelijke maatregelen en acties nodig zijn (vormgegeven als routekaart) om de huidige waterketen om te vormen tot een volledig circulaire waterketen in 2050.

Routes naar een Circulaire Economie voor de waterketen

Dit rapport is het resultaat van een verkenning van routes naar een circulaire economie voor de waterketen in 2050. Deze routes zijn tot stand gekomen door middel van backcasting. Een techniek die het eindpunt als vertrekpunt neemt en zo terugvoert naar het beginpunt.

¹ Roest, K. et al. 2020. Stofstromen in de Nederlandse Waterketen. KWR

² Segrave, A. et al. 2020. Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen. BTO WiCE

Het eindpunt dat vertrekpunt is, wordt gevormd door de stip op de horizon uit de eerste fase van het project Circulair 2050. Deze stip is tot stand gekomen in een aantal werkateliers met diverse experts uit de watersector en aanpalende sectoren. Deze stip is vastgelegd in een overzichtstekening en een serie toepassingen voor de diverse onderdelen van het watersysteem. Hoe de backcasting is aangepakt staat beschreven in hoofdstuk 2.

In de eerste fase van dit project is al een analyse gemaakt van alle in- en uitgaande stofstromen in de waterketen (drinkwaterbedrijven, waterschappen en mogelijk ook gemeenten) in de huidige situatie (in 2019).³ Met behulp van Sankey diagrammen zijn deze stromen inzichtelijk gemaakt. Deze Sankey's vormen de kern van een nulmeting voor 2020, waarbij de relevante gegevens in dit deel van het project gerelateerd zijn aan de 16 kenmerken van een circulaire waterketen⁴.

Een belangrijke nevenopbrengst van dit project is toepassing van de backcasting methode en de manier van denken die daarbij hoort. Dit heeft toegevoegde waarde voor de sector als strategisch instrument. Backcasting dwingt om een toekomstbeeld concreet te maken en de realisatie ervan in realistische stappen op te breken. De resultaten van een backcasting met bijbehorende routekaarten dienen meerdere doelen. Ten eerste bieden ze een keuzeruimte waarbinnen adaptieve paden kunnen worden gekozen richting een circulaire economie voor de waterketen in 2050. In een backcasting worden een aantal paden voorgesteld. Dit zijn geen voorschriften, maar ze vormen het startpunt voor een strategische discussie. Ten tweede wordt uit het onderzoek naar de adaptieve paden ook duidelijk welke kennis en welke innovaties nog ontbreken op weg naar een circulaire economie.

Aangezien het WiCE onderzoeksprogramma bedoeld is om via kennisontwikkeling en innovatie een bijdrage te leveren aan de transitie naar een Circulaire Economie, zijn de uitkomsten van dit project ook relevant voor alle andere WiCE onderzoeksthema's, en het programma als geheel.

Projectteam

Dit project is onderdeel van het collectieve onderzoeksprogramma Water in de Circulaire Economie (WiCE), gefinancierd door de Nederlandse drinkwaterbedrijven, De Watergroep uit Vlaanderen en Stowa, met inhoudelijke inbreng door o.a. AquaMinerals en de Energie- en Grondstoffenfabriek:

- Henk-Jan van Alphen, KWR Water Research Institute
- Ruud van Esch, Unie van Waterschappen
- Aalke Lida de Jong, AquaMinerals
- Ruud Peeters, Waterschap de Dommel, De Energie- en Grondstoffenfabriek
- Kees Roest, KWR Water Research Institute
- Andrew Segrave, KWR Water Research Institute
- André Struiker, Waternet
- Cora Uijterlinde, Stowa

³ Roest, K. et al. 2020. Stofstromen in de Nederlandse Waterketen. KWR

⁴ Andrew Segrave et al., Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen, BTO WiCE 2020

Aanpak



Aanpak

Stappen samengevat

De backcasting is in dit project door middel van de volgende stappen uitgevoerd:

Stap 1: Vertalen van resultaten werkateliers naar een referentiegemeente van 150.000 inwoners

De resultaten van de werkateliers zijn visueel vertaald naar een referentiegemeente van 150.000 inwoners. Deze visuele stip op de horizon dient als vertrekpunt voor de backcasting.

Stap 2: Specificatie en vereenvoudiging van opties

De stip op de horizon zoals die is ontwikkeld in de eerste fase bevat een lijst van ruim 70 niet-gekwantificeerde toepassingen in 7 categorieën:

1. productie drinkwater
2. zuivering communaal afvalwater
3. in de omgeving/wijk
4. in en om het huis
5. assets algemeen
6. data, sensoren en Artificial Intelligence (AI)
7. hergebruik hulp en grondstoffen uit afvalwater en watersysteem

De lange lijst maatregelen en technieken vormde een te weinig specifiek vertrekpunt voor de backcasting. Daarom is eerst de stip op de horizon specifiek gemaakt. Tabel 1 laat zien hoe dat is gedaan voor de paden van alternatieve bronnen voor de productie van drinkwater. In de stip op de horizon staat dat “de helft van het water uit nieuwe bronnen komt”, daarnaast zijn twee nieuwe bronnen genoemd: hergebruikt grijswater en zuiveringseffluent van de RWZI.

Dat geeft nog veel keuzeruimte. Wat wordt de verhouding tussen deze nieuwe bronnen? En hoe snel loopt de transitie? De bovenste rijen van Tabel 1 laten drie transitiesnelheden zien: (1) geleidelijk (een vast percentage per jaar); (2) abrupt (snelle start); en uitgesteld (snelle eindsprint).

Als we kiezen voor een geleidelijke transitie dan zijn er nog steeds verschillende opties mogelijk, zoals in de Tabel 1 te zien:

- Optie A: een geleidelijke transitie naar 50% drinkwater uit hergebruikt grijs water (dus geen effluent)
- Optie B: een geleidelijk transitie naar 50% drinkwater uit RWZI-effluent (dus geen hergebruikt grijs water)
- Optie C: een geleidelijk transitie naar 20% drinkwater uit hergebruikt grijs water en 30% drinkwater uit RWZI-effluent, waarbij RWZI-effluent eerst wordt ingezet;
- Optie D: een geleidelijk transitie naar 20% drinkwater uit hergebruikt grijs water en 30% drinkwater uit RWZI-effluent, waarbij hergebruikt grijs water eerst wordt ingezet;

Uiteraard zijn er nog meer opties mogelijk, maar dit geeft een indruk van de stappen die nodig zijn om tot een eenduidige backcasting te komen.

Tabel 1: Voorbeeld van paden en opties voor alternatieve bronnen

	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Gekozen pad
Traditionele bronnen	100%	90%	80%	70%	60%	50%	Geleidelijke transitie
	100%	80%	60%	50%	50%	50%	Abrupte transitie
	100%	100%	100%	80%	60%	50%	Uitgestelde transitie
Hergebruikte grijswater	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Optie A
	0%	0%	0%	0%	10%	20%	Optie C
	0%	10%	20%	20%	20%	20%	Optie D
Zuiveringseffluent RWZI	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Optie B
	0%	0%	0%	10%	20%	30%	
	0%	10%	20%	30%	30%	30%	
Optie C	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
Optie D	0%	10%	20%	30%	40%	50%	

Onderzoekers hebben deze vereenvoudiging uitgevoerd voor bijna alle variabelen in de oorspronkelijke stip op de horizon. Ter controle zijn expertinterviews gehouden. Daarnaast zijn eerdere versies van dit rapport geborgd door de leden van het projectteam.

Stap 3: Kwantificeren van de stip op de horizon voor t_0 (2020) en t_x (2050).

Deze kwantificering is uitgevoerd door voor zowel 2020 (nulsituatie) als 2050 (eindsituatie) een implementatiepercentage te identificeren voor de in de stip op de horizon gekozen toepassingen. Deze percentages zijn geïdentificeerd aan de hand van expertinterviews. Om tot een ambitieuze routekaart te komen is steeds gekozen voor het volgens de experts hoogst haalbare percentage. Uit de interviews konden we in sommige gevallen ook afleiden hoeveel tijd de implementatie van een toepassing vergt en dus hoe vroeg je moet beginnen om in 2050 tot het gewenste implementatiepercentage te komen.

Uit de interviews kwam ook naar voren dat de technische haalbaarheid meestal niet de beperkende factor is voor implementatie in 2050. Implementatie is vooral afhankelijk van eigen strategische keuzes, economische argumenten (zoals een sluitende business case) en juridische belemmeringen.

Stap 4: Scoren van de stip op de horizon met de scorekaart Circulaire Economie

Circulaire economie gaat uiteindelijk niet om het implementeren van toepassing (middel), maar om het creëren van maatschappelijke meerwaarde (doel). Specifieke oplossingen en technieken kunnen daar een middel voor zijn. Daarom is het van belang een indruk te krijgen van de maatschappelijke meerwaarde die toepassingen en innovaties uit de stip op de horizon bieden ten opzichte van de huidige situatie. Daartoe is in de tweede activiteit van dit project een scorekaart ontwikkeld⁵. Ook is een nulmeting uitgevoerd. De scores op de scorekaart van de stip op de horizon verhouden zich tot deze nulmeting.

Stap 5: Opstellen van routekaarten met behulp van backcastingmethode

De routekaart wordt opgesteld door middel van een backcastingmethode⁶, waarbij de onderzoekers iteratief hebben gekeken (1) vanuit de huidige stand van zaken naar 2050 toe om te bepalen welke maatregelen en technieken in te zetten, en dan (2) vanuit 2050 naar het heden toe om te bepalen welke stappen nodig zijn om de maatregelen en technieken te implementeren.

⁵ Segrave, A. et al., Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen, BTO WiE 2020

⁶ Holmberg, J., & Robèrt, K. H. (2000). Backcasting—A framework for strategic planning. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 7(4), 291-308.

Deze routekaart is weergegeven als een soort metroplattegrond, met daarin aangegeven de mogelijke routes en een voorgestelde route. Deze werkwijze is verder uiteengezet in het hoofdstuk “Resultaten”.



Figuur 1: Overzicht van Backcasting en gebruikte tools⁷

Stap 6: vertaling naar kennisvragen, innovatiebehoefte en keuzemomenten

Als laatste stap is een vertaalslag gemaakt van de adaptieve paden / routekaart naar de beoogde drie resultaten:

- *kennisvragen* waar waterorganisaties antwoord op moeten hebben om de gekozen routekaart te kunnen bepalen en bewandelen (bewuste onwetendheid)
- *innovatiebehoefte* van waterorganisaties wat betreft tools en technieken om de gekozen routekaart te kunnen bewandelen (bewuste onbekwaamheid)
- *keuzemomenten* wanneer de waterorganisaties wel/niet moeten investeren in de volgende stap van de routekaart om de doelen voor 2050 te halen (bewuste termijnen)

⁷ Figuur aangepast op basis van The Natural Step (2011): <https://www.naturalstep.ca/abcd>

A black and white photograph showing a close-up of a hand holding a pushpin. The pushpin is being held over a map, with its sharp point touching the paper. The map features a grid of streets and some geographical outlines. The background is blurred, showing other pushpins on the map. The overall mood is one of precision and focus.

Stip op de horizon

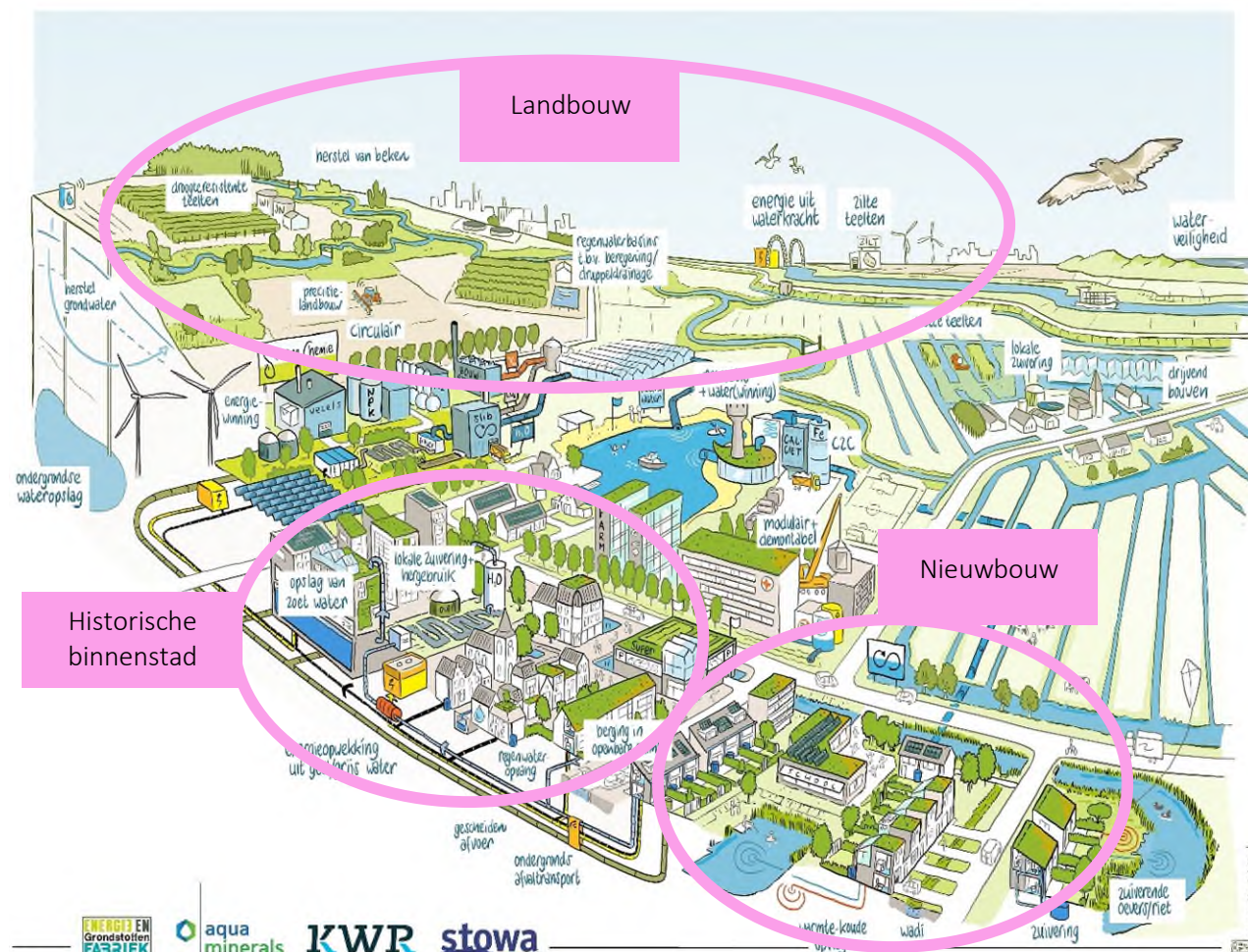
Nulmeting en stip op de horizon

Hypothetische referentiewijk/stad

Om een stip op de horizon te definiëren zijn werkateliers gehouden met vertegenwoordigers uit de hele waterketen. De deelnemers hebben verschillende 'ideale' circulaire waterketens ontworpen voor een hypothetische referentiewijk/stad met 150.000 inwoners.

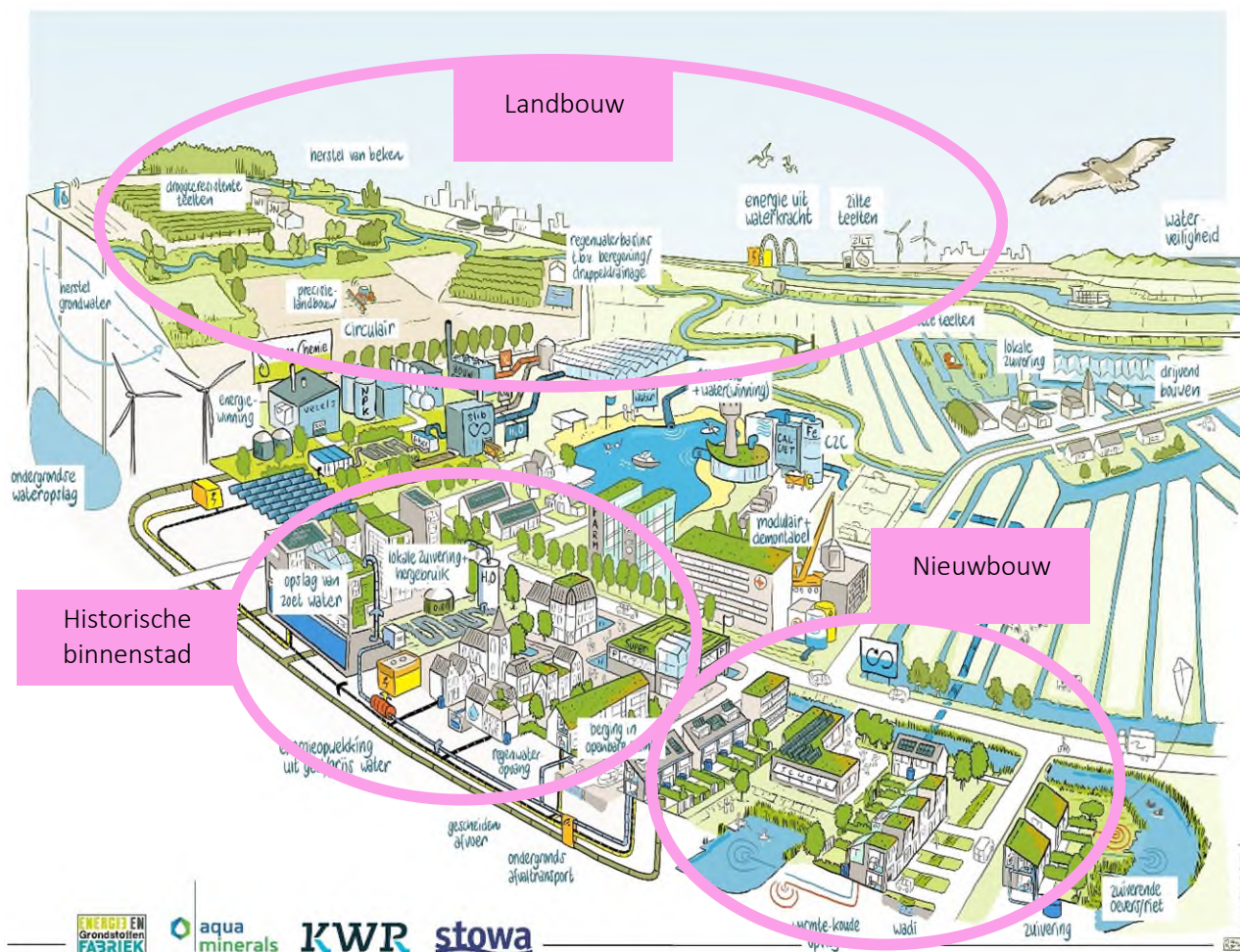
Het was nodig om een hypothetische referentiewijk/stad te omschrijven en te tekenen om een visuele stip op de horizon te kunnen laten zien, en om de samenhang tussen de verschillende maatregelen en technieken inzichtelijk te maken.

