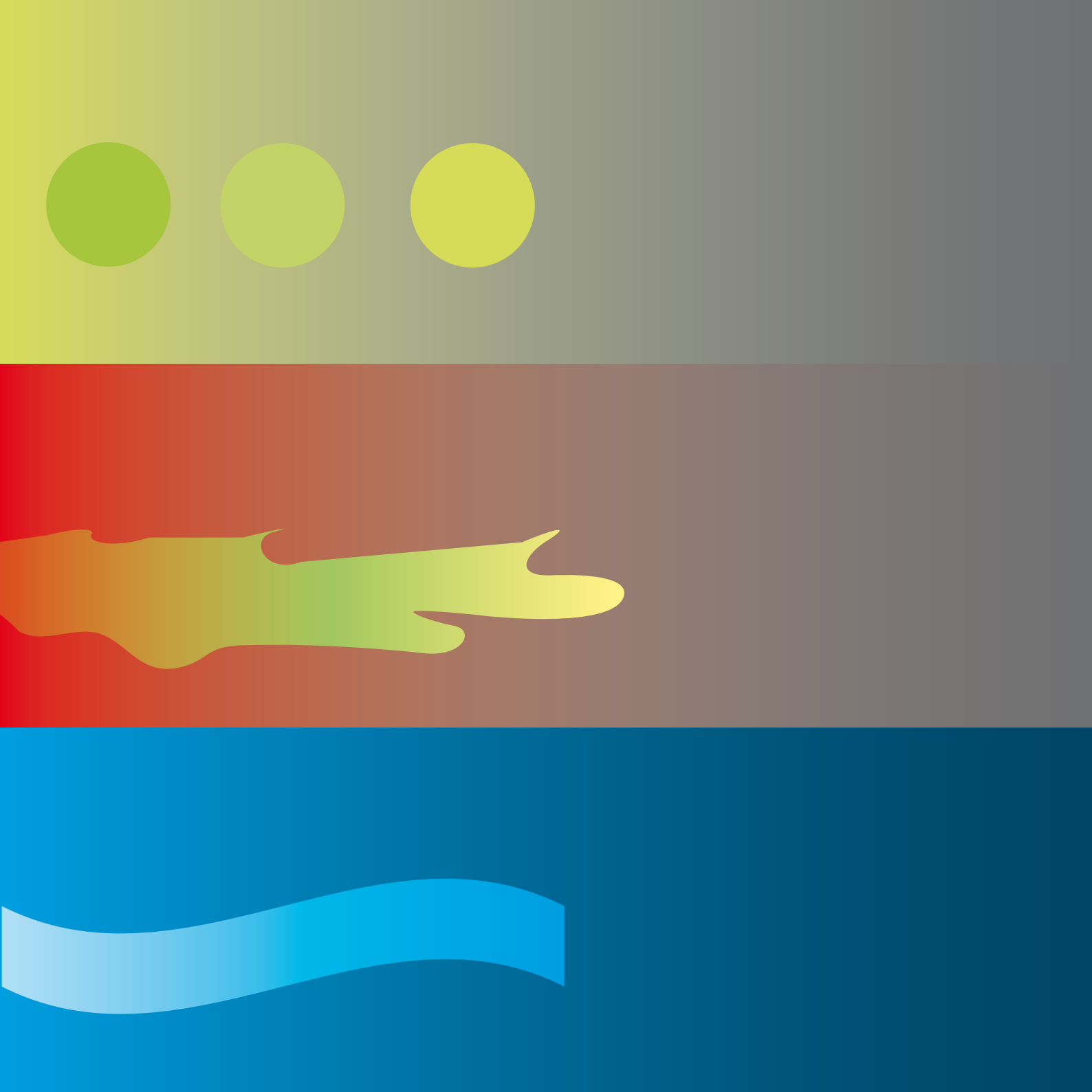


stowa

STICHTING  
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

# OP WEG NAAR DE RWZI 2030





**OP WEG NAAR DE RWZI VAN 2030**

# NEWater



Het op een hoog niveau inzamelen en zuiveren van afvalwater is in de laatste decennia in Nederland volstrekt vanzelfsprekend geworden. Omdat de watersector dit zo goed georganiseerd heeft, gaat er ook weinig aandacht naar uit. En dat is niet helemaal terecht: juist in deze sector zijn in de afgelopen decennia veel innovaties tot stand gekomen en gerealiseerd. Daarmee toont de sector haar slagkracht aan om bij vigerend beleid steeds weer te komen met effectieve nieuwe en betaalbare oplossingen.

Ook in deze tijd van een dreigend tekort aan grondstoffen heeft de (afval)watersector zich verenigd om hierbij vooral kansen te zien. Was in de eerste helft van de vorige eeuw de volksgezondheid de uitdaging (afvalwater de stad uit), kreeg in de tweede helft van de vorige eeuw de gezondheid van het waterecosysteem de aandacht (emissies minimaliseren), wordt de eerste helft van deze eeuw er één van grondstoffen terugwinnen. In het project RWZI 2030 NL is dit uitgewerkt in een drietal richtingen: nutriënten, energie en water (**NEW**). Ook voor de Nederlandse situatie belangrijke grondstoffen waarvoor een tekort wordt voorspeld.

Het project is op unieke wijze tot stand gekomen:

1. Vanuit het internationale waternetwerk de Global Water Research Coalition (GWRC) is de vraag gekomen om na te denken over de toekomst van de afvalwaterzuiveringsinstallaties. Hoe ziet de RWZI er in de toekomst uit? Ook in het licht van de wereldwijde druk op grondstoffen. De Nederlandse bijdrage aan deze discussie zijn de resultaten van deze studie.
2. In Nederland is vanuit de meerjarenaafspraken energie-efficiency (MJA3) de behoefte ontstaan bij de Unie van Waterschappen en Agentschap NL (voorheen SenterNovem) om de toekomst van de watersector in een breder kader te beschouwen. In een 'Voorstudie' is dit voor de gehele waterketen in beeld gebracht.
3. Tenslotte wordt vanuit het ministerie van VROM een Langetermijn visie waterketen opgesteld, waarin ook beelden worden geschetst voor de toekomst.

Deze verschillende trajecten zijn deels samen opgepakt, bijvoorbeeld in consultatie van de sector, gezamenlijke workshops en in afstemmingsoverleggen. Daardoor is de sector nu in staat om een gezamenlijke visie op de toekomst van de Nederlandse (afval)waterketen te presenteren.

De RWZI blijft een centrale plek waar afvalwater binnenkomt, maar is nadrukkelijker een integraal onderdeel van de omgeving. De RWZI van de toekomst is de NEWater fabriek, waar afval een grondstof is geworden. Steeds vooruitkijkend: op weg naar 2030.

Amersfoort, april 2010

*De directeur van de STOWA* ir. J.M.J. Leenen



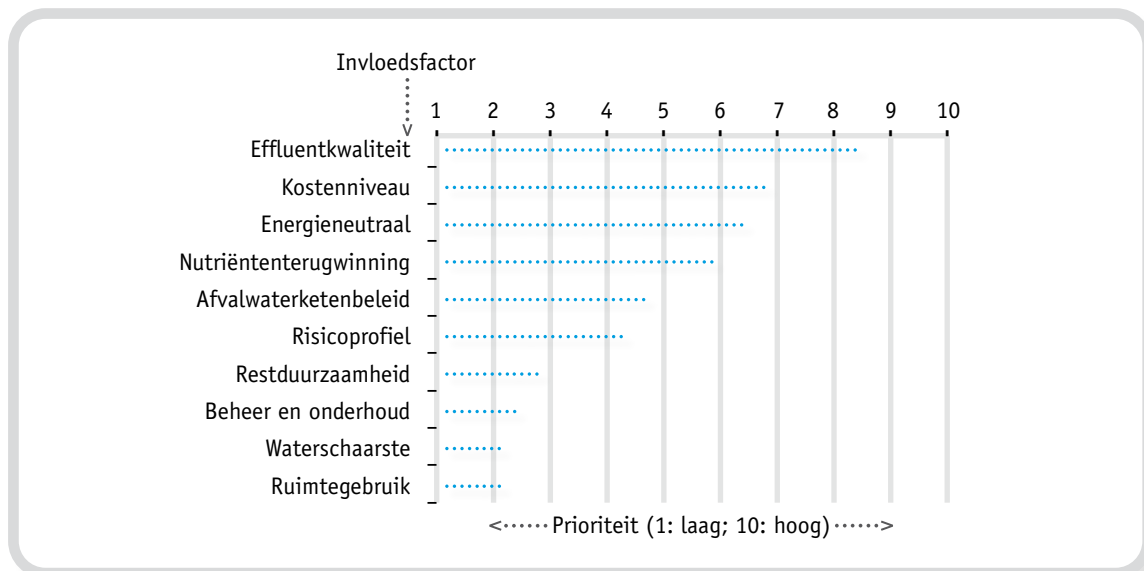
# SAMENVATTING

De Global Water Research Coalition (GWRC) heeft eind 2008 het initiatief genomen na te denken over de toekomst van de stedelijke waterketen met als doelstelling een 'energie- en klimaatneutrale waterketen in 2030'. In het GWRC deelproject 'Roadmap to revamp wastewater treatment operations to meet 2030 goals' wordt door een deel van de deelnemende landen een project uitgevoerd gericht op een verdere uitwerking van de communale afvalwaterzuivering 2030. De internationale trekker is de Public Utility Board (PUB) van Singapore. Om een goede input te leveren aan dit project is door de STOWA het project RWZI 2030 NL uitgevoerd. Door de toekomstige trends en ontwikkelingen nauwgezet in beeld te brengen kan de STOWA een goed beeld krijgen bij de toekomstige onderzoeksbehoeften. Het resultaat van deze studie vormt daarmee een belangrijke input voor de onderzoeksagenda van de STOWA en de waterschapssector als geheel.

Dit project heeft het doel ontwerpschetsen voor de RWZI van 2030 op te stellen, om van daaruit onderzoeksbehoeften te benoemen. In dit project is gekozen om te werken met de methode van het scenariodenken, om daarmee toekomstscenario's op te stellen die voldoen aan verschillende maatschappelijke ontwikkelingen. Scenariodenken heeft als voordeel dat op een gestructureerde manier gezocht wordt naar nieuwe beelden en ontwikkelingen. Tijdens workshops is gebruik gemaakt van een bestaande methode afkomstig uit het document 'Toekomstmuziek in de waterketen' (WaterKIP, 2005).

Het afvalwatersysteem heeft van oudsher het primaire doel de volkgezondheid te beschermen via een veilige afvoer en verwerking van humane afvalstoffen. Daarnaast is het doel de oppervlaktewaterkwaliteit en het milieu te beschermen door het voorkomen van lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten. Ook in de toekomst zal het afvalwatersysteem deze primaire doelen behouden. In de komende decennia zullen het anticiperen op klimaatverandering en het vergroten van duurzaamheid leidend zijn bij de verdere ontwikkeling van de (afval)waterketen. Op basis van de trends en ontwikkelingen zijn invloedsfactoren benoemd en geprioriteerd, zie figuur 1. Daaruit is naar voren gekomen dat de factoren effluentkwaliteit, kostenniveau, energieneutraal en nutriëntenterugwinning de belangrijkste aanvullende invloedsfactoren zijn voor een toekomstige RWZI.

De invloedsfactoren effluentkwaliteit, energieneutraal en nutriëntenterugwinning zijn allen gericht op het produceren van een bepaald product. Bij de invloedsfactor effluentkwaliteit staat de kwaliteit van het product water centraal, zodat het ingezet kan worden als bijvoorbeeld koelwater, proceswater, landbouw-

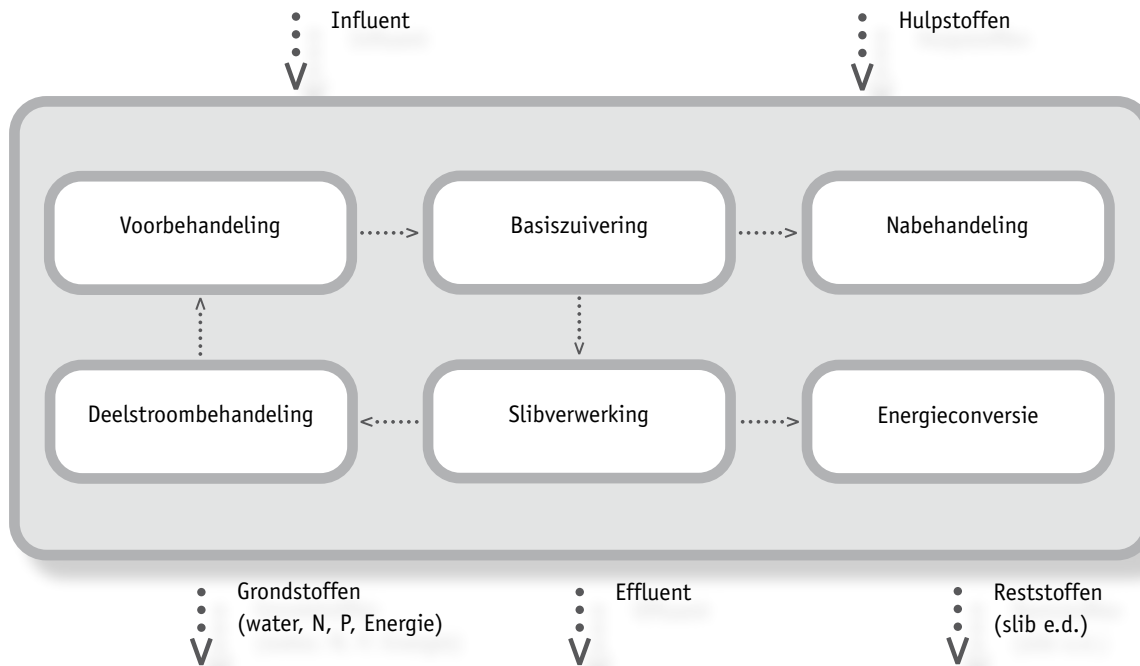


Figuur 1. Geprioriteerde invloedsfactoren voor de RWZI 2030.

water, natuurwater of drinkwater. Kortom, wanneer een RWZI wordt ingericht volgens de invloedsfactor effluentkwaliteit ontstaat een **‘Waterfabriek’**. Een RWZI waarbij de invloedsfactor energieneutraal centraal staat, gaat voor een **‘Energiefabriek’**. Wanneer nutriëntenterugwinning de doelstelling is, ontstaat de **‘Nutriëntenfabriek’**. Bij elk van deze fabrieken zal in de praktijk de factor kostenniveau een belangrijke invloed hebben op de haalbaarheid en de uiteindelijke configuratie.

Een RWZI kan ruwweg worden onderverdeeld in zes verschillende processtappen: voorbehandeling, basiszuivering, nahandeling, slibverwerking, energieconversie en deelstroombehandeling. Via dit procespalet is het mogelijk om voor een willekeurige toekomstige RWZI de benodigde processtappen te selecteren en per processtap een keuze te maken voor een bepaalde techniek of technologie. Bij deze keuze dient rekening gehouden te worden met de specifieke randvoorwaarden van technieken. Sommige technieken zijn voor de werking namelijk afhankelijk van de gebruikte voorbehandeling. Vanwege deze samenhang tussen de processtappen dient ook het geheel goed beoordeeld te worden. Bij de opbouw van het procespalet is rekening gehouden met de belangrijkste factoren die van invloed kunnen zijn op de configuratie van de RWZI 2030.





Figuur 2. Procespalet als hulpmiddel bij het configureren van een toekomstige RWZI.

In de praktijk kan het de ambitie zijn om zowel een **N**utriëntenfabriek, **E**nergiefabriek als **W**aterfabriek te realiseren. Samengesteld ontstaat dan de **NEWaterfabriek**. De uiteindelijke configuratie van de **NEWaterfabriek** zal mede afhankelijk zijn van de mogelijkheden die de omgeving biedt. De centrale vraag hierbij zal zijn waar de producten het meest effectief en efficiënt geproduceerd kunnen worden. Het antwoord op deze vraag zal grotendeels afhankelijk zijn van de schaalgrootte van de RWZI en de directe kansen in de omgeving. Ook de productie van bijvoorbeeld energie in een verbrandingscentrale, de externe opwerking van effluent tot proceswater en de productie van grondstoffen bij een slibverwerkingsbedrijf, dragen bij aan de realisatie van een NEWaterfabriek. Kortom, de ketenafhankelijkheid voor het bereiken van de NEWaterfabriek is groot.

Bij de totstandkoming van het ontwerp voor een NEWaterfabriek zijn uitgangspunten een belangrijk sturend principe. De volgende overwegingen zullen daarbij ondermeer een rol gaan spelen:

- Wordt het effluent van de RWZI geloosd op het oppervlaktewater of zal het als een nuttige waterbron worden ingezet? In het eerste geval zal het effluent moeten voldoen aan de gestelde lozingeisen. In het tweede geval is voor bijvoorbeeld koelwater en proceswater de kostprijs bepalend voor de haalbaarheid.

Als effluent een extra zuiveringsstap krijgt met als doel het water in het achterliggende gebied te houden voor functies als landbouwwater of zwemwater, moet er evenwicht zijn tussen maatschappelijke kosten en baten.

- Kan bij het ontwerpen van de RWZI van de toekomst rekening worden gehouden met het behalen van synergie met de omgeving? Voor de **Waterfabriek** en **Energiefabriek** is dit cruciaal omdat het uit kostenoverweging voordeliger is als water, energie en warmte in een bepaalde straal om de RWZI kan worden geleverd. Dit aspect biedt ook kansen om de RWZI als synergielocatie te kenmerken of de RWZI te situeren in nabijheid van synergiepartners.

Naast uitgangspunten zal de haalbaarheid van een ontwerpsschets tevens worden beïnvloed door de opgelegde randvoorwaarden:

- Het primaire doel de volkgezondheid te beschermen door een veilige afvoer en verwerking van menselijke afvalstoffen.

- De oppervlaktewaterkwaliteit en het milieu te beschermen door het voorkomen van lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten en het beperken van de lozing van stoffen met een nadelig effect op de volksgezondheid en/of het aquatisch milieu zoals medicijnresten, hormonen en zware metalen.

- Voor zowel **Waterfabriek**, **Energiefabriek** als **Nutriëntenfabriek** geldt dat er een gegarandeerde afzet moet zijn voor respectievelijk water, energie en/of warmte en nutriënten.

- Met de verkoop van producten krijgt het waterschap er nog een andere taak bij, namelijk marketing. Goede marketing is noodzakelijk om een goede continue afzet van de producten te waarborgen.

Vanwege de ruime keus aan bewezen technieken, technieken die nog volop in ontwikkeling zijn maar ook technieken die we nu nog niet kennen, dient het configureren van de toekomstige RWZI met de nodige zorg doorlopen te worden. Hierbij gelden onder meer de volgende aandachtspunten:

- Het is van belang dat de processtappen goed op elkaar zijn afgestemd om voor de gekozen ontwerprichting een uitgebalanceerde RWZI te ontwerpen.

- Bij het ontwerpen van de RWZI van de toekomst is het aanbevelingswaardig om, vanwege de lange levensduur van een RWZI, niet alleen het risicoprofiel te bepalen, maar ook een toekomstprofiel vast te stellen, zodat kan worden geanticipeerd op toekomstige ontwikkelingen. Bijvoorbeeld het modulair bouwen van de RWZI borgt in deze flexibiliteit zodat op (onvoorziene) ontwikkelingen ingespeeld kan worden. Toepassen van 'no regret' oplossingen verdient dan ook de voorkeur.

- Omdat in de afvalwaterketen en gekoppelde slibketen veel ketengerichte optimalisaties kunnen worden behaald, is het aan te bevelen hier rekening mee te houden en daarin altijd de ketenverantwoordelijkheid in acht te blijven nemen.

Dit project is gestart om vanuit de situatie anno 2010 een visie te ontwikkelen op de RWZI in 2030, vanuit het Nederlandse perspectief. Parallel hieraan heeft het visievormend traject rond de toekomst van de waterketen (de Voorstudie) gelopen. Het resultaat van dit project staat in de paragrafen hierboven beschreven. De belangrijkste vraag die nu nog voor ligt is: welke stappen zou de Nederlandse watersector nu moeten zetten om de huidige RWZI's te ontwikkelen in de richting van NEWaterfabrieken.

Een belangrijke constatering is dat het draagvlak voor verdere ontwikkeling van de NEWaterfabriek groot is. Een brede vertegenwoordiging van de waterschappen heeft in het traject van de RWZI 2030 NL en in de Voorstudie een bijdrage geleverd en is mede eigenaar van het hier gepresenteerde eindresultaat. Het brede draagvlak is ook noodzakelijk om nu gezamenlijk stappen te zetten. De RWZI 2030 NL is daarmee richtinggevend voor het toekomstige onderzoek van de sector om deze omslag ook in de praktijk te kunnen waarmaken.

Concrete onderzoeksvragen die daarbij naar voren komen hebben te maken met kennisontwikkeling en kennisuitwisseling. Daarbij wordt gedacht aan een

- Inventarisatie van technologieën en ervaring van buiten Nederland;
- Uitwerken van concrete businesscases;
- Formuleren en concretiseren van onderzoeksvragen;
- Opzetten van onderzoeklijnen rond de drie thema's **N** Nutriënten, **E** Energie en **W** Water;
- Uitwerking van integrale concepten die **N**, **E** en **W** met elkaar kunnen verbinden .

Naast het benodigde draagvlak wordt aanbevolen om de uitwerking op een meer programmatische wijze vorm te geven voor de drie thema's en voor het integratiethema (**N**, **E** en **W** samen). De kracht zit daarbij in een bundeling van kennis, enthousiasme, beschikbare middelen en direct gebruik kunnen maken van voortschrijdend inzicht. Door daarbij continue een relatie te leggen tussen onderzoek en praktijk, wordt gestimuleerd dat kennisvragen ook leiden tot realistische oplossingen. Commitment voor deze uitwerking is nodig op de verschillende niveau's (beleid, onderzoek, technologie, uitvoering) binnen en buiten de sector, zodat enthousiasme op één niveau ook doorgezet kan worden naar een ander niveau binnen en buiten de organisatie.

De waterschappen zullen zich op deze manier nog krachtiger en toekomstgerichter kunnen profileren om de uitdagingen van de toekomst aan te gaan. Op weg naar de RWZI 2030 NL!



## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	13
1.1	Aanleiding en relevantie	13
1.2	Doel van het project	13
1.3	Werkwijze	14
1.4	Leeswijzer	14
<b>2</b>	<b>PROJECTOPZET</b>	17
2.1	Plan van aanpak	17
2.2	Uitgangspunten	19
<b>3</b>	<b>TOEKOMSTIGE SITUATIE</b>	21
3.1	Autonome trends en ontwikkelingen	21
3.2	Invloedsfactoren voor de RWZI 2030	25
3.3	Toekomstbeelden RWZI 2030	28
3.4	Vorstudie Zuiveringsbeheer	30
<b>4</b>	<b>Procespalet voor de RWZI</b>	35
4.1	Toelichting	35
4.2	Voorbehandeling	36
4.3	Basiszuivering	38
4.4	Nabehandeling	40
4.5	Slibverwerking	41
4.6	Deelstroombehandeling	43
4.7	Energieconversie	45
<b>5</b>	<b>ONTWERPSCHETSEN RWZI 2030</b>	49
5.1	RWZI <b>Waterfabriek</b>	49
5.2	RWZI <b>Energiefabriek</b>	54
5.3	RWZI <b>Nutriëntenfabriek</b>	59
<b>6</b>	<b>OP WEG NAAR DE RWZI VAN 2030</b>	65
6.1	Het startpunt	65
6.2	De routeplanner	68
6.3	Het vervolgtraject	73
	Literatuurlijst	75
	Bijlagen: overzicht Deelnemerslijst	78

A dynamic background image showing water splashing from a pipe on the left side. The water is captured in mid-air, creating a spray of droplets and bubbles. The overall color palette is a range of blues, from light sky blue to deep, dark navy blue. In the upper right, a white dotted line forms a partial rectangular shape. On the left side, there are several grey geometric shapes: a vertical bar at the top, a diagonal bar below it, and a series of five circles stacked vertically. At the bottom left, there is a grey L-shaped graphic element.

**H1**

# INLEIDING

## 1.1 AANLEIDING EN RELEVANTIE

Wereldwijd zijn trends en ontwikkelingen waar te nemen die van invloed zijn op de inrichting van de afvalwaterketen in de toekomst. Hierbij kan gedacht worden aan het dreigende tekort aan fosfaten, strengere regelgeving vanuit de EU wat betreft effluenteisen en het produceren van groene energie op de afvalwaterzuiveringsinstallatie. Welke trends en ontwikkelingen een belangrijke rol gaan spelen in de afvalwaterketen is tot op heden onduidelijk. Voor de (afval)watersector is het van groot belang dit inzichtelijk te maken om tijdig in te kunnen spelen op veranderingen in de omgeving. Dit maakt het mogelijk de beschikbare middelen optimaal te benutten, onderzoek op deze thema's af te stemmen en daarmee de vooraanstaande positie van de Nederlandse watersector te behouden.

De Global Water Research Coalition (GWRC) heeft eind 2008 het initiatief genomen na te denken over de toekomst van de stedelijke waterketen met als doelstelling een 'energie- en klimaatneutrale waterketen in 2030'. In het GWRC deelproject 'Roadmap to revamp wastewater treatment operations to meet 2030 goals' wordt door een deel van de deelnemende landen een project uitgevoerd gericht op een verdere uitwerking van de communale afvalwaterzuivering 2030. De internationale trekker is de Public Utility Board (PUB) van Singapore. Om een goede input te leveren aan dit project wordt door de STOWA het project RWZI 2030 NL uitgevoerd.

Door de toekomstige trends en ontwikkelingen nauwgezet in beeld te brengen kan ook de STOWA een goed beeld krijgen bij de toekomstige onderzoeksbehoeften. Het resultaat van deze studie vormt daarmee een belangrijke input voor de onderzoeksagenda van de STOWA en de waterschapssector als geheel.

## 1.2 DOEL VAN HET PROJECT

Het doel van dit project is het ontwikkelen van ontwerpschetsen voor rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) in 2030. Binnen de afvalwaterzuivering speelt op dit moment een aantal ontwikkelingen, zoals maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO), de **Energiefabriek** en het terugwinnen van grondstoffen. Dit onderzoek heeft het doel de huidige trends en ontwikkelingen zo volledig mogelijk in beeld te brengen. Daarnaast gaat veel aandacht uit naar mogelijk toekomstige trends en ontwikkelingen.

Om te komen tot schetsen van ontwerpen voor de RWZI's, is het van belang een richtinggevende toekomstvisie op te stellen. Aan de hand van deze visie zijn verschillende configuraties van de RWZI opgesteld. Door deze ontwerpschetsen met de huidige stand van zaken te vergelijken, kan bepaald worden welke maatregelen in de toekomst (zeer waarschijnlijk) nodig zijn. Dit resulteert in de centrale vraag: Welke trends en ontwikkelingen zijn van invloed op de toekomstige RWZI en welke maatregelen zijn nodig om hieraan te beantwoorden?

### 1.3 WERKWIJZE

Om de centrale vraag te beantwoorden zijn de volgende activiteiten in chronologische volgorde uitgevoerd:

- **Literatuuronderzoek.** Om inzicht te krijgen in lopende trends en ontwikkelingen, van toepassing op de toekomstige RWZI, zijn uiteenlopende toekomstverkenningen en onderzoeksstudies geraadpleegd.
- **De uitvoering van een eerste workshop (15 september 2009).** Deze workshop had vooral het doel ideeën te genereren om te kunnen voldoen aan de wensen en eisen van de toekomstige situatie.
- **De uitvoering van een tweede workshop (14 oktober 2009).** Aan de hand van de resultaten van de eerste workshop en het literatuuronderzoek is in deze workshop benoemd wat de belangrijkste factoren zijn van invloed op de RWZI 2030 en is gewerkt aan mogelijke configuraties van de RWZI 2030.
- **Analyse van de resultaten.** De resultaten van de tweede workshop zijn vervolgens verder uitgewerkt en gerelateerd aan de huidige situatie door per processtap van de RWZI de kansen en risico's te benoemen.
- **Vertaling resultaten naar de praktijk.** Tijdens de tweede workshop is per factor een ontwerpschets opgesteld. Elk van de ontwerpschetsen is gerelateerd aan de huidige situatie door concrete praktijkvoorbeelden te benoemen
- **Het vervolgtraject.** Vanuit de huidige situatie is uiteengezet welke route gevolgd kan worden om tot de RWZI 2030 te komen en welke onderzoeken op dit moment lopen die hieraan een bijdrage leveren.

### 1.4 LEESWIJZER

Deze rapportage is onderverdeeld in 6 hoofdstukken. Hoofdstuk 2 beschrijft de projectopzet en de uitgangpunten zoals gehanteerd bij dit project. Hoofdstuk 3 beschrijft de belangrijkste autonome trends en ontwikkelingen, met daarbij de invloed die deze trends en ontwikkelingen hebben op de RWZI in 2030. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de belangrijkste invloedsfactoren voor de configuratie van de RWZI. Hoofdstuk 3 sluit af met een beschrijving van de resultaten van het parallel lopende project 'Vorstudie Zuiveringsbeheer'. Hoofdstuk 4 bevat een overzicht van de bekende zuiveringstechnieken per processtap met de belangrijkste kenmerken. Aan de hand van deze kenmerken worden de technieken gerelateerd aan de belangrijkste invloedsfactoren voor de RWZI in 2030. Hoofdstuk 5 gaat verder in op de



belangrijkste invloedsfactoren. Een voorbeeldconfiguratie wordt gepresenteerd en praktijkvoorbeelden ter inspiratie worden besproken. De rapportage sluit af met een hoofdstuk waarin besproken wordt welke kennis reeds aanwezig is in Nederland en op welke gebieden kennisontwikkeling nodig is. Op basis hiervan is in hoofdstuk 6 benoemd wat de belangrijkste uitgangspunten, randvoorwaarden en aandachtspunten zijn voor de realisatie van de RWZI 2030.



H2

# PROJECTOPZET

## 2.1 PLAN VAN AANPAK

Dit project heeft het doel ontwerpschetsen voor de RWZI van 2030 op te stellen. Veel kennis van zuiveringstechnieken is aanwezig bij experts. Bovendien hebben zij een goed beeld van de huidige ontwikkelingen op het gebied van afvalwaterzuivering. Om te komen tot goede gedetailleerde ontwerpen op basis van beschikbare kennis, is het van belang deze experts bij het proces te betrekken. Om deze reden is ervoor gekozen een tweetal workshops te organiseren om uiteindelijk te komen tot ontwerpschetsen van de toekomstige RWZI. In de komende paragrafen wordt besproken hoe deze workshops zijn opgezet.

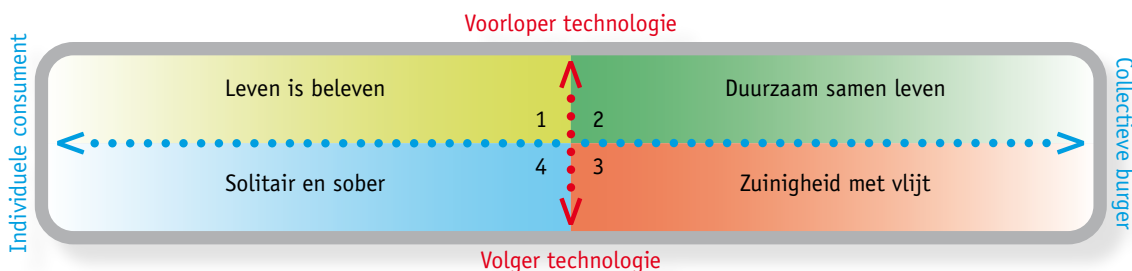
Naast het project RWZI 2030 NL, werden parallel een tweetal andere toekomstverkenningen uitgevoerd. In opdracht van het Ministerie van VROM werd de 'Langetermijnvisie Waterketen' en in opdracht van de Unie van Waterschappen werd het project 'Vorstudie Zuiveringsbeheer' uitgewerkt. De Voorstudie Zuiveringsbeheer werd gefinancierd en ondersteund door SenterNovem (thans Agentschap NL). De drie toekomstverkenningen hebben het doel een realistische toekomstvisie met betrekking tot de afvalwaterketen op te stellen. De overlap in doelgroep van de projecten is groot, toch zijn er ook nuanceverschillen aan te wijzen. De Langetermijnvisie Waterketen richt zich naast de afvalwaterketen op de drinkwatersector en is vooral beeldend uitgewerkt. De Voorstudie Zuiveringsbeheer richt zich juist op de organisatorische kant van de afvalwaterketen en is vooral visionair. Binnen het project RWZI 2030 NL staan de toekomstige technologische aspecten van de rioolwaterzuiveringsinstallaties centraal.

Gezien de overlap in doelgroep en onderzoeksopzet, is besloten de workshops van de Voorstudie Zuiveringsbeheer en RWZI 2030 NL gezamenlijk te organiseren. Ook is regelmatig overleg geweest tussen de beide projectteams. Deze afstemming heeft als bijkomend voordeel gehad dat de toekomstverkenningen goed op elkaar aansluiten en elkaar versterken.

Voorafgaand aan de workshops zijn recente toekomstverkenningen geraadpleegd met als doel de belangrijkste ontwikkelingen in beeld te brengen en deze te relateren aan de RWZI. Voorbeelden van geraadpleegde toekomstverkenningen zijn: De Kartonnen Doos (Koerselman et al., 2003), Langetermijnvisie waterketen 2050 (VROM, 2009), Toekomstmuziek in de waterketen (WaterKIP, 2005), Foresight studies (Techneau), Water and Energy (GWRC, 2008), de Nationale Watervisie (VenW, 2007) en documenten van de website van het DWSI.

Omdat trends en ontwikkelingen onzeker zijn en moeilijk te voorspellen, wordt gebruik gemaakt van scenario's. Voor alle scenario's, maar ook voor tussen vormen is het even waarschijnlijk dat ze realiteit zullen worden. Bovendien is het een autonoom proces dat nauwelijks beïnvloed kan worden. Tijdens de eerste workshop is gebruik gemaakt van een bestaande methode afkomstig uit het document 'Toekomstmuziek in de waterketen' (WaterKIP, 2005). In de WaterKIP studie is voor de gehele waterketen onderzocht wat de toekomstige onderzoeksbehoeften zijn. Dit is gedaan door per scenario aan te geven hoe de toekomst er uit zal zien en welke technische onderzoeksbehoeften hierbij een rol zullen spelen en zijn deze geprioriteerd.

Tijdens de eerste workshop is door een groep experts is per scenario de afvalwaterketen van 2030 in beeld gebracht: wat de belangrijkste kansen en bedreigingen zijn, wat de kenmerkende technologieën zijn en wat de concrete veranderingen in de afvalwaterketen en het proces zullen zijn. De tweede workshop had het doel de resultaten van de eerste workshop te vertalen naar concrete ontwerpschetsen voor de RWZI. Tijdens de workshop zijn de kenmerken van de RWZI per scenario gepresenteerd, gebaseerd op de resultaten van de voorgaande workshop. Op basis hiervan is gekozen voor de kenmerkende toekomstbeelden en de bepalende invloedsfactoren bij de keuze voor zuiveringstechnieken. De belangrijkste invloedsfactoren zijn vervolgens uitgewerkt tot een aantal ontwerpschetsen voor de RWZI in 2030. De ontwerpschetsen van de RWZI geven belangrijke informatie met betrekking tot de technieken die in 2030 centraal zouden kunnen staan bij het ontwerp. Door dit beeld te vergelijken met de huidige situatie, zijn inzichten verkregen in de onderzoeksbehoeften en de aanpassingen die zeer waarschijnlijk plaats gaan vinden op de RWZI.



Figuur 2.1. Drijvende krachten en toekomstbeelden (WaterKIP, 2005).

## 2.2 UITGANGSPUNTEN

Het overgrote deel van het Nederlandse afvalwater wordt gezuiverd op een centrale RWZI. Deze bestaande infrastructuur heeft een lange levensduur en het vervangen ervan vergt een grote investering. Om deze reden zal de centrale RWZI, zeker in bestaande situaties, de komende decennia een dominante rol blijven spelen. Vanwege deze lange levensduur zal tijdig ingespeeld moeten worden op toekomstige trends en ontwikkelingen, zodat de taken ook in de toekomst efficiënt en effectief uitgevoerd worden. Om deze reden richt deze studie zich primair op de RWZI. Daar waar de RWZI direct afhankelijk is van haar omgeving, om de doelen en ambities te bereiken, zal dit benoemd worden. In deze studie wordt tevens rekening gehouden met de toenemende samenwerking in de waterketen. De samenwerking in de waterketen is beleidsmatig verwoord in het Bestuursakkoord Waterketen 2007 (BWK-2007).

Deze studie heeft het doel realistische ontwerpschetsen op te stellen voor de RWZI's in Nederland in 2030. Bij het opstellen van deze ontwerpschetsen is rekening gehouden met een aantal systeemgrenzen, namelijk:

- De samenstelling van de ingaande en uitgaande stromen. Wat zijn de te verwachten veranderingen in: huishoudens, kantoren, ziekenhuizen, zorginstellingen, industrie en reststromen? Bij deze definiëring wordt slib en slibbehandeling ook meegenomen als integraal onderdeel van de afvalwaterzuivering.
- Hoewel de meeste RWZI's er over 30 jaar nog steeds staan, is bij het opstellen van de ontwerpschetsen uitgegaan van een 'groene-weidesituatie'. De bestaande RWZI's kunnen in de loop der tijd aan dit beeld worden aangepast.
- In theorie kan alles lokaal gezuiverd worden, maar is dit wel realistisch? Sommige zaken zijn centraal efficiënter te organiseren, waarbij de schaalgrootte een belangrijke factor is. De ontwerpschetsen zijn er op gericht dat de RWZI alle zuiveringsstappen uitvoert.
- Bij het ontwerp van de RWZI wordt uitgegaan van een betere effluentkwaliteit dan het huidige. Het blijven voldoen aan minimaal de wettelijke regelgeving is bij elk ontwerp een standaard uitgangspunt.
- Sommige dingen mogen nu simpelweg niet, zoals het gebruik van keukenvermalers of het gebruik van slib in de landbouw. Voor het opstellen van de ontwerpschetsen is het toegestaan om over de grenzen van huidige beleid heen te kijken. Bij het ontwerp laten we ons niet beperken door de huidige regels.
- Het primaire doel van de RWZI is het zuiveren van afvalwater en voor een goede waterkwaliteit zorgen. Het is mogelijk dat de waterschappen hun kennis voor meerdere doeleinden in gaan zetten, een multifunctioneel waterschap.
- Rioolwaterzuiveringsinstallaties hebben soms interessante burens. Bij het ontwerp is het mogelijk de omgeving erbij te betrekken voor het creëren van win-win situaties, bijvoorbeeld op het gebied van warmte, water, afval en/of energie.

The image features a dynamic splash of water against a yellow background. A white rounded rectangle is centered over the splash, containing the text 'H3'. On the left side, there is a vertical green bar with a white geometric pattern consisting of a line, a circle, and a line. A horizontal dotted white line is positioned above the splash.

**H3**

# TOEKOMSTIGE SITUATIE

## 3.1 AUTONOME TRENDS EN ONTWIKKELINGEN

Voor het ontwerp van de RWZI in 2030 is het van belang inzicht te hebben in de maatschappelijke trends. Op basis van literatuuronderzoek en in samenwerking met de 'Voorstudie Zuiveringsbeheer' zijn deze trends en ontwikkelingen in beeld gebracht. Door de trends te relateren aan de RWZI worden inzichten verkregen in de veranderingen op de RWZI en de ingaande en uitgaande stromen van de RWZI. Op basis van deze literatuurstudie is onderscheid gemaakt in een zestal ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen zijn verder onderverdeeld in een aantal trends. De ontwikkelingen en bijhorende trends zijn:

### 1. Demografische ontwikkelingen:

- **Toename bevolking.** De Nederlandse bevolking groeit naar verwachting van ongeveer 16,5 miljoen in 2009 tot 17,5 miljoen in 2038. Vervolgens wordt voorspeld dat het inwonersaantal zal krimpen tot 17,3 miljoen in 2050 (Duin, 2009). De bevolkingstoename zal voornamelijk optreden in stedelijk gebied. Een toename van de bevolking heeft voor deze gebieden tot gevolg dat de belasting op de RWZI toeneemt door een toename in vervuilingsequivalenten.
- **Verstedelijking en migratie.** In Nederland is de trend waarneembaar dat mensen van landelijk gebied naar het stedelijk gebied trekken. Dit betekent dat het aantal vervuilingsequivalenten in landelijk gebied afneemt en in stedelijk gebied toeneemt.
- **Vergrijzing.** Doordat mensen steeds ouder worden en het geboortecijfer afneemt zal de komende periode de vergrijzing in Nederland toenemen. Volgens het CBS neemt het aantal 65 plussers toe van 2,4 miljoen in 2008 tot 4,5 miljoen in 2040 (Duin, 2009). Oudere mensen gebruiken over het algemeen meer medicijnen. Medicijnresten en hormonen hebben een negatief effect op de ecologie en dienen om deze reden decentraal (aan de bron) of centraal (op de RWZI) verwijderd te worden.
- **Tekort technisch personeel.** In Nederland zal de komende jaren een tekort aan technisch personeel ontstaan. Voor de RWZI's heeft dit als gevolg dat het moeilijk is het kennisniveau binnen de sector op peil te houden en verder te ontwikkelen.

### 2. Economische ontwikkelingen:

- **Schaarste van grondstoffen.** Het is bekend dat fossiele brandstoffen steeds schaarser worden, waardoor de prijzen van bijvoorbeeld energie steeds hoger worden. Bij de RWZI wordt (momenteel nog) energie ingekocht. De operationele kosten zullen onder deze omstandigheden de komende jaren toenemen. Daarnaast

wordt bijvoorbeeld ook mineraal fosfaat steeds schaarser, waardoor de prijzen sterk zijn toegenomen. Huishoudelijk afvalwater is rijk aan fosfaten, waarmee het terugwinnen om economische redenen steeds aantrekkelijker wordt.

- **Globalisering en marktwerking.** Door technologische ontwikkelingen is de globalisering en marktwerking sterk toegenomen. Dit biedt kansen om kennis sneller uit te wisselen maar heeft ook geleid tot een toenemende concurrentie. Voor de RWZI betekent dit dat veel kennis beschikbaar is gekomen, anderzijds kan marktwerking in de toekomst invloed hebben op de organisatie van RWZI's.

- **Daling lozingen door bedrijven.** Bedrijven maken steeds meer gebruik van schonere productietechnologieën en zuiveren het afvalwater steeds meer binnen het bedrijf. Dit komt door strengere regelgeving en heffingen op de lozing van verontreinigd water. Makkelijk afbreekbare stoffen zullen de bedrijven zelf uit het water halen. De RWZI ontvangt enkel de moeilijk afbreekbare stoffen.

- **Toename operationele kosten.** De kosten voor het zuiveren van het afvalwater zullen toenemen. Oorzaken hiervan zijn bijvoorbeeld de strengere regelgeving die aanleiding geven tot de toevoeging van nabehandelingstechnieken.

### 3. Beleidsmatige ontwikkelingen:

- **Doelmatigheid.** Binnen de overheid ontstaat steeds meer aandacht voor de doelmatigheid van bijvoorbeeld waterschappen. Voor de RWZI betekent dit dat beslissingen vooral genomen worden op basis van de factoren kwaliteit, efficiëntie en effectiviteit. Rondom deze ontwikkeling speelt ook de politieke discussie over schaalvergroting van de waterschappen en de ingezette bezuinigingsdoelstellingen onder andere in het kader van de Operatie Storm.

- **Invloed Europese wetgeving.** De invloed van de Europese Unie neemt toe. Een voorbeeld hiervan is de Kaderrichtlijn Water (KRW). In de KRW staan de kwaliteitsdoelen voor het oppervlaktewater geformuleerd. Aangezien het oppervlaktewater het effluent van de RWZI ontvangt, zal op dit grensvlak afstemming plaats moeten vinden.

- **Duurzaamheid waterketen.** In de politiek wordt meer en meer aandacht besteed aan duurzaamheidsthema's, zoals maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO), broeikasgassen (zoals CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en CH<sub>4</sub>) en het concept *Cradle to Cradle* (C2C). Waterschappen zullen zo duurzaam mogelijk willen bouwen. Voor de RWZI betekent dit bijvoorbeeld dat materialen hergebruikt dienen te worden en dat gebruik wordt gemaakt van duurzame grondstoffen en groene stroom.

- **Strategie 'vasthouden, bergen, afvoeren'.** Om verdroging en overstroming tegen te gaan is de strategie 'vasthouden, bergen en afvoeren' opgesteld. Maatregelen zijn onder andere het afkoppelen van de hemelwaterafvoer het aanleggen van infiltratiebassins en het lozen van gezuiverd afvalwater in regionale systemen. Het lozen van gezuiverd afvalwater in regionale systemen heeft het doel de verdroging in het gebied



te beperken. Door de toenemende invloed van de RWZI op het oppervlaktewater, als gevolg van de verdroging, en met het oog op de KRW zullen hogere eisen gesteld worden aan de zuiveringsprestaties. Anderszijds komt door het afkoppelen van regenwater minder afvalwater bij de RWZI terecht.

