



hoogheemraadschap  
**Hollands**  
**Noorderkwartier**

# **Rekenkameronderzoek naar effectiviteit terugwinnen waardevolle grondstoffen**

Rekenkamerrapport

Registratienummer

23.0367590

Datum

22 maart 2023

Versie

Definitief



## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b>	<b>4</b>
<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
Aanleiding	5
Afbakening	5
Onderzoeksopzet en -methodiek	5
Leeswijzer	6
<b>Deel 1</b>	<b>7</b>
<b>1. Activiteiten energie- en grondstoffenfabriek</b>	<b>8</b>
1.1. Inleiding	8
1.2. Energie- en grondstofterugwinning bij HHNK Vandaag en de geplande toekomst	8
1.3. HHNK in vergelijking met andere waterschappen	11
<b>2. Kosten &amp; baten</b>	<b>14</b>
2.1. Vier impactcategorieën	15
2.2. Kosten & baten terugwinning – scope & samenvatting	18
2.3. Conclusies per grondstof en energierterugwinning	20
<b>3. Samenwerking op het gebied van Energie- en Grondstoffenterugwinning</b>	<b>31</b>
3.1. Samenwerking andere waterschappen	31
3.2. Energie- en Grondstoffenfabriek	32
3.3. Samenwerking met AquaMinerals	35
3.4. Samenwerking met onderzoeksinstituten	39
3.5. Waterinnovatiefonds	40
3.6. Overige samenwerkingen	41
3.7. Reflectie op de samenwerking tussen de waterschappen	43
<b>4. Besluitvorming Circulaire Economie</b>	<b>44</b>
4.1. Conclusie Energie- en grondstoffen	44
4.2. Aanbevelingen Energie- en grondstoffen	45
4.3. Afwegingskader besluitvorming	48
<b>5. Zienswijze van het college van D&amp;H</b>	<b>53</b>
<b>6. Nawoord van de rekenkamercommissie</b>	<b>56</b>
<b>Deel 2</b>	<b>57</b>
<b>1. Achtergrondinformatie: kosten en baten</b>	<b>58</b>



1.1.	Fosforverbindingen	58
1.2.	Stikstofverbindingen (bv. ammonium)	63
1.3.	Organisch	69
1.4.	Kaamera	69
1.5.	Biogas en CO <sub>2</sub>	72
1.6.	Zand	80
1.7.	Cellulose	83
1.8.	Schoon water - Kwalitatief effluent	90
1.9.	Aquathermie	95
<b>2.</b>	<b>Achtergrondinformatie: juridisch kader waterschappen</b>	<b>100</b>
2.1.	Huidige wettelijke taken van een waterschap	100
2.2.	Voorgestelde wijzigingen wettelijke taken waterschap	102
2.3.	Juridische status gewonnen grondstoffen	103
<b>3.</b>	<b>Achtergrondinformatie: energieverbruik &amp; CO<sub>2</sub>-uitstoot van de waterschappen</b>	<b>104</b>
<b>Bijlagen</b>		<b>107</b>
	Literatuurlijst	108
	Afkortingen	114
	Lijst geïnterviewden	116



## Voorwoord

Is het na te gaan of investeringen in de energie – en grondstoffenfabriek rendabel zijn, wat is er zoal mogelijk, wat doet HHNK allemaal en laat HHNK kansen liggen? Dit waren vragen die bij de rekenkamercommissie leefden toen we het onderzoek naar de energie – en grondstoffenfabriek startten. Uitgebreide documentstudie en literatuuronderzoek bij HHNK en bij andere waterschappen te samen met de uitvraag van deskundigen leiden tot dit rapport.

Helaas, en misschien ook gelukkig, blijken de antwoorden niet makkelijk te geven. De mogelijkheden en de uitwerking daarvan zijn te nieuw en te divers om gedegen harde conclusies te trekken over business cases van de onderscheiden grondstoffen. Wel is duidelijk geworden dat HHNK door medewerkers en andere waterschappen als één van de koplopers onder de waterschappen wordt gezien. En dat HHNK geen kansen heeft laten liggen.

Investeringen in energie- en grondstofterugwinning moeten op hun eigen merites worden beoordeeld. Daarbij zijn meer waarden van belang dan alleen financiële. U kunt dat in ons rapport lezen. In deel 2 van het rapport vindt u uitgebreide achtergrondinformatie op het gebied van kosten en baten bij de mogelijke terugwinbare stoffen; het juridische kader en een overzicht wat HHNK doet ten opzichte van de andere waterschappen in Nederland. Dit biedt een mooi overzicht van de mogelijkheden en kan dienen als steun bij de verkenningen voor de toekomst.

Peter Vonk  
Vicevoorzitter Rekenkamercommissie HHNK



## Inleiding

### Aanleiding

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) zorgt als waterschap voor een aantal essentiële diensten in Noord-Holland. Van infrastructuur om water vast te houden, het zuiveren van afvalwater tot het verminderen van lozingen. Sinds 2009 heeft HHNK een rekenkamercommissie ingesteld die o.a. onderzoeken uitvoert om een bijdrage aan de kwaliteit van het bestuur van HHNK te leveren.

Binnen dit kader heeft de rekenkamercommissie van HHNK Rebel gevraagd om onderzoek te doen naar de doelmatigheid en doeltreffendheid van het beleid om waardevolle stoffen terug te winnen uit het afvalwaterzuiveringsproces en opnieuw te verwerken. Ofwel de werking van het waterschap als Energie- en grondstoffenfabriek. Hiervoor zijn plannen gemaakt en de vraag is hoe dit in de praktijk landt, waar HHNK nu staat, wat er gebeurd is, welke resultaten er zijn en wat de mogelijkheden voor de toekomst zijn.