De hypothetische referentiestad is in drie typen gebieden verdeeld (



Figuur 2):

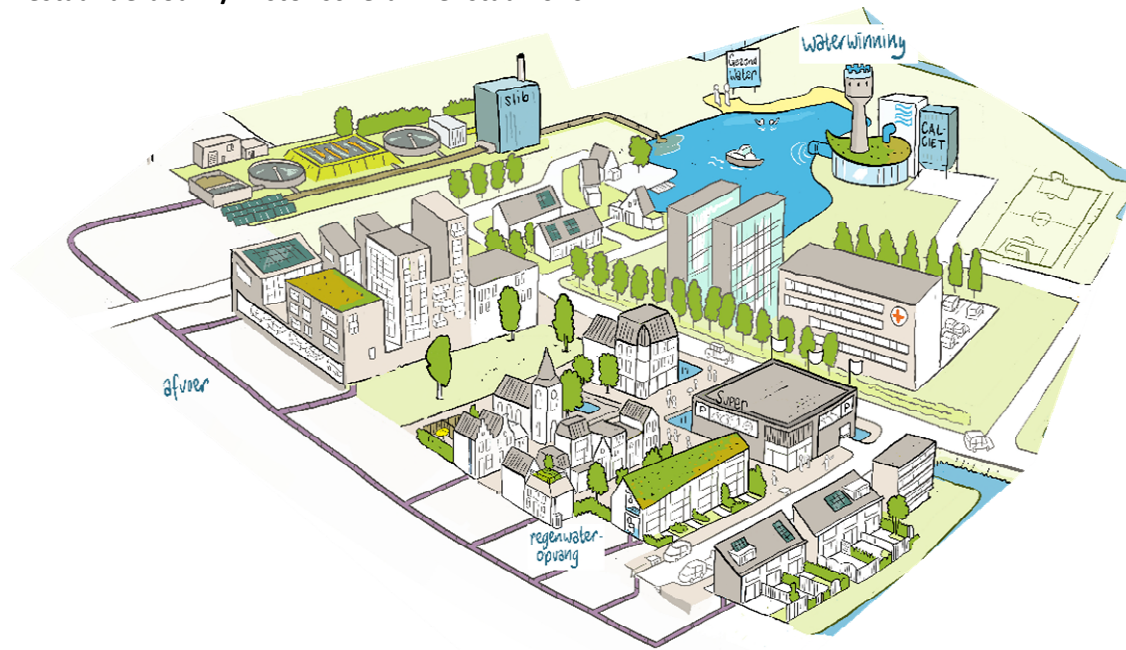
1. Bestaande bouw / Historische binnenstad
2. Nieuwbouw
3. Platteland / Landbouw



Figuur 2: Hypothetische referentiewijk/stad

Nulmeting 2020

Om het verschil tussen de huidige situatie en de gewenste situatie inzichtelijk te maken is eerst een nulmeting uitgevoerd. De maatregelen uit de stip op de horizon zijn vertaald naar een doorsnee Nederlandse gemeente van 150.000 inwoners. De nulmeting bestaat uit een tekening en een overzichtstabel van de genoemde maatregelen, met daarbij aangegeven het huidige implementatieniveau in percentages. Deze zijn onderverdeeld in de bovengenoemde gebiedstypen.

Bestaande bouw / Historische binnenstad 2020

Figuur 3: Bestaande bouw/historische binnenstad in 2020

Bestaande bouw/historische binnenstad bestaat uit gebouwen die tot 2020 zijn gebouwd. Dat omvat in onze referentiewijk een historische binnenstad en enkele wijken van latere perioden. In dit deel van de stad is ook een drinkwaterzuivering en een rioolwaterzuivering opgenomen.

Zoals te zien is in onderstaande tabellen staan de meeste oplossingen op 0%. Soms betreft dat een keuze die voortkomt uit het feit dat we werken met een referentiewijk en niet een Nederlands gemiddelde. Zo hebben we bijvoorbeeld bij de RWZI als energie-, grondstoffen- of waterfabriek, gekozen voor 0%, hoewel hier natuurlijk al wel voorbeelden van te vinden zijn in Nederland. De 0% is dus specifiek voor deze hypothetische referentiestad.

Tabel 2: Nulmeting toepassingen productie drinkwater, bestaande bouw

Productie drinkwater	2020
Modulaire systemen	0%
Inzet van biologische processen voor drinkwaterproductie	10%
Thermische energie uit drinkwater (TED)	0%
Watertoren als batterij	0%
Productie van drinkwater uit gezuiverd effluent en uit andere secundaire bronnen	0%
Vergroten watervoorraden i.v.m. droogte	0%
Productie en distributie van verschillende waterkwaliteiten	0%
Zero liquid discharge, geen (of zuiverere) reststromen uit filtratieprocessen	0%
Compensatie CO ₂ - en methaan-emissies bij ontgassen	0%
Entmateriaal uit calciëtkorrels	40%
Natronloog vervangen door kalkmelk of andere alternatieven	10%
Biobased polymeer of geen polymeergebruik	0%
IJzerzouten (coagulant) winnen uit ijzerslib	0%
Kalkkorrels ter vervanging van calciumcarbonaat (ontzuren, remineraliseren, etc.)	0%
Actief kool cascaderen (na drinkwaterbehandeling inzet in afvalwaterzuivering)	0%
Filtergrind hergebruiken of 100% elders recycleren	100%
Nutriënten terugwinnen uit brijn/brakwater/concentraat	0%

Tabel 3: Nulmeting toepassingen zuivering communaal afvalwater, bestaande bouw

Zuivering communaal afvalwater	2020
RWZI als energiefabriek	0%
RWZI als grondstoffenfabriek	0%
RWZI als schoonwaterfabriek	0%
Modulaire zuiveringen. Flexibel/aanpasbaar en verplaatsbaar	0%
Fysisch-chemische zuivering, waarbij de 'chemische' componenten ter plekke worden geproduceerd	0%
Gebruik groene hulpstoffen bij waterzuivering en slibbehandeling	0%
Verwijderen microverontreinigingen uit effluent en (zuiverings)slib	0%
CO ₂ uit groen gas-productie RWZI afvangen en naar gebruikers	0%

Tabel 4: Nulmeting toepassingen In de omgeving/wijk, bestaande bouw

In de omgeving/wijk	2020
Vasthouden, opslaan en infiltreren van water (inlc wadi's en recreatievijvers)	0%
Lokale opslag rein water (ook onder gebouwen)	0%
Gescheiden inzamelen van afvalwater	0%
Afkoppelen van hemelwater.	15%
Groenvoorziening aangepast aan de ondergrond en de beschikbaarheid van water	10%
Nature based solutions voor het zuiveren van licht verontreinigd water	0%
Ondergronds afvaltransport	0%
Thermische energie uit oppervlaktewater, drinkwater of afvalwater (TEO, TED, TEA)	0%
Lokale zuivering en hergebruik van afvalwater	0%
Energie opwekken uit geel/grijs water	0%

Tabel 5: Nulmeting toepassingen In en om het huis, bestaande bouw

In en om het huis	2020
Drinkwatergebruik aanzienlijk gereduceerd door waterbesparing, inzet hemelwater en cascadering watergebruik	10%
Klimaatbestendig bouwen met verplichte waterberging en ontharden van straat en tuin	10%
(Blauw-)groene daken	10%
Groene gevels	10%
Groene tuinen	10%
Verticale landbouw	0%

Tabel 6: Nulmeting toepassingen Assets algemeen, bestaande bouw

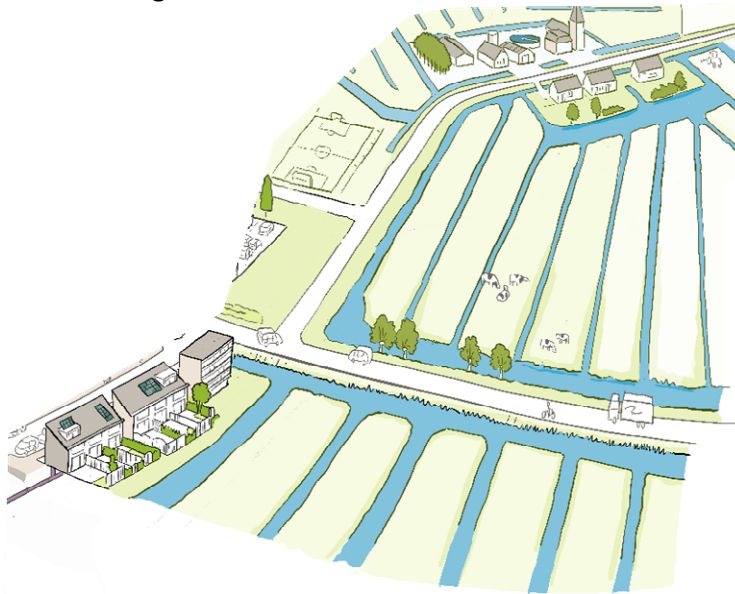
Assets algemeen	2020
Circulair bouwen met waardebehoud (repair, recycling en reuse)	0%

Tabel 7: Nulmeting toepassingen Data, sensoren, AI, bestaande bouw

Data, sensoren en AI	2020

Inspectiesensoren	10%
Geautomatiseerde kwaliteitsbewaking.	0%
Volledige sensorisering van assets	0%
Digital twin van belangrijkste assets	0%
Kunstmatige intelligentie voor beheer van assets	0%

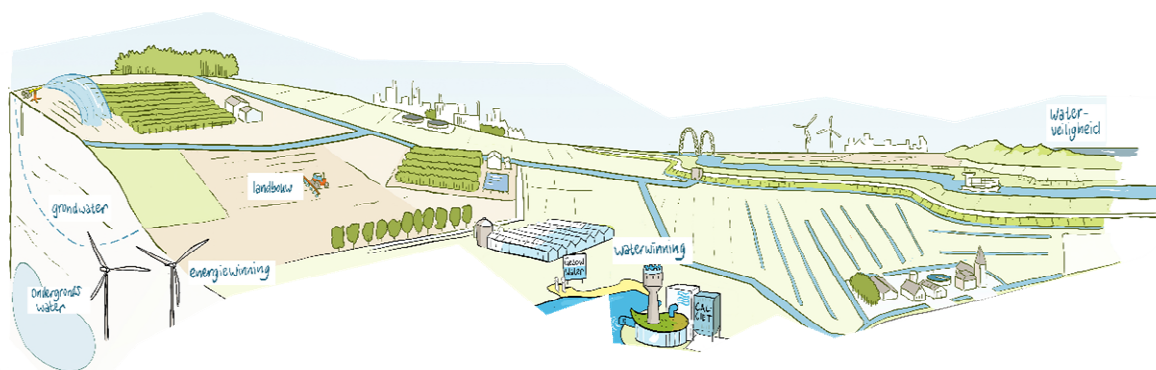
Nieuwbouwgebied 2020



Figuur 4: Nieuwbouwgebied 2020

Dit gebiedstype betreft gebouwen gebouwd na 2020. Vanzelfsprekend staan alle oplossingen in 2020 dus op 0%. De betreffende tabellen zijn weggelaten, maar komen wel in de stip op de horizon terug.

Platteland / Landbouw 2020



Figuur 5: Platteland/Landbouw 2020

Dit gebiedstype omvat natuur, landbouwgrond en kleinschalige bebouwing. Ook hier zijn keuzes gemaakt ten aanzien van het implementatiepercentage van sommige oplossingen. Hoewel een aantal oplossingen al wel worden toegepast in Nederland, hebben we ten behoeve van de visuele onderscheiding een behoudend perspectief gekozen voor deze referentiegemeente. De tabellen voor assets algemeen en data, sensoren en AI zijn hier niet opgenomen omdat de scores hetzelfde zijn voor alle gebiedstypen.

Tabel 8: Nulmeting toepassingen In de omgeving/wijk, Platteland/landbouw

In de omgeving/wijk	2020
Vasthouden, opslaan en infiltreren van water (incl. wadi's en recreatievijvers)	0%
Lokale opslag rein water (ook onder gebouwen)	0%
Gescheiden inzamelen van afvalwater	0%
Afkoppelen van hemelwater	15%
Groenvoorziening aangepast aan de ondergrond en de beschikbaarheid van water	10%
Nature based solutions voor het zuiveren van licht verontreinigd water	0%
Ondergronds afvaltransport	0%
Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	0%
Lokale zuivering en hergebruik van afvalwater	0%
Energie opwekken uit geel/grijs water	0%
Precisielandbouw en droogteresistente, zilte en natte teelten	0%
Herstel van beken	0%
Recreatie in waterwinningslocaties	50%
Regenwaterbassins voor beregening en druppeldrainage	20%
Drijvend bouwen	0%
Ondergrondse wateropslag	0%

Tabel 9: Nulmeting toepassingen In en om het huis, Platteland/Landbouw

In en om het huis	2020
Drinkwatergebruik aanzienlijk gereduceerd door inzet hemelwater en cascadering watergebruik	10%
Klimaatbestendig bouwen met verplichte waterberging en ontharden van straat en tuin	10%
Groene daken	10%
Groene gevels	10%
Groene tuinen	10%
Verticale landbouw	0%

Stip op de horizon

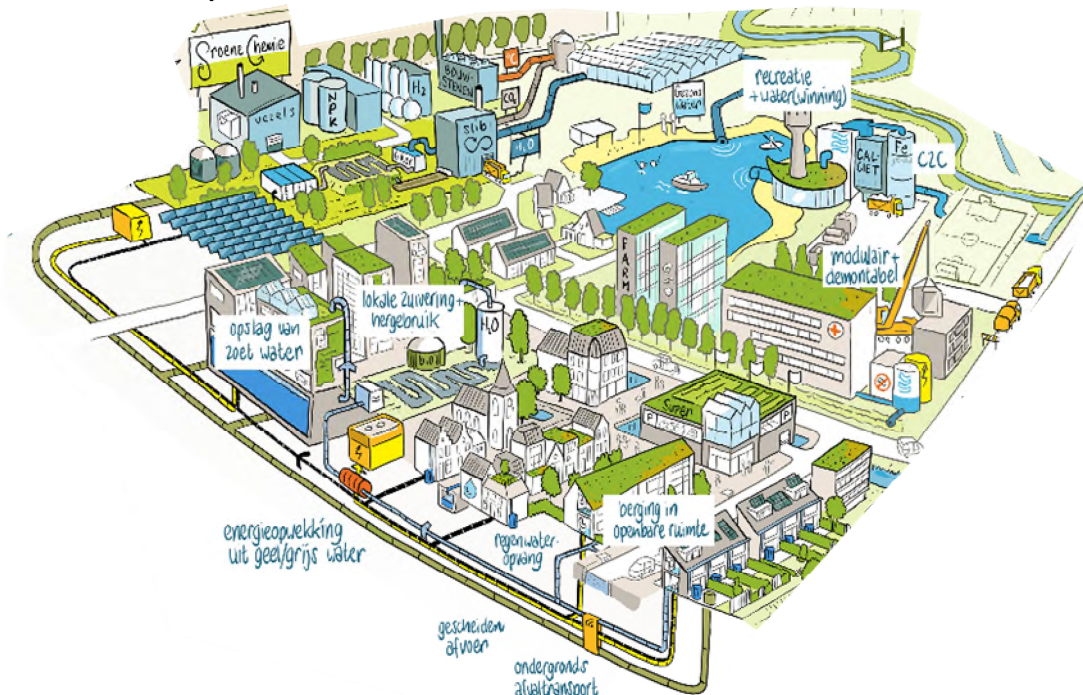
Om de stip op de horizon te definiëren zijn werkateliers gehouden met vertegenwoordigers uit de hele waterketen. De deelnemers hebben verschillende ‘ideale’ circulaire waterketens ontworpen voor de hypothetische referentiewijk/stad met 150.000 inwoners. Verschillende bundels van maatregelen en technieken kunnen plausibel en effectief zijn: er zijn meerdere wegen die naar Rome leiden. Als onderdeel van de werkateliers zijn de uiteindelijke ontwerpen in een tekening weergegeven. De onderzoekers hebben vervolgens een stip op de horizon gedefinieerd door de sterkste aspecten van alle ontwerpen te combineren.