- **Samenwerking in de keten.** Bestuurlijk wordt het belang van samenwerking in de waterketen steeds sterker benadrukt, bijvoorbeeld in het Bestuurs Akkoord Waterketen 2007 wat door de waterketenpartners is getekend. Deze nadruk wordt gelegd om de taken als watersector efficiënter en effectiever uit te voeren. De optimalisatiestudies in de afvalwaterketen waarin gemeenten en waterschappen samenwerken zijn een goed voorbeeld.

#### 4. Ecologische ontwikkelingen:

- **Klimaatverandering.** Dat het klimaat verandert staat vast. Als gevolg hiervan zal de gemiddelde temperatuur toenemen en zal ook de intensiteit van buien toenemen. Het aantal regenbuien neemt echter af. Voor de RWZI betekent dit dat deze te maken zal krijgen met hoge piekafvoeren. Doordat het aantal buien afneemt zal de slibafzetting in het riool toenemen. De vuilvracht tijdens de piekafvoeren zal hierdoor ook toenemen wat gevolgen kan hebben voor het zuiveringssysteem. Ook het effect van overstorten op het ontvangende water zal toenemen. Een ander effect van de afnemende hoeveelheid neerslag is de toenemende verzilting in kustgebieden. Doordat de afvoer van zoetwater afneemt, kan het zoute water het land verder binnendringen. Ook neemt de hoeveelheid zoute kwel als gevolg van de verdroging toe. Met de afnemende hoeveelheid beschikbaar zoetwater neemt het belang van hergebruik van afvalwater toe.

- **Duurzaamheid vanzelfsprekend.** Duurzaamheid is een onderwerp dat steeds meer aandacht krijgt. Waterschappen vervullen naast hun primaire taak ook een maatschappelijke taak. Om deze reden wordt steeds meer aandacht besteed aan het thema duurzaamheid. Voorbeelden zijn het bereiken van een zo hoog mogelijke effluentkwaliteit met behulp van de beschikbare middelen en het terugwinnen van grondstoffen en energie uit afvalwater.

- **Nieuwe stoffen.** Door de toename in medicijngebruik, hormoonversturende stoffen en andere moeilijk afbreekbare stoffen zal de emissie toenemen. Voor de RWZI betekent dit dat de komende jaren het aandeel moeilijk afbreekbare stoffen toe zal nemen.

#### 5. Sociale ontwikkelingen:

- **Individualisering.** Individualisering is een trend van deze tijd. Mensen willen minder afhankelijk zijn van elkaar en hun eigen keuzes kunnen maken. Het gevolg is dat mensen minder waarde hechten aan een collectief belang. Maatregelen die geen direct voordeel voor het individu opleveren zullen minder draagvlak hebben. Hierdoor zal het gemiddeld moeilijker zijn om maatregelen als het afkoppelen van regenwaterafvoer door te voeren.

- **Kwaliteit luxe, comfort en beleving ('experience')**. Mensen streven steeds meer naar luxe en comfort. Het scheiden van afval verloopt over het algemeen moeizaam. Mensen gooien het liefst alle afval in een bak, weg is weg. Voor de RWZI betekent dit dat het moeilijk is stromen te scheiden bij de bron. Dergelijke maatregelen kunnen het comfort of gevoel van luxe aantasten.
- **Netwerken en virtuele verbanden**. Door de technologische ontwikkelingen van de afgelopen decennia is het mogelijk netwerken en virtuele verbanden op te zetten. Dit betekent onder andere dat informatie snel uitgewisseld kan worden.

## 6. Technologische ontwikkelingen:

- **Grondstoffen uit afvalwater**. Met het schaarser worden van grondstoffen wordt het steeds belangrijker deze terug te winnen uit het afvalwater. Een bekend voorbeeld is fosfor, daarnaast zullen in de toekomst wellicht ook andere grondstoffen teruggewonnen kunnen worden.
- **Afvalwater levert energie**. Afvalwater bevat in potentie ongeveer acht keer zoveel energie als nodig is om het te zuiveren. In theorie zou een RWZI dus energie moeten kunnen leveren. Energiezuinige methoden en methoden om energie op wekken uit slib zullen meer aandacht krijgen. Deze energie komt tijdens de vergisting van slib vrij in de vorm van biogas. Met behulp van bijvoorbeeld een WKK kan biogas omgezet worden in elektriciteit en restwarmte. Biogas, elektriciteit en restwarmte kan direct gebruikt worden op de RWZI, maar ook afgezet worden in de omgeving. Thermische warmte uit de riolering kan ook benut worden.
- **Vooruitgang ICT**. De technologische ontwikkelingen hebben het mogelijk gemaakt activiteiten op afstand of met minder personeel uit te voeren. Voor de RWZI betekent dit dat sturing op afstand mogelijk is. Het aantal werknemers op de RWZI zal hierdoor afnemen. Anderzijds maakt de techniek het mogelijk meer informatie te verzamelen, bijvoorbeeld over de samenstelling van afvalwater of over onderhoudstechnische zaken (asset management).
- **Decentrale en/of gescheiden sanitatie ('Nieuwe Sanitatie')**. Door urine en/of ontlasting apart in te verzamelen is het mogelijk grondstoffen (fosfaat, stikstof en/of energie) efficiënt terug te winnen. Brede toepassing van decentrale sanitatie kan betekenen dat de samenstelling van het afvalwater naar de RWZI gaat veranderen. Meer initiatieven op dit vlak betekent ook een verandering in de beheerorganisatie.
- **Toename kennisniveau toxicologische stoffen**. Door technologische ontwikkelingen komen we steeds meer te weten over aanwezige toxische stoffen in het afvalwater en de effecten daarvan. Als gevolg hiervan zal technologie ontwikkeld worden om toxische stoffen efficiënter te verwijderen.
- **Toename verhard oppervlak**. Het verhard oppervlak neemt, door bijvoorbeeld de bestrating van tuinen, steeds verder toe. De hoeveelheid afvalwater die via de riolering afgevoerd dient te worden naar de RWZI neemt hierdoor toe. Voor de RWZI, aangesloten op gecombineerde stelsels, heeft dit als gevolg dat een toe-

name in de hydraulische capaciteit nodig is. Daarbij komt via het verhard oppervlak meer diffuse verontreiniging in het afvalwater terecht.

- **Schaalvergroting RWZI.** Door clustering van rioolstelsels is het mogelijk steeds grotere RWZI's te bouwen. Deze schaalvergroting heeft als doel kostenvoordelen met zich mee te brengen. Een grotere RWZI maakt het financieel aantrekkelijker geavanceerde zuiveringstechnieken in te zetten om bijvoorbeeld een betere effluentkwaliteit te behalen.

- **Inzet nanotechnologie.** De komende jaren zal nanotechnologie een belangrijke rol gaan spelen op het gebied van technologische ontwikkelingen. Nanotechnologie kent een breed scala aan toepassingen, waaronder: betere katalysatoren die leiden tot efficiëntere processen, membranen die een hogere productiviteit hebben en minder vervuilen, ontzouten en desinfecteren en de ontwikkeling van zeer kleine, hoog selectieve sensoren.

- **Nanodeeltjes.** Van nanodeeltjes is onbekend welke invloed deze hebben op de natuur en volksgezondheid. Vooralnog weten we daarom niet of de nanodeeltjes uit het afvalwater gehaald moeten worden. Onderzoek en technologische ontwikkelingen zijn nodig om deze vraag te beantwoorden.

- **Nieuwe zuiveringstechnieken.** De komende 20 jaar zullen nieuwe zuiveringstechnieken ontwikkeld worden die nu nog volledig onbekend zijn.

De benoemde trends en ontwikkelingen zijn samengevat in tabel 3.1 op de volgende pagina.

### 3.2 INVLOEDSFACTOREN VOOR DE RWZI 2030

Het afvalwatersysteem heeft van oudsher het primaire doel de volkgezondheid te beschermen door een veilige afvoer en verwerking van menselijke afvalstoffen. Daarnaast heeft het als doel de oppervlaktewaterkwaliteit en het milieu te beschermen door het voorkomen van lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten. In de toekomst zal het afvalwatersysteem deze primaire doelen behouden. Op basis van de beschreven trends en ontwikkelingen kunnen naast deze factoren de volgende invloedsfactoren onderscheiden worden, die in de toekomst wellicht bepalend worden bij de keuze voor RWZI-technieken:

- **Waterschaarste.** Door verdroging en verzilting zal de beschikbaarheid van zoetwater langzaam afnemen, hergebruik van zoetwater is dus gewenst. Het effluent van de RWZI zou hiervoor gebruikt kunnen worden, bijvoorbeeld als ketelwater. Afhankelijk van het doel moet het effluent aan bepaalde specificaties voldoen. Deze specificaties staan los van de (wettelijke) eisen voor de lozing van afvalwater op het oppervlaktewater.

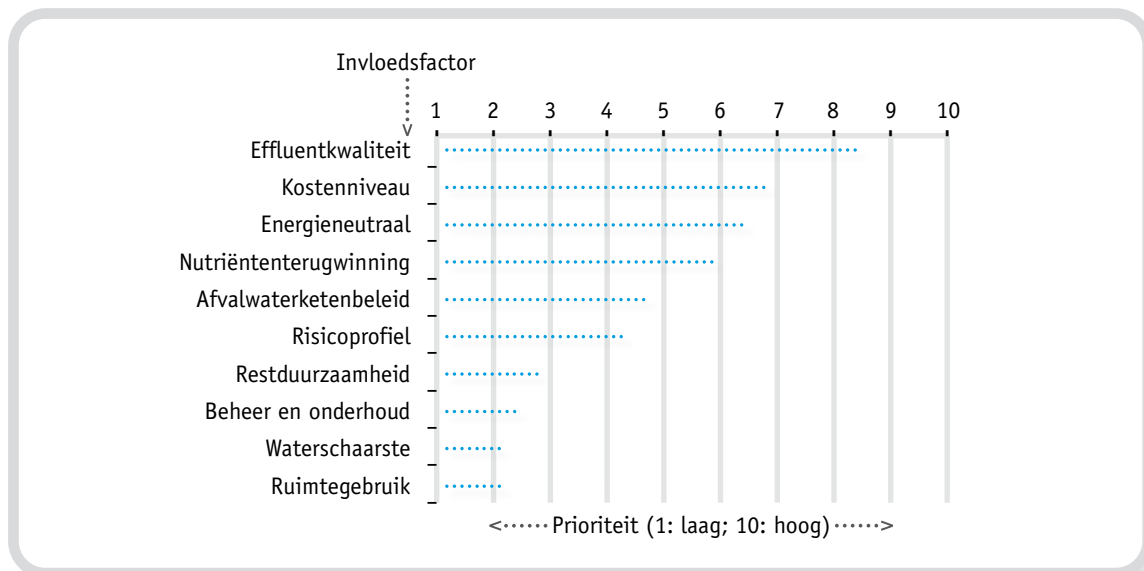
- **Afvalwaterketenbeleid.** Om afvalwater effectiever en efficiënter te zuiveren, kunnen maatregelen genomen worden als bronscheiding en het afkoppelen van regenwater. Voor de RWZI heeft dit als gevolg dat de samenstelling van het afvalwater zal veranderen.

Tabel 3.1. Overzicht van ontwikkelingen en trends en de invloed hiervan op de RWZI.

<b>Ontwikkeling</b>	<b>Trend</b>	<b>Invloed op RWZI</b>
<b>Demografische ontwikkelingen</b>	Toename bevolking	Capaciteitsvraagstuk
	Verstedelijking en migratie	Capaciteitsvraagstuk
	Vergrijzing	Meer hormoonverstorende stoffen en medicijnen in afvalwater
	Tekort technisch personeel	Tekort aan kennis en -ontwikkeling
<b>Economische ontwikkelingen</b>	Schaarste van grondstoffen	Toename (operationele) kosten/economische kansen
	Globalisering en marktwerking	Uitwisseling kennis en mogelijk organisatorische veranderingen
	Daling lozing door bedrijven	Afname makkelijk afbreekbare stoffen
	Toename operationele kosten	Hogere financiële druk
<b>Beleidsmatige ontwikkelingen</b>	Doelmatigheid	RWZI gericht op efficiëntie, effectiviteit en kwaliteit
	Invloed Europese wetgeving	Eisen effluentkwaliteit afhankelijk van Europese wetgeving
	Duurzaamheidsbeleid	MVO, broeikasgassen en C2C
	Strategie vasthouden, bergen, afvoeren	Afname hoeveelheid afvalwater en hogere eisen zuiveringsprestatie
	Samenwerking in de keten	Uitvoeren optimalisatiestudies en zoeken naar kansen in de omgeving
<b>Ecologische ontwikkelingen</b>	Klimaatverandering	Toename piekafvoeren water en vervuilingsvracht, hergebruik van afvalwater door verzilting
	Duurzaamheid vanzelfsprekend	Terugwinnen grondstoffen, optimalisatie effluentkwaliteit
	Toenemende belasting RWZI	Toename aandeel moeilijk afbreekbare stoffen
<b>Sociale ontwikkelingen</b>	Individualisering	Minder draagvlak voor maatregelen gericht op het collectief belang
	Kwaliteit luxe, comfort en experience	Het is moeilijk stromen bij de bron te scheiden
	Netwerken en virtuele verbanden	Meer overleg en kennisuitwisseling
<b>Technologische ontwikkelingen</b>	Grondstoffen uit afvalwater	Terugwinnen o.a. N, P en water
	Afvalwater levert energie	Productie (en levering) van energie
	Vooruitgang ICT	Sturing op afstand en toename beschikbare informatie
	Decentrale / gescheiden sanitatie	Afname gebruik chemicaliën op RWZI
	Toename kennisniveau toxicologische stoffen	Hogere eisen zuiveringsprestaties
	Toename verhard oppervlak	Capaciteits- / kwaliteitsvraagstuk
	Schaalvergroting RWZI	Kostenvoordeel; inzet geavanceerde technieken
	Nanodeeltjes	Onbekende factor
	Inzet Nanotechnologie	Beschikbaarheid nieuwe technieken
	Nieuwe zuiveringstechnieken	Komende 20 jaar zullen nieuwe technieken beschikbaar komen

- **Nutriëntenterugwinning.** In een recent onderzoek wordt de verwachting uitgesproken dat de voorraden mineraal fosfaat over 50 tot 100 jaar uitgeput zullen zijn (STOWA, 2005a). Fosfor maar ook nutriënten als stikstof en kalium zouden op de RWZI teruggewonnen kunnen worden, bijvoorbeeld om gebruikt te worden als kunstmest in de landbouw.
- **Energieneutraal.** Met het oog op de klimaatverandering hebben de waterschappen de ambitie uitgesproken het verbruik van energie te beperken. Deze ambitie is vastgelegd in de meerjarenafpraak energieefficiency (MJA). Wil het waterschap deze doelen behalen, dan zal de RWZI de komende jaren energie moeten besparen en/of leveren.
- **Restduurzaamheid.** Naast het terugwinnen van grondstoffen en energie kunnen ook andere duurzaamheidsthema's van invloed zijn op de keuze van RWZI-technieken, waaronder het gebruik van chemicaliën, uitstoot van broeikasgassen, of de gebruikte bouwstoffen.
- **Effluentkwaliteit.** Wanneer de eisen voor de effluentkwaliteit aangescherpt worden zal dit van grote invloed zijn op de RWZI. Bijvoorbeeld voor het bereiken van de KRW doelstellingen kunnen aanvullende maatregelen op de RWZI noodzakelijk zijn om aan de kwaliteitseisen voor het effluent te kunnen voldoen.
- **Beheer en onderhoud.** Beheer en onderhoud is gericht op aspecten als complexiteit van de bedrijfsvoering en toekomstwaarde van de installatie. Dankzij technologische ontwikkeling is het mogelijk de gehele RWZI op afstand te besturen. In de toekomst is het wellicht mogelijk meer te sturen op detailniveau, bijvoorbeeld de effluentkwaliteit.
- **Ruimtegebruik.** De ene techniek vraagt meer ruimte dan de andere techniek. Een RWZI gericht op meervoudig of compact ruimtegebruik ziet er waarschijnlijk heel anders uit dan de conventionele zuivering.
- **Kostenniveau.** Bij de afweging van de keuze voor RWZI-technieken zullen ook de kosten een rol spelen, zoals de investering en de jaarlijkse lasten.
- **Risicoprofiel.** Verschillende technieken brengen uiteenlopende risico's met zich mee. Van bewezen technieken zijn voldoende referenties aanwezig om een goede afweging te maken. Van nieuwe technieken ontbreken deze gegevens veelal, wat aanvullende risico's oplevert.

Tijdens de tweede workshop zijn bovenstaande invloedsfactoren, met bijbehorende definitie, door de experts geprioriteerd. Daaruit kwam naar voren dat de invloedsfactoren effluentkwaliteit, kostenniveau, energieneutraal en nutriëntenterugwinning voor de RWZI van 2030 als meest belangrijke invloedsfactoren worden gezien bij de keuze van RWZI-technieken, zie figuur 3.1. De factor waterschaarste scoorde vooral laag omdat de experts van mening waren dat deze sterk samenhangt met de effluentkwaliteit. Wanneer de effluentkwaliteit goed is, kan het afvalwater immers opgewaardeerd worden tot drinkwater, landbouwwater of anders.



Figuur 3.1. Geprioriteerde invloedsfactoren voor de RWZI 2030.

De invloedsfactoren effluentkwaliteit, energieneutraal en nutriëntenterugwinning zijn allen gericht op het produceren van een bepaald product. Bij de invloedsfactor effluentkwaliteit staat de kwaliteit van het product water centraal, zodat het ingezet kan worden als bijvoorbeeld koelwater, proceswater, landbouwwater, natuurwater of als grondstof voor de drinkwaterbereiding. Kortom, wanneer een RWZI wordt ingericht volgens de invloedsfactor effluentkwaliteit ontstaat een **'Waterfabriek'**. Een RWZI waarbij de invloedsfactor energieneutraal centraal staat, gaat voor een **'Energiefabriek'**. Wanneer nutriëntenterugwinning de doelstelling is, ontstaat de **'Nutriëntenfabriek'**. Bij elk van deze fabrieken zal in de praktijk de factor kostenniveau een belangrijke invloed hebben op de haalbaarheid en de uiteindelijke configuratie.

### 3.3 TOEKOMSTBEELDEN RWZI 2030

Voorafgaand aan de workshop zijn per scenario toekomstbeelden opgesteld. Door de experts is bepaald welke beelden kenmerkend zijn voor de situatie in 2030. Uit het resultaat valt op te maken dat synergie met de omgeving centraal zal staan. Door het waterschap wordt actief gezocht naar win-win situaties met de omgeving om de maximale waarde te creëren. De RWZI is daarbij gericht op het leveren van maatwerkoplossingen. Afhankelijk van de te leveren kwaliteit en de samenstelling van het afvalwater wordt bepaald welke technieken gebruikt worden. Door het waterschap wordt hierbij zowel gekozen voor goed-

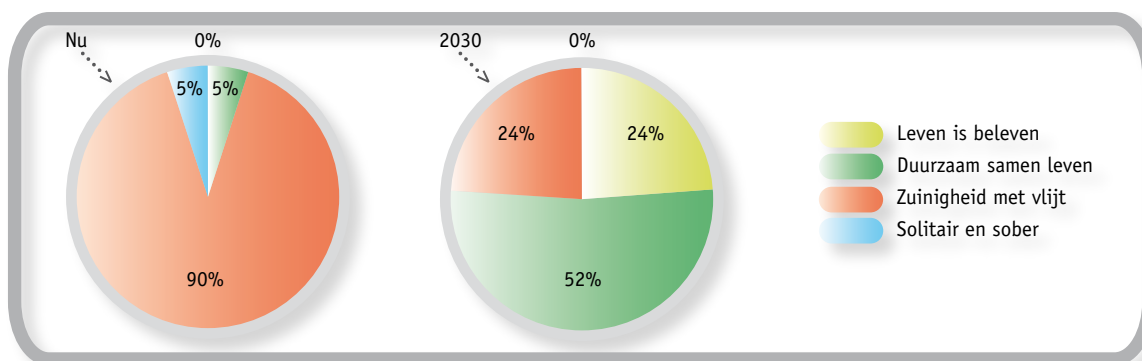
Tabel 3.2. Beelden per scenario, de door de experts gekozen beelden zijn cursief.

<p><b>Leven is beleven</b>  <i>Comfort en gemak</i>                      Hightech end-of-pipe oplossingen  <i>Maatwerk oplossingen (2x)</i>                      Teruggetrokken overheid</p>	<p><b>Duurzaam samen leven</b>  <i>Duurzaam en betrokken</i>                      Geavanceerde innovatieve oplossingen                      Kwaliteitsproducten                      Synergie met de omgeving (2x)</p>
<p><b>Solitair en sober</b>                      Sober en gematigd  <i>Goedkope bewezen technieken</i>                      Op de grens opereren                      Eigen broek ophouden</p>	<p><b>Zuinigheid met vlijt</b>                      Zuinig en volgend  <i>Robuust en conventioneel</i>                      Levensduurverlenging                      Samenwerking in de waterketen</p>

kope robuuste technieken als geavanceerde innovatieve oplossingen. Afhankelijk van de situatie is dus ruimte aanwezig voor innovatie.

Bij de uitvoering van haar taken probeert het waterschap de burger zoveel mogelijk te ontzorgen. Wanneer de burger dat wil is er ruimte om mee te denken met het waterschap, bijvoorbeeld op het gebied van duurzaamheid, een thema waar de waterschappen veel waarde aan hechten. Beelden waaruit de respondenten konden kiezen en de gekozen beelden zijn opgenomen in tabel 3.2.

Figuur 3.2. De door de experts gekozen beelden bij de huidige en toekomstige situatie.



De RWZI zal er in 2030 anders uitzien dan nu het geval is. Dit valt op de maken uit de beelden die de experts kozen bij de huidige en de toekomstige situatie. Door de experts is aangegeven dat het scenario 'Zuinigheid met vlijt' kenmerkend is voor de huidige situatie. In 2030 past de RWZI volgens de helft van de respondenten meer bij de beelden van het scenario 'Duurzaam samen leven'. Ook kiest een kwart van de experts voor het scenario 'Leven is beleven' en een kwart van de experts is van mening dat de situatie in 2030 wederom past bij de beelden van 'Zuinigheid met vlijt'. Een omgeving met economische groei en ruimte voor technologische ontwikkeling is kenmerkend voor de scenario's 'Leven is beleven' en 'Duurzaam samen leven'. De keuze voor deze scenario's zou kunnen betekenen dat men denkt dat de ambities op het gebied van bijvoorbeeld duurzaamheid, technologische ontwikkeling en economische kracht verhoogd zullen worden in toekomstige situatie.

### **3.4 VOORSTUDIE ZUIVERINGSBEHEER**

Parallel aan dit project is het project 'Voorstudie Zuiveringsbeheer' uitgevoerd. In deze paragraaf worden de resultaten van die studie kort beschreven en vergeleken met de resultaten van deze studie. Voor de volledige visie van de Voorstudie Zuiveringsbeheer wordt verwezen naar hun eindrapportage.

#### **3.4.1 VISIE OP DE AFVALWATERKETEN IN 2030**

Het doel van de Voorstudie Zuiveringsbeheer was om een gezamenlijke visie van de waterschappen op de afvalwaterketen in 2030 op te stellen. De opgestelde visie is onderverdeeld in een viertal deelaspecten van de afvalwaterketen: (1) taakstelling en diensten, (2) bedrijfsprocessen, (3) technologie en infrastructuur en (4) organisatie en mensen. De visie hierop is tot stand gekomen in interactieve sessies (deels gezamenlijk met het project RWZI 2030 NL), in interviews met deskundigen en in de projectgroep. Per deelaspect is hieronder de verwachte en/of gewenste situatie in 2030 kort uiteengezet.

##### **1. Taakstelling en diensten in 2030**

Een belangrijke randvoorwaarde voor de afvalwaterketenorganisatie is het op efficiënte wijze zuiveren van afvalwater ten behoeve van veiligheid, volksgezondheid en waterkwaliteit. Daarbij is het uitgangspunt om integrale oplossingen te leveren die passen binnen het natuurlijke (water)systeem en in de openbare ruimte.

De afvalwaterketenorganisatie wordt een meer vraaggestuurde organisatie, die een grotere diversiteit aan diensten en voorzieningen levert. Daarbij wordt gezocht naar het leveren van toegevoegde waarde door productie van grondstoffen, energie en schoon water met een economische waarde. Bij het zuiveren van afvalwater van bedrijven wordt meer dan nu gekeken naar de vuillast per afvalwatersoort, wat terugkomt in een gedifferentieerde tariefstructuur.



## **2. De bedrijfsprocessen in 2030**

De sector richt zich in 2030 op een gemeenschappelijk planvorming (ook met andere stakeholders), hierbij wordt gebruik gemaakt van integraal asset management waarbij taken en verantwoordelijkheden duidelijk in contracten zijn neergelegd.

In de bouwfase blijven taken tussen waterschap en rioolbeheerder gescheiden: riool blijft ook na vervanging van de gemeenten. De contractvorm wordt steeds meer integraal (bijvoorbeeld *Design-Build-Maintain*) en in de bouwvorm wordt uitgegaan van meervoudig ruimtegebruik. De afvalwaterketeninfrastructuur zal grotendeels gelijk zijn aan de huidige situatie.

Rond beheer en onderhoud worden besturingsfuncties samengebracht, waardoor de slagkracht vergroot wordt. De elektronische infrastructuur en datadefinities worden gedeeld en installaties sturen direct monteurs aan. De sturing van onderhoud wordt professioneler, deels door meer *feed forward* sturing op basis van inzicht en overzicht. Tenslotte worden delen van het onderhoud uitbesteed aan derden.

Bij de afvalwaterketenorganisatie van 2030 wordt marketing en sales van haar diensten belangrijker.

## **3. Technologie en infrastructuur in 2030**

De RWZI zal grotendeels lijken op de RWZI van nu, waarbij vergaand geoptimaliseerd wordt rond energie, grondstoffen en water. Om de flexibiliteit te vergroten worden een meer modulaire aanpak nagestreefd, waarbij ook vernieuwing in materiaalgebruik, intelligentie op afstand en meervoudig ruimtegebruik gemeengoed worden.

Het rioleringsstelsel zal bestaan uit meer gesloten systemen, meer lokale differentiatie, gebruik van andere materialen en een intelligentere infrastructuur.

## **4. Organisatie en mensen in 2030**

De organisatievorm van de afvalwaterketenbedrijven zal een mix zijn van publieke en private organisaties. Het personeel is hoogopgeleid en heeft uitstekende carrièreperspectieven.

### **3.4.2 VERGELIJKING VISIE VOORSTUDIE ZUIVERINGSBEHEER MET RESULTATEN RWZI 2030**

In de visie van de Voorstudie Zuiveringsbeheer wordt benoemd dat de huidige infrastructuur niet zomaar zal veranderen. Dit bevestigt één van de belangrijkste uitgangspunten van onderhavige studie. De bouw van de RWZI zal in de toekomst vooral modulair zijn, zodat flexibel op veranderingen kan worden inge-

speeld. Deze flexibiliteit is ook van belang om een RWZI bijvoorbeeld om te bouwen in een [Waterfabriek](#), [Nutriëntenfabriek](#) en/of [Energiefabriek](#). De configuratie is bijvoorbeeld afhankelijk van de ingaande stromen en de kansen in de omgeving. Doordat zich in de omgeving nieuwe mogelijkheden voor kunnen doen, is een modulaire bouw van belang om hierop in te kunnen spelen.

Eén van de taken en diensten die wordt benoemd voor 2030 is: 'Een afvalwaterketenorganisatie richt zich primair op de productie van grondstoffen, energie en water met een economische waarde'. Deze visie is in overeenstemming met de vier belangrijkste invloedsfactoren, effluentkwaliteit, kostenniveau, nutriënterugwinning en energieneutraal, zoals benoemd voor de RWZI 2030. Kortom, de bevindingen van dit onderzoek komen goed overeen met de opgestelde visie van de Voorstudie Zuiveringsbeheer.



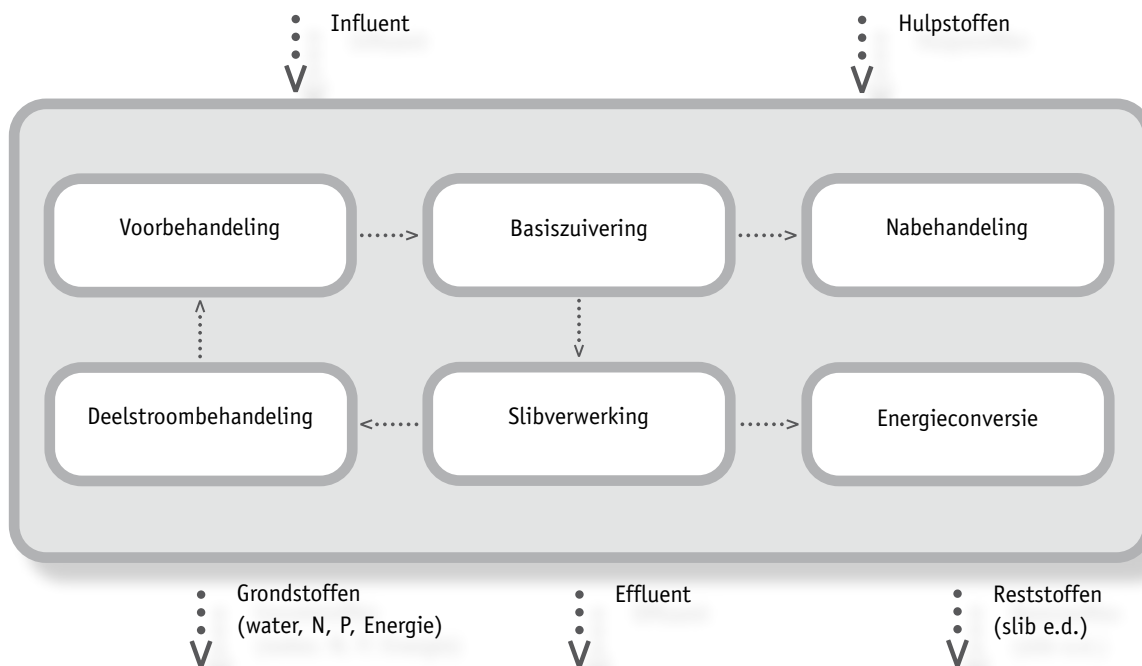
A pair of hands is shown from a top-down perspective, gently cupping a small green plant with three leaves and a mound of dark soil. The scene is set against a dark green background with a subtle grid pattern. A white rounded rectangle is superimposed over the center of the image, containing the text 'H4'. A vertical dotted line runs through the center of the plant, and a horizontal dotted line is positioned above it. On the left side, there are four white circles stacked vertically, and a white L-shaped graphic element is visible in the bottom-left corner.

H4

# PROCESPALET VOOR DE RWZI

## 4.1 TOELICHTING

Gezien de vele verschillende processtappen en technieken die beschikbaar zijn om een RWZI in te richten, is besloten om uit te gaan van een vereenvoudigd procespalet. Een RWZI kan ruwweg worden onderverdeeld in zes verschillende processtappen, zoals geïllustreerd in onderstaande figuur. Via dit procespalet is het mogelijk om voor een willekeurige toekomstige RWZI de benodigde processtappen te selecteren en per processtap een keus te maken voor een bepaalde techniek of technologie. Bij deze keuze dient rekening gehouden te worden met de specifieke randvoorwaarden van technieken. Sommige technieken zijn voor de werking namelijk afhankelijk van de gebruikte voorbehandeling. Vanwege deze samenhang tussen de processtappen dient ook het geheel goed beoordeeld te worden.



Figuur 4.1. Vereenvoudigde weergave van de processtappen van de RWZI.

De opbouw van het onderstaande procespalet heeft rekening gehouden met de belangrijkste factoren die van invloed kunnen zijn op de configuratie van de RWZI 2030. Zo kunnen voorbehandeling, slibverwerking en energieconversie doorslaggevend zijn in de opbouw van een **Energiefabriek**, de combinatie van basiszuivering en nabehandeling voor de **Waterfabriek** en deelstroombehandeling is een kenmerkende processtap om te komen tot een **Nutriëntenfabriek**.

Bij de opsomming van processtappen en daarbij behorende technieken, speelt de vanzelfsprekende situatie dat het alleen mogelijk is geweest om bestaande technieken te selecteren en technieken die zich in een zeker ontwikkelstadium bevinden. Ongetwijfeld zullen in de toekomst nieuwe systemen worden ontwikkeld die ingepast kunnen worden in de toekomstige RWZI's.

#### 4.2 VOORBEHANDELING

De voorbehandeling is grofweg onder te verdelen in drie categorieën: traditionele voorbehandeling (inclusief voorbezinking), verbeterde voorbehandeling en geavanceerde voorbehandeling. Een verbeterde voorbehandeling is gericht op het verhogen van het rendement van de voorbezinktank via coagulatie/flocculatie

Tabel 4.1. Opties voor de processtap voorbehandeling met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Traditionele voorbehandeling</b>	- met voorbezinking is gebruik van slibgisting doorgaans een haalbare optie.
- roosters; - zandvang; - voorbezinking.	
<b>Verbeterde voorbehandeling</b>	- via al deze principes wordt calorische waarde verhoogd naar slibgisting;
- preprecipitatie (Fe of Al); - polymeedosering; - combinatie van Fe en polymeer; - A-trap.	- vergaande scheiding van CZV, N en P wordt mogelijk; - lagere BZV/N-verhouding voor biologische zuivering; - gebruik chemicaliën vanuit milieuoogpunt mogelijk ongunstig.
<b>Geavanceerde voorbehandeling</b>	- maximaliseren scheiding van deeltjes;
- membraanfiltratie; - zandfiltratie; - micro- en trommelzeven.	- goede voorbehandeling voor basiszuiveringen als MBR; - vergaande scheiding van CZV, N en P wordt mogelijk; - lagere slibproductie; - minder spinsels bij gebruik microzeef;
<b>Alternatieven</b>	- bij directe influentfiltratie zijn hoge kosten te verwachten en een hoog energieverbruik.
- anaerobe voorzuivering.	- via scheiding aan de bron mogelijkheden op decentraal niveau; - voor centrale RWZI te lage temperatuur en concentraties.

of toepassing van een A-trap. Geavanceerde voorbehandeling betreft systemen zoals directe membraanfiltratie of het gebruik van microzeven. Als alternatief is ook nog de anaerobe voorzuivering meegenomen. Tabel 4.1 geeft een nadere uitwerking van de drie categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kenmerken en risico's voor de toekomstige RWZI-scenario's.

De doelstelling van voorbehandeling op een RWZI is om zwevende stof, en daarmee BZV en CZV, zo effectief mogelijk uit het afvalwater te verwijderen. Het verhogen van de hoeveelheid primair slib, verkregen door het gebruik van een voorbehandeling, heeft een positieve invloed op de biogasproductie. In het geval een biologisch zuiveringstelsel volgt kan deze gereduceerd worden in het benodigde volume, het stelsel wordt immers ontlast door het gebruik van voorbehandelingstechnieken. Als de verhoudingen BZV/N en BZV/P echter ongunstig worden, kan dit gevolgen hebben voor het bereiken van de vereiste effluentkwaliteit. Door toepassing van een verbeterde voorbehandeling op basis van coagulatie (Fe en Al) en flocculatie (PE) kan het rendement van de voorbezinking verhoogd worden en bij gebruik van Fe en Al kan gelijktijdig het fosfaat worden verwijderd. Door toepassing van een A-trap met tussenbezinktank (adsorptie van deeltjes aan slib) wordt het rendement voor het scheiden van deeltjes verhoogd.

Met een geavanceerde voorbehandeling, via bijvoorbeeld directe influentfiltratie of toepassing van microzeven, kan de deeltjesscheiding verder gemaximaliseerd worden. Opgemerkt dient te worden dat de in tabel 4.1 genoemde kenmerken afhankelijk zijn van de situatie. In de praktijk is het mogelijk de biologische zuivering over te slaan. In dit geval zijn bedreigingen als een lagere BZV/N verhouding veel minder van belang. De kansen en bedreigingen zijn daarmee afhankelijk van de context. Hieruit valt ook op te maken dat de te gebruiken voorbehandelingstechniek afhankelijk is van de andere processen op de RWZI.

Kenmerk van de toepassing van (verbeterde) voorbezinking is dat dit doorgaans standaard is op grotere RWZI's (>100.000 i.e.). Daarnaast is in de meeste gevallen op deze RWZI's een slibgisting aanwezig om het hoog calorische primair slib te vergisten. Deze combinatie is daarom ook bij uitstek geschikt voor een **Energiefabriek**.

Groot voordeel van een effectieve voorbehandeling is dat deeltjes, CZV, P en N vergaand van elkaar kunnen worden gescheiden zodat aan een belangrijke randvoorwaarde voor bijvoorbeeld het nog te ontwikkelen koude Anammoxproces of nutriëntenterugwinning kan worden voldaan. Als technieken (zoals MBR, omgekeerde osmose of actief kool) worden toegepast voor het opwerken van effluent tot een geschikte waterbron in een **Waterfabriek**, komt daarbij altijd enige vorm van voorbehandeling aan te pas.

### 4.3 BASISZUIVERING

De basiszuivering is onderverdeeld in drie categorieën: conventionele systemen, biofilmsystemen en alternatieven. Tabel 4.2 geeft een nadere uitwerking van de drie categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kansen en risico's voor de toekomstige RWZI-scenario's..

Onder de categorie conventionele systemen vallen alle systemen die gebaseerd zijn op het principe van actief slib. Hiervoor zijn wereldwijd diverse uitvoeringsvormen ontwikkeld waaronder propstroomreactoren, omloopcircuits en sequencing batch reactoren (SBR). Al deze systemen zijn gericht op de verwijdering van CZV en stikstof via de processen nitrificatie en denitrificatie. In combinatie met biologische fosfaatverwijdering (bio-P) zijn ook hiervoor tientallen systemen ontwikkeld. Phoredox, UCT en BCFS zijn hiervan in Nederland de meest bekende voorbeelden. Fosfaat kan ook verwijderd worden via simultane chemische P-verwijdering. Als hiervoor een Al-zout wordt gebruikt, kan dit naast het slib van bio-P installaties via de centrale slibverwerkingsketen uit de keten worden terug gewonnen. Zo kan worden voldaan aan ambities van de **Nutriëntenfabriek**. Wanneer Fe-zout wordt toegediend kan fosfaat vooralsnog niet via

Tabel 4.2. Opties voor de processtap basiszuivering met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Conventionele systemen</b>	- stabiele factor om op voort te bouwen voor zowel energie-, water- als <b>Nutriëntenfabriek</b> ;
- laagbelast actiefslib (voor N);	- kan ook een belemmering zijn voor het ontwikkelen van een nieuwe generatie RWZI's.
- actiefslibstelsysteem (chem-P);	
- actiefslibstelsysteem (bio-P).	
<b>Biofilmsystemen</b>	- in systemen met vergaande voorbehandeling (CZV en P) zijn biofilmsystemen een optie;
- oxidatiebedden;	- veel ervaring wereldwijd met biofilmsystemen maar niet in Nederland op grote schaal.
- vastbedsystemen (als Biostyr);	
- airliftsystemen (als Circox);	
- MBBR-systemen (als Kaldness).	
<b>Alternatieven</b>	- veel verwachting van Nereda en koude Anammox voor de nieuwe generatie RWZI's;
- aerobe korrelreactor (Nereda);	- MBR is al bewezen en past goed in de <b>Waterfabriek</b> ;
- koude Anammoxreactor;	- nog geen praktijkervaring op grote schaal met Nereda;
- membraanbioreactor (MBR).	- ontwikkelingen rondom koude Anammox bevinden zich in de beginfase;
	- hogere kosten en energieverbruik voor MBR.
<b>Alternatieven voor nabezinking</b>	- compacte systemen;
- Upflow Sludge Blanket Filtration;	- USBF op praktijkschaal toegepast in Nederland;
- Lamellenfilters (zoals Actiflo).	- geen referenties van Actiflo en Densadeg op RWZI's in Nederland, wel ervaring op praktijkschaal in het buitenland.



dit proces teruggewonnen worden. Om deze reden werkt SNB, in het kader van het Europees onderzoeksprogramma SUSAN, aan de ontwikkeling van een proces om deze as om te zetten in een meststof. In dit proces worden zware metalen verwijderd en het fosfaat biobeschikbaar gemaakt (SNB, 2008). Lokaal kan op RWZI's in de waterlijn fosfaat worden terug gewonnen door het toepassen van strippertanks, zoals in geïntegreerde concepten als het BCFS-proces en het Phostrip-proces, zie § 5.3.2 voor een voorbeeld van het BCFS proces. Biofilmsystemen maken gebruik van het principe slib-op-drager waarbij de drager een vast bed kan zijn (Biostyr en Biofor), een airlift (Circox) of een bewegend bed (Kaldness<sup>1</sup>).

STOWA heeft in het verleden verkennend onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van verschillende biofilmsystemen. Wereldwijd wordt van dit systeem regelmatig gebruik gemaakt. In Nederland is deze ontwikkeling niet doorgezet en zijn zelfs nagenoeg alle bestaande oxidatiebedden uit gebruik genomen.

Als alternatieven voor de conventionele systemen en biofilmsystemen, zijn op basis van de huidige technologische trends de membraanbioreactor (MBR), de aerobe korrelreactor (Nereda) en de koude Anammoxreactor geselecteerd. Met drie praktijkvoorbeelden in Nederland is met de MBR de meeste ervaring opgedaan (RWZI's Varsseveld, Heenvliet en Ootmarsum). De MBR is een technologie die geschikt is om te kiezen voor het opzetten van een [Waterfabriek](#). Met de aerobe korreltechnologie is op kleine schaal al veel ervaring opgedaan. De eerste referentie op grote schaal zal in 2011 in bedrijf genomen worden op de RWZI Epe.

In 2009 is gestart de bekende technologie van Anammox geschikt te maken voor het behandelen van huishoudelijk afvalwater. Tot dusver is er volop ervaring met toepassing van Anammox voor het behandelen van rejectiewater. Gunstig hierbij is de hoge ammoniumconcentratie en de temperatuur (> 30°C). Als basiszuivering dient de Anammox te anticiperen op lage temperaturen (< 15°C) en significant lagere concentraties. Hieraan zal nog veel onderzoek moeten worden verricht. De verwachtingen zijn hoog gespannen en als dit slaagt, past een koude Anammox goed in het schema van een [Energiefabriek](#).

Achter veel basiszuiveringstechnieken dient een nabezinking geplaatst te worden. Mogelijke alternatieven voor nabezinking zijn USBF en lamellenfilters als Activflo en Densadeg. In vergelijking tot de conventionele nabezinking is vooral de benodigde ruimte beperkter. In Nederland is een USBF gerealiseerd op de RWZI Wijk bij Duurstede. Met het Activflo en Densadeg proces is geen ervaring op praktijkschaal aanwezig in Nederland. In het buitenland zijn voldoende referenties aanwezig om de haalbaarheid van deze processen voor Nederland in beeld te brengen, circa 35 referenties van het Activflo proces en 75 van het Densadeg proces op RWZI's (STOWA, 2006)

<sup>1</sup> Voor een uitgebreide beschrijving van technieken zie: <http://www.stowa-selectedtechnologies.nl/>

#### 4.4 NABEHANDELING

De nabehandeling is onderverdeeld in vier categorieën: deeltjesverwijdering, membraanfiltratie, vijversystemen en geavanceerde nabehandeling. Tabel 4.3 geeft een nadere uitwerking van de vier categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kansen en risico's.

De categorie deeltjesverwijdering vertegenwoordigt naast de micro- en trommelzeven en het Fuzzy Filter voornamelijk de zandfilters die in allerlei uitvoeringsvormen op de markt beschikbaar zijn. In de afgelopen jaren is voor een extra verwijdering van stikstof en/of fosfaat op meerdere RWZI's een zandfilter geplaatst. Aanleiding hiervoor is primair het kunnen voldoen aan de wensen voor de kwaliteit van het

Tabel 4.3. Opties voor de processtap nabehandeling met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Deeltjesverwijdering</b>	
- zandfiltratie (vlokkings, P);	- meeste systemen zijn in de praktijk voldoende bewezen;
- zandfiltratie (biologisch, N);	- micro- en trommelzeven zijn energiezuinige systemen;
- zandfiltratie (combinaties, N+P);	- technieken passen goed in maatregelenpakket voor KRW;
- micro- en trommelzeven;	- bij toepassing in bestaande situatie hebben zandfilters een relatief hoog energieverbruik;
- doekenfiltratie;	- effluentkwaliteit is na meeste systemen nog niet geschikt voor toepassing als waterbron.
- Fuzzy Filter.	
<b>Membraanfiltratie</b>	- afgezien van microfiltratie een betrouwbare kwaliteit op verwijdering pathogenen;
- microfiltratie(MF);	- systemen hebben zich op grotere schaal al bewezen;
- ultrafiltratie (UF);	- kosten zijn veelal nog hoog, haalbaar bij hogere waterprijs;
- nanofiltratie (NF);	- nanofiltratie kent nog relatief hoog energieverbruik;
- omgekeerde osmose (RO);	- brijn blijft thans een onzekere factor.
<b>Vijversystemen</b>	- grote mate van beleving;
- helofytenfilters;	- als harmonica een brug van waterketen naar watersysteem;
- algenvijvers.	- mogelijkheid tot productie van algen;
	- veel ruimte is benodigd;
	- met algenvijvers voorlopig geen ervaring voor polishing;
	- pathogenen niet verwijderd.
<b>Geavanceerde nabehandeling</b>	- gericht op verwijdering van opgeloste schadelijke stoffen;
- actiefkoolfiltratie;	- via maatwerk en combinaties volop kansen voor een nuttige waterbron;
- ionenwisselaars;	- doorgaans dure technieken;
- ozonreactoren;	- regeneratie nodig bij actief kool en ionenwisseling;
- UV-desinfectie;	- aantal technieken geeft kans op restproducten in effluent.
- waterstofperoxide.	

ontvangende oppervlaktewater. Andere aanleiding die op een aantal locaties heeft gespeeld is een extra inspanning voor waterschap en gemeente om te kunnen voldoen aan de basisinspanning voor de afvalwaterketen. Zandfilters, maar ook microzeven en het Fuzzy Filter passen dan goed in het maatregelenpakket.