De stip op de horizon laat voor de drie gebiedstypen de volgens experts ‘ideale’ situatie in 2050 zien. De afbeeldingen laten zien welke oplossingen in het landschap en de gebouwde omgeving zichtbaar zijn. De tabellen geven weer in hoeverre de gekozen oplossingen in 2050 zijn geïmplementeerd. Op basis van de expertinterviews hebben we gekozen voor ambitieuze maar realistische implementatiedoelstellingen. We blijven daarbij zoveel mogelijk trouw aan de uitkomsten van de werkateliers. Omdat deze uitkomsten niet gekwantificeerd waren, zijn we steeds uitgegaan van 100% implementatie, tenzij uit de expertinterviews bleek dat er zwaarwegende redenen zijn waarom dat niet realistisch is.

Opvallend bij het definiëren van de stip op de horizon was dat veel oplossingen afhankelijk zijn van keuzes door waterorganisaties of aanpalende actoren, marktomstandigheden en business cases. Er is technisch veel mogelijk, maar de sleutel voor implementatie ligt voornamelijk bij bestuurlijke en economische factoren. Dit project gaat uiteindelijk ook niet om een accurate voorspelling, maar om een breed gedeeld en inspirerend beeld van de toekomst.

De percentages gelden steeds voor het specifieke gebiedstype. Zo is er bijvoorbeeld in de bestaande bouw (voor 2020) minder ruimte voor aanpassingen aan de infrastructuur (bijv. gescheiden inzameling afvalwater) dan in nieuwbouw.

Bestaande bouw / Historische binnenstad



Figuur 6: Bestaand bouw/historische binnenstad 2050

In de bestaande bouw verandert het meest in de toegepaste technieken voor drinkwaterbehandeling en zuivering van afvalwater. Er is relatief weinig potentie voor aanpassingen in de infrastructuur en de directe omgeving van de woningen, het zwaartepunt daarvan ligt bij nieuwbouw.

Tabel 10: Horizon toepassingen productie drinkwater, bestaande bouw

Productie drinkwater	2050
Modulaire systemen	50%
Inzet van biologische processen voor drinkwaterproductie	100%
Thermische energie uit drinkwater (TED)	100%
Watertoren als batterij	100%
Productie van drinkwater uit gezuiverd effluent en uit andere secundaire bronnen	50%
Vergroten watervoorraden i.v.m. droogte	25%
Productie en distributie van verschillende waterkwaliteiten	0%
Zero liquid discharge, geen (of zuiverere) reststromen uit filtratieprocessen	100%
Compensatie CO ₂ - en methaan-emissies bij ontgassen	100%
Entmateriaal uit calciëtkorrels	100%
Natronloog vervangen door kalkmelk of andere alternatieven	100%
Biobased polymeer of geen polymeergebruik	100%
IJzerzouten (coagulant) winnen uit ijzerslib	100%
Kalkkorrels ter vervanging van calciumcarbonaat (ontzuren, remineraliseren, etc.)	100%
Actief kool cascaderen (na drinkwaterbehandeling inzet in afvalwaterzuivering)	100%
Filtergrind hergebruiken of 100% elders recycleren	100%
Nutriënten terugwinnen uit brijn/brakwater	100%

Tabel 11: Horizon toepassingen zuivering communaal afvalwater, bestaande bouw

Zuivering communaal afvalwater	2050
RWZI als energiefabriek	100%
RWZI als grondstoffenfabriek	100%
RWZI als schoonwaterfabriek	100%
Modulaire zuiveringen. Flexibel/aanpasbaar en verplaatsbaar	100%
Fysisch-chemische zuivering, waarbij de 'chemische' componenten ter plekke worden geproduceerd	100%
Gebruik groene hulpstoffen bij waterzuivering en slibbehandeling	100%
Verwijderen microverontreinigingen uit effluent en (zuiverings)slib	100%
CO ₂ uit groengasproductie RWZI afvangen en naar gebruikers	100%

Tabel 12: Horizon toepassingen In de omgeving/wijk, bestaande bouw

In de omgeving/wijk	2050
Vasthouden, opslaan en infiltreren van water (incl. wadi's en recreatievijvers)	0%
Lokale opslag rein water (ook onder gebouwen)	0%
Gescheiden inzamelen van afvalwater	0%
Afkoppelen van hemelwater	100%
Groenvoorziening aangepast aan de ondergrond en de beschikbaarheid van water	100%
Nature based solutions voor het zuiveren van licht verontreinigd water	0%
Ondergronds afvaltransport	25%
Thermische energie uit oppervlaktewater, drinkwater en afvalwater (TEO, TED, TEA)	50%

Lokale zuivering en hergebruik van afvalwater	0%
Energie opwekken uit geel/grijs water	0%

Tabel 13: Horizon toepassingen In en om het huis, bestaande bouw

In en om het huis	2050
Drinkwatergebruik aanzienlijk gereduceerd door inzet hemelwater en cascadering watergebruik	10%
Klimaatbestendig bouwen met verplichte waterberging en ontharden van straat en tuin	10%
(Blauw-)groene daken	25%
Groene gevels	10%
Groene tuinen	50%
Verticale landbouw	1%

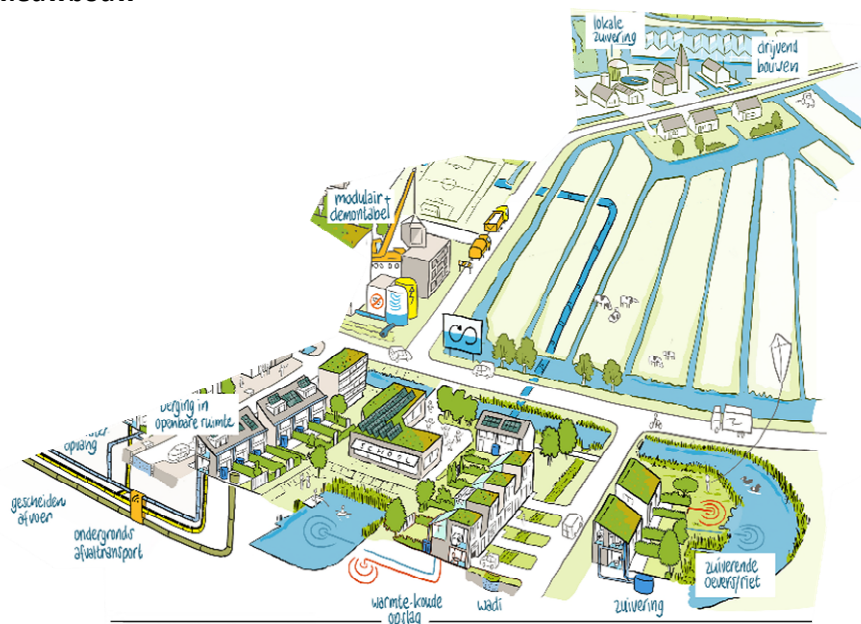
Tabel 14: Horizon toepassingen Assets algemeen, bestaande bouw

Assets algemeen	2050
Circulair bouwen met waardebehoud (repair, recycling en reuse)	100%

Tabel 15: Horizon toepassingen Data, sensoren, AI, bestaande bouw

Data, sensoren en AI	2050
Inspectiesensoren	100%
Geautomatiseerde kwaliteitsbewaking.	100%
Volledige sensorisering van assets	100%
Digital twin van belangrijkste assets	100%
Kunstmatige intelligentie voor beheer van assets	100%

Nieuwbouw



Figuur 7: Nieuwbouwgebied 2050

Nieuwbouw biedt de meeste mogelijkheden voor innovatie en infrastructurele aanpassing. Dat uit zich met name in hogere implementatiepercentages voor technieken in en om het huis. Omdat de nieuwbouw op dezelfde drinkwaterzuivering en rioolwaterzuivering zijn aangesloten (afgezien van lokaal grijswaterhergebruik) zijn die onderdelen grotendeels hetzelfde als in de bestaande bouw.

Tabel 16: Horizon toepassingen productie drinkwater, nieuwbouwgebied

Productie drinkwater	2050
Modulaire systemen	50%
Inzet van biologische processen voor drinkwaterproductie	100%
Thermische energie uit drinkwater (TED)	100%
Watertoren als batterij	100%
Productie van drinkwater uit gezuiverd effluent en uit andere secundaire bronnen	50%
Vergroten watervoorraden i.v.m. droogte	25%
Productie van verschillende waterkwaliteiten	50%
Zero liquid discharge, geen (of zuiverere) afvalstromen uit filtratieprocessen	100%
Compensatie CO ₂ - en methaan-emissies bij ontgassen	100%
Kalkmelk uit calciëtkorrels	100%
Natronloog vervangen door kalkmelk of andere alternatieven	100%
Biobased polymeer of geen polymeergebruik	100%
IJzerzouten (coagulant) winnen uit ijzerslib	100%
Kalkkorrels ter vervanging van calciumcarbonaat (ontzuren, remineraliseren, etc.)	100%
Actief kool cascaderen (na drinkwaterbehandeling inzet in afvalwaterzuivering)	100%
Filtergrind hergebruiken of 100% elders recyclen	100%
Nutriënten terugwinnen uit brijn/brakwater	100%

Tabel 17: Horizon toepassingen zuivering communaal afvalwater, nieuwbouwgebied

Zuivering communaal afvalwater	2050
RWZI als energiefabriek	100%
RWZI als grondstoffenfabriek	100%
RWZI als schoonwaterfabriek	100%
Modulaire zuiveringen. Flexibel/aanpasbaar en verplaatsbaar	100%
Fysisch-chemische zuivering, waarbij de 'chemische' componenten ter plekke worden geproduceerd	100%
Gebruik groene hulpstoffen bij waterzuivering en slibbehandeling	100%
Verwijderen microverontreinigingen uit effluent en (zuiverings)slib	100%
CO ₂ uit groen gas-productie RWZI afvangen en naar gebruikers	100%

Tabel 18: Horizon toepassingen In de omgeving/wijk, nieuwbouwgebied

In de omgeving/wijk	2050
Vasthouden, opslaan en infiltreren van water (incl wadi's en recreatievijvers)	75%
Lokale opslag rein water (ook onder gebouwen)	50%
Gescheiden inzamelen van afvalwater	100%
Afkoppelen van hemelwater	100%
Groenvoorziening aangepast aan de ondergrond en de beschikbaarheid van water	100%
Nature based solutions voor het zuiveren van licht verontreinigd water	100%
Ondergronds afvaltransport	100%

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	100%
Lokale zuivering en hergebruik van afvalwater	100%
Energie opwekken uit geel/grijs water	100%

Tabel 19: Horizon toepassingen In en om het huis, nieuwbouwo gebied

In en om het huis	2050
Drinkwatergebruik aanzienlijk gereduceerd door inzet hemelwater en cascadering watergebruik	100%
Klimaatbestendig bouwen met verplichte waterberging en ontharden van straat en tuin	80%
Groene daken	100%
Groene gevels	100%
Groene tuinen	100%
Verticale landbouw	1%

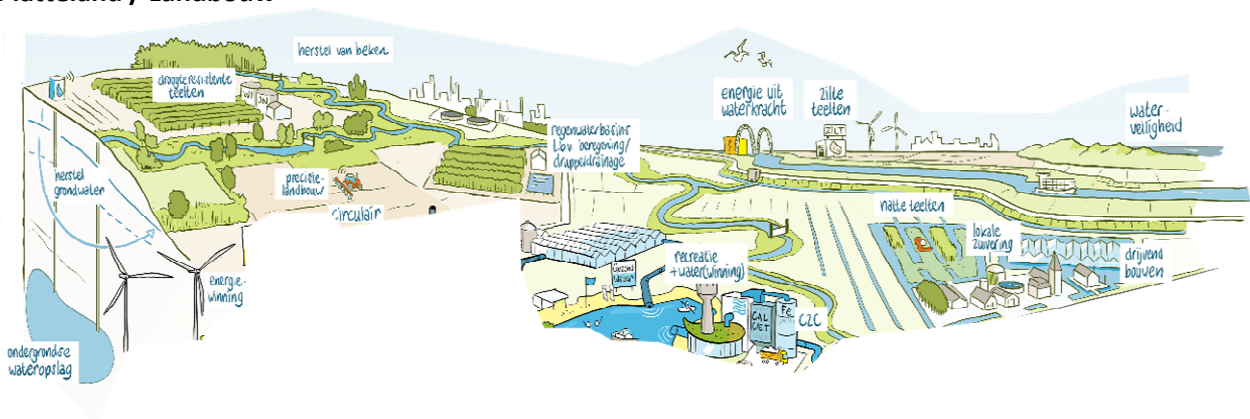
Tabel 20: Horizon toepassingen Assets algemeen, nieuwbouwo gebied

Assets algemeen	2050
Circulair bouwen met waardebehoud (repair, recycling en reuse)	100%

Tabel 21: Horizon toepassingen Data, Sensoren, AI, nieuwbouwo gebied

Data, sensoren en AI	2050
Inspectiesensoren	100%
Geautomatiseerde kwaliteitsbewaking.	100%
Volledige sensorisering van assets	100%
Digital twin van belangrijkste assets	100%
Kunstmatige intelligentie voor beheer van assets	100%

Platteland / Landbouw



Figuur 8: Platteland/landbouw 2050

Op het platteland vinden we met name de aanpassingen in landbouwpraktijken, ondergrondse wateropslag en natuurherstel. Lokale zuiveringen zijn hier functioneel als de afstand tot de centrale infrastructuur groot is.

Tabel 22: Horizon toepassingen In de omgeving/wijk, platteland

In de omgeving/wijk	2050
Vasthouden, opslaan en infiltreren van water (incl wadi's en recreatievijvers)	75%
Lokale opslag rein water (ook onder gebouwen)	50%
Gescheiden inzamelen van afvalwater	100%
Afkoppelen van hemelwater	100%
Groenvoorziening aangepast aan de ondergrond en de beschikbaarheid van water	100%
Nature based solutions voor het zuiveren van licht verontreinigd water	100%
Ondergronds afvaltransport	0%
Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	100%
Lokale zuivering en hergebruik van afvalwater	100%
Energie opwekken uit geel/grijs water	100%
Precisielandbouw en droogteresistente, zilte en natte teelten	100%
Herstel van beken	100%
Recreatie in waterwinningslocaties	100%
Regenwaterbasins voor beregening en druppeldrainage	100%
Drijvend bouwen	10%
Ondergrondse wateropslag	100%

Tabel 23: Horizon toepassingen In en om het huis, platteland

In en om het huis	2050
Drinkwatergebruik aanzienlijk gereduceerd door inzet hemelwater en cascadering watergebruik	50%
Klimaatbestendig bouwen met verplichte waterberging en ontharden van straat en tuin	100%
Groene daken	25%
Groene gevels	5%
Groene tuinen	50%
Verticale landbouw	0%

Evaluatie stip op de horizon volgens “De 16 kenmerken van een circulaire waterketen” Scorecard

Circulaire Economie heeft uiteindelijk niet als doel het implementeren van technische oplossingen, maar het realiseren van maatschappelijke waarde terwijl de druk op het ecologisch plafond wordt verlaagd⁸. De technische oplossingen kunnen een middel zijn om dat doel te bereiken.

Om de maatschappelijke waarde van de circulaire economie inzichtelijk te maken, is in de tweede fase van dit onderzoek een scorekaart ontwikkeld⁹. Deze scorekaart is gebaseerd op het donutmodel van econoom Kate Raworth¹⁰. Het model bestaat uit drie ringen. De binnenste ring vormt het sociale fundament met daarin waarden die de basis vormen van een gezonde samenleving. De tweede ring heeft te maken met de manier waarop onze systemen zijn ingericht en de daaraan gekoppelde waarden. De buitenste ring gaat over het beslag wat we leggen op hulpbronnen energie, water en grondstoffen (het ecologische plafond).

KWR-onderzoekers hebben de stip op de horizon voor de hypothetische referentiewijk in 2050 gescoord op de verschillende waarden (Figuur 9). De (+) en (–) zijn in relatie tot het huidige systeem

⁸ Segrave, A. et al., Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen, BTO WiCE 2020

⁹ Segrave, A. et al., Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen, BTO WiCE 2020

¹⁰ Kate Raworth, Doughnut Economics, Seven Ways to Think Like a 21st Century Economist, Random House, 2017

(nulmeting 2020). Een (-) betekent niet dat er sprake is van een slechte of onvoldoende situatie, maar alleen dat we inschatten dat de indicator (iets) lager scoort dan in 2020. De scores en de toelichting zijn niet bedoeld als voorspelling, maar als aandachts- en discussiepunten bij het vormgeven van de transitie. Hier volgt een toelichting op elk van de scores.

Kwaliteit van de leefomgeving (+)

De verwachting is dat de kwaliteit van de leefomgeving zal toenemen door betere groenvoorziening, minder hittestress en minder wateroverlast. Daarbij is wel aangenomen dat de decentrale voorzieningen zo worden gebouwd dat ze niet tot overlast leiden.