In het verlengde van de ontwikkeling rond de realisatie van verschillende typen zandfilters, is aandacht uitgegaan naar de toepassing van geavanceerde technologieën om opgeloste schadelijke stoffen uit het effluent te halen. Veel van deze systemen komen uit de drinkwaterwereld of omgeving met actiefkoolfilters, ozonreactoren en UV-oxidatie als kenmerkende voorbeelden. In verschillende combinaties kunnen deze technieken een betrouwbare effluentkwaliteit geven richting de RWZI als [Waterfabriek](#). Dit geldt ook voor de genoemde membraanfiltratiesystemen die hier zelfs specifiek op zijn gericht. In de jaren 90 is hier al veel ervaring mee opgedaan maar heeft toen niet in een praktijktoepassing geresulteerd. De MBR op de RWZI Terneuzen met daaraan gekoppeld omgekeerde osmose is thans een sprekend voorbeeld van zo'n [Waterfabriek](#) en kan het toepassen van effluent als waterbron een nieuwe impuls geven.

In de categorie vijversystemen vallen onder andere de helofytenfilters (horizontaal en verticaal) en de algenvijvers. Meerdere RWZI's in Nederland hebben nageschakeld een helofytenfilter in werking. Bij de voorbeelden van de RWZI Land van Cuijk en Kaatsheuvel wordt het effluent gebruikt voor respectievelijk landbouwwater en recreatiewater. Voor de tweede dient hierbij te worden opgemerkt dat hieraan eerst een zandfilter vooraf gaat. Voor het vitaliseren van effluent is een helofytenfilter of een vijversysteem in het algemeen een geschikt systeem om de waterketen harmonisch in het watersysteem over te laten gaan. Met algenvijvers op grote schaal is de ervaring in Nederland beperkt. Er wordt momenteel onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van algenreactoren voor het polijsten van effluent.

#### 4.5 SLIBVERWERKING

De slibverwerking is onderverdeeld in vier categorieën: slibindikking en -ontwatering, slibgisting, slibreductietechnieken en slibeindverwerking. Tabel 4.4 geeft een nadere uitwerking van de vier categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kansen en risico's voor de toekomstige RWZI-scenario's.

Slibindikking kan op veel locaties een optimalisatie teweeg brengen voor de verblijftijd in de slibgisting. De keuze voor centrifuges of zeefbandpersen kan afhankelijk van de belangrijkste invloedsfactoren van betekenis zijn voor de factoren energie en nutriëntenterugwinning. Een centrifuge vraagt namelijk meer energie en produceert een centraat met hogere gehalten aan zwevende stof. Dit laatste kan gevolgen hebben voor de kwaliteit van het struvietproduct in de deelstroom.

Tabel 4.4. Opties voor de processtap slibverwerking met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Slibindikking en -ontwatering</b>	- verlaging transportkosten;
- bandindikkers;	- hogere capaciteit slibgisting via bandindikking;
- centrifuges;	- verhogen ontwateringpercentage blijft een ambitie.
- zeefbandpersen.	
<b>Slibreductietechnieken</b>	- minder slib, meer biogas en vaak een betere ontwatering;
- enzymatische hydrolyse;	- met thermische hydrolyse hogere capaciteit slibgisting en inzetten van restwarmte;
- thermische hydrolyse;	- voorsnog geen goede ervaringen met slibdesintegratie in NL;
- slibdesintegratie (divers);	- redelijk hoge kosten voor thermische hydrolyse;
- biologische reductietechnieken.	- wel referenties, niet in NL.
<b>Slibvergisting</b>	- lokaal benutten van energie met kansen in de omgeving;
- mesofiele vergisting;	- is een concentratiestap voor nutriënten N en P in rejectiewater;
- thermofiele vergisting;	- zekere schaalgrootte nodig en niet optimaal voor slibketen;
- co-vergisting.	- bij co-vergisting effecten op waterlijn en slibverwerking.
<b>Slibeindverwerking</b>	- goede ervaring met drogen, composteren en verbranden;
- compostering;	- maximale benutting van calorische waarde in slib;
- thermisch drogen;	- terugwinning van P in de slibketen is een mogelijkheid;
- verbranding (mono en co);	- geen ervaring met pyrolyse, vergassing en SCWO;
- vergassing en pyrolyse;	- bestaande infrastructuur kan belemmering zijn voor nieuwe generatie slibverwerking.
- natte oxidatie (ook SCWO).	

Slibvergisting is al lang een bekend procesonderdeel op de RWZI, vooral als voorbezinking wordt toegepast. Naast de veel toegepaste mesofiele vergisting bestaat er ook thermofiele vergisting maar de ervaring hiermee zijn wereldwijd beperkt. Meerdere waterschappen hebben ervaring met co-vergisting waarbij andere reststromen worden mee vergist. Voordeel van slibgisting is dat op lokaal niveau zowel elektriciteit als warmte kan worden opgewekt. Dit kan op de RWZI zelf worden benut maar ook in de nabije omgeving zoals de praktijk is in Apeldoorn en Leeuwarden. Hiermee is slibgisting relevant voor de **Energiefabriek**. Slibgisting is echter ook bij uitstek het procesonderdeel om nutriënten als stikstof en fosfaat te concentreren ten behoeve van een **Nutriëntenfabriek**.

Met slibreductietechnieken (gebaseerd op cavitatie) zijn in het kader van een uitgebreid STOWA-onderzoek (nog) geen goede ervaringen opgedaan (STOWA 2008-10). Verdere ontwikkeling of betere toepassing is nodig. Meest is te verwachten van de enzymatische en thermische hydrolyse (zoals Cambi en Turbotec). Wereldwijd functioneren voor bijvoorbeeld Cambi al lange tijd tientallen praktijkinstallaties waarbij het

achterliggende werkingsprincipe minder omstreden is in vergelijking met de eerder genoemde technieken gebaseerd op cavitatie (zoals ultrasound). Reductietechnieken die hoofdzakelijk een biologische achtergrond kennen zijn onder andere de wormenreactor en de Cannibaltechnologie.

De eindverwerking van slib is in Nederland goed georganiseerd via centrale verwerkingsinstallaties. Het meeste slib in Nederland wordt verbrand in monoverbrandingsinstallaties. Via deze lijn is het mogelijk om fosfaat uit de keten terug te winnen (bij bio-P en Al-zout). Twee andere veel voorkomende verwerkingssystemen zijn compostering en thermische droging. Het eindproduct hiervan wordt verbrand in huisvuilcentrales, kolencentrales of cementovens. Met pyrolyse, vergassing en supercritical water oxidation (SCWO) is in Nederland geen ervaring beschikbaar.

#### 4.6 DEELSTROOMBEHANDELING

De deelstroombehandeling is onderverdeeld in drie categorieën: stikstofverwijdering, stikstofterugwinning en fosfaatterugwinning. Tabel 4.5 geeft een nadere uitwerking van de drie categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kansen en risico's.

De deelstroom die ontstaat tijdens de slibverwerking na vergisting en/of ontwatering wordt meestal gekarakteriseerd door een hoge temperatuur en een hoge concentratie aan stikstof en fosfaat. Om deze karak-

Tabel 4.5. Opties voor de processtap deelstroombehandeling met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Stikstofverwijdering</b>	
- SHARON-proces;	- SHARON is een bewezen en robuuste technologie;
- deammonificatie;	- deammonificatie duurzamer;
- BABE-proces.	- combinatie met P-recovery;
	- SHARON gebruikt C-bron;
	- laag aantal referenties van deammonificatie op RWZI's.
<b>Stikstofterugwinning</b>	
- stoomstrippen;	- terugwinning van stikstof;
- luchtstrippen.	- groot aantal referenties wereldwijd, laag aantal in Nederland;
- hoog energieverbruik stoomstrippen.	- afzetmogelijkheden product in acht nemen;
<b>Fosfaatterugwinning</b>	
- Crystalactor;	- terugwinning van fosfaat;
- struvietreactor;	- struvietreactor is relatief eenvoudige technologie;
- magnetische scheiding.	- geen afzetmogelijkheden door verontreiniging product;
- laag aantal referenties in Nederland.	- hoge operationele kosten Crystalactor;

teristieken is de deelstroom een rijke bron geweest aan verschillende innovaties op het gebied van stikstofverwijdering en fosfaatterugwinning. De meest bekende technieken in Nederland om stikstof uit het rejectiewater te verwijderen zijn het SHARON-proces en verschillende uitvoeringsvormen van het deammonificatieproces (zoals het ééntraps Anammoxproces, DEMON en Oland). Nadat het SHARON-proces zich eerst in Nederland had bewezen, neemt anno 2009 het aantal internationale referenties toe. Dit geldt overigens ook in toenemende mate voor de systemen die zijn gebaseerd op deammonificatie. Ten opzichte van SHARON heeft deammonificatie het grote voordeel dat een externe koolstofbron achterwege blijft. Gekoppeld aan een laag energieverbruik is deammonificatie hiermee van alle technieken het meest relevant voor de **Energiefabriek**.

Naast het verwijderen van stikstof, is het ook mogelijk stikstof terug te winnen uit het rejectiewater. De meest bekende methoden om dit te bereiken zijn stoomstrippen en luchtstrippen. Hierbij ontstaat een ammoniumrijke deelstroom. Door deze deelstroom gedeeltelijk te oxideren en te concentreren is het mogelijk ammoniumnitraat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) te produceren. Wereldwijd is redelijk veel ervaring opgedaan met het toepassen van deze methodiek. In Nederland is in de jaren negentig wel proefonderzoek uitgevoerd maar dit heeft niet geresulteerd in een praktijkinstallatie op een RWZI. Stoomstrippen en luchtstrippen maken het mogelijk stikstof terug te winnen, waarmee deze methodieken vooral relevant zijn voor de **Nutriëntenfabriek**.

Een mogelijke bedreiging voor de terugwinning van stikstof is de (on-)mogelijkheid om het product af te zetten (in de markt). Stikstof is daarnaast niet een uitputbare grondstof, in tegenstelling tot bijvoorbeeld fosfaat en kalium. Hiermee verdwijnt een belangrijke drijfveer voor het terugwinnen van stikstof. Of de terugwinning van stikstof rendabel is hangt vooral af van de financiële en energetische aspecten ten opzichte van het Haber-Boschproces, de huidige wijze waarop stikstof wordt gefixeerd.

Naast stikstof kan ook fosfaat worden teruggewonnen uit de deelstroom. Bekendste technieken voor het terugwinnen van fosfaat zijn de Crystalactor en een struvietreactor. In Nederland is alleen op de RWZI Geestmerambacht nog een Crystalactor in gebruik. De gevormde calciumfosfaatkorrels worden door Thermphos in hun productieproces meegenomen. De struvietreactor is een relatief eenvoudige techniek waarbij magnesiumammoniumfosfaat (MAP) wordt gevormd. De eerste struvietreactor waarbij het fosfaat uit het slibwater wordt gehaald, is gerealiseerd op de RWZI Olburgen. Dit is overigens in combinatie met industrieel afvalwater van een aardappelverwerkende industrie.

In afwezigheid van ammonium is het ook mogelijk kalium terug te winnen. In dit geval wordt kaliummagnesiumfosfaat (KMP) gevormd. Ook technieken gericht op fosfaatterugwinning zijn dus relevant voor

de **Nutriëntenfabriek**. Afzetmogelijkheden voor het teruggewonnen fosfaat zijn onder andere afhankelijk van de mate van verontreiniging.

#### 4.7 ENERGIECONVERSIE

De energieconversie is onderverdeeld in drie categorieën: traditionele, geavanceerde en alternatieve energieconversie. Tabel 4.6 geeft een nadere uitwerking van de drie categorieën met daarbij benoemd de belangrijkste kansen en risico's.

Indien een RWZI een slibgisting in het processchema heeft opgenomen, is meestal ook een warmtekrachtkoppeling (WKK) in gebruik. Om een hoog rendement uit het geproduceerde biogas te halen, heeft deze techniek als bedreiging dat het elektrisch rendement vrij laag is, circa 35%. Om het rendement van een WKK te verhogen kan een ORC (*Organic Ranking Cycle*) geplaatst worden waarmee restwarmte wordt omgezet in mechanische energie. Dit verhoogt het rendement naar een waarde van boven de 40%. Andere voorbeelden van geavanceerde conversietechnieken zijn de Dual Fuel en de brandstofcel. In theorie behaalt de brandstofcel het hoogste rendement, 50-60%. Alternatieve technieken voor energieconversie zijn warmtekoudeopslag (WKO) en warmtepompen. Een WKO heeft als bedreiging dat het te verwachten rendement laag is. Warmtepompen zorgen daarentegen voor een directe benutting van de restwarmte, mits dit in de directe omgeving afgezet kan worden.

Tabel 4.6. Opties voor de processtap energieconversie met kansen en risico's.

Processtap	Kansen en risico's
<b>Traditioneel</b>	
- alleen warmte via CV-ketel;	- plaatsen van WKK is vaak economisch haalbaar.
- warmtekrachtkoppeling (WKK).	- geen optimale benutting van alle restwarmte of het elektrisch rendement is laag (35%).
<b>Geavanceerd</b>	
- Dual Fuel;	- significant hoger elektrisch rendement (> 40%) op alle systemen, bij brandstofcel het hoogst (50-60%).
- WKK met ORC;	- beperkte ervaring in NL;
- brandstofcel.	- NOx-emissie bij Dual Fuel;
	- hoge kosten brandstofcel;
	- zekere schaalgrootte nodig.
<b>Alternatieven</b>	
- warmtepompen;	- maximale warmtebenutting;
- warmtekoudeopslag (WKO);	- bij groen gas een maximaal rendement bij directe levering.
- groen gas leveren.	- laag rendement voor WKO;
	- bij groen gas alle warmte en elektriciteit inkopen.

Een andere mogelijkheid is de directe levering van biogas als groen gas aan de omgeving. Door het groen gas direct aan de omgeving te leveren treedt geen rendementsverlies op door energieomzettingen. Het rendement van dit gas is hierdoor maximaal. Van het geproduceerde gas kan dat deel dat nodig is voor de eigen warmte omgezet worden in een WKK. Een praktijkvoorbeeld is de RWZI Beverwijk van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Doordat alle energieconversietechnieken het doel hebben energie terug te winnen of restwarmte te benutten, zijn deze technieken primair van toepassing op de **Energiefabriek**.





A young child with eyes closed, smiling, in a shower of water. The image is overlaid with a teal and blue gradient. A white rounded rectangle contains the text 'H5'. On the left side, there is a vertical line of five grey circles, with a grey L-shaped bracket above and below them. A dotted white line is at the top right.

**H5**

# ONTWERPSCHETSEN RWZI 2030

In hoofdstuk 3 zijn eerder de belangrijkste invloedsfactoren besproken voor de RWZI in 2030. Hieruit is naar voren gekomen dat nutriëntenterugwinning, kostenniveau, effluentkwaliteit en energieneutraal als belangrijkste factoren gezien worden. Vanuit deze factoren zijn in hoofdstuk 4 de begrippen **Nutriëntenfabriek**, **Energiefabriek** en **Waterfabriek** gelanceerd. In de komende paragrafen wordt elk van de begrippen uitgewerkt tot een concept met enkele praktijkvoorbeelden ter inspiratie. De factor kostenniveau speelt bij elk van de concepten een belangrijke rol in de uiteindelijke keuze voor zuiveringstechnieken. In werkelijkheid zal de rol van de drie concepten afhangen van de situatie waarin de RWZI gebouwd is of gebouwd zal worden. Het is zonder meer mogelijk dat meerdere concepten binnen één RWZI geïmplementeerd worden.

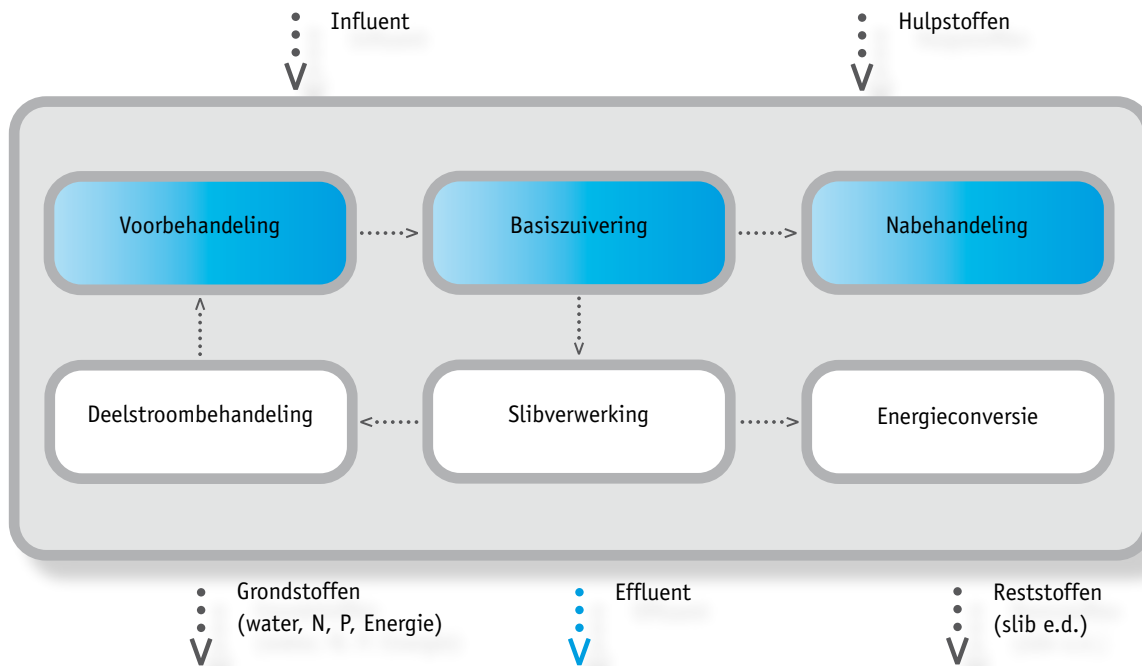
## 5.1 RWZI WATERFABRIEK

### 5.1.1 Toelichting

De invloedsfactor met de hoogste prioriteit, zie hoofdstuk 3, is de effluentkwaliteit. Doorgaans betreft de effluentkwaliteit een wettelijke eis waaraan voldaan moet worden ten behoeve van een goede kwaliteit van het oppervlaktewater. Het is ook mogelijk het afvalwater zo vergaand te zuiveren, dat het effluent voor andere doeleinden kan worden ingezet, zoals voor koelwater, landbouwwater, oppervlaktewater of proceswater. In deze zin kan de RWZI worden gedefinieerd als **Waterfabriek**.

De keuze voor RWZI-technieken is bij de **Waterfabriek** vooral gebaseerd op de specificaties die de eindgebruiker aan het te gebruiken water stelt. Vast staat dat meestal een vergaande geavanceerde zuivering nodig is om aan de gangbare kwaliteitseisen te kunnen voldoen. Met het oog op het bereiken van toekomstige doelen in het oppervlaktewater, is voorsnog het verlagen van de concentraties stikstof en fosfaat van belang. Wanneer het effluent geschikt wordt gemaakt als industriewater of zwemwater zijn heel andere stoffen van belang, zoals bijvoorbeeld het verlagen van de calciumconcentratie en/of het verwijderen van pathogenen. In figuur 5.1 is aangegeven welke processtappen en eindproducten vooral relevant zijn voor de **Waterfabriek**. De verschillende technieken per processtap met bijbehorende kenmerken zijn reeds beschreven in hoofdstuk 4.

Onderzoek naar mogelijkheden voor nuttige inzet van afvalwater is eerder uitgevoerd. In het rapport 'Compendium RWZI-effluent als bron voor ander water' (STOWA, 2001) worden afhankelijk van doelstel-



Figuur 5.1. De verschillende processtappen van de RWZI, de processen en producten die vooral van toepassing zijn op de [Waterfabriek](#) zijn blauw gekleurd.

lingen mogelijke configuraties benoemd. In de rapportages rond het thema Fysisch-Chemische Voorzuivering (STOWA, 1998) is aan dit onderwerp ook aandacht besteed. Tevens heeft het langlopende MBR-onderzoek op praktijkschaal een extra impuls gegeven aan het onderwerp om te werken tot een bruikbare waterbron. In het kader van de KRW en aandacht voor bijvoorbeeld medicijnresten en hormoonversturende stoffen, is veel aandacht uitgegaan naar de ontwikkeling van verschillende nabehandelingstechnieken (zie onder andere STOWA (2005d)). Al de genoemde onderzoeken en ontwikkelingen zijn richting- en vormgevend voor het configureren van een [Waterfabriek](#).

### 5.1.2 INSPIRATIE VOOR DE WATERFABRIEK (PRAKTIJKVOORBEELDEN)

#### RWZI Terneuzen - Industriewater

Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Evides Industriewater zijn gestart met de bouw van een MBR op RWZI Terneuzen. Het behandelde afvalwater wordt hergebruikt door Evides bij de productie van demiwater voor een chemische industrie. De te plaatsen MBR kan maximaal 620 m<sup>3</sup>/uur zuiveren en vormt een uitbreiding op de bestaande RWZI. Evides gebruikt het effluent al sinds 2007 voor de productie van demiwa-

ter. Met de ingebruikname van de MBR wordt een hogere kwaliteit effluent geleverd om proceswater uit te maken. Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Evides investeren om deze reden samen in de MBR (Waterforum, 2008).

#### *RWZI Emmen - Ultrapuur water (UPW)*

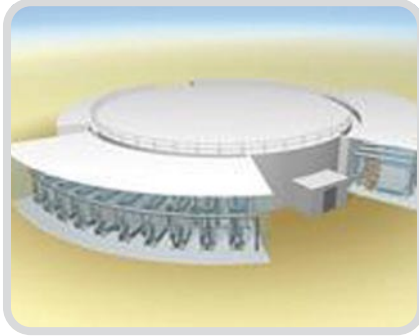
NieuWater, een joint venture van Waterleidingmaatschappij Drenthe en Waterschap Velt en Vecht, gaat het effluent van de RWZI Emmen opwerken tot ketelvoedingswater, geschikt voor het opwekken van stoom. Het opwerken van het effluent verloopt in vijf stappen. Allereerst vindt ultrafiltratie plaats, vervolgens passeert het water een biologisch actief koolfilter. Daarna volgen twee, in serie geschakelde, omgekeerde osmose (RO) installaties. De vijfde stap is een polijstingstap waarbij gebruik wordt gemaakt van de elektro-deionisatie (EDI) techniek (Sandt, 2008).

#### *RWZI Kaatsheuvel - Recreatiewater*

Sinds 1997 wordt gezuiverd huishoudelijk afvalwater van de RWZI Kaatsheuvel gebruikt als recreatiewater. Om aan alle kwaliteitseisen te kunnen voldoen wordt gebruik gemaakt van een 8.000 m<sup>2</sup> groot helofytenfilter waar jaarlijks 350.000 tot 400.000 m<sup>3</sup> water doorheen stroomt. Het helofytenfilter bestaat uit een rietveld verdeeld in vier compartimenten. In totaal duurt het 10 dagen voor het water van het rietveld als recreatiewater wordt aangeboden. Om het gehalte voedingsstoffen beter onder controle te krijgen, is ervoor gekozen een continu zandfilter te plaatsen tussen de RWZI en de helofytenfilters. Door het afvalwater van de RWZI Kaatsheuvel te gebruiken als recreatiewater, hoeft geen grondwater meer onttrokken te worden, wat een positief effect heeft op de mate van verdroging in het gebied. Daarnaast kan het omliggende land nu in periodes van droogte gewoon besproeid worden (Smits, 2006; Vrom, 2009).

#### *RWZI Land van Cuijk - Landbouwwater*

Waterschap de Maaskant (thans Waterschap Aa en Maas) heeft in 1999 de RWZI Land van Cuijk voorzien van een helofytenfilter. In droge periodes wordt een deel van het effluent geloosd op het achterliggende gebied, de Laarakkerse Waterleiding. Voor een betere en natuurlijke waterkwaliteit wordt het effluent geloosd op een moerassysteem. Dit moerassysteem is een laagbelast horizontaal doorstroomd systeem van circa 3,85 ha, opgebouwd uit: een toevoervijver, parallelle helofytenloten, een afvoersloot en waterplantenvijvers, zie figuur 5.5. In de droge zomer van 2003 zorgde het moerassysteem ervoor dat de omgeving van de RWZI het enige gebied in Noord-Brabant was waar toen geen sproeiverbod van kracht was (STOWA, 2004; STOWA, 2005b).



F 5.2



F 5.3



F 5.4



F 5.5

Figuur 5.2. Ontwerp MBR rwzi Terneuzen (NWP, 2009).

Figuur 5.3. Aankomst installatie voor de productie van UPW (Kampen Industrial Care, 2009).

Figuur 5.4. Foto van het riet dat het water zuivert (Brabants dagblad, 2007)

Figuur 5.5. Schematische weergave moerassysteem (STOWA, 2004).

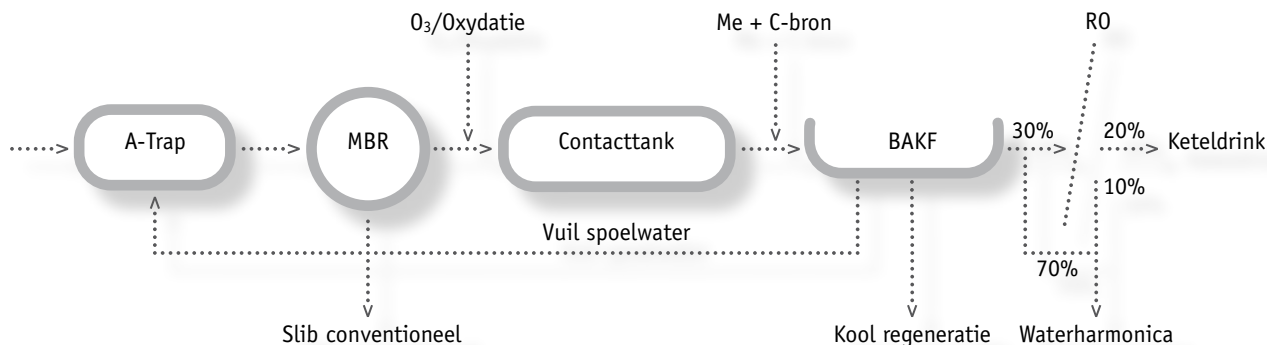
### 5.1.3 INSPIRATIE VOOR DE WATERFABRIEK (VOORBEELDCONFIGURATIE)

Tijdens de tweede workshop is een configuratie opgesteld van een mogelijke Waterfabriek. Benadrukt moet worden dat het om een voorbeeld gaat en dat dit voorbeeld beslist niet de best mogelijke configuratie hoeft te zijn.

Bij de voorbeeldconfiguratie van de Waterfabriek wordt het afvalwater eerst voorbehandeld via een A-trap met tussenbezinktank. Vervolgens doorloopt het voorbehandelde water een MBR-systeem voor een vergaande nutriëntenverwijdering. Door ozonbehandeling toe te passen worden moeilijk afbreekbare stoffen gekraakt en is het mogelijk afvalstoffen effectiever te verwijderen. Daarbij worden pathogenen door de ozonbehandeling gedood. Defosfateringschemicaliën worden toegevoegd om een laag fosfaatgehalte te verkrijgen. Het biologisch actiefkoolfilter verwijdert vervolgens de meeste gesuspendeerde en opgeloste stoffen, inclusief de aanwezige metalen.

Met omgekeerde osmose (RO) worden de laatste zouten uit het water gehaald, zodat de kwaliteit goed genoeg is om als ketelvoedingswater gebruikt te worden. Het brijn dat ontstaat bij de RO wordt gemengd met het water dat naar de waterharmonica gaat. De waterharmonica zorgt voor vitalisering van het effluent zodat kwalitatief hoogwaardig water wordt geloosd op het oppervlaktewater.

De voorbeeldconfiguratie van de Waterfabriek maakt het mogelijk meerdere kwaliteiten water te maken en de volumes te regelen. Daarbij wordt het ontwerp gezien als een configuratie die te implementeren is als uitbreiding van een bestaande RWZI. De meeste technieken zijn bekend en bewezen. Mogelijke bedreigingen zijn de kosten, het energieverbruik van de MBR en RO en het brijn dat ontstaat bij de RO. Het zo ver mogelijk minimaliseren van de regenwaterafvoer is gunstig voor deze voorbeeldconfiguratie. De droog-



Figuur 5.6. Voorbeeldconfiguratie van de Waterfabriek, gemaakt tijdens de tweede workshop.

weerafvoer is qua volume en samenstelling vrij contant, waar de configuratie goed op aan te passen is. Regenwater is een onzekere bron, zowel kwantitatief als kwalitatief. Daarbij nemen de kosten van deze configuratie toe met het te zuiveren volume. Een mogelijke kans is de samenwerking met drinkwaterbedrijven, dit ontwerp bevat immers veel technieken die reeds bij de drinkwaterproductie worden toegepast.

## 5.2 RWZI ENERGIEFABRIEK

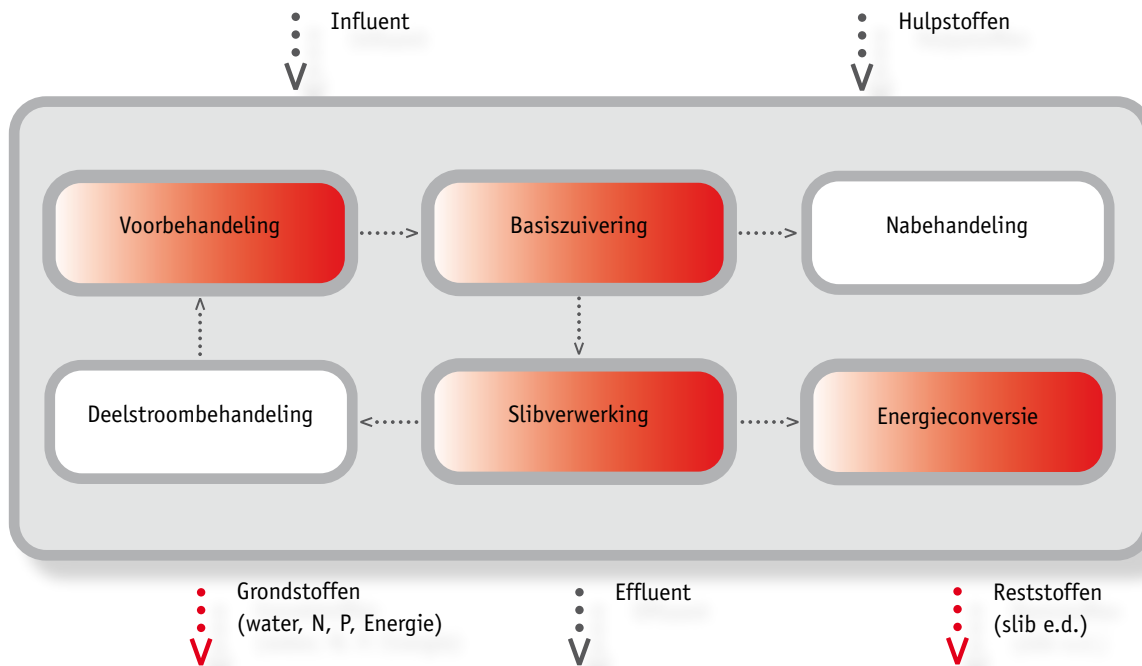
### 5.2.1 Toelichting

De tweede invloedsfactor die zeer waarschijnlijk van grote invloed zal zijn op de RWZI van 2030 is het streven naar een energieneutrale RWZI ofwel het realiseren van een **Energiefabriek**. Doel van de **Energiefabriek** is dat de RWZI energie producerend is. Hierbij spelen twee aspecten een belangrijke rol: het minimaliseren van de energievraag en het maximaliseren van de energieproductie op locatie of in samenwerking met een externe partij. De producten van de **Energiefabriek**, biogas, elektriciteit en/of warmte, kunnen geleverd worden aan bedrijven of instellingen in de omgeving. Elektriciteit kan daarbij verkocht worden aan een energieleverancier. De configuratie van de **Energiefabriek** is daarmee sterk afhankelijk van de mogelijkheden die de omgeving biedt.

Het zo veel mogelijk binden van CZV in de voorbehandeling is een belangrijk uitgangspunt bij het configureren van een **Energiefabriek**. Door CZV te binden in de vorm van primair slib heeft dit enerzijds het voordeel dat dit een hogere biogasopbrengst geeft en anderzijds kan op deze manier bespaard worden op beluchting voor de oxidatie van CZV. Daarnaast is het van belang energiezuinige technologieën te gebruiken bij het verwijderen van stikstof, fosfaat en rest CZV tot de streefwaarden voor een gangbare effluentkwaliteit. Bij de verwerking van het slib draait alles om de maximale benutting van de calorische waarde van het slib. De processtap energieconversie is daarna een belangrijke schakel voor de **Energiefabriek**. Het deammonificatieproces is het meest relevante deelstroomprincipe voor een **Energiefabriek**. Bij de systeemkeuze en het ontwerp van de nabehandeling moet vooral worden gelet op het voorkomen van een hoog extra energieverbruik.

In figuur 5.7 is aangegeven welke processtappen en producten vooral relevant zijn voor de **Energiefabriek**. Het proces deelstroombehandeling is niet gekleurd, omdat van deze technieken vooral gebruik wordt gemaakt indien het effluent niet aan de wettelijke eisen voldoet. Indien een deelstroombehandeling noodzakelijk is, dient als vanzelfsprekend de meest energiezuinige techniek gekozen te worden. Het Anammoxproces is hierin een voor de hand liggende keuze. De verschillende technieken per processtap met bijbehorende kenmerken zijn reeds beschreven in hoofdstuk 4.





Figuur 5.7. De verschillende processtappen van de RWZI, de processen en producten (inclusief energiedragers) die vooral van toepassing zijn op de **Energiefabriek** zijn rood gekleurd.

## 5.2.2 INSPIRATIE VOOR DE **ENERGIEFABRIEK** (PRAKTIJKVOORBEELDEN)

### Project de **Energiefabriek**

In potentie is het mogelijk dat een RWZI meer energie levert dan het verbruikt; de energieleverende RWZI. Met deze theorie in het achterhoofd hebben verschillende waterschappen, inmiddels veertien, de handen ineengeslagen om die **Energiefabrieken** daadwerkelijk te realiseren. Elk van de deelnemende waterschappen heeft de opgave aangenomen om een businesscase te ontwikkelen voor een **Energiefabriek**. Op deze wijze ontwikkelen de waterschappen zich tot meer duurzame organisaties, die daarmee minder afhankelijk worden van de energiemarkt.

### RWZI Apeldoorn

Op de RWZI Apeldoorn is een aantal grote stappen gezet richting een energieneutrale RWZI. Eén van deze stappen is de levering van restwarmte aan de omgeving. Hiervoor is Waterschap Veluwe een samenwerkingsverband aangegaan met de Gemeente Apeldoorn en Essent. Het Waterschap en Essent hebben een contract ondertekend voor de levering van restwarmte, ten behoeve van de verwarming van 2500 nieuw-



F 5.8



F 5.9



F 5.10



F 5.11



F 5.12

Figuur 5.8 Co-vergisting en DEMONinstallatie en vergisting op de rwzi Apeldoorn (Waterschap Veluwe, 2009).

Figuur 5.9 Rwzi Garmerwolde (Waterschap Noorderzijlvest, 2006).

Figuur 5.10 Rwzi Amsterdam-West (Waternet, 2010).

Figuur 5.11. Tanken van biogas op de rwzi Beverwijk (HHNK, 2009).

Figuur 5.12. Slibverwerking GMB (GMB, 2010).

bouwwoningen in de wijk Zuidbroek. De levering van deze groene warmte leidt tot een CO<sub>2</sub> reductie voor Zuidbroek van 50 tot 65%. Daarnaast is door Waterschap Veluwe op de RWZI Apeldoorn een co-vergister in gebruik genomen met een nageschakelde DEMON-reactor. De co-vergister maakt gebruik van externe afvalstromen, daardoor neemt de biogasproductie sterk toe. De DEMON-reactor is bedoeld om op een energie-efficiënte wijze stikstofrijk digestaat te behandelen dat vrijkomt bij de ontwatering en vergisting van slib.

#### *RWZI Garmerwolde*

Ook op de RWZI Garmerwolde is een aantal stappen gezet in de richting van een energieneutrale RWZI. Op de RWZI Garmerwolde is een A-trap in het proces opgenomen en zijn twee gistingstanks aanwezig die in serie bedreven worden. In deze gistingstanks wordt zowel intern als extren slib vergist. Het externe zuiveringsslib is afkomstig van zuiveringen van Waterschap Noorderzijlvest en Waterschap Hunze en Aa's en van bedrijven. Het biogas dat vrijkomt tijdens de gisting wordt omgezet in elektrische energie. Met deze energie kan Garmerwolde voor 60 tot 70% voor haar eigen energie zorgen. De restwarmte wordt gebruikt voor het op temperatuur houden van de gistingstanks (Waterschap Noorderzijlvest, 2006). Bij de gisting van slib wordt ammoniumrijk rejectiewater gevormd. Om aan de wettelijke effluenteisen voor stikstof en fosfaat te voldoen is een SHARON installatie gebouwd voor de behandeling van de deelstroom. Hiermee voldoet Garmerwolde aan de effluenteisen en is gekozen voor een energiezuinige techniek. Een mogelijk knelpunt is de C-bron, veelal methanol, die toegevoegd moet worden om de omzetting van nitriet naar stikstofgas door de bacteriën mogelijk te maken.

#### *RWZI Amsterdam West*

Eind 2006 is de RWZI Amsterdam West in gebruik genomen. Met een capaciteit van één miljoen i.e. is dit een van de grootste RWZI's in Nederland. Voor het zuiveren van afvalwater is gekozen voor het mUCT proces. Op de RWZI Amsterdam West wordt gebruik gemaakt van traditionele slibgisting. Het biogas wordt geleverd aan de afvalverbrandingsinstallatie (AVI) Amsterdam die naast de RWZI is gelegen. Hier wordt ook het slib van de RWZI Amsterdam verbrand.

Op de AVI Amsterdam wordt gebruik gemaakt van verschillende soorten warmte. Het rendement, de benutting van de calorische waarde, bedraagt hierdoor circa 90%. Via een warmwatercircuit levert de AVI Amsterdam op haar beurt warmte aan de RWZI Amsterdam West.

#### *RWZI Beverwijk*

In het verleden werd het biogas dat vrijkwam bij de gisting van slib verwerkt door twee gasmotoren die continu draaiden en twee CV ketels. De gasmotoren zorgden voor warmte en energie en de CV ketels wer-

den ingezet indien er warmtetekort was. Het teveel aan biogas werd destijds afgefakkeld. In 2006 was de WKK aan vervanging toe. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) heeft toen besloten een biogasininstallatie te bouwen. Met deze installatie wordt het biogas gereinigd tot aardgaskwaliteit, PNG (Pseudo Natural Gas). Dit groene biogas wordt geïnjecteerd op het gasnet. Per dag levert het hoogheemraadschap momenteel circa 2.000 m<sup>3</sup> biogas, voldoende voor ongeveer 400 huishoudens. Daarnaast rijden momenteel 20 auto's van het hoogheemraadschap op hetzelfde biogas. Vanwege de goede resultaten bestaan er plannen de huidige installatie te vervangen door een installatie met een hogere capaciteit waarmee 70% van het geproduceerde biogas omgezet kan worden naar groen gas (Goverde, 2007; HHNK, 2009). Ter vergelijking, bij de gisting van slib op de RWZI Beverwijk komt jaarlijks 1,5 miljoen m<sup>3</sup> biogas vrij. Hieruit valt af te leiden dat momenteel bijna 50% van het geproduceerde biogas wordt geïnjecteerd als groen gas in het gasnet.

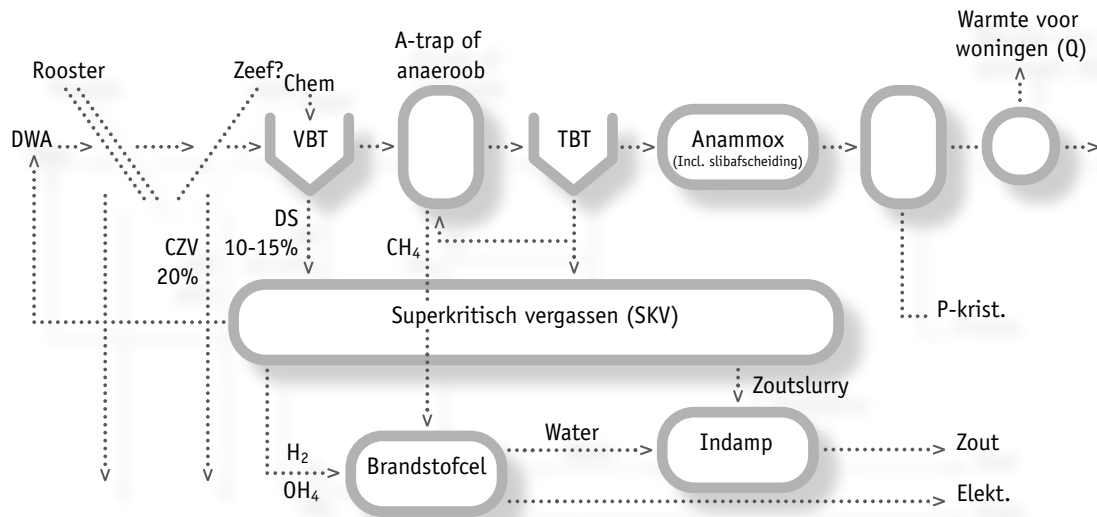
#### *RWZI Ede en RWZI Apeldoorn*

GMB verwerkt zuiveringsslib van de RWZI Apeldoorn (Waterschap Veluwe) en de RWZI Ede (Waterschap Vallei & Eem) in samenwerking met haar Duitse partner RVG GmbH. Het zuiveringsslib wordt rechtstreeks geëxporteerd naar Duitsland en door RVG GmbH verwerkt in de kolendrooginstallatie. Een klein deel van het zuiveringsslib wordt door Betrem, een Duitse producent van secundaire brandstoffen, verwerkt. Daarnaast wordt slib afkomstig van de RWZI Ede rechtstreeks verwerkt door energieproducent RWE.

### **9.2.3 INSPIRATIE VOOR DE ENERGIEFABRIEK (VOORBEELDCONFIGURATIE)**

Ook voor de **Energiefabriek** is tijdens de tweede workshop een concept opgesteld. Benadrukt moet worden dat het om een voorbeeld gaat en dat dit voorbeeld beslist niet de best mogelijke configuratie hoeft te zijn.

Bij dit ontwerp is ervan uit gegaan dat in 2030 de droogweerafvoer geheel gescheiden kan worden van de regenwaterafvoer. Voor regenwater zou dan een aparte zuivering gebouwd kunnen worden. Dit scenario maakt allereerst gebruik van een rooster om grof materiaal te verwijderen. Daarna wordt gebruik gemaakt van een zeef. Het materiaal dat in de roosters en zeven achterblijft, zoals cellulosemateriaal wordt apart afgevoerd en verbrand. Het afvalwater komt vervolgens in een voorbezinktank, een A-trap of anaerobe reactor en daarna in een Anammoxreactor. Op deze wijze worden stikstofverbindingen op een energie-efficiënte wijze afgebroken. Fosfaten worden gekristalliseerd om aan de richtlijnen voor P te voldoen en met als bijkomend voordeel dat deze fosfaten hergebruikt kunnen worden. Uit het effluent wordt restwarmte onttrokken en benut in woningen. Het slib uit de anammoxtank en de voor- en nabezinktank wordt superkritisch vergast. Hierdoor ontstaat een gasstroom van waterstof (H<sub>2</sub>) en methaan (CH<sub>4</sub>) dat



Figuur 5.12. Voorbeeldconfiguratie van de **Energiefabriek**, gemaakt tijdens de tweede workshop.

door een brandstofcel omgezet wordt in warmte en elektriciteit. Naast deze gasstroom ontstaat een zout-slurry, rejectiewater bestaande uit neergeslagen zouten (o.a. zware metalen en fosfaten). De restwarmte wordt gebruikt om deze resterende zoutstroom in te dampen.