Comfort (-)

Omdat een aantal van de oplossingen in en om het huis tot aanpassingen in gedrag en gewoontes leiden, gaan we uit van een kleine afname in comfort.

Inclusiviteit (-)

Dit is vooral een reflectie van het feit dat decentrale technieken ook tot verschillen in toegang en kwaliteitsniveaus kunnen leiden. Zoals we nu al zien bij moderne koopwoningen die energieneutraal zijn en goedkope huurwoningen die met hoge energiekosten worden geconfronteerd.

Volksgezondheid (-)

De huidige watervoorziening scoort zeer hoog op volksgezondheid. Bij innovatieve, decentrale systemen zijn de risico's waarschijnlijk iets hoger, zeker als het sprake is van hergebruik en meerdere waterkwaliteiten. Dat kan nog steeds een acceptabel risico zijn, maar het is hoger dan in de huidige situatie.

Veiligheid (-)

Hiervoor geldt hetzelfde als bij volksgezondheid. Ook is de aard van de veiligheidsrisico's anders. Minder kans op grootschalig systeemfalen, maar meer kans op kleine, lokale incidenten.

Integraliteit (+)

Er is sprake van meer integratie tussen drinkwater en afvalwater en tussen water, energie en grondstoffen.

Hergebruikspotentie en adaptiviteit (++)

De oplossingen uit de stip op de horizon leggen een sterke nadruk op hergebruik van grondstoffen en water en door het gebruik van decentrale en modulaire systemen is de adaptiviteit aanzienlijk vergroot.

Zelfvoorzienendheid (+)

Door hergebruik en beperking van het gebruik van fossiele grondstoffen wordt de zelfvoorzienendheid op verschillende niveaus vergroot.

Financiële waarde (0)

De financiële waarde van dit systeem ten opzichte van het huidige systeem hangt erg af van de toekomstige kosten van grondstoffen en de mogelijkheid om herwonnen grondstoffen te kunnen verkopen. De verwachting is dat de kosten voor de gekozen oplossingen hoger zullen zijn, zeker in de beginfase, maar dat besparingen en verkoop van reststoffen dat kunnen compenseren.

Ecologische waarde (+)

Lagere CO₂-uitstoot en meer groen en natuurherstel hebben een positief effect op de ecologische waarde van dit systeem.

Energieverbruik (+)

Het totale energieverbruik van de gekozen oplossingen is hoger dan die van het huidige systeem, vanwege regenwateropvang, gescheiden systemen en decentrale oplossingen.

Gebruik duurzame energie (+)

De verwachting is dat een groot deel van het energiegebruik duurzaam zal zijn in de toekomst.

Terugwinning energie (+)

In deze stip op de horizon wordt op verschillende plekken energie teruggewonnen, bijvoorbeeld thermische energie (uit afvalwater, drinkwater en oppervlaktewater) en biogas of groen gas uit zuiveringslib.

Grondstoffen- en waterverbruik (+)

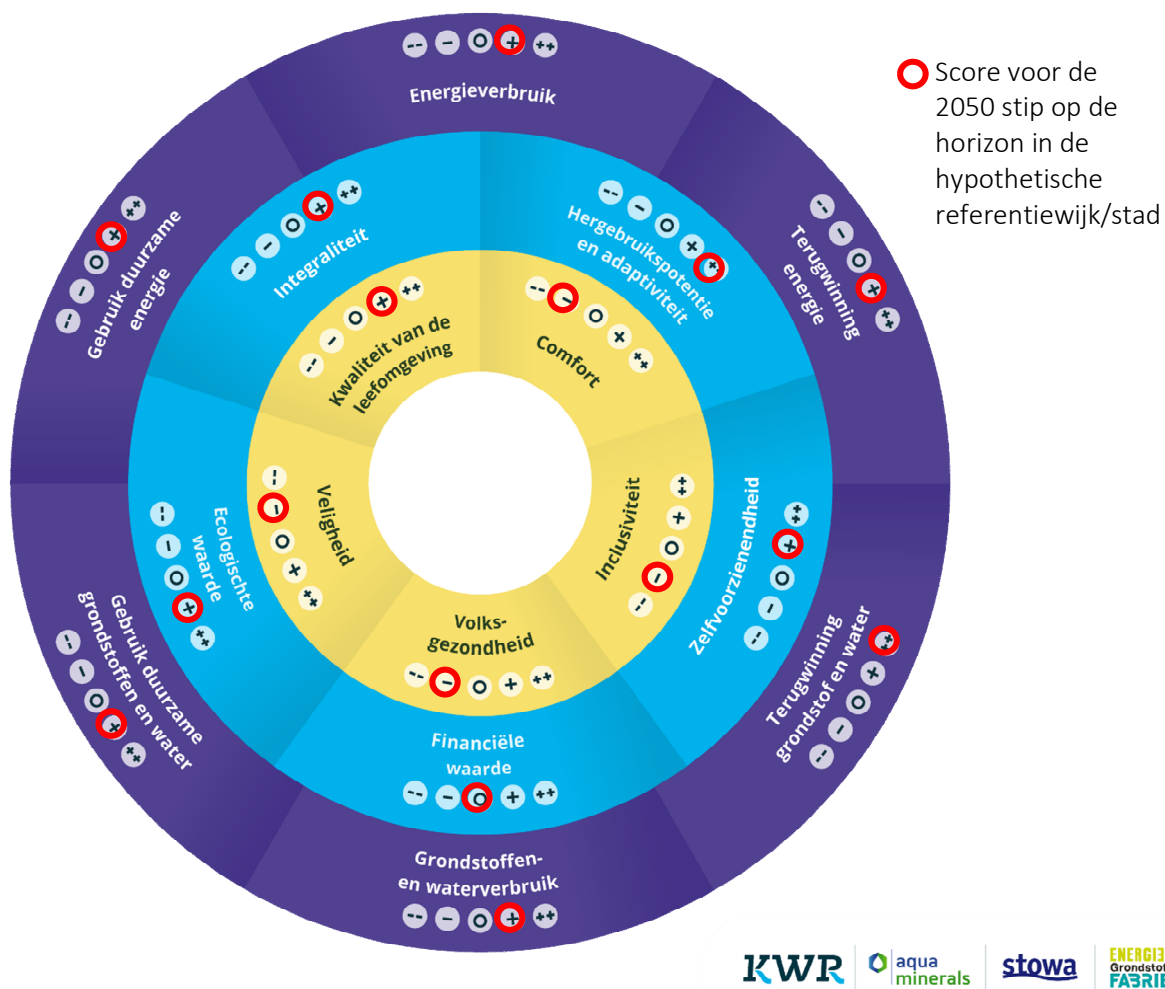
De verwachting is dat het bruto grondstoffen- en waterverbruik zal toenemen. Echter een toenemend deel daarvan is duurzaam of teruggewonnen.

Gebruik duurzame grondstoffen en water (+)

Veel fossiele en virgin grondstoffen zijn vervangen door duurzame of herbruikbare alternatieven.

Terugwinning grondstoffen en water (++)

Veel van de oplossingen in de stip op de horizon zijn gericht op het terugwinnen en hergebruiken van grondstoffen en water.



Figuur 9: Donut scorekaart voor de circulaire economie met de evaluatie van de situatie in 2050 (met rode cirkels aangegeven) ten opzichte van 2020 (nulmeting, 0)

wiE

Resultaten



Resultaten backcasting

Adaptieve paden

De Backcasting heeft in dit project uiteindelijk geresulteerd in twaalf adaptieve paden. Elk pad loopt door een routekaart die iets weg heeft van een metroplattegrond. De paden laten zien welke keuzes er gemaakt worden in welke volgorde en op welk moment in de tijd. De paden die zijn gekozen, zijn optionele paden. In principe is ieder pad dat naar het gewenste einddoel leidt een valide pad. De adaptieve paden vormen dan ook niet het sluitstuk, maar eerder het begin van een strategische discussie.

De paden zijn ontwikkeld vanuit het perspectief “wijkonderdeel bestaande bouw/historische stad”. Dat is vooral omdat in die gebieden zich de bestaande infrastructuur begint en het transformeren van die infrastructuur de grootste uitdaging biedt. De keuze voor de andere twee gebieden zijn niet met alternatieve paden weergegeven in de resultaten (wel met cijfers in Bijlage 1), maar kunnen eenvoudig uit de paden voor bestaande bouw/historische stad worden afgeleid.

Het pad naar de stip op de horizon bestaat uit een groot aantal interventies en oplossingen. De onderzoekers hebben zich bij het ontwikkelen van de paden gericht op die oplossingen die het dichtst bij de controlesfeer van de waterbedrijven en waterschappen liggen en die de grootste impact hebben op de strategische keuzes die ten aanzien van de circulaire economie moeten worden gemaakt.

Deze paden zijn verdeeld in drie groepen:

1. Zuivering communaal afvalwater
2. Productie drinkwater
3. In de omgeving/wijk

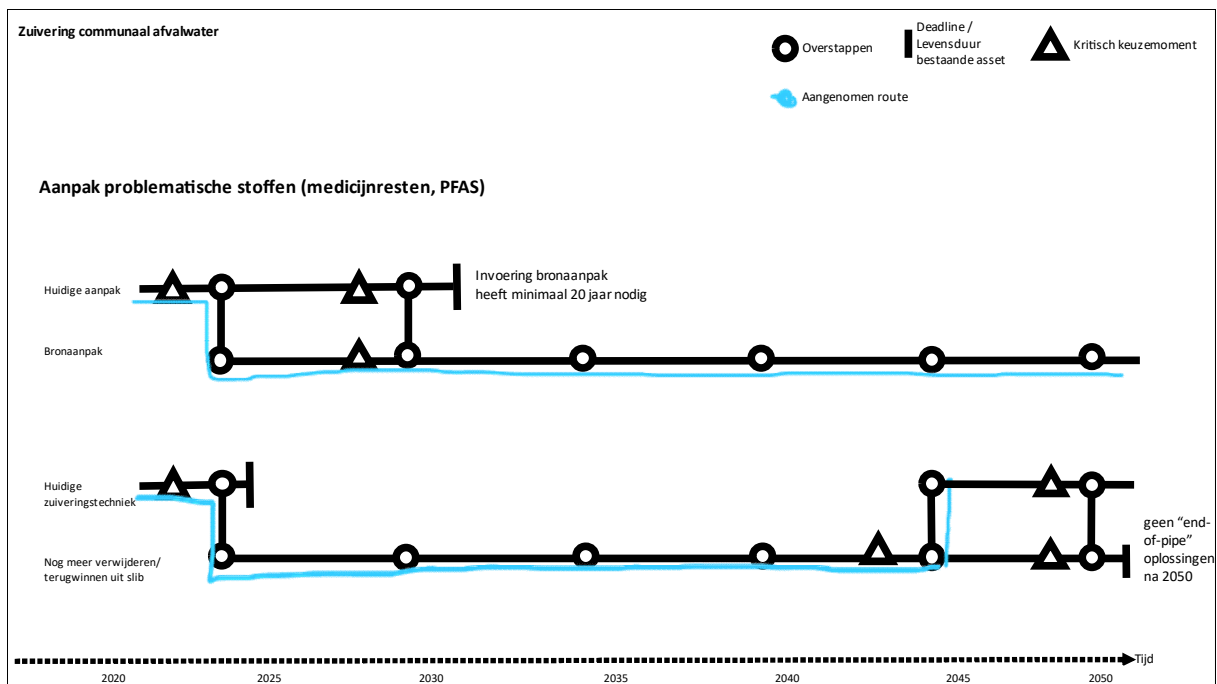
Bij ieder pad staat uitleg over de gekozen route. Ook zijn de aannames die de metrokaart en het pad bepalen toegelicht. Dit hoofdstuk eindigt met een discussie over hoe we deze resultaten kunnen vastleggen en communiceren in het vervolg.

Zuivering communaal afvalwater

Voor de zuivering van communaal afvalwater zijn zes adaptieve paden ontwikkeld:

1. Aanpak problematische stoffen (zoals medicijnresten, PFAS)
2. Schaal zuivering communaal afvalwater (centraal/decentraal)
3. Modulariteit zuivering communaal afvalwater
4. Proces zuivering communaal afvalwater
5. Slibverwerking communaal afvalwater
6. Communaal afvalwaterzuivering verduurzamen

1. Aanpak problematische stoffen (medicijnresten, PFAS)



Figuur 10: Pad voor Aanpak problematische stoffen

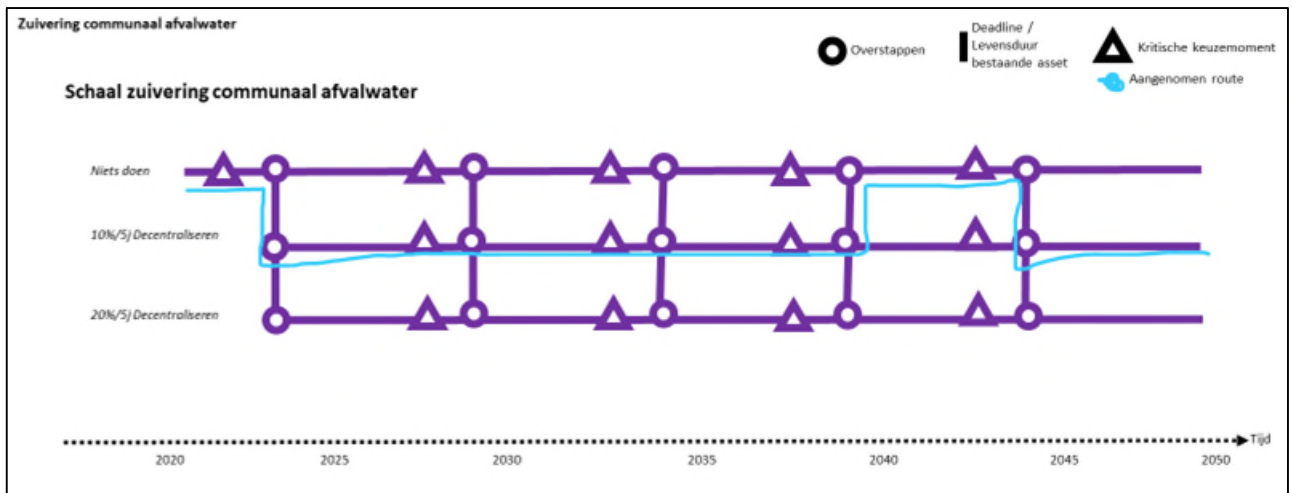
Figuur 10 toont de routekaart voor de aanpak van problematische stoffen (bijvoorbeeld PFAS en medicijnresten). De mogelijke paden lopen van links (2020) naar rechts (2050). Bij iedere driehoek is een kritisch keuzemoment: blijven we op het huidige spoor of maken we een overstap? Soms eindigt een spoor bij een verticale streep. Dat betekent dat het pad vanaf dat moment niet op dat spoor kan worden voortgezet.

De routekaart bevat twee keuzes die aan elkaar gekoppeld zijn: overschakelen op een bronaanpak voor problematische stoffen en het verwijderen van problematische stoffen uit afvalwater (end-of-pipe) oplossing. Daarbij gelden de volgende aannames:

- Het kost minimaal 20 jaar om de bronaanpak in te voeren, zodanig dat er geen problematische stoffen meer in het slib en het afvalwater aanwezig zijn. Als de bronaanpak voor 2050 gerealiseerd moet zijn, kun je dus niet later dan 2030 beginnen (zie verticale blokkade in Figuur 10).
- "End-of-pipe" oplossingen passen niet bij de visie op een circulaire economie. De bronaanpak moet dus in 2050 gerealiseerd zijn (zie verticale lijnen in Figuur 10)
- Totdat de gevolgen van een bronaanpak voldoende doorgewerkt zijn, is het nodig om problematische stoffen te verwijderen uit afvalwater (slib en water). Daarom is de huidige zuiveringstechniek onder deze aannames niet voldoende.

Gegeven deze aanname vormt het blauwe pad een van de valide paden door de routekaart. Die laat zien dat er in 2025 begonnen wordt met de invoering van een bronaanpak waardoor vanaf 2045 het verwijderen van deze stoffen uit het afvalwater niet meer nodig is.

2. Schaal zuivering communaal afvalwater (centraal/decentraal)



Figuur 11: Pad voor schaal zuivering communaal afvalwater (centraal/decentraal)

Volgens de stip op de horizon geldt voor nieuwbouw een 100% decentrale afvalwaterzuivering, terwijl voor bestaande bouw een percentage van 0% geldt. Als we uitgaan van een constante woningvoorraad, dan wordt alle nieuwbouw gekoppeld aan herontwikkeling of sloop van bestaande bouw. Dan gelden de volgende aannames:

- Tot 2050 vindt er 40% nieuwbouw plaats (inclusief omzetting bestaande bouw).
- Het tempo van de omzetting is 0%, 10% of 20% per 5 jaar.
- Minder dan 10% is niet rendabel en meer dan 20% is niet haalbaar.

Deze aannames leiden tot een groot aantal mogelijke paden. Het gegeven pad laat een regelmatig tempo zien met een korte onderbreking tegen het einde, maar ieder pad dat leidt tot 40% in 2050 is valide.

3. Modulariteit zuivering communaal afvalwater



Figuur 12: Pad voor Modulariteit zuivering communaal afvalwater

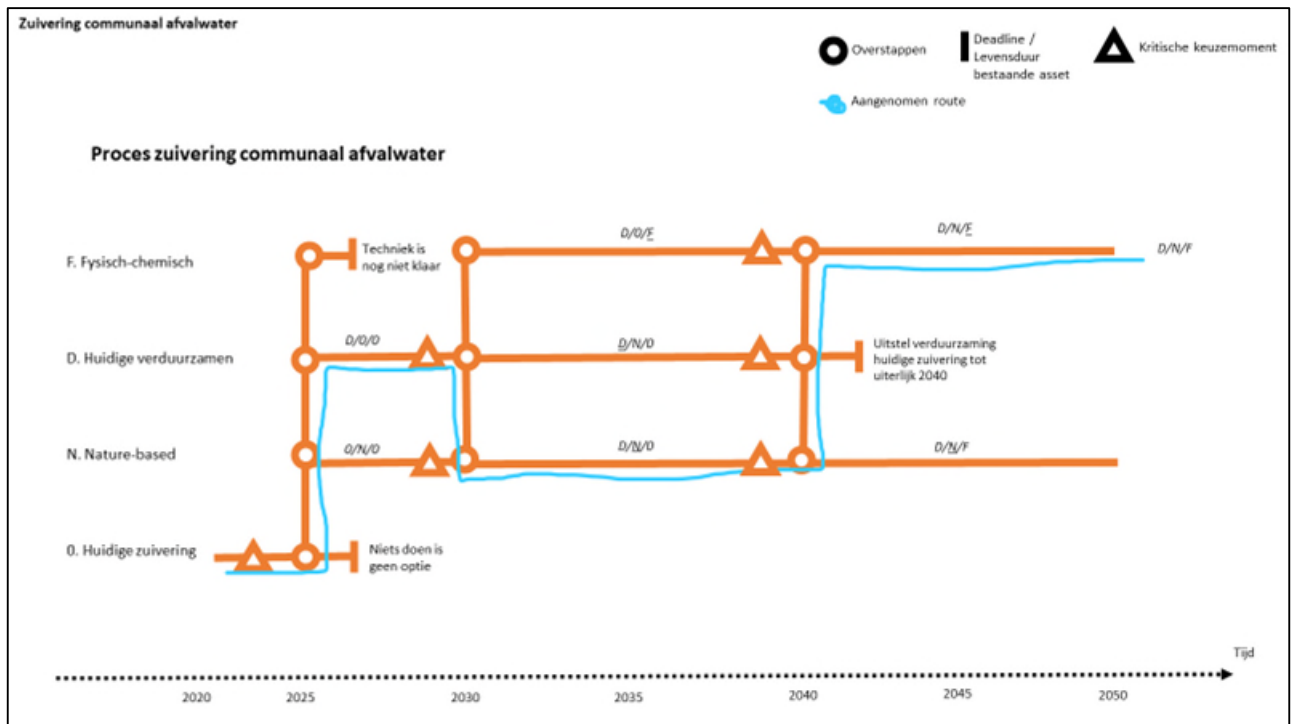
Het derde pad gaat over modulaire afvalwaterzuivering. Volgens de stip op de horizon is in 2050 100% van de afvalwaterzuiveringen modulair. Gegeven die doelstelling gelden de volgende aannames:

- De 40% decentrale zuiveringen (zie pad 2) zijn per definitie modulair
- Het gaat dus om het omzetten van de 60% centrale zuiveringscapaciteit
- Het maximale tempo van omzetting naar modulair is 20% per jaar. Andere mogelijkheden zijn 10% of 0%.

- ∴ om 60% centraal onverdeeld in modulair te veranderen is minimaal 15 jaar nodig.

Het gegeven pad laat een snelle omzetting in het begin zien, gevolgd door een periode van weinig omzetting. Het gewenste pad voor een specifieke zuivering is met name afhankelijk van de levensfase van de assets. Het gunstigste moment voor omzetting is wanneer de levensduur van een asset tegen het einde loopt (in dit hypothetisch geval voor een deel in 2045).

4. Proces zuivering communaal afvalwater



Figuur 13: Pad voor Proces zuivering communaal afvalwater

Naar aanleiding van diverse expertinterviews is gekozen om voor de toekomstige afvalwaterzuivering uit te gaan van drie varianten:

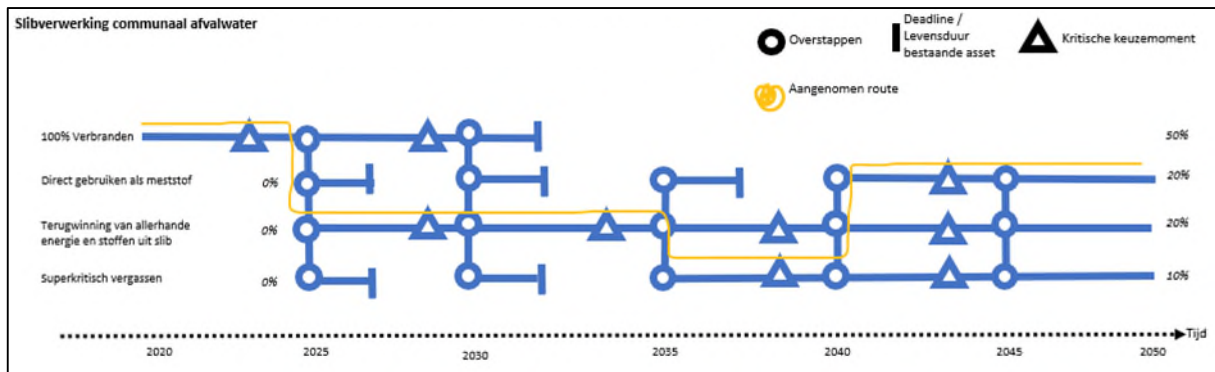
- Fysisch-chemische zuivering
- Natuurlijke zuivering
- Verduurzaming van huidige manier van zuiveren

De toekomstige afvalwaterzuivering bestaat dan uit een mix van deze typen. Daarbij gelden de volgende aannames:

- In 2050 is – als stip op de horizon - de bestaande zuivering getransformeerd naar:
 - 50% fysisch-chemisch
 - 25% huidige verduurzamen
 - 25% natuurlijke zuivering
- Vanwege technische beperkingen kan pas vanaf 2030 begonnen worden met de transitie naar fysisch chemische zuivering.
- Het verduurzamen van de bestaande zuivering kan niet tot na 2040 worden uitgesteld
- De keuze betreft de volgorde waarin de transformatie plaatsvindt.

Het gegeven pad geeft een mogelijke volgorde van keuzes weer.

5. Slibverwerking communaal afvalwater



Figuur 14: Pad voor Slibverwerking communaal afvalwater

Slibverwerking is een belangrijk thema voor de waterschappen, ook in de context van circulariteit. Slib bevat waardevolle organische en anorganische stoffen. In volgorde van meest circulair naar minder circulair geldt voor de organische component: gebruik als meststof, terugwinning van waardevolle lange ketens (polymeren), afbreken tot chemische bouwblokken en deze verwerken tot grondstoffen/producten of voor het maken van groen gas, verbranden met zoveel mogelijk energie terugwinning. Voor de anorganische stoffen is dit: gebruik als meststof, gebruik voor andere hoogwaardige toepassingen waarbij het onderdeel wordt van een technische of biologische kringloop, inzet als (laagwaardige) bouwstof.

In de stip op de horizon worden de verschillende alternatieven genoemd voor het verbranden van slib als volgt samengevat:

1. Inzetten als meststof
2. Bron van energie en grondstoffen
3. Superkritisch vergassen

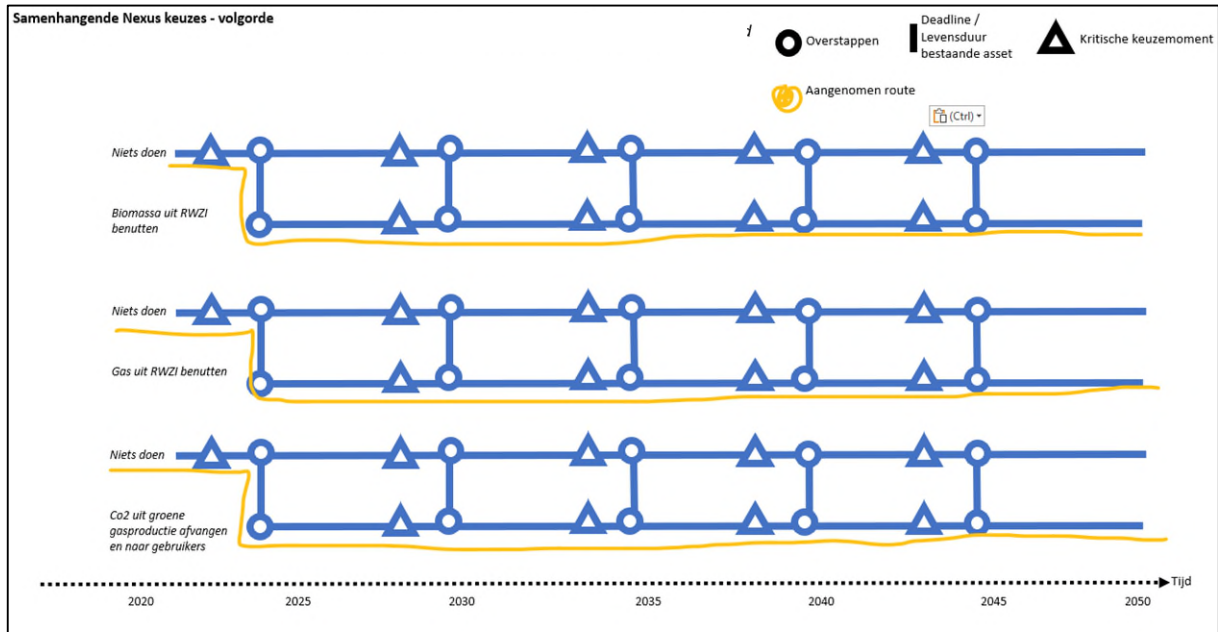
De onderzoekers gaan er bij dit pad vanuit dat elk van deze toepassingen in de toekomst in de praktijk wordt gebracht. Dat leidt tot de volgende aannames:

- Transitie: 100% verbranden naar:
 - 50% verbranden
 - 20% meststof
 - 20% terugwinning energie en stoffen
 - 10% superkritisch vergassen
- 100% verbranden kan maximaal 2 keuzemomenten vooruit, daarna moet er transformatie plaatsvinden
- Superkritisch vergassen kan niet in de eerste 2 fases, omdat de techniek niet klaar is
- Direct gebruiken als meststof kan niet in de eerste 3 fases vanwege kwaliteit
- Meer dan 20% van de slibverwerking in 5 jaar veranderen is niet haalbaar/wenselijk
- Minder dan 5% van de slibverwerking in 5 jaar veranderen is niet rendabel
- ∴ versimpelen tot 10% verandering per 5-jaar

Het gegeven pad richt zich eerst op terugwinning, daarna op superkritisch vergassen en ten slotte op inzetten als meststof. Bij het vormgeven van de paden is geen rekening gehouden met mogelijke afschrijvingstermijnen van assets.

Binnen het verbranden kan nog onderscheid worden gemaakt tussen monoverbranden en het slib drogen en inzetten als biobrandstof in de industrie. Het inzetten van slib in de waste-to-chemicals plants kan als voorstadium dienen van superkritisch vergassen.

6. Communaal afvalwaterzuivering verduurzamen



Figuur 15: Pad voor Verduurzaming zuivering communaal afvalwater

Een aantal toepassingen uit de stip op de horizon kunnen samengevat worden onder de noemer verduurzaming communale afvalwaterzuivering:

- Het benutten van biomassa uit de RWZI
- Het benutten van gas uit de RWZI
- Het afvangen en distribueren van CO₂ uit groengasproductie.

Hierbij gelden de volgende aannames:

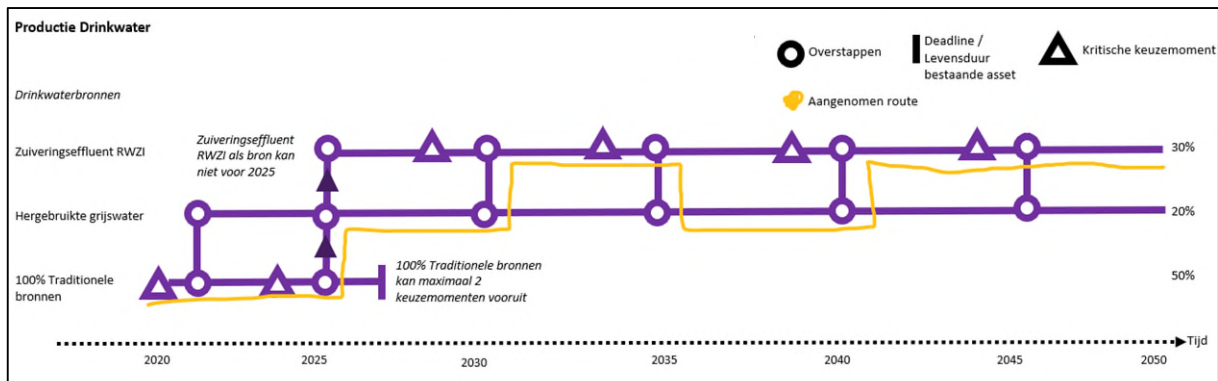
- Het is nodig om de transitie naar al deze nexus maatregelen direct in te zetten
- Deze maatregelen moeten straks gekoppeld worden aan de andere gekozen paden met betrekking tot de zuivering van communaal afvalwater.

Productie drinkwater

Voor de productie van drinkwater zijn vier adaptieve paden ontwikkeld:

1. Drinkwaterbronnen
2. Schaal Productie Drinkwater
3. Modulariteit Productie Drinkwater
4. Type zuivering drinkwater

1. Drinkwaterbronnen



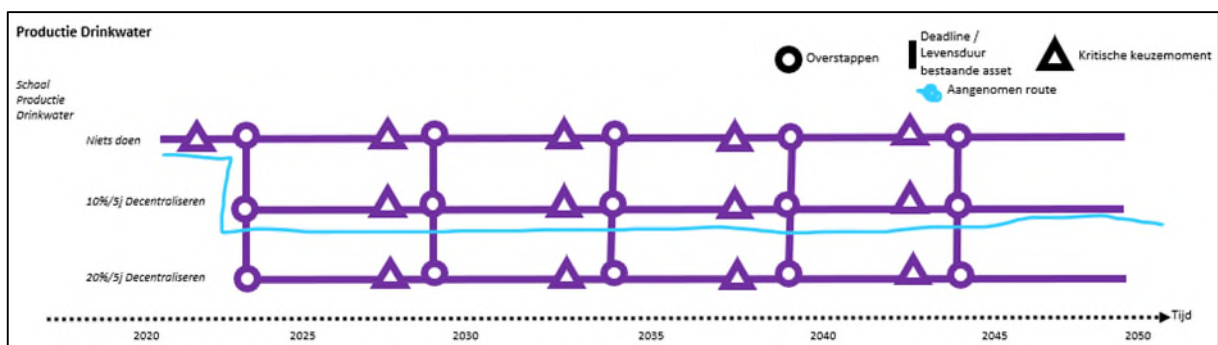
Figuur 16: Pad voor Drinkwaterbronnen

De stip op de horizon voor de hypothetische referentiestad stelt als doel dat 50% van de drinkwaterproductie uit alternatieve bronnen is. In dit adaptieve pad worden als alternatieve bronnen RWZI-effluent en grijswaterhergebruik overwogen. Dit pad kan eventueel uitgebreid worden met andere alternatieve bronnen. Er gelden de volgende aannames:

- Het gebruik van traditionele bronnen neemt af van 100% naar 50% in 2050
- De nieuwe mix bestaat uit 50% traditioneel, 30% RWZI-effluent en 20% hergebruikt grijswater
- 100% Traditionele bronnen kan maximaal 1 keuzemoment vooruit
- Zuiveringseffluent RWZI als bron kan niet voor 2025 door (juridische) belemmeringen
- Om 50% te veranderen in 5 fases van 5 jaar, 25 jaar, is 10%/fase nodig
- Overstappen op 2 nieuwe bronnen tegelijkertijd is uitgesloten (versimpeling)
- In bestaande bouw wordt alleen drinkwaterkwaliteit geleverd
- In nieuwbouw zijn ook andere waterkwaliteiten mogelijk
- Drinkwatergebruik wordt aanzienlijk gereduceerd door inzet hemelwater en cascadering watergebruik: hemelwater voor de tuin en een enkele WC-aansluiting (10%).

Het gegeven pad laat zien hoe deze mix geleidelijk tot stand kan komen.

2. Schaal Productie Drinkwater



Figuur 17: Pad voor Schaal productie drinkwater

In de stip op de horizon gaan we uit van ongeveer 40% decentrale drinkwatervoorziening en 60% centraal.