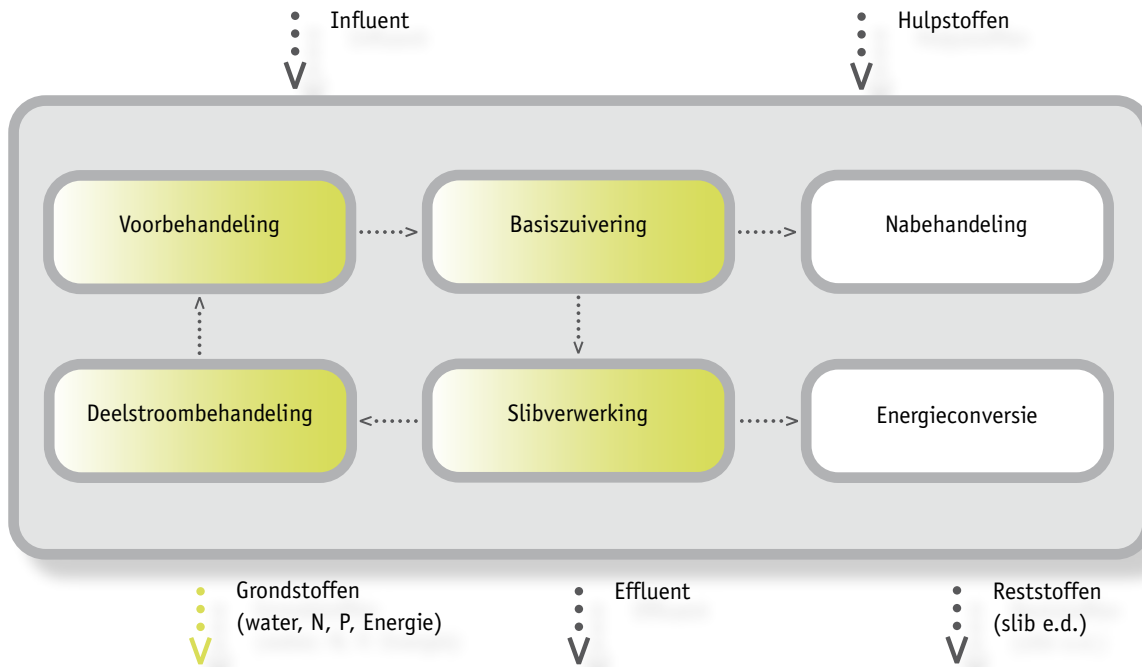
In het bovenstaande schema staat een aantal technieken benoemd die nog niet in de praktijk zijn toegepast, zoals superkritisch vergassen en Anammox in de hoofdstroom. Dit kan een bedreiging vormen bij een eventuele implementatie.

### 5.3 RWZI NUTRIËNTENFABRIEK

#### 5.3.1 Toelichting

Het terugwinnen van nutriënten is tegenwoordig een steeds actueler onderwerp. Fosfor is bijvoorbeeld een eindige grondstof die maar op een paar plaatsen in de wereld (China, VS, Marokko) als fosfaaterts in mijnen voorkomt. Afvalwater bevat fosfaat dat in potentie teruggewonnen kan worden. Om deze reden is het terugwinnen van nutriënten in een **Nutriëntenfabriek** benoemd als belangrijke invloedsfactor voor 2030.

Om fosfaten en eventueel andere grondstoffen als stikstof en kalium terug te winnen, dient hier bij het ontwerp van de RWZI rekening mee gehouden te worden. De technieken die gebruikt worden bepalen namelijk in hoeverre nutriënten teruggewonnen kunnen worden en de vorm waarin het teruggewonnen



Figuur 5.13. De verschillende processtappen van de RWZI, de processen en producten die vooral van toepassing zijn op de **Nutriëntenfabriek** zijn groen gekleurd.

wordt. De eisen die de afnemer stelt aan het product is daarmee een belangrijke factor bij het ontwerp van de **Nutriëntenfabriek**.

Om er voor te zorgen dat nutriënten effectief teruggewonnen kunnen worden is het zaak het CZV en zwerende stof te scheiden van de nutriënten. Vervolgens kunnen de nutriënten in de slib- of waterlijn geconcentreerd worden om de terugwinning effectiever en efficiënter te maken. Omdat nutriënten zowel in het slib als in het rejectiewater aanwezig zijn, vormen de processen deelstroombehandeling en slibverwerking een belangrijke rol bij de **Nutriëntenfabriek**. In onderstaand schema is aangegeven welke processtappen vooral relevant zijn voor de **Nutriëntenfabriek**. De verschillende technieken per processtap met bijbehorende kansen en bedreigingen zijn reeds beschreven in hoofdstuk 4.

### 5.3.2 INSPIRATIE VOOR DE **NUTRIËNTENFABRIEK** (PRAKTIJKVOORBEELDEN)

#### *RWZI Geestmerambacht*

Een methode om fosfaat op de RWZI terug te winnen is door het neer te slaan als calciumfosfaat. Sinds 1993 wordt dit proces op praktijkschaal toegepast op Geestmerambacht met behulp van een Crystalactor

(korrelreactor). In het verleden werd dit proces op meerdere RWZI's in Nederland toegepast. Sinds 2004 is dit beperkt tot de RWZI Geestmerambacht. Tijdens het proces wordt fosfaat allereerst uit het slib vrijgemaakt via het Phostripproces met azijnzuur, waarna de calciumfosfaatkorrels worden gevormd. Het product van de RWZI wordt door de fosfaatindustrie afgenomen. Door de vele chemicaliën die worden toegevoegd, onder andere om het carbonaat uit het water te strippen, is het een duur proces. Ook de operationele problemen en hoge kosten van het Phostripproces zijn benoemde knelpunten (STOWA 2005c).

#### *AWZI Steenderen op de RWZI Olburgen*

Op de awzi Steenderen wordt afvalwater (na voorzuivering) van de aardappelverwerkende industrie samen met het slibwater van de RWZI Olburgen gezuiverd. Aan het water wordt magnesiumoxide (MgO) gedoseerd, waarbij struviet wordt gevormd. Het gevormde struviet kan worden gebruikt als meststof in de landbouw. Deze techniek maakt het mogelijk de slibproductie te verminderen. Daarnaast kan het restproduct opnieuw worden gebruikt (Waterforum, 2007). Om stikstof op een energie-efficiënte manier te verwijderen wordt gebruik gemaakt van een ééntraps Anammoxinstallatie. In deze installatie wordt ammonium door bacteriën via nitriet onder zuurstofgelimiteerde omstandigheden omgezet in stikstofgas.

#### *Slibketen SNB*

Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) verwerkt communaal zuiveringsslib, jaarlijks circa 400.000 ton, in vier parallelle verbrandingslijnen. Bij de verbranding van slib wordt het aanwezige fosfaat geconcentreerd in het slibas. De gemiddelde concentratie fosfaat bedraagt 80 gram per kilogram as. De jaarlijkse fosfaatproductie van SNB ligt rond de 3.100 ton. Een deel van het slibas levert SNB aan de fosfaatproducent Thermphos. Het slibas dient daarvoor wel ijzerarm te zijn. Het gebruik van ijzerzouten voor de precipitatie van fosfaat maakt het hierdoor onmogelijk fosfaten terug te winnen uit het slibas. Het slib van RWZI's met biologische fosfaatverwijdering en het zuiveringsslib van RWZI's waar aluminiumzout wordt gebruikt zijn wel geschikt (SNB, 2009).

#### *RWZI Deventer*

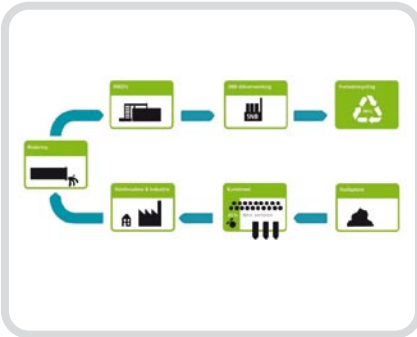
De RWZI Deventer is uitgebreid volgens het BCFS-proces, een technologische configuratie om een fosfaatrijke deelstroom af te tappen. Via een pomp in het tweede anaerobe compartiment wordt fosfaatrijk water afgevoerd naar de fosfaatstippertank, uitgevoerd als Dortmundtank. Bij het in bedrijf nemen van de strippers wordt normaal gesproken  $\text{FeCl}_3$  gedoseerd. Het gevormde precipitaat gaat dan via de slibindikers naar de gistingstank waardoor de hoofdstroom niet wordt belast met chemisch slib. Met het oog op de terugwinning van fosfaat dient het gebruik van ijzerzouten echter vermeden te worden. Op de RWZI Deventer is in 2003 en 2004 onderzoek gedaan op pilotschaal naar de fosfaatprecipitatie met calcium, alu-



F 5.14



F 5.15



F 5.16



F 5.17

Figuur 5.14 Crystalactor op de RWZI Geestmerambacht (Giesen, 2009).

Figuur 5.15 Struvietproductie op de awzi Steenderen (TU Delft & Paques, 2009).

Figuur 5.16 De fosfaatkringloop (SNB, 2009).

Figuur 5.17 BCFS reactor op de RWZI Deventer (Waterschap Groot Salland, 2009).



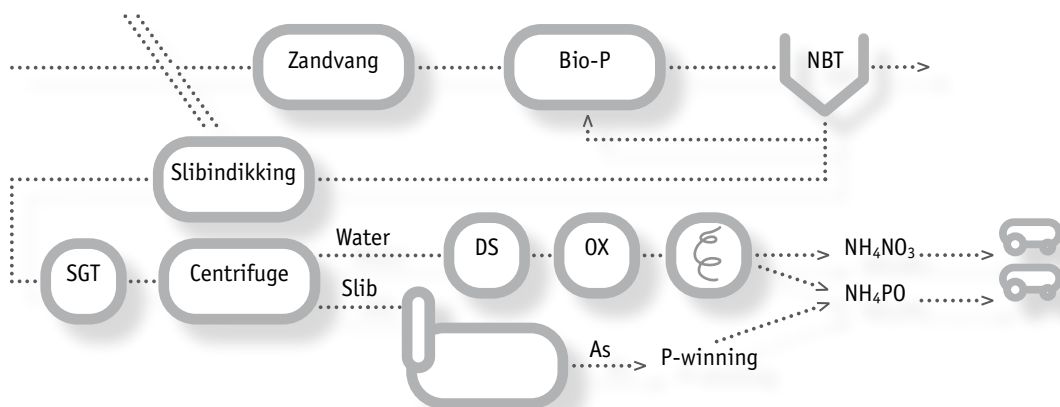
minium en magnesium. Uit het rapport blijkt dat calciumprecipitatie het voordeligst is en dat de baten op kunnen wegen tegen de kosten (STOWA, 2005c).

### 9.3.3 INSPIRATIE VOOR DE NUTRIËNTENFABRIEK (VOORBEELDCONFIGURATIE)

Ook voor de **Nutriëntenfabriek** is tijdens de tweede workshop een concept opgesteld. Benadrukt moet worden dat het om een voorbeeld gaat en dat dit voorbeeld beslist niet de best mogelijke configuratie hoeft te zijn.

De voorbeeldconfiguratie van de **Nutriëntenfabriek** (figuur 5.18), gericht op de terugwinning van stikstof en fosfaat, start met een rooster en fijnzeef om grof materiaal uit de hoofdstroom te verwijderen. Vervolgens wordt het afvalwater in een actiefslibstelsysteem gezuiverd. Het spuislib wordt naar een gistingstank gebracht en daarna ontwaterd met een centrifuge. Via destructie wordt organische stikstof in het rejectiewater omgezet in ammonium. Door dit gedeeltelijk te oxideren en vervolgens te concentreren kan ammoniumnitraat worden geproduceerd. Het slib wordt verbrand voor fosfaatterugwinning. Theoretisch is het ook mogelijk om het ammonium dat ontstaat na destructie samen met het fosfaat om te zetten in ammoniumfosfaat dat als directe meststof kan dienen in de landbouw.

Wat opvalt in het bovenstaande concept is de eenvoud van de waterlijn. Aangevuld met de terugwinning van fosfaat kan een **Nutriëntenfabriek** worden opgezet. Het concept is daarmee direct toepasbaar. Mogelijke bedreigingen zijn de beperkte terugwinning van stikstof in de waterlijn en, specifiek voor deze configuratie, de explosiviteit van  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  in poedervorm. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de afzetmogelijkheden van de verschillende nutriënten in de markt.



Figuur 5.18. Voorbeeldconfiguratie van de **Nutriëntenfabriek**, gemaakt tijdens de tweede workshop.

A young boy with dark hair and blue eyes is shown in profile, drinking water from a clear glass. The image is overlaid with a blue gradient and decorative elements: a vertical dotted line, a white rounded rectangle containing the text 'H6', and a vertical column of white circles on the left side. The background is a soft-focus outdoor scene.

**H6**

# OP WEG NAAR DE RWZI VAN 2030

## 6.1 HET STARTPUNT

### 6.1.1 Toelichting

Doel van dit project was het ontwikkelen van ontwerpschetsen voor rioolwaterzuiveringsinstallaties in 2030. Het dilemma dat daarbij speelt is de tijdgeest van het moment waarop deze ontwerpschetsen tot stand zijn gekomen. Enerzijds kan er voor het vaststellen van een toekomstig ontwerp alleen uitgaan van bestaande technieken en/of technieken die zich in een bepaald ontwikkelstadium bevinden. Anderzijds is de toekomst niet te voorspellen en is het onbekend welke nieuwe wetten, regels, trends en ontwikkelingen over 20 jaar of verder doorslaggevend zullen zijn. Gezien de lange levensduur van de infrastructuur in de afvalwaterketen kan ook worden gesteld dat een periode van 20 jaar niet volkomen onoverbrugbaar is om een toekomstverwachting uit te spreken.

### 6.1.2 Toekomstvisie

In de Voorstudie Zuiveringsbeheer is samen met bestuurders een visie vastgesteld voor de afvalwaterketen in 2030 (zie visiedocument Voorstudie). Deze luidt als volgt:

‘Het afvalwaterketenbedrijf in 2030 is een centrale samenbindende regievoerder, die met diverse strategische samenwerkingsverbanden op een efficiënte manier water zuivert en afvalstromen omzet in grondstoffen en energie.’

Aanvullend op deze visie zijn de volgende kenmerken van het afvalwaterketenbedrijf gedefinieerd:

- werkt vraaggestuurd en levert een grote diversiteit aan diensten;
- richt zich primair op de productie van grondstoffen, energie en water;
- is duurzaam en werkt aan oplossingen om de keten te sluiten;
- ziet beheer en onderhoud niet meer als kernproces;
- heeft een groot aantal strategische samenwerkingsverbanden;
- bestuurt de keten via een centrale regiekamer;
- stuurt via tactische planning op optimale balans tussen kosten, kwaliteit en risico;
- heeft een schaalgrootte om efficiënt te kunnen functioneren;
- bindt en boeit medewerkers.

In de bovenstaande visie komt duidelijk naar voren dat de waterschappen zich in 2030 meer zullen gaan richten op de productie of terugwinning van grondstoffen, energie en water. Dit wordt expliciet genoemd als één van de kenmerken van de organisatie in 2030. In het visiedocument wordt daarnaast de mogelijkheid genoemd naast fosfaat ook andere grondstoffen terug te winnen, waaronder biopolymeren. In de centrale visie wordt ook benoemd dat de organisatie zich zal richten op een efficiënte manier van zuiveren. Hieruit valt op te maken dat de belangrijkste invloedsfactoren goed overeenkomen met de opgestelde visie van de Voorstudie Zuiveringsbeheer. Enkele andere invloedsfactoren, zoals het risicoprofiel en rest-duurzaamheid komen terug als elementen van de organisatie. In de Voorstudie Zuiveringsbeheer wordt ingegaan op de wijze van organisatie van de waterschappen. Het project RWZI 2030 NL richt zich primair op de RWZI en de ingaande en uitgaande stromen. Om deze reden wordt in deze studie niet op dat aspect ingegaan.

Op basis van een inventarisatie van trends en ontwikkelingen, kunnen voor de ontwerpschetsen van de RWZI 2030 toonaangevende elementen uit de toekomstvisie als volgt worden samengevat:

- de zuiveringsbeheerders verwachten dat in toenemende mate gewerkt zal worden aan het ontwikkelen van een duurzame afvalwaterketen waarbinnen kringloopsluiting (voor water, energie en nutriënten) een belangrijk aandachtspunt zal zijn;
- alhoewel onveranderd gezocht zal worden naar een verdere financiële optimalisatie van de afvalwaterketen, blijft de huidige ambitie geldig om hiervoor ook innovaties in te zetten;
- om aan toekomstige verwachtingen te kunnen voldoen, onderkennen de zuiveringbeheerders de kracht van samenwerking in de afvalwaterketen en met de omgeving.

#### **6.1.1 RICHTINGGEVENDE ONTWERPSCHETSEN**

Als de toekomstvisie voor de RWZI 2030 wordt gekoppeld aan de invloedsfactoren met de hoogste prioriteit voor de toekomst, ontstaan symbolisch drie richtinggevende ontwerpschetsen voor 2030.

##### *1. Waterfabriek*

Aan de hand van de invloedsfactor met de hoogste prioriteit, de effluentkwaliteit, is het idee voor de [Waterfabriek](#) ontstaan. Ten behoeve van een goede oppervlaktewaterkwaliteit worden in de wet vastgelegde eisen aan de kwaliteit van het effluent gesteld. Het is echter ook mogelijk het afvalwater zo vergaand te zuiveren, dat het effluent voor andere doeleinden kan worden ingezet, zoals voor koelwater, landbouwwater, proceswater of als bron voor drinkwater.

## 2. *Energiefabriek*

De tweede invloedsfactor die waarschijnlijk van grote invloed zal zijn op de RWZI van 2030 is het streven naar een energieproducerende RWZI ofwel het realiseren van een **Energiefabriek**. Deze ambitie sluit aan op de Meerjarenaafspraken energie efficiëntie (MJA-3) met als doel 30% energiebesparing in de periode 2005-2020. Hierbij spelen twee aspecten een belangrijke rol: het minimaliseren van de energievraag en het maximaliseren van de energieproductie op locatie. De ontwikkeling van het thema '**De Energiefabriek**' is een lopend traject waaraan door een groot aantal waterschappen wordt meegewerkt.

In deze zin is de term **Energiefabriek** trendsetkend geweest voor het ontstaan van de **Waterfabriek** en de **Nutriëntenfabriek**.

Evenwel is de **Energiefabriek**, zoals bedoeld in de RWZI 2030 NL, minder scherp gedefinieerd dan in het landelijke traject wat hierboven genoemd is. Rond de RWZI 2030 NL wordt dit begrip gehanteerd als energie in de brede zin meer aandacht krijgt.

## 3. *Nutriëntenfabriek*

Het terugwinnen van nutriënten is tegenwoordig een steeds actueler onderwerp. Fosfor is bijvoorbeeld een eindige grondstof. In potentie kan uit het afvalwater fosfaat worden teruggewonnen. Naast fosfaat worden ook stikstof en kalium genoemd als nutriënten die uit het afvalwater kunnen worden gehaald. Om deze reden is het terugwinnen/producteren van nutriënten in een **Nutriëntenfabriek** benoemd als belangrijke invloedsfactor voor 2030. (terzijde: het terugwinnen van nutriënten kan ook ook gedacht worden aan het produceren van waardevolle grondstoffen als vetzuren en biopolymeren)

De drie richtinggevende ontwerpsetsen zijn in hoofdstuk 5 afzonderlijk toegelicht met ter inspiratie meerdere voorbeelden uit de Nederlandse praktijk en een voorbeeldconfiguratie. In de praktijk zal de ambitie zijn zowel een **Nutriëntenfabriek**, **Energiefabriek** als **Waterfabriek** te realiseren. Op deze manier ontstaat dan de **NEWaterfabriek**. De uiteindelijke configuratie van de **NEWaterfabriek** zal sterk afhankelijk zijn van de mogelijkheden die de omgeving biedt.

### 6.1.1 KETENAFHANKELIJKHEID

Uit de voorbeeldconfiguraties in hoofdstuk 5 blijkt dat vaak de omgeving betrokken wordt bij de productie van de producten energie, grondstoffen en water. Ook bij de realisatie van de **NEWaterfabriek** speelt de vraag waar de producten het meest effectief en efficiënt geproduceerd kunnen worden een centrale rol. Het antwoord op deze vraag zal grotendeels afhankelijk zijn van de schaalgrootte van de RWZI en de directe kansen in de omgeving. Ook de productie van bijvoorbeeld energie in een verbrandingscentrale, de externe opwerking van effluent tot proceswater en de productie van grondstoffen bij een slibverwer-

kingsbedrijf, dragen bij aan de realisatie van een NEWaterfabriek. Kortom, de ketenafhankelijkheid voor het bereiken van de NEWaterfabriek is groot.

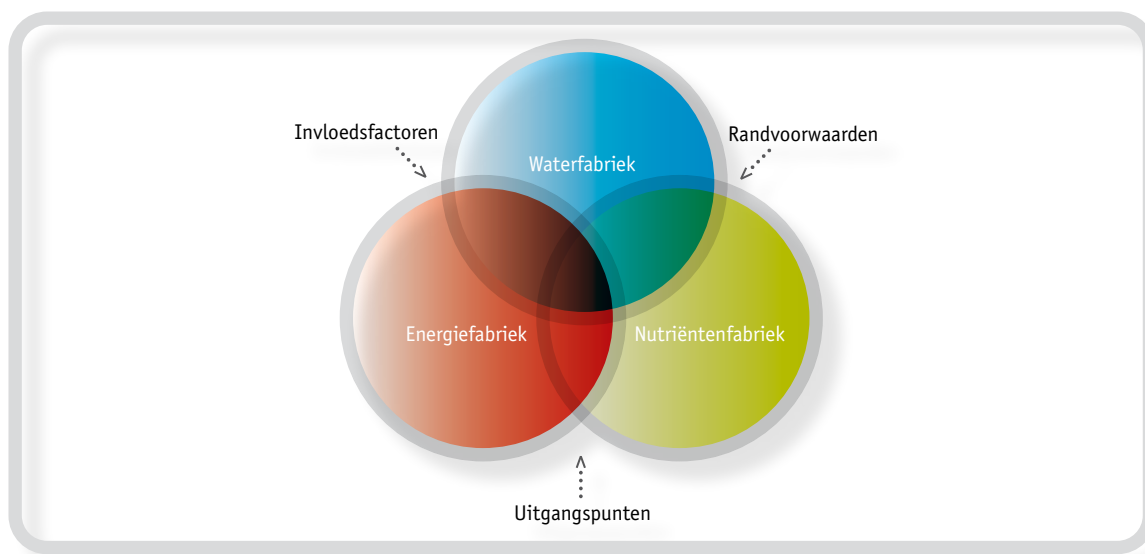
## 6.2 DE ROUTEPLANNER

### 6.2.1 De richting

Hieronder staat nogmaals geschetst welke richtinggevende ontwerpschetsen kunnen gaan gelden op het moment dat een RWZI 2030 geconfigureerd wordt. Zoals opgemerkt is het ook mogelijk dat een mengvorm ontstaat waar elementen in zitten van zowel de Waterfabriek, Energiefabriek als Nutriëntenfabriek. De werkelijke richting zal worden bepaald door het krachtenpel tussen invloedsfactoren, randvoorwaarden en uitgangspunten. Al deze aspecten zullen mede onderhevig zijn aan de op dat moment actuele trends en ontwikkelingen.

#### *Invloedsfactoren*

Het afvalwatersysteem heeft van oudsher het primaire doel de volkgezondheid te beschermen. Daarnaast is het doel de oppervlaktewaterkwaliteit en het milieu te beschermen door het voorkomen van lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten. In de toekomst zal het afvalwatersysteem deze primaire doelen behouden. Niet alleen deze factoren bepalen de keuze van RWZI-technieken die geïmplementeerd worden.



Figuur 6.1. Schematische weergave van de richtinggevende ontwerpschetsen van de RWZI 2030.

Tijdens de tweede workshop zijn mogelijk invloedsfactoren geprioriteerd. De vier invloedsfactoren met de hoogste prioriteit zijn: effluentkwaliteit, kostenniveau, energieneutraal en nutriëntenterugwinning.

#### *Uitgangspunten*

Bij de totstandkoming van het ontwerp voor een RWZI in de toekomst zijn de uitgangspunten een belangrijk sturend aspect. De volgende overwegingen zullen daarbij een rol gaan spelen:

- Wordt het effluent van de RWZI geloosd op het oppervlaktewater of zal het als een nuttige waterbron worden ingezet? In het eerste geval zal het effluent moeten voldoen aan de gestelde lozingseisen. In het tweede geval is voor bijvoorbeeld koelwater en proceswater de kostprijs bepalend voor de haalbaarheid. Als effluent een extra zuiveringsstap krijgt met als doel het water in het achterliggende gebied te houden voor functies als landbouwwater of zwemwater, moet er evenwicht zijn tussen maatschappelijke kosten en baten.
- Kan bij het ontwerpen van de RWZI van de toekomst rekening worden gehouden met het behalen van synergie met de omgeving? Voor de **Waterfabriek** en **Energiefabriek** is dit cruciaal omdat het uit kostenoverweging voordeliger is als water, energie en warmte in een bepaalde straal om de RWZI kan worden geleverd. Dit aspect biedt ook kansen om de RWZI als synergielocatie te kenmerken of de RWZI te situeren in nabijheid van synergiepartners.

#### *Randvoorwaarden*

Naast uitgangspunten zal de haalbaarheid van een bepaalde ontwerpschets tevens worden beïnvloedt door de opgelegde randvoorwaarden:

- Het primaire doel de volkgezondheid te beschermen door een veilige afvoer en verwerking van menselijke afvalstoffen.
- De oppervlaktewaterkwaliteit en het milieu te beschermen door het voorkomen van lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten.
- Voor zowel **Waterfabriek**, **Energiefabriek** als **Nutriëntenfabriek** geldt dat er een gegarandeerde afzet moet zijn voor respectievelijk water, energie en/of warmte en nutriënten.
- Met de verkoop van producten krijgt het waterschap er nog een andere taak bij, namelijk marketing. Goede marketing is noodzakelijk om een goede continue afzet van de producten te waarborgen.

#### *Aandachtspunten*

Als bekend is welke ontwerpschets leidend is voor het configureren van de RWZI 2030, kunnen de meest relevante technologieën hierbij worden geselecteerd. Vanwege de ruime keus uit het opgestelde procespalet (zie hoofdstuk 4) aan bewezen technieken, technieken die nog volop in ontwikkeling zijn maar ook

technieken die we nu nog niet kennen, is dit een traject dat met de nodige zorg doorlopen moet worden. Hierbij gelden onder meer de volgende aandachtspunten:

- Het is van belang dat de processtappen goed op elkaar zijn afgestemd om voor de gekozen ontwerprichting een uitgebalanceerde RWZI te ontwerpen;
- Bij het ontwerpen van de RWZI van de toekomst is het aanbevelingswaardig om, vanwege de lange levensduur van een RWZI, niet alleen een risicoprofiel uit te voeren maar ook een toekomstprofiel. Het modulair bouwen van de RWZI borgt flexibiliteit zodat op (onvoorziene) ontwikkelingen ingespeeld kan worden.
- Omdat in de afvalwaterketen en gekoppelde slibketen veel ketengerichte optimalisaties kunnen worden behaald, is het aan te bevelen hier rekening mee te houden en daarin altijd de ketenverantwoordelijkheid in acht te blijven nemen.

#### *6.2.2 Verkenning van bekende technieken*

Zoals eerder aangegeven staan in dit rapport alleen technieken en technologieën die op dit moment bekend zijn of zich thans in een bepaald ontwikkelstadium bevinden. Als hierbij wordt ingezoomd op technieken die bekend zijn in de afvalwatersector, is hier wat betreft de term ‘bekend’ een verdere gradatie in aan te brengen:

##### *Technieken zijn bekend en toegepast in Nederland*

In positieve zin is de MBR een goed voorbeeld. Ondersteund door een intensief programma zijn praktijktoepassingen tot stand gekomen (Varsseveld, Heenvliet, Ootmarsum en Terneuzen). De praktijkervaring die hier wordt opgedaan heeft een grote mate van relevantie voor het configureren van een [Waterfabriek](#). In negatieve zin heeft de ervaring met bepaalde slibdesintegratietechnieken in Nederland voorzichtigheid teweeg gebracht ten aanzien van positieve resultaten met deze technieken in het buitenland. De kennis die op basis van Nederlandse omstandigheden met veel technieken is verkregen, is grotendeels in STOWA-rapporten vastgelegd. Opgebouwde kennis in deze openbare bron dient te allen tijde te worden geraadpleegd. Zaak is wel om deze kennis in de juiste tijdgeest te plaatsen en daarmee een vertaalslag te maken van toen naar nu.

##### *Technieken zijn bekend maar niet toegepast in Nederland*

Er zijn veel technieken die in het buitenland uitgebreid worden toegepast maar hun weg naar de Nederlandse praktijk nog niet hebben gevonden. Voorbeelden daarvan zijn onder andere de thermische hydrolyse volgens het Cambiproces en de toepassing van zwevend dragermateriaal zoals Kaldness. Bij deze groep van technieken is het onderhouden van het internationale netwerk een belangrijk speerpunt. De deelna-



me van STOWA binnen de GWRC is hierin strategisch van belang. Het organiseren van excursies naar het buitenland is een uitermate geschikt middel om meer kennis op te doen aangaande de haalbaarheid van een bepaalde toepassing onder Nederlandse omstandigheden. De vertaalslag naar de Nederlandse praktijk zal hierbij kritisch beschouwd moeten worden om alle kansen en bedreigingen goed op hun waarde in te kunnen schatten. Doorgaans krijgen technieken pas een brede toepassing als een nieuwe technologie of techniek ergens op een RWZI in Nederland voor langere tijd is getest.

#### *Technieken zijn bekend maar wereldwijd nauwelijks toegepast*

Voorbeelden binnen deze groep zijn de brandstofcel en slibvergassing. Alhoewel met deze technieken op slechts één of meerdere RWZI's op praktijkschaal ervaring is opgedaan, komen deze technieken bij variantenstudies regelmatig voorbij. Het organiseren van een excursie blijft ook in dit geval een geschikt middel om kennis over deze nieuwe technieken op te doen. Door gebrek aan ervaring onder meerdere omstandigheden zal het risicoprofiel van een dergelijke techniek voor toepassing in Nederland aanzienlijk hoger zijn. Dit komt mede naar voren in hoge kosten voor deze technieken.

#### *Rekenmodellen*

Voor het maken van keuzes ter optimalisatie van de slibketen, is in Nederland goede ervaring met het rekenmodel ('Slibketenstudie', STOWA (2005e)) dat is ontwikkeld om de gehele slibketen door te rekenen van afvalwaterzuivering tot en met slibverwerking. Op basis van dit model kan onder andere worden getoetst of het energetisch gunstiger is om zo veel mogelijk slib te vergisten op locatie of om de calorische waarde volledig bij de eindverwerking te benutten. Geïnspireerd door de slibketenstudie kan een rekenmodel worden ontwikkeld waarmee voor de gekozen ontwerprichting van **Waterfabriek**, **Energiefabriek** of **Nutriëntenfabriek**, een uitgebalanceerde RWZI tot stand komt waarbij rekening wordt gehouden met de integrale effecten in de verschillende ketens. Door de uitkomsten hiervan zo veel mogelijk te visualiseren via massabalansen, wordt een instrument verkregen waarmee op inhoudelijk niveau een interactieve planvorming kan plaatsvinden met betrokken stakeholders.

#### *6.2.3 Lopende onderzoeken*

Naast alle bekende technieken zijn er technieken die in ontwikkeling zijn of in de toekomst nog in ontwikkeling zullen komen. De toekomstverwachtingen die zijn uitgesproken voor de RWZI in 2030 kunnen mede richting geven aan het initiëren van nieuwe onderzoekslijnen.

### *Technieken in ontwikkeling*

De volgende opsomming zal waarschijnlijk niet compleet zijn maar geeft een globale weergave van de thans lopende ontwikkelingen in Nederland. De gekleurde bolletjes achter de technologische ontwikkelingen corresponderen met de drie fabrieken (**Energiefabriek**: rood; **Nutriëntenfabriek**: geel; **Waterfabriek**: blauw).

#### - Nereda: ●

Sinds tien loopt bij de STOWA de ontwikkeling van de aerobe korreltechnologie. Op meerdere RWZI's is pilotonderzoek uitgevoerd en bij de industrie zijn de eerste referenties in gebruik genomen. De RWZI Epe zal in Nederland de primeur krijgen voor de eerste toepassing van Nereda op volle praktijkschaal.

#### - Koude Anammox: ●

Tot op heden was Anammox voorbehouden aan waterstromen hoog in stikstofconcentratie en hoog in temperatuur. Kernwaarde van deze technologie is de duurzame voetprint. Sinds 2010 wordt voor de RWZI Dokhaven bekeken of Anammox ook geïmplementeerd kan worden in de basiszuivering met lage concentraties en lage temperaturen.

#### - Algenreactoren: ●

Wereldwijd wordt veel verwacht van de inzet van algenreactoren, zo ook in de procesconfiguratie van een RWZI. In Nederland verrichten de Wageningen Universiteit en Wetsus veel wetenschappelijk onderzoek naar de ontwikkeling van deze technologie. Voor de nabehandeling van effluent met algenreactoren coördineert STOWA sinds maart 2009 praktijkgericht pilotonderzoek.

#### - Struvietreactor: ●

Deze techniek wordt wereldwijd op meerdere locaties al langer toegepast. In Nederland is in 2006 voor de gecombineerde behandeling van industrieel en huishoudelijk afvalwater op de RWZI Olburgen een struvietreactor in gebruik genomen. Op de RWZI Apeldoorn is een struvietreactor gepland voor het terugwinnen van fosfaat uit de deelstroom van de vergistingsinstallaties.

#### - Turbotec: ●

Deze technologie richt zich op de slibverwerking en is een nieuwe uitvoeringsvorm van de thermische hydrolyse. Op de RWZI Venlo is proefonderzoek gedaan op pilotschaal. Naar aanleiding van dit onderzoek zal het Turbotec-systeem op de RWZI Venlo verder worden opgeschaald.

#### - Cannibal: ● ● ●

Deze technologie bereikt een vergaande slibreductie in de waterlijn. In de Verenigde Staten zijn meerdere referenties beschikbaar. Nadat op de RWZI Zeewolde het proces eerst op kleine schaal is getest, is besloten om het Cannibalproces op praktijkschaal te gaan toepassen.

- **Energiefabriek:** ●

In totaal hebben 13 waterschappen besloten voor een RWZI in hun beheersgebied een *business case* op te zetten. Dit heeft geresulteerd in een grote verscheidenheid aan configuraties. De ontwikkeling van de **Energiefabriek** is thans een goede inspiratiebron voor het opzetten van nieuwe onderzoekslijnen.

- **Superfilters:** ●

In Nederland lopen twee trajecten waarin filtersystemen als nabehandeling worden ontwikkeld die in staat zijn om in één reactor naast stikstof, fosfaat en zwevende stof ook een hoge verwijdering te krijgen van medicijnresten, hormoonverstorende stoffen en zware metalen. De ene ontwikkeling betreft Bewegend Bed Adsorptie (BBA) en de ander het 1-Step Filter. Beide systemen zijn gebaseerd op de combinatie van een zand- en een actiefkoolfilter.

- **Nanotechnologie:** ●●●

In Nederland wordt veel aandacht besteed aan onderzoek met betrekking tot de toepassing van nanotechnologie. Een voorbeeld van een onderzoeksinitiatief is NanoNed opgezet door negen industriële en wetenschappelijke partners. Nanotechnologie kent een breed scala aan toepassingen, waaronder: beter katalysatoren die leiden tot efficiëntere processen, filtermembranen die selectief reinigen, ontzouten en ontsmetten en de ontwikkeling van zeer kleine, hoog selectieve sensoren.

### 6.3 OP WEG NAAR DE RWZI 2030 NL

Dit project is gestart om vanuit de situatie anno 2010 een visie te ontwikkelen op de RWZI in 2030, vanuit het nederlandse perspectief. Parallel hieraan heeft het visievormend traject rond de toekomst van de waterketen (de Voorstudie) gelopen. Het resultaat van dit project staat in de paragrafen hierboven beschreven. De belangrijkste vraag die nu nog voor ligt is: welke stappen zou de nederlandse watersector nu moeten zetten om de huidige RWZI's te ontwikkelen in de richting van NEWaterfabrieken.

Een belangrijke constatering is dat het draagvlak voor verdere ontwikkeling van de NEWaterfabriek groot is. Een brede vertegenwoordiging van de waterschappen heeft in het traject van de RWZI 2030 NL en in de Voorstudie een bijdrage geleverd en is mede eigenaar van het hier gepresenteerde eindresultaat. Het brede draagvlak is ook noodzakelijk om nu gezamenlijk stappen te zetten. De RWZI 2030 NL is daarmee richtinggevend voor het toekomstige onderzoek van de sector om deze omslag ook in de praktijk te kunnen waarmaken.

Concrete onderzoeksvragen die daarbij naar voren komen hebben te maken met kennisontwikkeling en kennisuitwisseling. Daarbij wordt gedacht aan een

- Inventarisatie van technologieën en ervaring van buiten Nederland;
- Uitwerken van concrete businesscases;
- Formuleren van onderzoeksvragen;
- Opzetten van onderzoeklijnen rond de drie thema's **N** Nutrienten, **E** Energie en **W** Water;
- Uitwerking van integrale concepten die **N**, **E** en **W** met elkaar in contact brengen.

Naast het benodigde draagvlak verdient het aanbeveling om de uitwerking op een meer programmatie-sche wijze vorm te geven voor de drie thema's en voor het integratiethema (**N**, **E** en **W** samen). De kracht zit daarbij in een bundeling van kennis, enthousiasme, beschikbare middelen en direct gebruik kunnen maken van voortschrijdend inzicht. Door daarbij continue een relatie te leggen tussen onderzoek en praktijk, wordt gestimuleerd dat kennisvragen ook leiden tot realistische oplossingen. Commitment voor deze uitwerking is nodig op de verschillende niveau's (beleid, technologie, uitvoering) binnen en buiten de sector, zodat enthousiasme op één niveau ook doorgezet kan worden naar een ander niveau binnen en buiten de organisatie.

De waterschappen zullen zich op deze manier nog krachtiger en toekomstgerichter kunnen profileren om de uitdagingen van de toekomst aan te gaan. Op weg naar de RWZI 2030 NL!

# LITERATUURLIJST

*Betonson*. (2009). RWZI Amsterdam-West. van [www.betonson.com/referenties/r-w-z-i-amsterdam-west/default.asp](http://www.betonson.com/referenties/r-w-z-i-amsterdam-west/default.asp) *Brabants Dagblad*. (2007). Waterzuivering van de Efteling verdient navolging. *Brabants Dagblad*, 26-10-2007, van [www.brabantsdagblad.nl/multimedia/archive/](http://www.brabantsdagblad.nl/multimedia/archive/) *Duin, C. van*. (2009). Bevolkingsprognose 2008-2050: naar 17,5 miljoen inwoners. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek. *Giesen, A.* (2009). Crystallization Process Enables Environmental Friendly Phosphate Removal at Low Costs. van <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/phosphate-recovery/crystalct.htm> *GMB*. (2010). Slibverwerking. van [www.gmb.eu](http://www.gmb.eu) *Goverde, J.* (2007). Duurzaam gas produceren op RWZI Beverwijk. Neerslag, 5. *GWRC*. (2008). Water and energy: Report of the GWRC Research Strategy Workshop. Londen: Global Water Research Coalition. *HHNK*. (2009). Bijne miljoen kubieke meter biogas uit rioolwater. van [www.hhnk.nl/actueel/nieuws/@149871/pagina/](http://www.hhnk.nl/actueel/nieuws/@149871/pagina/) *Kampen Industrial Care*. (2009). Onder cleanroom omstandigheden infrarood kunststof lassen. van [www.kampencare.com](http://www.kampencare.com) *Koerselman, W., Hummelen, A. M., & Rademaker, T.* (2003). Toekomstverkenningen voor de drinkwatersector (No. BTO 2003.047). Nieuwegein: Kiwa Water Research. *NWP*. (2009). NethWater consortium starts BOT (Build Operate Transfer) project. van [www.dutchwatersector.com/demonstration\\_projects/nethwater.php](http://www.dutchwatersector.com/demonstration_projects/nethwater.php) *Sandt, T. van de*. (2008). RWZI effluent opgewerkt tot ketelwater NAM. van [www.engineering360.nl](http://www.engineering360.nl) *Smits, M.* (2006). Zuiver water op de Efteling. *Groen&Golf*, december 2006, 4-7. *SNB*. (2008). Kunstmest uit rioolwater laat maïsplanten groeien. van [www.fosfaatrecycling.nl](http://www.fosfaatrecycling.nl) *SNB*. (2009). Fosfaatrecycling. van [www.fosfaatrecycling.nl](http://www.fosfaatrecycling.nl) *STOWA (1998)*. Fysisch/chemisch voorzuivering van afvalwater: identificatie en evaluatie van zuiveringsscenario's gebaseerd op fysisch/chemische voorzuivering (No. 1998-29). Utrecht: STOWA. *STOWA (2001)*. Compendium RWZI-effluent als bron voor 'ander water' (No. 2001-14). Utrecht: STOWA. *STOWA (2004)*. Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk; Samenvattende rapportage monitoring (No. 2004-45). Utrecht: STOWA. *STOWA (2005a)*. Afvalwaterketen ontketend (No. 2005-12). Utrecht: STOWA. *STOWA (2005b)*. Waterharmonica (No. 2005-18). Utrecht: STOWA. *STOWA (2005c)*. Fosfaatruigwinning uit stripperwater BCFS RWZI Deventer: Verkennend onderzoek naar de vorming van groen fosfaat (No. 2005-01). Utrecht: STOWA. *STOWA (2005d)*. Verkenningen Zuiverings technieken en KRW (2005-28) *STOWA (2005e)*. Slibketenstudie (2005-26). *STOWA (2006)*. Densadeg process. van [www.stowa-selectedtechnologies.nl](http://www.stowa-selectedtechnologies.nl) *STOWA (2008)*. Slibdesintegratie; Eindrapportage van ervaringen met slibdesintegratie op de RWZI's Bath, Enschede en Nieuwgraaf. (2008-10). *TU Delft, & Paques*. (2009). Anammox. Presentatie gepresenteerd tijdens *Energiefabriek II*, Driebergen. *VenW*. (2007). Watervisie: Nederland veroveren op de toekomst. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat. *VROM*. (2009). Verbindend Water: Langetermijnvisie waterketen. Den Haag: Ministerie van VROM. *VROM*. (2009). Klaterwater: Duurza-

me watervoorzining op de Efteling. van [www.project.vrom.nl](http://www.project.vrom.nl) *Waterforum*. (2001). RWZI Amsterdam-West krijgt gecompartmenteerde actief-slibtanks en diepe nabezinktanks. van [www.waterforum.net](http://www.waterforum.net) *Waterforum*. (2007, 24-05-2007). Gelderse zuivering afvalwater koppelt drie 'beste technieken'. van [www.waterforum.net](http://www.waterforum.net) *Waterforum*. (2008). Zeeuw-Vlaanderen en Evides bouwen nieuwe MBR in Terneuzen. van [www.waterforum.net](http://www.waterforum.net) *WaterKIP*. (2005). Toekomstmuziek in de waterketen (No. 2005-10). Utrecht: STOWA. *Waterschap Noorderzijlvest*. (2006). Jaarverslag 2005 (pp. 24). Groningen: Waterschap Noorderzijlvest. *Waterschap Veluwe*. (2009). DEMON en gisting externe afvalstromen. van [www.veluwe.nl/@142716/pagina/](http://www.veluwe.nl/@142716/pagina/)

**COLOFON**

Utrecht, maart 2010

**UITGAVE**

STOWA, Utrecht

**AUTEURS**

ir. Paul Roeleveld MWH Noord Europa

dr. ir. Jelle Roorda MWH Noord Europa

Maarten Schaafsma, Msc MWH Noord Europa

**BEGELEIDINGSCOMMISSIE**

ing. Patrick Blom, Waterschap Veluwe

dr. ir. Jan Hofman, KWR Watercycle Research Institute

ir. Kees de Korte, Waternet

dr. ir. Merle de Kreuk, Waterschap Hollandse Delta

ir. Frans Schulting, Global Water Research Coalition

ir. Cora Uijterlinde, STOWA

**ONTWERP**

Studio B, Brigitte Beenen, Nieuwkoop

**FOTOGRAFIE**

Benno Wonink, MWH, IStock.com

**DRUK**

Uleman-De Residentie, Zoetermeer

STOWA rapportnummer 2010-11

ISBN 978.90.5773.473.1

stowa

STICHTING  
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

[stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl) [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)  
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01  
Stationsplein 89  
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT