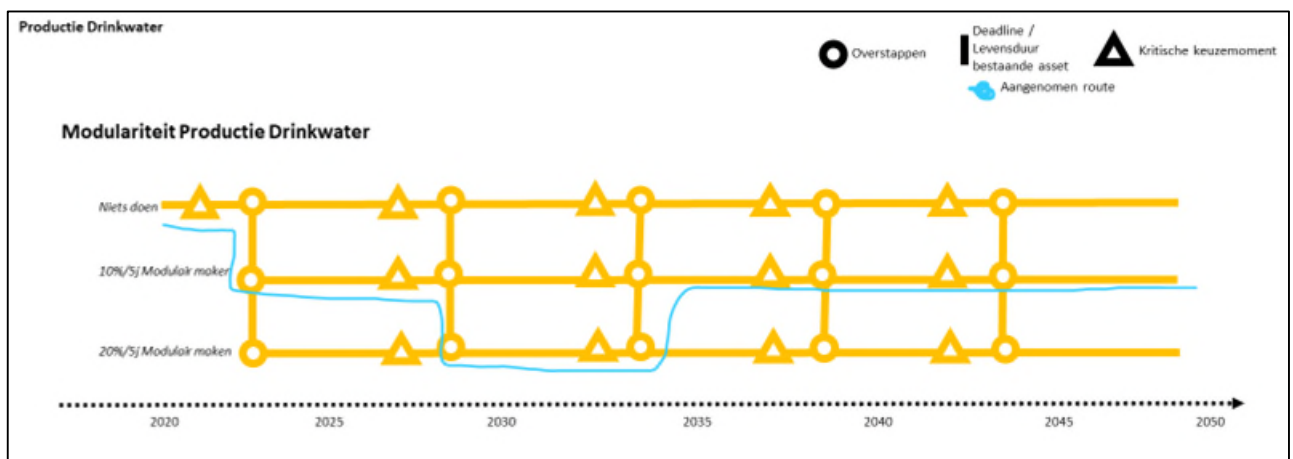
Daarbij gelden de volgende aannames:

- Alle decentrale zuiveringen zijn modulair gebouwd

- Vanaf ongeveer 600 huishoudens (met een debiet vanaf ongeveer 60.000 m³/jaar) komen de kosten voor decentrale zuivering in de orde grootte uit van het centraal geleverde drinkwater. *N.B. Om de kwaliteit van het drinkwater te waarborgen heeft de wetgever, afhankelijk van het type analyse, de frequentie van deze analyses vastgesteld, waarbij sommige parameters dagelijks, andere wekelijks moeten worden gemeten. Deze analyses zijn onafhankelijk van het debiet en kosten ongeveer €20.000/jaar.*
- Decentraal > 600 woningen = 0,85% van hypothetisch stadje (150,000 mensen, 70,000 woningen) = afgerond naar 1%
- Decentraal < 10,000 woningen = 15% van hypothetisch stadje (150,000 mensen, 70,000 woningen)
- Een bestaande centrale zuivering uit bedrijf stellen kan pas wanneer de decentrale zuiveringen al werken.
- Meer dan 20% van de huishoudens op decentrale drinkwaterzuiveringen aansluiten in 5 jaar is niet haalbaar/wenselijk.
 - ∴ om 40% centraal onverdeeld in decentraal modulair te veranderen is minimaal 10 jaar nodig. Steeds 3 mogelijkheden: 0% centraal-->decentraal; 10% centraal-->decentraal; 20% centraal-->decentraal

Het gegeven pad geeft een geleidelijke transitie weer van 10% per jaar. Het tempo is afhankelijk van de nieuwbouw/transformatie van bestaande bouw.

3. Modulariteit Productie Drinkwater



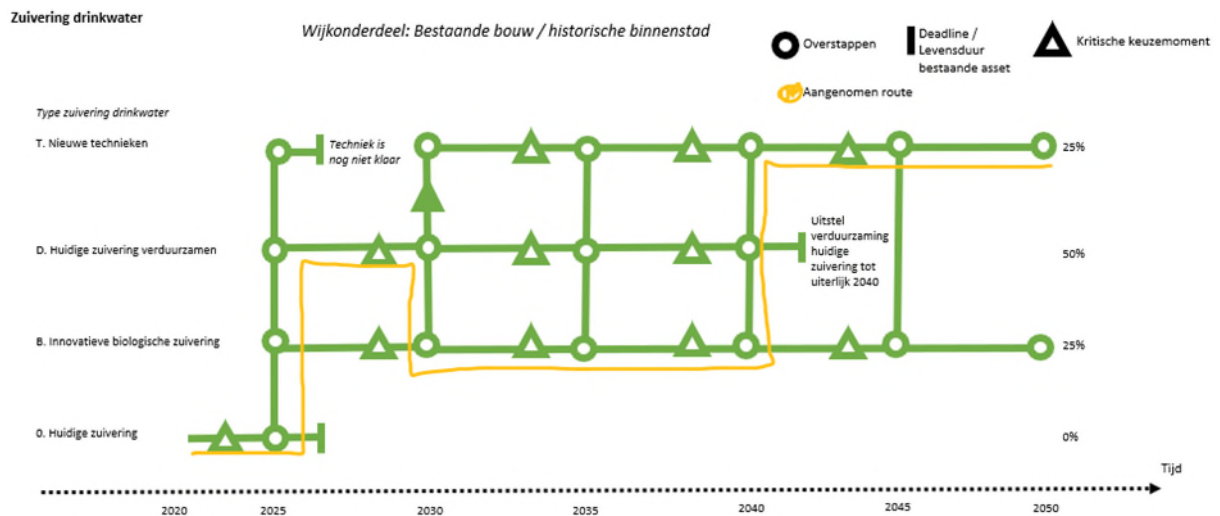
Figuur 18: Pad voor Modulariteit productie drinkwater

In de stip op de horizon is als doel gesteld dat de drinkwaterzuivering in 2050 modulair is gebouwd. In de andere paden zijn we uitgegaan van een transitie naar 40% decentrale zuiveringen, die eveneens modulair zijn. Dan resteert dus nog 60% van de bestaande zuiveringen die modulair moeten worden gemaakt. Dat gaat onder de volgende aannames:

- Keuzes per 5 jaar zijn 0%, 10% of 20%
- Om in 5 stappen 60% modulariteit te realiseren is minimaal 1 stap van 20% nodig

Het gegeven pad geeft een geleidelijke transitie naar modulaire zuivering weer. In de praktijk zal het gekozen tempo afhangen van de levensduur van de bestaande assets.

4. Type zuivering drinkwater



Figuur 19: Pad voor Type zuivering drinkwater

In de stip op de horizon wordt een reeks toepassingen genoemd waarmee het waterzuiveringsproces verduurzaamd kan worden of die onderdeel zijn van nieuwe zuiveringstechnieken. Omdat er in de komende decennia zeker innovaties zullen plaatsvinden die we nu nog niet kennen, laten we in de route ook ruimte voor “nieuwe technieken”. Verder is de geprojecteerde transitie van de drinkwaterzuivering vergelijkbaar met die van de afvalwaterzuivering. Hier gelden de volgende aannames:

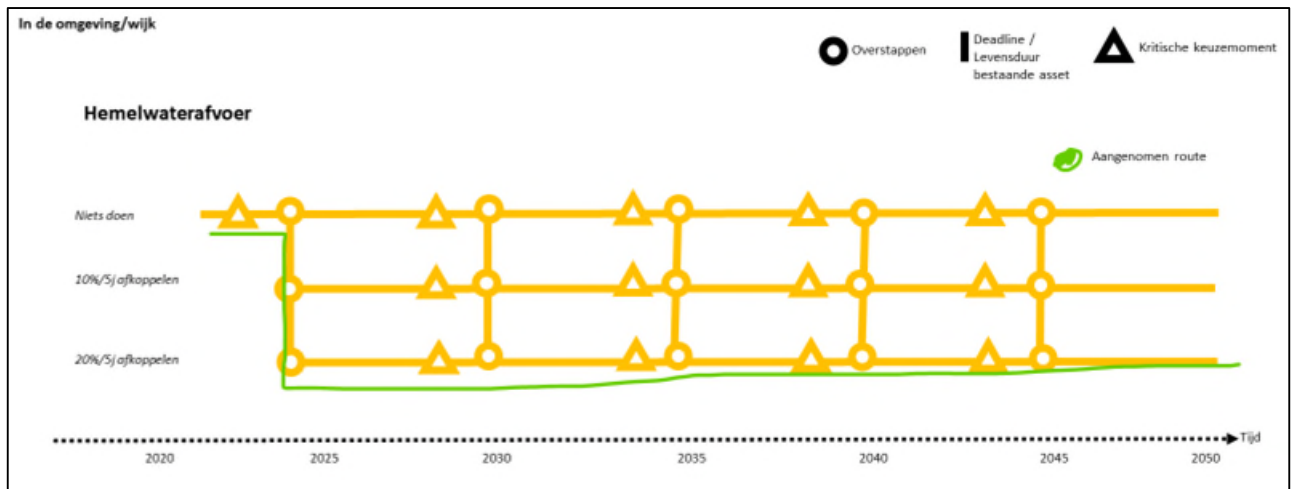
- Transitie: 100% huidige zuivering naar
 - 50% huidige verduurzamen
 - 25% Innovatieve biologische zuivering
 - 25% Nieuwe technieken
- Eerste fase kunnen nieuwe technieken niet, omdat ze nog niet klaar zijn.
- Verduurzamen bestaande zuivering kan je niet tot na 2040 uitstellen
- Alle drie de maatregelen zijn nodig
- Niets doen is geen optie
- Keuze betreft volgorde
- Meer dan 50% van de bestaande drinkwaterzuivering in 5 jaar verduurzamen is niet haalbaar/wenselijk.
 - ∴ om 25% huidige zuivering te veranderen in een nieuw type is minimaal 5 jaar nodig
 - ∴ om 50% van de bestaande zuiveringen te verduurzamen is 10 jaar nodig

In de omgeving/wijk

De toepassingen in de omgeving zijn weergegeven in twee adaptieve paden:

1. Hemelwaterafvoer
2. Samenhangende Nexus-keuzes

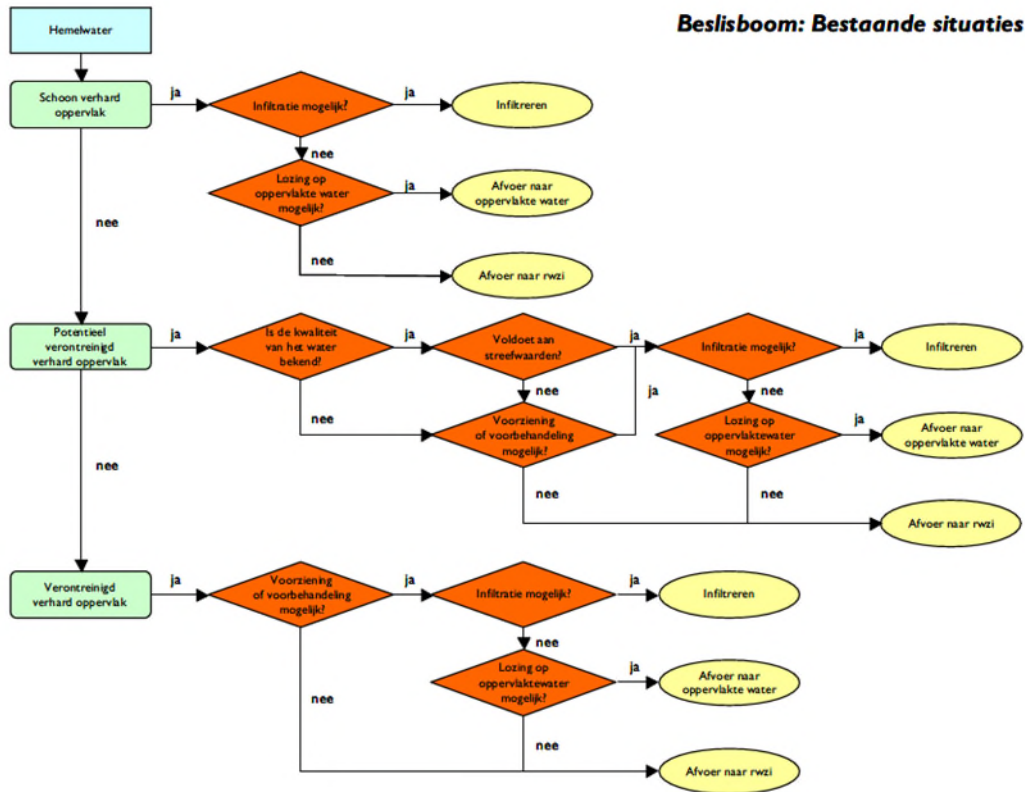
1. Hemelwaterafvoer



Figuur 20: Pad voor Hemelwaterafvoer

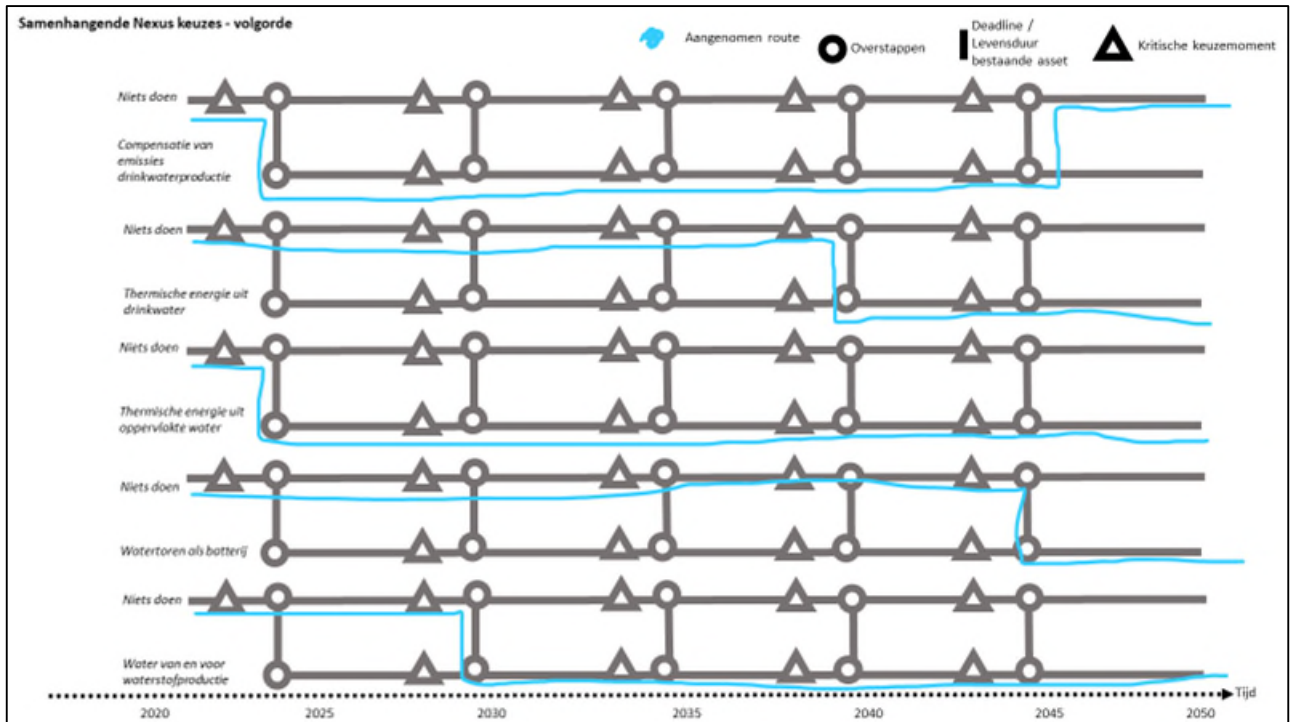
De stip op de horizon gaat uit van 100% afkoppeling van hemelwater. Daarbij gelden de volgende aannames (zie ook de beslisboom in figuur 21):

- Afkoppelen van hemelwater van het riool van 15% in 2020 naar 100% in 2050
- Meer dan 20% afkoppelen in 5 jaar is niet haalbaar/wenselijk (maximaal 4%/jaar)
- Waar infiltreren mogelijk is heeft dat de voorkeur, alleen in deze specifieke situatie met bestaande bouw / historische binnenstad en gezien maaiveld, grondtype en grondwaterniveau is maximaal 50% infiltreren mogelijk
- Afkoppeling vindt plaats per straat, en waar infiltreren mogelijk is, wordt daarvoor gekozen, dus er zijn geen reële opties qua volgorde of type



Figuur 21: Beslisboom Hemelwaterafvoer

2. Samenhangende Nexus keuzes



Figuur 22: Pad voor samenhangende Nexuskeuzes

Het laatste transitiepad bestaat uit een combinatie van keuzes in de water-grondstoffen-energie nexus die gezamenlijk bijdragen aan een meer circulair watersysteem. De aannames voor deze paden zijn als volgt:

- Maatregelen met de grootste effect eerst doen
- Niet alles tegelijkertijd

Hieruit volgt een pad waarin iedere vijf jaar een ander onderdeel wordt ingezet.

Conclusies en aanbevelingen



Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport hebben we de methodiek en resultaten van de backcasting gepresenteerd. Back casten is een intensief en complex proces, zeker als het om zoiets omvattend gaat als de circulaire economie. Visies worden dikwijls breed en abstract geformuleerd. Dat heeft als voordeel dat mensen het zich makkelijk kunnen eigen maken en er hun eigen specifieke (gewenste) invulling aan kunnen geven. Om goed te kunnen back casten is er echter een specifiek en concreet toekomstbeeld nodig. Die concreetheid maakt het resultaat ook vatbaar voor kritiek. Het is makkelijker om het oneens te zijn met iets concreets dan met iets dat breder interpreteerbaar is, en soms past een concrete techniek of maatregel niet in een specifieke context.

De resultaten van de backcasting moeten dan ook niet als voorschrift worden gezien, maar als instrument voor strategische discussie. Wat betekenen de adaptieve paden die de onderzoekers hebben opgesteld? Welke speelruimte is er voor de toekomst? Welke grenzen gelden er aan die speelruimte? Hoe hangen de verschillende keuzes met elkaar samen? Dit zijn strategische vragen die aan de hand van de routekaarten besproken kunnen worden.

Naast de routekaarten levert backcasting inzicht op over:

- *kennisvragen* waar waterorganisaties antwoord op moeten hebben om de gekozen routekaart te kunnen bepalen en bewandelen (bewuste onwetendheid)
- *innovatiebehoefte*s van waterorganisaties wat betreft tools en technieken om de gekozen routekaart te kunnen bewandelen (bewuste onbekwaamheid)
- *keuzemomenten* wanneer de waterorganisaties wel/niet moeten investeren in de volgende stap van de routekaart om de doelen voor 2050 te halen (bewuste termijnen)

Kennisvragen

Algemeen

- Bij het ontwikkelen van de adaptieve paden is maar beperkt rekening gehouden met mogelijke afschrijvingstermijnen (technische en economische levensduur) van assets. Hoeveel impact heeft een afschrijvingstermijn op de adaptieve paden in een werkelijke situatie, en hoe weegt bijvoorbeeld efficiëntieverbetering op tegen afschrijving?
- Onder welke omstandigheden is het rendabel (vanuit CE perspectief – zie donut model) om gebouwen in wijken met bestaande bouw/historische binnenstad vroegtijdig af te schrijven en nieuwbouw te realiseren, met de beoogde energie- en watertransities in het achterhoofd?
- Hoe hangen de keuzes op de verschillende metrokaarten samen, bijvoorbeeld ‘productie drinkwater uit zuiveringseffluent RWZI’ en ‘schaal zuivering communaal afvalwater’, en zijn de onderlinge relaties bepalend voor welke adaptieve paden voordelig zijn en welke niet?
- In hoeverre accepteren andere spelers (bijv. energiebedrijven, gemeenten, bewoners) de stip op de horizon voor een circulaire waterketen in 2050, en op welke aspecten zijn er mogelijke synergievoordelen en waar wringt het?
- Is het op lange termijn voordelig om mee te gaan in de groeiende vraag naar drinkwater, of is het stellen van grenzen (eindigheid) juist een stimulans voor innovatie en voor waardering van water?

Scorecard

- In hoeverre is achteruitgang op een aantal kenmerken van het sociaal fundament (bijv. comfort, veiligheid) geoorloofd tegenover verlaging van de druk op het ecologisch plafond?
- In hoeverre lopen de antwoorden op deze vraag uiteen, en tussen welke belanghebbenden zijn de verschillen het grootst (ambigüiteit)?

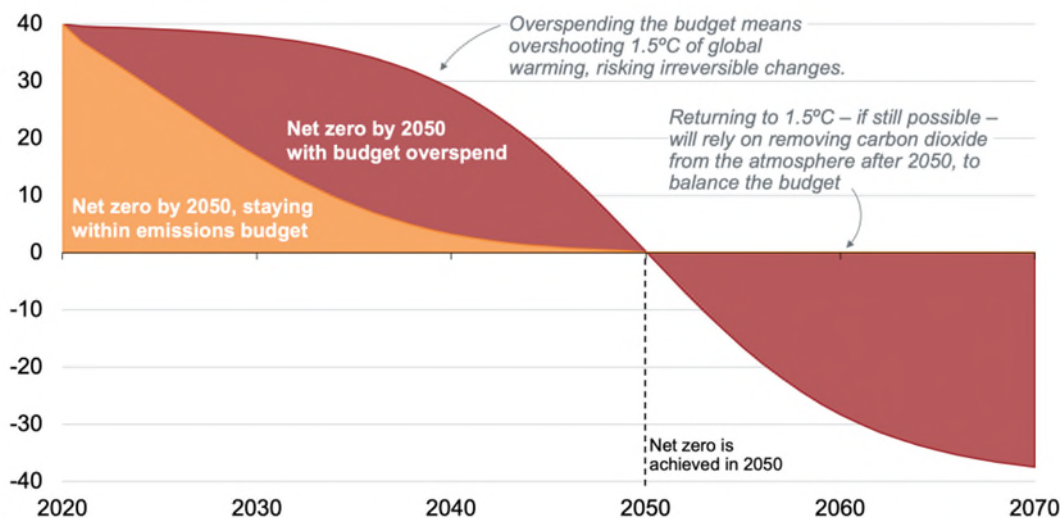
- In hoeverre is de Scorecard Tool¹¹ met “De 16 kenmerken van een circulaire waterketen” geschikt als hulpmiddel om de duurzaamheid van verschillende ontwerpscenario's, oplossingen en/of adaptieve paden van waterbedrijven en waterschappen te beoordelen.
- Welke integrale duurzaamheidscriteria worden onderbelicht door de focus op circulariteit?

Specifieke toepassingen

- Wat zijn de consequenties (en de benodigde aanpassingen) van de overstap naar deels decentrale zuiveringen op bestaande distributienetwerken?
- Welke schaal van drinkwaterproductie is het meest efficiënt voor het benutten van RWZI effluent als bron?
- Wie is eigenaar van de decentrale zuiveringen, wie heeft zeggenschap daarover? Wie is verantwoordelijk voor het functioneren daarvan?
- Wat betekenen de innovaties richting een circulaire waterketen voor realisatie en beheer van een wijk?
- Hoe kunnen we de organische stof in slib zo schoon krijgen dat het kan dienen als meststof?
- Welke waardevolle lange organische ketens behalve cellulose, PHA en Kaumera zijn er nog terug te winnen uit slib en hoe?
- Hoe haal je meer mineralen en stikstof uit slib voordat het verbrand wordt? (terugwinning uit as kost veel chemicaliën en energie).
- Hoe kan brijn/concentraat uit membraantechnologie (zuivering oppervlaktewater, grondwater, effluent) circulair verwerkt worden met terugwinning van stoffen?
- Hoe zorg je voor volledige terugwinning van stikstof, mineralen en hoogwaardige lange organische ketens in combinatie met superkritisch vergassen?
- Hoe zien bij decentrale drinkwaterzuivering de reststoffen eruit en hoe worden die gerecycled?
- Hoe ziet een efficiënte inzameling en verwerking van stromen die vrijkomen bij decentrale sanitatie eruit? Hoe kunnen nutriënten uit decentrale sanitatie direct lokaal ingezet worden?
- Wat te doen met de moeilijk afbreekbare organische verbindingen die vrijkomen bij hoge druk en temperatuurbehandeling van slib?
- Hoe kies je tussen conflicterende opties voor slibverwerking en hoe voorkom je lock-in?
- Als er wordt overgeschakeld op een bronaanpak voor problematische stoffen, hoe lang zou het duren voordat er minder geavanceerde zuiveringen nodig zijn voor het verwijderen van problematische stoffen uit afvalwater, en drinkwater?
- Onder welke omstandigheden is superkritisch vergassen een passende oplossing voor slibverwerking?
- Welke koppelkansen zijn er tussen waterstofproductie (een snel groeiende techniek voor de circulaire economie) en andere oplossingen in de watersector.

¹¹ Segrave, A. et al., Operationalisering Circulaire Economie principe voor de waterketen, BTO WiCE 2020

The world has an emissions budget it must stay within to meet the 1.5°C goal of the Paris Agreement

GRATTAN
InstituteGlobal annual CO₂ emissions (billions of tonnes)

Innovatiebehoefte

- Een concurrerende fysisch-chemische zuivering voor communaal afvalwater.
- Het wegnemen van juridische belemmeringen voor direct gebruik van slib als meststof (indien het schoon genoeg is).
- Oplossingen om de kleine volumes/tonnages slib als meststof interessant te maken voor marktpartijen.
- Versnelde implementatie en opschaling van innovatieve biologische zuivering voor drinkwaterproductie.
- Doorontwikkeling en implementatie van TEO, TEA, TED technieken.
- Een early warning meetnet om de (grond)waterkwaliteit nauwkeuriger te volgen en een brongerichte aanpak te ondersteunen.
- Verbeterde technieken voor productie van drinkwater uit RWZI-effluent en/of hergebruikt grijswater, inclusief oplossingen voor het bewaken van de volksgezondheid.
- Een decentrale productielocatie voor drinkwaterzuivering (schaal: > 600 woningen, < 10,000 woningen) binnen een bestaand, centraal distributienetwerk met analyse van de voor- en nadelen.
- Onderzoek naar koppelkansen tussen de aanleg van waternetten en vervangingsopgaves van drinkwaterdistributienetwerk en rioolleidingen.
- Onderzoek naar de voor- en nadelen van TEO voor de kwaliteit van de bronnen (lagere temperatuur).

Keuzemomenten

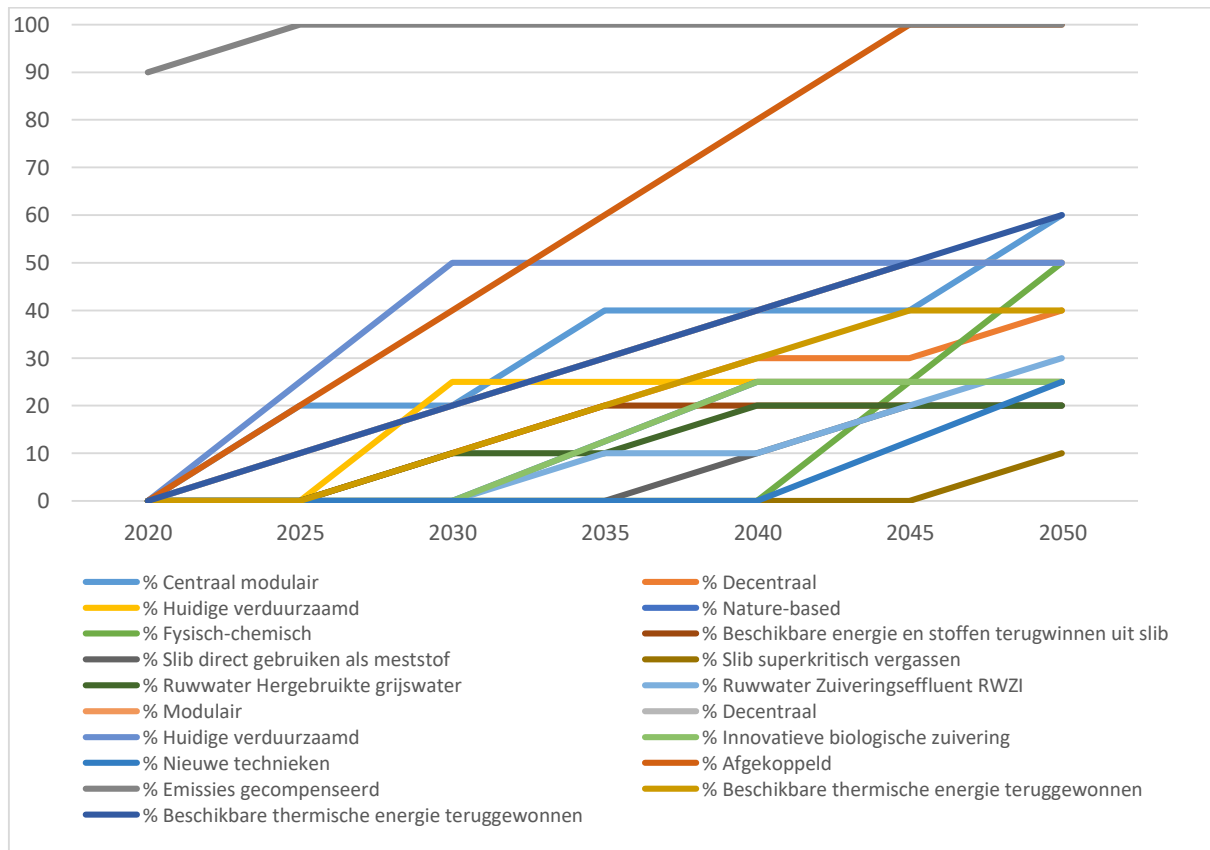
- Het is nodig om nu al te beginnen met plannen als we alle zuiveringsinstallaties voor communaal afvalwater in 2050 modulair willen hebben.
- Overstappen op een bronaanpak van problematische stoffen (medicijnresten, PFAS) is urgent.
- Bij elke gelegenheid (vervangingsopgave, nieuwbouw) hemelwater afkoppelen (zie beslisboom Figuur 21), ook wanneer de straat wordt opgehaald voor andere opgaves (elektriciteitsnet, warmtenet, drinkwaternet).
- Zo snel mogelijk biomassa en gas uit de RWZI's benutten.
- CO₂ uit groengasproductie afvangen en beschikbaar maken voor gebruikers.

Bijlages

Samenvatting Resultaten

Onderstaande grafieken en tabellen laten de backcasting zien voor de paden in elk van de drie gebiedstypen

Bestaande bouw / historische binnenstad



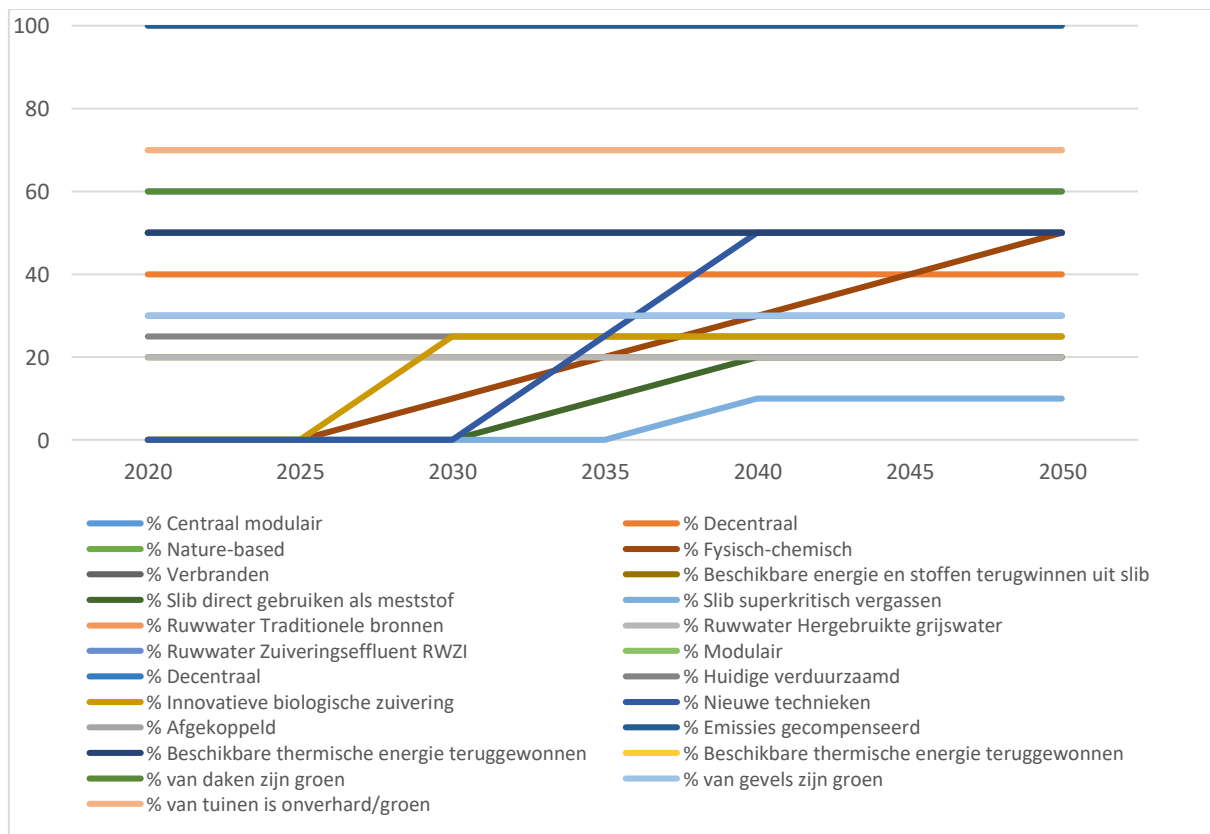
Samenvatting gekozen pad binnen aannames voor wijkonderdeel bestaande bouw / historische binnenstad

Kenmerk	Eenheden	Tijdshorizon						
		2050	2045	2040	2035	2030	2025	2020
Modulariteit zuivering communaal afvalwater	% <i>Centraal modulair</i>	60	40	40	40	20	20	0
Schaal zuivering communaal afvalwater	% <i>Decentraal</i>	40	30	30	20	10	0	0
Proces zuivering communaal afvalwater	% <i>Huidige zuivering</i>	0	25	50	62,5	75	100	100
Proces zuivering communaal afvalwater	% <i>Huidige verduurzaam d</i>	25	25	25	25	25	0	0

Proces zuivering communaal afvalwater	% Nature-based	25	25	25	12,5	0	0	0
Proces zuivering communaal afvalwater	% Fysisch-chemisch	50	25	0	0	0	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Verbranden	50	60	70	80	90	100	100
Slibverwerking communaal afvalwater	% Beschikbare energie en stoffen terugwinnen uit slib	20	20	20	20	10	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib direct gebruiken als meststof	20	20	10	0	0	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib superkritisch vergassen	10	0	0	0	0	0	0
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Traditionele bronnen	50	60	70	80	90	100	100
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Hergebruikte grijswater	20	20	20	10	10	0	0
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Zuiveringseffluent RWZI	30	20	10	10	0	0	0
Modulariteit productie drinkwater	% Modulair	50	50	40	30	20	10	0
Schaal productie drinkwater	% Decentraal	50	50	40	30	20	10	0
Proces zuivering drinkwater	% Huidige zuivering	0	12,5	25	37,5	50	75	100
Proces zuivering drinkwater	% Huidige verduurzaamd	50	50	50	50	50	25	0
Proces zuivering drinkwater	% Innovatieve biologische zuivering	25	25	25	12,5	0	0	0
Proces zuivering drinkwater	% Nieuwe technieken	25	12,5	0	0	0	0	0
Hemelwaterafvoer	% Afgekoppeld	100	100	80	60	40	20	0
Compensatie van emissies waterketen	% Emissies gecompenseerd	100	100	100	100	100	100	90
Thermische energie uit drinkwater	% Beschikbare thermische energie teruggewonnen	40	40	30	20	10	0	0

Thermische energie uit oppervlakte water	% Beschikbare thermische energie teruggewonnen	60	50	40	30	20	10	0
Groene daken	% van daken zijn groen	25	25	25	20	15	10	5
Groene gevels	% van gevels zijn groen	5	5	5	4	3	2	1
Groene tuinen	% van tuinen is onverhard/groen	50	50	50	50	40	30	20

Nieuwbouw



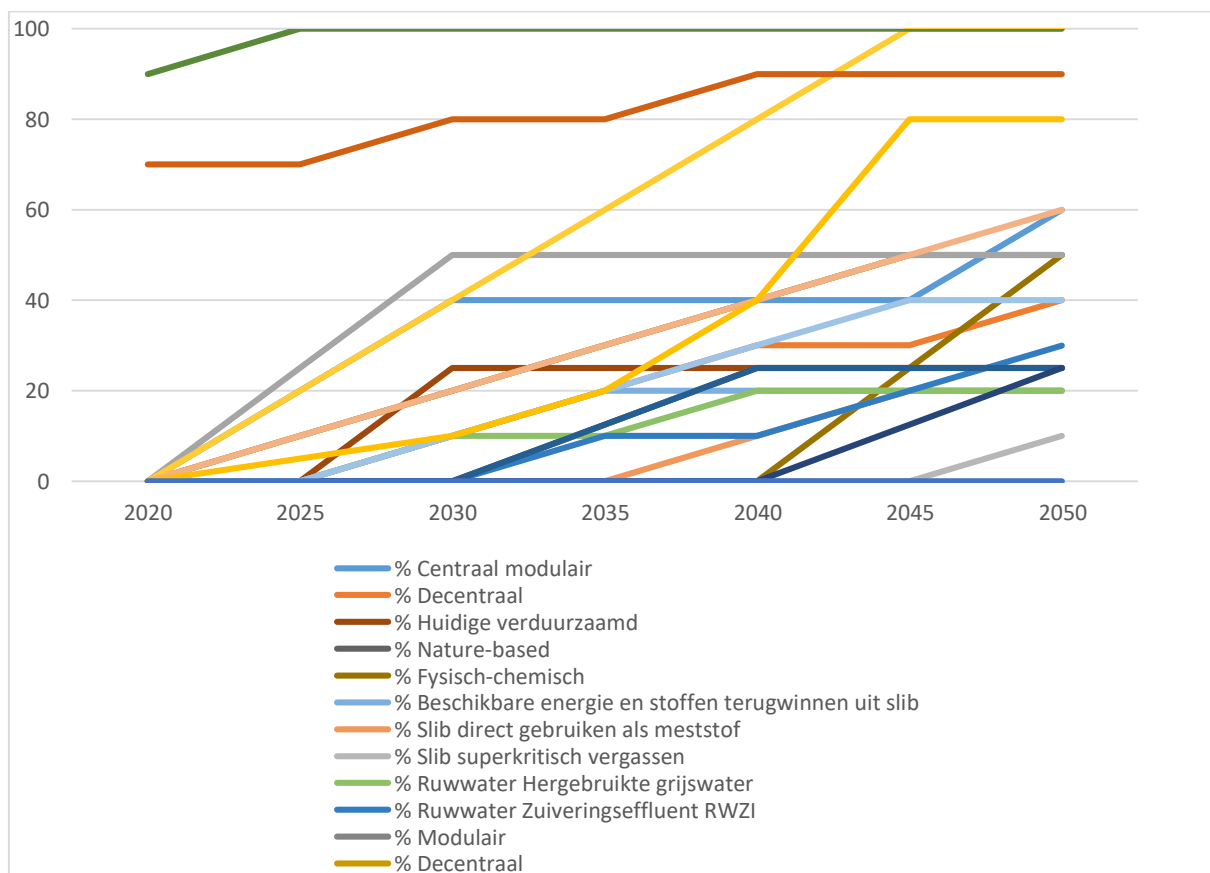
Samenvatting gekozen pad binnen aannames voor wijkonderdeel Nieuwbouw

Schaal zuivering communaal afvalwater	% Centraal modulair	60	60	60	60	60	60	60
Schaal zuivering communaal afvalwater	% Decentraal	40	40	40	40	40	40	40
Proces zuivering communaal afvalwater	% Huidige zuivering	0	0	0	0	0	0	0

Proces zuivering communaal afvalwater	% Huidige verduurzaamd	0	0	0	0	0	0	0
Proces zuivering communaal afvalwater	% Nature-based	50	60	70	80	90	100	100
Proces zuivering communaal afvalwater	% Fysisch-chemisch	50	40	30	20	10	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Verbranden	50	50	50	50	50	50	50
Slibverwerking communaal afvalwater	% Beschikbare energie en stoffen terugwinnen uit slib	20	20	20	20	20	20	20
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib direct gebruiken als meststof	20	20	20	10	0	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib superkritisch vergassen	10	10	10	0	0	0	0
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Traditionele bronnen	50	50	50	50	50	50	50
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Hergebruikte grijswater	20	20	20	20	20	20	20
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Zuiveringseffluent RWZI	30	30	30	30	30	30	30
Modulariteit productie drinkwater	% Modulair	50	50	50	50	50	50	50
Schaal productie drinkwater	% Decentraal	50	50	50	50	50	50	50
Proces zuivering drinkwater	% Huidige zuivering	0	0	0	0	0	0	0
Proces zuivering drinkwater	% Huidige verduurzaamd	25	25	25	50	75	100	100
Proces zuivering drinkwater	% Innovatieve biologische zuivering	25	25	25	25	25	0	0
Proces zuivering drinkwater	% Nieuwe technieken	50	50	50	25	0	0	0
Hemelwaterafvoer	% Afgekoppeld	100	100	100	100	100	100	100
Compensatie van emissies waterketen	% Emissies gecompenseerd	100	100	100	100	100	100	100
Thermische energie uit drinkwater	% Beschikbare thermische energie	50	50	50	50	50	50	50

	<i>teruggewonnen</i>								
Thermische energie uit oppervlakte water	% Beschikbare thermische energie teruggewonnen	70	70	70	70	70	70	70	70
Groene daken	% van daken zijn groen	60	60	60	60	60	60	60	60
Groene gevels	% van gevels zijn groen	30	30	30	30	30	30	30	30
Groene tuinen	% van tuinen is onverhard/groen	70	70	70	70	70	70	70	70

Platteland / Landbouw



Samenvatting gekozen pad binnen aannames voor wijkonderdeel Platteland / Landbouw

Schaal zuivering communaal afvalwater	% Centraal modulair	60	40	40	40	40	20	0
Schaal zuivering communaal afvalwater	% Decentraal	40	30	30	20	10	0	0

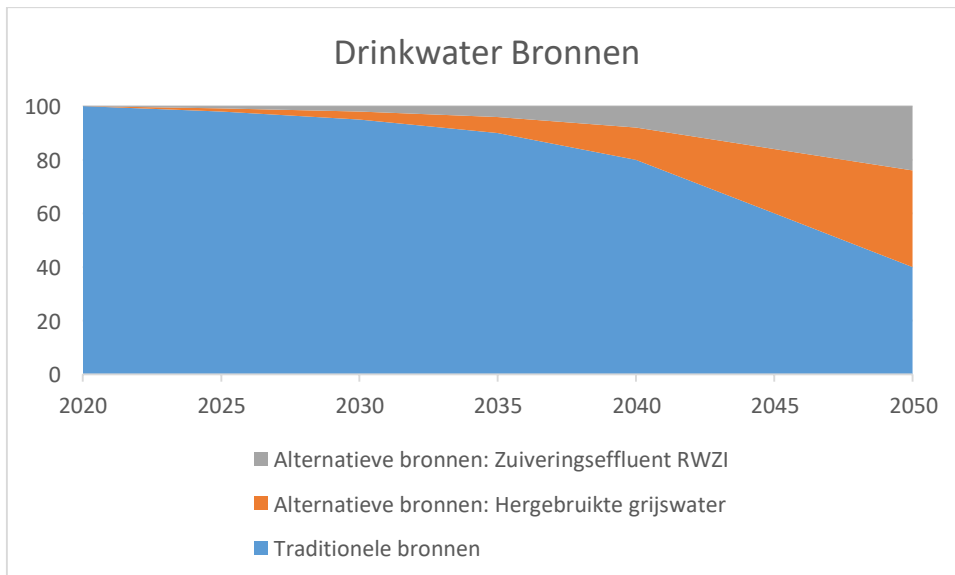
Proces zuivering communaal afvalwater	% Huidige zuivering	0	25	50	62,5	75	100	100
Proces zuivering communaal afvalwater	% Huidige verduurzaam d	25	25	25	25	25	0	0
Proces zuivering communaal afvalwater	% Nature-based	25	25	25	12,5	0	0	0
Proces zuivering communaal afvalwater	% Fysisch-chemisch	50	25	0	0	0	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Verbranden	50	60	70	80	90	100	100
Slibverwerking communaal afvalwater	% Beschikbare energie en stoffen terugwinnen uit slib	20	20	20	20	10	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib direct gebruiken als meststof	20	20	10	0	0	0	0
Slibverwerking communaal afvalwater	% Slib superkritisch vergassen	10	0	0	0	0	0	0
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Traditionele bronnen	50	60	70	80	90	100	100
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Hergebruikte grijswater	20	20	20	10	10	0	0
Bronnen productie drinkwater	% Ruwwater Zuiveringseffluent RWZI	30	20	10	10	0	0	0
Modulariteit productie drinkwater	% Modulair	50	50	40	30	20	10	0
Schaal productie drinkwater	% Decentraal	50	50	40	30	20	10	0
Proces zuivering drinkwater	% Huidige zuivering	0	12,5	25	37,5	50	75	100
Proces zuivering drinkwater	% Huidige verduurzaam d	50	50	50	50	50	25	0
Proces zuivering drinkwater	% Innovatieve biologische zuivering	25	25	25	12,5	0	0	0
Proces zuivering drinkwater	% Nieuwe technieken	25	12,5	0	0	0	0	0
Hemelwaterafvoer	% Afgekoppeld	100	100	80	60	40	20	0
Compensatie van emissies waterketen	% Emissies gecompenseerd	100	100	100	100	100	100	90
Thermische energie uit drinkwater	% Beschikbare	40	40	30	20	10	0	0

	<i>thermische energie teruggewonnen</i>								
Thermische energie uit oppervlakte water	% Beschikbare thermische energie teruggewonnen	60	50	40	30	20	10	0	
Groene daken	% van daken zijn groen	80							
Groene gevels	% van gevels zijn groen	0							
Groene tuinen	% van tuinen is onverhard/groen	90							

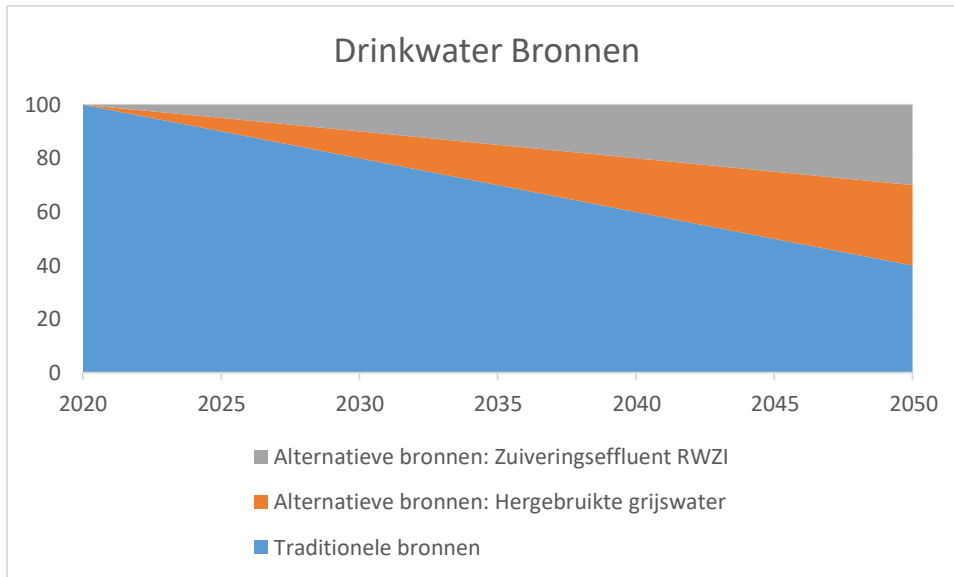
Discussie: visuele weergave adaptatiepaden

De backcasting van een stip op de horizon die uit zoveel niet gekwantificeerde onderdelen bestaat, blijkt een forse uitdaging. Afgezien van de kwantificering van het eindpunt, zijn er oneindig veel mogelijkheden om tussenstappen te definiëren kwantificeren. Dat kan leiden tot zeer complexe visuele weergaven.

Voor deze rapportage hebben we tabellen ontwikkeld die daarna in paden zijn gevat. Naast de tabellen of paden is een grafiek een mogelijke visualisatiemethode. In Figuur 23 en Figuur 24 zijn twee paden (gelijkmatig versus uitstellen) voor de transitie naar alternatieve drinkwaterbronnen gegeven.



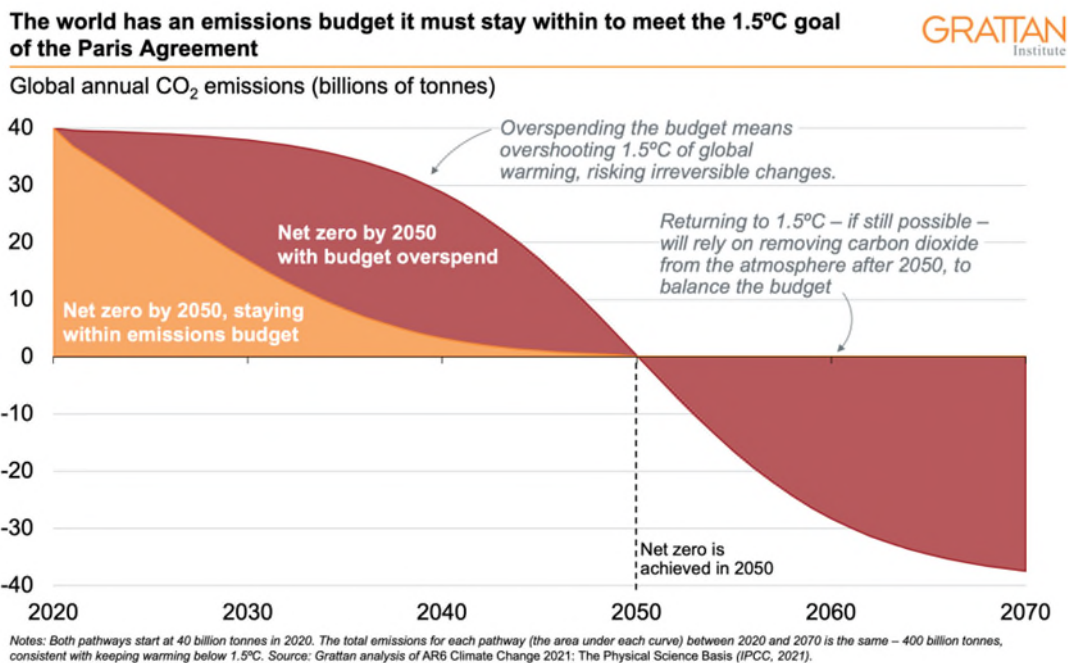
Figuur 23: Grafiek voor weergave backcasting (uitstellen)



Figuur 24: Grafiek voor weergave backcasting (gelijkmatig)

Hoewel het eindpunt hetzelfde is, is er een aanzienlijk verschil in de uitwerking van de twee paden. De oppervlakte van de verschillende vlakken geeft de belasting van de verschillende brontypen weer. Bij een strategie van uitstellen, zal er een groter beslag gelegd worden op traditionele bronnen, hoewel de stip op de horizon wel wordt gerealiseerd.

Dit idee is in meer detail uitgewerkt voor het doel 'net zero CO₂ emissies voor 2050'. Het gekozen pad is van groot belang voor de klimaatuitkomsten (Figuur 25).



Figuur 25: Grafiek Backcasting CO₂ emissions

Dit kan een overweging zijn bij het kiezen van een bepaalde visuele weergave.

Geraadpleegde experts

De volgende experts zijn geraadpleegd ten behoeve van de vertaling van de Stip op de Horizon naar de adaptieve paden:

Aalke Lida de Jong, Aqua Minerals

Kees Roest, KWR

Coert Petri, Vallei & Veluwe

Roberta Hofman-Caris, KWR

Peter van Thienen, KWR

Gijsbert Cirkel, KWR

Marcel Paalman, KWR

WiE