### Afbakening

In dit onderzoek wordt ingegaan op de doelmatigheid en doeltreffendheid van de werking van HHNK als Energie- en grondstoffenfabriek. Dit betekent dat niet is gekeken naar onderdelen van de werkzaamheden van het waterschap die geen (mogelijke) betrekking hebben op het terugwinnen van energie of grondstoffen uit het afvalwater. Duurzame energie van bijvoorbeeld zon en wind, die geen link hebben met het afvalwater, vallen daardoor buiten de scope van dit onderzoek.

Daarnaast heeft dit onderzoek ook geen betrekking op mogelijke efficiëntieverbeteringen van het watersysteembeheer en/of de rioolwaterzuivering, tenzij deze mogelijke efficiëntieverbeteringen expliciet voortkomen uit de toepassing van een techniek die naast de efficiëntieverbetering ook gebruikt kan worden om een grondstof of energie terug te winnen.

### Onderzoeksopzet en -methodiek

Vanuit de rekenkamercommissie is vooraf een set van vragen opgesteld waarop zij een antwoord wensen te krijgen. Op basis van deze vragen zijn wij tot de volgende indeling van het onderzoek gekomen:

#### 1. Inventarisatie activiteiten:

- 1.1. Inventarisatie van activiteiten van het HHNK op het vlak van terugwinning van grondstoffen en energie
- 1.2. Toekomstige plannen van het HHNK op dit vlak
- 1.3. Activiteiten van andere waterschappen



2. Impact
  - 2.1. Maatschappelijke kosten en baten van het terugwinnen van deze grondstoffen
3. Samenwerking en Governance
  - 3.1. Samenwerking met andere waterschappen binnen het concept Energie- en grondstoffenfabriek
  - 3.2. De rol van AquaMinerals
  - 3.3. Best practices andere waterschappen en/of organisaties
4. Besluitvorming circulaire economie
  - 4.1. Conclusies op basis van bovenstaande analyse
  - 4.2. Afwegingskader

De inhoud van dit rapport is tot stand gekomen door:

1. Interviews met zowel mensen binnen HHNK als daarbuiten (STOWA, AquaMinerals, andere waterschappen). In bijlage 1 is een lijst van alle geïnterviewden toegevoegd.
2. Desk research.
3. Eigen expertise van Rebel en RoyalHaskoningDHV.

Daarnaast zijn er enkele vergaderingen geweest met de Rekenkamercommissie om het onderzoek te finetunen. In de bijlage is een literatuurlijst en de lijst met geïnterviewde personen opgenomen.

## Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit 2 delen:

- Deel 1 betreft de resultaten van het onderzoek gepresenteerd in de hiervoor genoemde structuur.
- Deel 2 bestaat uit achtergrondinformatie voor ieder van de terug te winnen grondstof. Meer details over de gekozen technieken, kosten en baten van de energie- en grondstoffenfabriek staan hier vermeld.

Daarnaast zijn enkele bijlagen opgenomen: een literatuurlijst, een lijst met afkortingen en een lijst met geïnterviewden.



# Deel 1

## Samenvatting resultaten onderzoek



## 1. Activiteiten energie- en grondstoffenfabriek

In dit hoofdstuk geven we inzicht in:

- o Een inventarisatie van activiteiten van HHNK op het vlak van terugwinning van grondstoffen en energie
- o De toekomstige plannen van HHNK op dit vlak
- o Vergelijking van HHNK t.o.v. van andere waterschappen

### 1.1. Inleiding

HHNK zet in op de energie- en grondstoffenfabriek. In dit hoofdstuk wordt weergegeven wat er vandaag al gebeurt, wat de plannen voor de toekomst zijn en hoe de prestaties van HHNK zich verhouden tot de prestaties van andere waterschappen.

Omdat waterschappen zelf afvalwater inzamelen en verwerken, kunnen zij gemakkelijk zelf initiatief nemen en een trekkersrol vervullen op het vlak van energie en grondstoffen. De rollen die een waterschap kan vervullen zijn erg uiteenlopend. Sommige waterschappen kiezen ervoor om hier nog geen (grote) rol in te spelen. Anderen zijn koploper en nemen afhankelijk van welk thema of stof, een specifieke rol in.

Het opzetten van energie- en grondstoffenfabrieken is niet vanzelfsprekend. Het is strikt gezien geen wettelijke taak van de waterschappen. Desalniettemin hebben de waterschappen en het Rijk zich wel gecommitteerd aan verschillende klimaatdoelen, zoals het doel van een circulaire economie in 2050<sup>1</sup>. Het opzetten van grondstoffen en energiefabrieken is een innovatietraject. Er bestaan nog veel uitdagingen op technisch, markttechnisch, juridisch en ethisch vlak.

### 1.2. Energie- en grondstofterugwinning bij HHNK Vandaag en de geplande toekomst

In tabel 1 staat een overzicht van de grondstoffen en vormen van energie die op dit moment door HHNK worden teruggewonnen. Met behulp van een \* is in de tabel aangegeven wat de al geplande ontwikkelingen zijn. In hoofdstuk 2 wordt op hoofdlijn ingegaan op de kosten en baten van de verschillende stoffen en bijbehorende technieken. In deel 2 van dit rapport wordt per grondstof- en energiesoort een uitgebreide toelichting gegeven.

<sup>1</sup> Rijksoverheid | [Webpagina] 'Nederland circulair in 2050' | <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>





Stof	Hoe	Hoeveelheid
<b>Fosforverbindingen (bv. fosfaat)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terugwinning in de vorm van struviet bij 2 RWZI's</li> <li>2. Chemische vervloeking HVC</li> <li>3. Fosfaat terugwinning uit verbrandingsas HVC</li> </ol>	<p>121 ton struviet in 2021<sup>2</sup></p> <p>250 ton struviet in 2022<sup>3</sup></p> <p>Via HVC is in 2020 5.235 ton fosfaat uit slib-as opgewerkt. Het aandeel HHNK hiervan is onduidelijk<sup>4</sup></p>
<b>Cellulose</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terugwinning met een fijnzeef bij de RWZI Beemster</li> <li>2. Proefinstallatie met CirTec bij RWZI Geestmerambacht.</li> </ol> <p>* De installatie in Geestmerambacht wordt binnen 1,5 jaar gesloten.</p>	1940 ton in 2021 <sup>5</sup>
<b>Zand</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zandafvangsters aan het begin van het rioolwaterzuiveringsproces bij een deel van de RWZI's.</li> </ol>	600 ton in 2021 <sup>6</sup>
<b>Hoge kwaliteit effluent</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verwijdering microverontreinigingen met een proefzuivering (Ge(O)zond Water) op RWZI Wervershoof.</li> <li>2. Een pilot waarbij een deel van het effluent van de demo-zuivering nog verder gezuiverd wordt voor hoogwaardig hergebruik.</li> </ol>	<p>Demo-zuivering: 700m<sup>3</sup>/uur</p> <p>Pilot-zuivering: 5m<sup>3</sup>/uur<sup>7</sup></p>

<sup>2</sup> HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714

<sup>3</sup> Mailconversatie medewerker HHNK

<sup>4</sup> Phos4You partnership, april 2021 | 'Sewage sludge ashes for P-recovery purposes in The Netherlands'

<sup>5</sup> HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714

<sup>6</sup> Mailconversatie medewerker HHNK

<sup>7</sup> HHNK, 7 juli 2020 | 'Realisatie proefzuivering Ge(O)zond Water te RWZI Wervershoof, uitvoeringskrediet' | 20.0065758



<b>Biogas</b>	1. Vergistingsinstallatie bij 5 RWZI's	3.855.000 m <sup>3</sup> in 2021 <sup>8</sup>
<b>Groen gas</b>	<p>1. Opwaardeerinstallatie RWZI Beverwijk</p> <p>*Op 16 november 2022 heeft het CHI van HHNK besloten om de drie grootste biogasinstallaties (Den Helder, Zaandam en Beverwijk) van HHNK aan te passen, waardoor deze groen gas kunnen produceren.</p> <p>* de installatie in Beverwijk produceert al geruime tijd groen gas, maar is aan vervanging toe.</p>	<p>In 2021 is 1.084.000 m<sup>3</sup> biogas omgezet naar groen gas<sup>9</sup>. Dit heeft naar schatting 700.000 m<sup>3</sup> groen gas opgeleverd.<sup>10</sup></p> <p>*De drie nieuwe installaties gaan ruim 2.500.000 m<sup>3</sup> groen gas produceren</p>

Tabel 1 - HHNK als EFGF - stand van zaken vandaag en toekomstplannen

Sommige van deze stoffen worden al meerdere jaren teruggewonnen. Samengevat is de historische stand van zaken op het gebied van terugwinning bij HHNK als volgt:

- Struviet wordt al 7 jaar teruggewonnen en hierbij komt jaarlijks 125 of 250 ton vrij, afhankelijk of de struviet 1 keer of 2 keer wordt "geogost".
- Zand wordt al 12 jaar teruggewonnen. Tot 2019 ging dit in totaal om 1000 ton per jaar. De jaren erna gaat het om 600 ton per jaar. Vanwege de hoge kosten zijn namelijk een aantal cyclonen uit dienst genomen.
- Biogas levert al 12 jaar een ongeveer constante hoeveelheid van 3.855.000 m<sup>3</sup> per jaar op.
- HHNK produceert reeds 15 jaar groen gas in de opwaardeerinstallatie op de RWZI Beverwijk.<sup>11</sup> In 2017 is het voor het eerst gelukt om meer dan 1,0 miljoen m<sup>3</sup> groen gas te produceren door zo optimaal mogelijk gebruik te maken van de gisting.<sup>12</sup>

<sup>8</sup> HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714

<sup>9</sup> HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714

<sup>10</sup> Noot: bij deze berekening is ervan uitgegaan dat het biogas voor 42% uit CO<sub>2</sub> (en 58% uit methaan) bestond en het geproduceerde groen gas voor 12% uit CO<sub>2</sub> (en voor 88% uit methaan).

<sup>11</sup> HHNK, 18 oktober 2022 | 'Voorstel groen gas installatie op RWZI's Den Helder, Zaandam en Beverwijk' | 22.0665727

<sup>12</sup> HHNK, 9 mei 2018 | 'Jaarstukken 2017' | 17.0142407



### 1.3. HHNK in vergelijking met andere waterschappen

Net als HHNK zetten ook andere Nederlandse waterschappen in op de energie- en grondstoffenfabriek. Hoewel er ook anderen mee bezig zijn, zijn waterschap Rijn en IJssel, Waterschap Aa en Maas en Waterschap Vallei en Veluwe zijn samen met HHNK de koplopers in Nederland. Tabel 2 bevat een overzicht van de energie- en grondstoffenfabrieken in Nederland.

<b>RWZI als Energiefabriek<sup>13</sup> (situatie 2019)</b>	<b>Fosfaatwinning (situatie 2019)</b>	<b>Cellulosewinning (situatie juli 2022)</b>	<b>Waterhergebruik (situatie juli 2022)</b>
<b>Energiefabriek gerealiseerd:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Walcheren</li> <li>• Tilburg</li> <li>• Venlo</li> <li>• Nijmegen</li> <li>• Nieuwegein</li> <li>• Amersfoort</li> <li>• Apeldoorn</li> <li>• Olburgen</li> <li>• Enschede</li> <li>• Echelen</li> <li>• Veendam</li> <li>• Scheemda</li> </ul>	<b>Fosfaatwinning gerealiseerd:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Den Helder</u></li> <li>• Echten</li> <li>• <u>Beverwijk</u></li> <li>• Amsterdam</li> <li>• Amersfoort</li> <li>• Apeldoorn</li> <li>• Olburgen</li> <li>• Tiel</li> <li>• Den Bosch</li> <li>• Land van Cuijk</li> </ul>	<b>Cellulosewinning gerealiseerd:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aarle-Boxtel</li> <li>• Leidsche Rijn</li> <li>• Schiphol</li> <li>• <u>Beemster</u></li> <li>• <u>Geestmerambacht</u></li> <li>• Blaricum</li> <li>• Uithuizermeeden</li> </ul>	<b>Gerealiseerd:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garmerwolde</li> <li>• <u>Wervershoof</u></li> <li>• Wilp</li> <li>• Haaksbergen</li> <li>• Oijen</li> <li>• Delft</li> <li>• Groote Lucht</li> <li>• Rilland</li> <li>• Tilburg</li> <li>• Asten</li> </ul>
<b>In voorbereiding:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leeuwarden</li> <li>• Tollebeek</li> <li>• Dronten</li> <li>• Zwolle</li> </ul>	<b>In voorbereiding:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harnaspolder</li> <li>• Horstermeer</li> </ul>	<b>Onderzoekslocatie voor terugwinning van cellulose:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeewolde</li> </ul>	<b>In onderzoek:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terneuzen</li> <li>• Emmen</li> <li>• Efteling</li> </ul>

<sup>13</sup> Hier wordt een RWZI bedoeld die energieneutraal of energieleverend werkt. Zo zijn er dus wel RWZI die niet in deze lijst staat waar er energie wordt teruggewonnen, maar die netto niet neutraal of energieleverend zijn, waardoor ze niet in deze kolom staan.



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hengelo</li> <li>• Harderwijk</li> <li>• <u>Zaandam-Oost</u></li> <li>• Tiel</li> <li>• Den Bosch</li> <li>• Schelluinen</li> <li>• Harnaschpolder</li> </ul>			
<b>In onderzoek:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Breda</li> <li>• Renkum</li> </ul>	<b>Slibeindverwerking:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiel</li> <li>• Dordrecht</li> <li>• Moerdijk</li> </ul>		
	<b>Onderzoek Vivianiet:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venlo</li> <li>• Hoensbroek</li> <li>• Nieuwveer/Breda</li> </ul>		

Tabel 2 - overzicht energie- en grondstoffenfabrieken in Nederland - de onderstreepte namen zijn RWZI's die behoren tot HHNK<sup>14</sup>

Uit tabel 2 blijkt duidelijk dat andere waterschappen met dezelfde stoffen bezig zijn als HHNK. Er zijn enkele stoffen waar andere waterschappen al wel op inzetten maar HHNK nog niet. Deze stoffen kunnen in de nabije toekomst interessant zijn voor HHNK. Het gaat hierbij om de volgende stoffen:

- Stikstofverbindingen,
- Ammonium,
- Kaumera,
- CO<sub>2</sub>.

Het gepresenteerde overzicht van grondstoffen en vormen van energierugwinning is gebaseerd op de gevoerde gesprekken en deskresearch. Het is nadrukkelijk niet een uitputtende lijst van alle



technologieën die op dit moment in ontwikkeling zijn. Meer informatie over de betreffende stoffen is te vinden in hoofdstuk 2 (Kosten & baten) en in deel 2 (achtergrondinformatie).

Het onderzoek en de ontwikkeling naar de energie- en grondstoffenfabriek hangt samen met het terugwinnen van grondstoffen en energie. Ook op dit vlak is HHNK één van de koplopers onder de Nederlandse waterschappen. Zo zet HHNK ook in op innovaties die nog een lange weg te gaan hebben voordat zij daadwerkelijk gebruikt kunnen worden. Binnen HHNK wordt op dit moment bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar superkritisch vergassen, terwijl deze technologie in de aankomende jaren nog niet financieel rendabel is. Kanttekening daarbij is wel, dat het met dergelijke nieuwe technieken nog lastig is om een goede vergelijking te maken. Het is namelijk nog onduidelijk welke technieken de meeste potentie hebben. Daarbij komt dat ieder waterschap zijn eigen uitdagingen heeft, zoals de beschikbaarheid van water en zoutwaterintrusie<sup>15</sup>. Dat maakt dat er verschillende focusgebieden worden gekozen. Desalniettemin is duidelijk dat innovaties voor de toekomst erg belangrijk zijn. Ook het af kunnen strepen van een innovatie als onhaalbaar is van waarde. Naast het werk met betrekking tot superkritisch vergassen, is HHNK een van de duidelijke koplopers op het gebied van cellulose. HHNK neemt deel aan de koplopers groep cellulose van de Energie en Grondstoffenfabriek. HHNK heeft zelf ook een fijnzeefinstallatie bij de RWZI Beemster, waar cellulose wordt gewonnen. Ook op het gebied van struviet is HHNK een koploper. Zo wordt er op twee RWZI's van HHNK struviet teruggewonnen.

Tot slot kan er nog een vergelijking gemaakt worden tussen de verschillende waterschappen inzake energieverbruik en CO<sub>2</sub> uitstoot. Hoewel dit raakt aan dezelfde doelen (minder energie verbruik, meer zelf opwekken en minder CO<sub>2</sub> uitstoot), heeft het niet rechtstreeks te maken met de energie- en grondstoffenfabriek. Dat is de reden dat deze informatie als achtergrondinformatie (Deel 2) is opgenomen.

<sup>15</sup> Noot: bij zoutwaterintrusie is sprake van zout (grond)water van een natuurlijke herkomst dat zoet water verdringt, voornamelijk veroorzaakt door menselijk handelen.



## **2. Kosten & baten**

In dit hoofdstuk wordt eerst beschreven welke kosten en baten zijn genomen in het onderzoek, dan volgt van alle onderzochte grondstoffen en energierugwinning een samenvatting en tot slot per stof de conclusie, opgedeeld in wat HHNK nu al doet en wat andere waterschappen doen. In 2  
'Deel 2

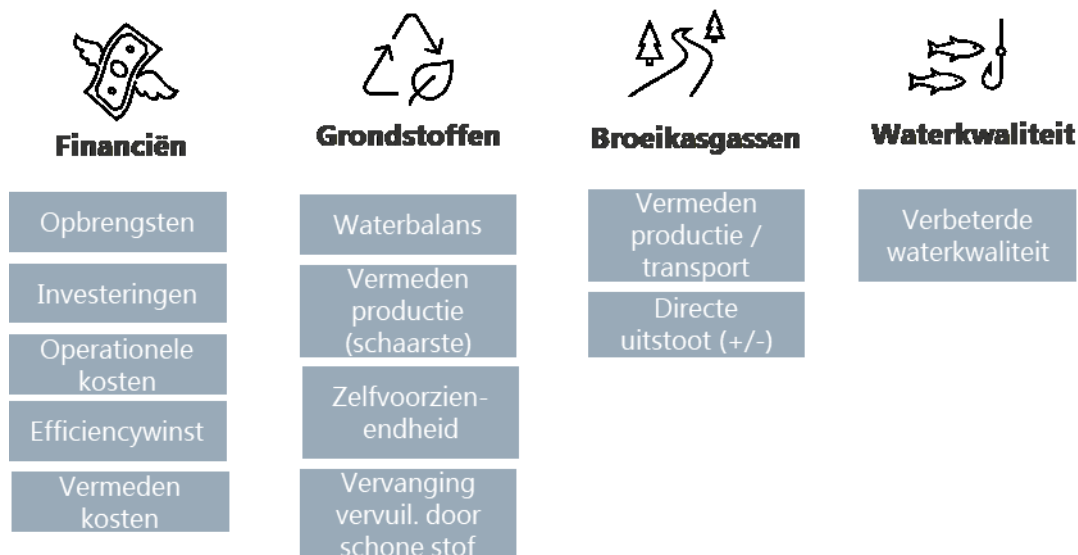
Achtergrondinformatie



Achtergrondinformatie: kosten en baten' is hierover meer informatie te vinden.

## 2.1. Vier impactcategorieën

In deze paragraaf is de impact van het terugwinnen van deze stoffen en vormen van energie op verschillende (maatschappelijke) kosten en baten geanalyseerd. Er worden daarbij vier impactcategorieën onderscheiden (zie figuur 1):



Figuur 1 - kosten & baten

### Financiën

Een waterschap is een overheidsorganisatie die belastingen heft om haar taak te kunnen vervullen. Dit brengt een verplichting met zich mee om haar financiële middelen op verantwoorde wijze in te zetten. De impact van een techniek op de financiën is dus belangrijk om mee te nemen. Het financiële effect van een techniek bestaat uit:

- De investeringskosten,
- Eventuele opbrengsten door de verkoop van de teruggewonnen grondstof of energie
- De operationele kosten,
- Besparingen door het effect op de efficiëntie van de rest van de rioolwaterzuivering. Het toepassen van een bepaalde techniek kan immers effect hebben op een andere locatie in de rioolwaterzuivering- en latere vermeden kosten (bijv. een techniek die latere uitbreiding van een rioolwaterzuivering onnodig maakt of vermeden verbrandingskosten).



## Grondstoffen

Wat betreft grondstoffen is, waar relevant, naar verschillende effecten gekeken:

- **De waterbalans.** De mogelijkheid dat het effluent elders nuttig toegepast kan worden.
- **Vermeden productie (schaarste).** Het terugwinnen van grondstoffen zorgt ervoor dat de productie van dezelfde schaarse grondstof elders wordt vermeden waardoor de voorraad behouden blijft. (De vermeden CO<sub>2</sub> uitstoot als gevolg hiervan stellen we vast onder broeikasgassen).
- **Zelfvoorzienendheid.** Het lokaal terugwinnen van grondstoffen maakt Nederland minder afhankelijk van andere landen en verkleint daarmee het risico op een toekomstig tekort.
- **Vervanging van vervuilende stof door een schone stof.** Een techniek kan eraan bijdragen om een product te maken wat een ander (vervuilender) product met dezelfde functie kan vervangen. Hierbij kan gedacht worden aan het vervangen van PET-plastic door een biologisch, bio-afbreekbare plastic.

## Broeikasgassen

Ook de uitstoot van broeikasgassen die samenhangt met een specifieke techniek is geanalyseerd. HHNK heeft zichzelf ten doel gesteld om in 2025 CO<sub>2</sub>-neutraal te zijn.<sup>16</sup> Het is dus belangrijk om te bepalen of en in hoeverre een investering bijdraagt aan dit doel. We maken daarbij onderscheid tussen:

- (Vermeden) directe uitstoot in het afvalwaterzuiveringsproces
- (Vermeden) indirecte uitstoot van broeikasgassen doordat elders productie of transport wordt vermeden.

## Waterkwaliteit

Een belangrijke maatschappelijke baat waar de waterschappen invloed op hebben is de kwaliteit van het water. Door bijvoorbeeld het verwijderen van microverontreinigingen wordt de kwaliteit van het effluent verder verbeterd, waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater verder verbetert, wat goed is voor natuur en biodiversiteit. Daarnaast wordt het mogelijk om effluent direct in te zetten als grondstof (hiervoor benoemd als waterbalans). Voor stoffen als fosforverbindingen (bv. fosfaat), stikstofverbindingen (bv. nitraat) en cellulose geldt dat het terugwinnen van deze stoffen geen effect heeft op de waterkwaliteit. De investeringen in het terugwinnen van de grondstof, hebben betrekking op het toepasbaar maken van de stoffen voor hergebruik. Dit leidt (doorgaans) niet tot een betere kwaliteit van het effluent.





Pagina  
17 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

Op 26 oktober 2022 heeft de Europese Commissie nieuwe wetgeving gepresenteerd voor een betere bescherming van de waterkwaliteit en de volksgezondheid. Door deze nieuwe wet wordt de "kloof" tussen lozen en hergebruik een stuk kleiner: om te mogen lozen moet er een groter aandeel stoffen uitgehaald worden. Zo wordt deze wetgeving een aanjager voor hergebruik.<sup>17</sup>

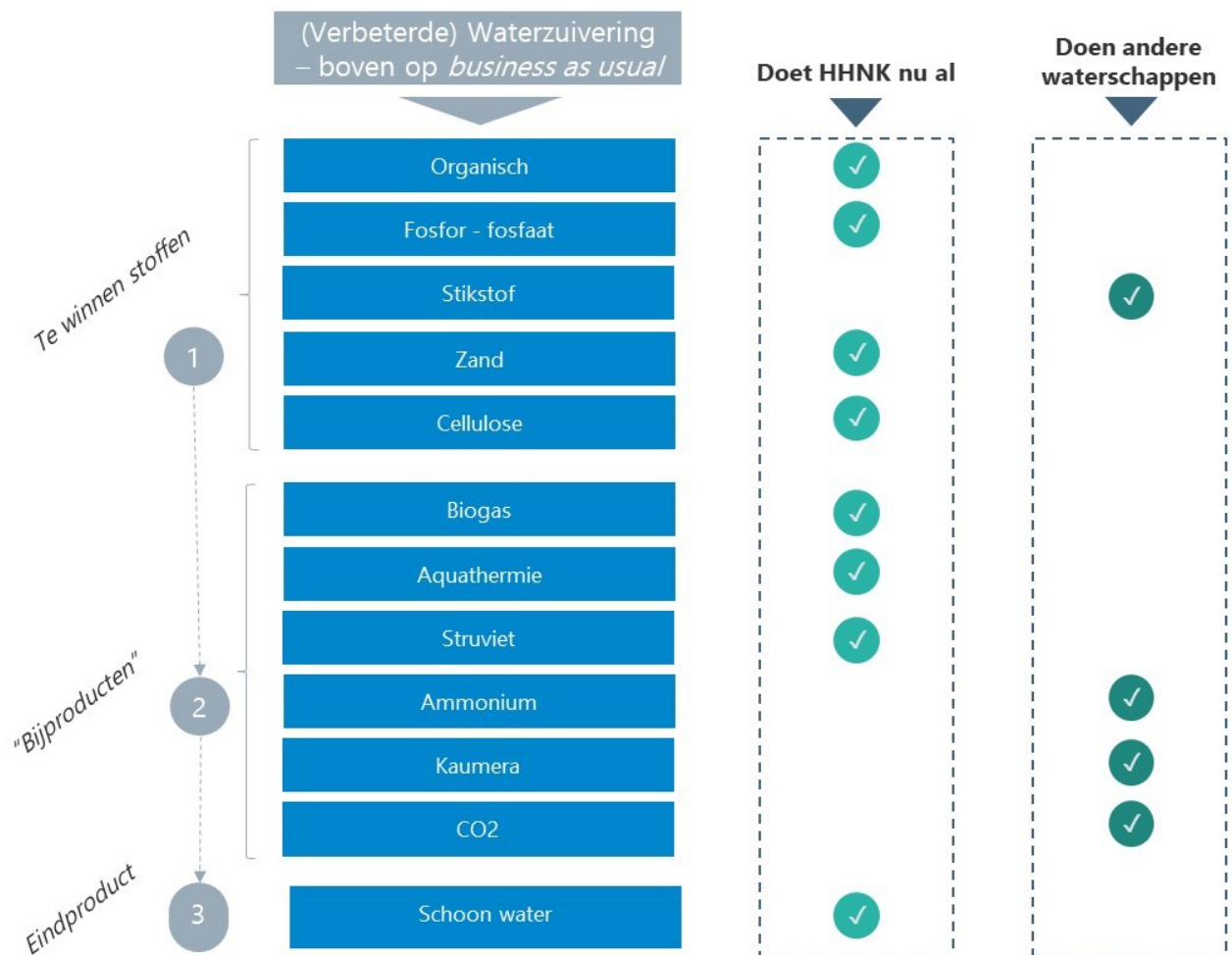
<sup>17</sup> Informatiepunt Leefomgeving, 28 oktober 2022 | [Webpagina 'Nieuwe Europese wetgeving goed voor de waterkwaliteit' | <https://iplo.nl/thema/water/nieuws-water/2022/nieuwe-europese-wetgeving-goed-waterkwaliteit/>]



## 2.2. Kosten & baten terugwinning – scope & samenvatting

Voor de inventarisatie van de kosten en baten is ervoor gekozen om alleen die grondstoffen en vormen van energie mee te nemen die interessant zijn voor HHNK. Dit is enerzijds gebaseerd op hetgeen waar HHNK nu al mee bezig is en anderzijds uitkomst van het onderzoek (deskresearch, interviews, eigen expertise en de routekaart in ontwikkeling van AquaMinerals). Hierbij is ook meegenomen dat het terugwinnen van deze grondstoffen en energie de potentie heeft om in de komende 20 jaar zich te ontwikkelen tot een interessante mogelijkheid op technisch, commercieel en juridisch vlak. Deze termijn is gekozen met het oog op de levensduur van een rioolwaterzuivering, die ongeveer 30 jaar bedraagt.

De analyse is in de onderstaande figuur samengevat. Belangrijk hierbij is dat hetgeen waar HHNK nu al op inzet, ook in de toekomst nog (meer) op ingezet kan worden. Het is niet iets dat afgerond is en geen aandacht meer behoeft.





In de volgende tabellen wordt per stof aangegeven hoe deze gewonnen wordt en/of kan worden en wat de (maatschappelijke) kosten en baten zijn. In tabel 3 wordt ingegaan op de kosten en baten van de stoffen die teruggewonnen worden door HHNK. In tabel 4 wordt inzicht gegeven in de andere grondstoffen en mogelijkheden voor energieretrieving.

Stof	Financiën	Grondstoffen	Broeikasgassen	Waterkwaliteit
<b>Fosforverbindingen (bv. struviet)</b>	Negatief – neutraal	Positief	Positief	Neutraal
<b>Zand</b>	Negatief - neutraal	Neutraal	Onbekend	Neutraal
<b>Cellulose</b>	Negatief - neutraal	Neutraal	Onbekend	Neutraal
<b>Biogas en groen gas</b>	Positief	Positief	Positief	Neutraal
<b>Schoon water</b>	Negatief	Positief	Negatief	Positief
<b>Aquathermie</b>	Positief	Positief	Positief	Positief

Tabel 3 - Kosten &amp; baten terugwinning HHNK

Stof	Financiën	Grondstoffen	Broeikasgassen	Waterkwaliteit
<b>Stikstofverbindingen (bv ammonium) - brandstofcel</b>	Positief	Negatief	Positief	Neutraal
<b>Stikstofverbindingen (bv ammonium) – CORE concept</b>	Negatief	Positief	Negatief	Neutraal
<b>Kaamera</b>	Positief	Positief	Enkel positief bij vervanging stof met hoge impact	Neutraal
<b>CO<sub>2</sub></b>	Negatief	Neutraal	Positief	Neutraal

Tabel 4 - kosten &amp; baten terugwinning andere waterschappen



## 2.3. Conclusies per grondstof en energierterugwinning

### 2.3.1. Wat HHNK vandaag al doet

#### 1. Fosforverbindingen (bv. struviet)

**Financiën.** De terugwinning van struviet is niet direct rendabel. De inkomsten door verkoop zijn laag en dekken slechts een deel van de directe operationele kosten. Er zijn wel bijkomende financiële voordelen, zoals minder onderhoud. Samen met de inkomsten zou dit de operationele kosten kunnen dekken. Daarmee zijn de investeringskosten dan nog niet gedekt.

**Grondstoffen.** Struviet terugwinning zorgt voor vermeden productie elders en mindere afhankelijkheid van import. Dit is interessant, omdat het fosfor in het struviet een cruciale stof is bij het telen van voedsel. Op dit moment is er nog geen sprake van schaarste. Fosfaat wordt op dit moment echter gewonnen in mijnen en is daarmee een eindige (fossiele) grondstof. De schattingen lopen daarbij uiteen van eindigheid binnen 50 – 400 jaar. Fosfaat wordt slechts in een aantal landen gewonnen, vooral in China, Marokko en de VS. Europa kent geen fosfaatmijnen. Het terugwinnen van fosfaat levert daarmee een bijdrage aan de zelfvoorzienendheid van Nederland.

Omwille van het belang van deze grondstoffen krijgt het terugwinnen in EU landen aandacht en wordt dit in sommige landen (bijvoorbeeld Duitsland) zelfs verplicht (afhankelijk van de grootte van de RWZI).

**Broeikasgassen.** Hoewel een gedetailleerde berekening ontbreekt, is de verwachting dat de extra broeikasgasuitstoot die veroorzaakt wordt door het terugwinnen (ruimschoots) opweegt tegen de vermeden uitstoot bij het winnen en transport van fosfaat uit het buitenland.

**Waterkwaliteit.** Het terugwinnen van fosfaat heeft geen effect op de waterkwaliteit. Fosfaat wordt uit het effluent verwijderd tot het wettelijke niveau. De investering in het terugwinnen heeft betrekking op het toepasbaar maken voor hergebruik en leidt niet tot een duidelijk betere kwaliteit van het effluent.

**Conclusie.** Geadviseerd wordt om beter inzicht te krijgen in de kosten en baten (met name vermeden kosten) en de vermeden broeikasgassen. Door CO<sub>2</sub> te beprijzen kan voor een deel de kosten en baten letterlijk tegen elkaar worden afgewogen. De vermeden uitputting van grondstoffen en bijdrage aan de zelfredzaamheid van Nederland kan op dit moment nog lastig in geld worden uitgedrukt. HHNK kan op basis van deze informatie wel een onderbouwde beslissing nemen over het terugwinnen van struviet (en bij uitbreiding het terugwinnen van andere fosforverbindingen / fosfaten).



## 2. Zand

**Financiën.** Het zand dat wordt teruggewonnen in de RWZI's is als gevolg van verontreinigingen van relatief slechte kwaliteit. Daardoor dient betaald te worden voor het afvoeren ervan. Indien geïnvesteerd zou worden in het wassen en daarmee het verbeteren van de kwaliteit van het zand, zou dit verkocht kunnen worden. Zand is in Nederland echter relatief goedkoop verkrijgbaar. De extra kosten van het reinigen wegen daarom naar verwachting niet op tegen de inkomsten uit verkoop. Zandafvangsters kunnen - afhankelijk van de hoeveelheid en het type zand in het influent alsmede de gebruikte machines in de RWZI - wel financieel aantrekkelijk zijn om slijtage en opstoppingen te verminderen.

**Grondstoffen.** Zand is in principe een eindige en daarmee schaarse grondstof. Terugwinning voorkomt daarmee uitputting van deze grondstof. Omdat zand in Nederland ruimschoots voorradig is, levert het terugwinnen van zand geen bijdrage aan de zelfredzaamheid van Nederland.

**Broeikasgassen.** Er is geen inzicht in de vermeden uitstoot van broeikasgassen door terugwinning van zand. De verwachting is echter dat de vermeden uitstoot beperkt is, aangezien zand geen uitgebreid productieproces kent en veel zand in Nederland gewonnen wordt. Ook de impact op transport is daardoor beperkt.

**Waterkwaliteit.** Voor zand geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

**Conclusie.** Zandafvang wordt reeds veelvuldig toegepast om de levensduur van machines te verlengen en de kans op verstoppingen te verminderen. Hergebruik van zand in de bouw lijkt op korte termijn beperkt mogelijk. Het zand kent (te) veel verontreinigingen en wordt vaak nog gezien als slib of afval. Door zand beter te reinigen wordt gebruik in de bouw mogelijk een optie. De extra kosten van het reinigen van het zand wegen naar verwachting echter niet op tegen de inkomsten uit verkoop. Daarnaast is zand van een hoge kwaliteit in Nederland niet schaars, waardoor zandwinning bij rwzi's geen bijdrage levert aan de zelfvoorzienendheid van Nederland. Aanbevolen wordt om goed in kaart te brengen wat de vermeden kosten van de zandafvang zijn. Pas als dat duidelijk is kan een goede afweging gemaakt worden.

## 3. Cellulose

**Financiën.** Een investering in een fijnzeef zonder waardering van de capaciteitsuitbreiding lijkt op dit moment niet rendabel. Dat komt met name doordat er op dit moment nog geen afzetmarkt is voor teruggewonnen cellulose. De huidige toepassingen van uit rioolwater teruggewonnen cellulose zijn beperkt doordat de kwaliteit relatief laag is. Daarnaast kent het winnen van cellulose hoge kosten door verwerking van het zeefgoed en elektriciteitsverbruik van de fijnzeef. Deze kosten worden ook niet gecompenseerd door besparingen van hulpstoffen en energie in de



zuiveringsstappen na de fijnzeven. Als de capaciteitsuitbreiding wordt gewaardeerd, is mogelijk sprake van een positieve businesscase.<sup>18</sup>

In de nabije toekomst zou cellulose ingezet kunnen worden als grondstof voor een afdruiptremmer in asfalt en vluchtige vetzuren. Met name de eerste optie kent erg hoge kosten. Deze kosten zouden naar beneden gebracht moeten worden om deze techniek aantrekkelijk te maken. De verzuring van zeefgoed voor de productie van vluchtige vetzuren zou financieel aantrekkelijk kunnen zijn. Deze techniek moet echter nog verder ontwikkeld worden.

**Grondstoffen.** Hoge kwaliteit cellulose kan als grondstof dienen voor bijvoorbeeld: bioplastics (PLA en PHA), isolatiemateriaal, afdruiptremmer in asfalt, vluchtige vetzuren (voor de biologische fosfaat- en stikstofverwijdering in een RWZI). Uit effluent verwijderde cellulose bevat met de huidige wintechieken echter nog (te) veel verontreinigingen. Daardoor kan het enkel toegepast worden als grondstof voor een afdruiptremmer in asfalt en voor vluchtige vetzuren. De toepassing van cellulose als grondstof voor vluchtige vetzuren zou financieel rendabel kunnen zijn. Op dit moment vindt door de STOWA, TU Delft, RHDHV en verschillende waterschappen onderzoek plaats om een eenvoudige verzuringsreactor voor de productie van lagere vetzuren uit het fijnzeefgoed van RWZI's te realiseren. De uitkomsten van het onderzoek worden in maart 2023 verwacht.<sup>19</sup>

**Broeikasgassen.** Omdat de genoemde technieken nog niet in een vergevorderd stadium zijn, is er nog weinig informatie met betrekking tot de uitstoot van broeikasgassen.

**Waterkwaliteit.** Voor cellulose geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

**Conclusie.** Op dit moment zijn er slechts enkele aantrekkelijke toepassingen voor cellulose. Aanbevolen wordt om enkel op cellulose terugwinning in te zetten als methode om de capaciteit van een RWZI uit te breiden, maar niet puur om de cellulose zelf terug te winnen. Bij de constructie van een nieuwe RWZI kan dus ook de keuze gemaakt worden tussen een grotere RWZI of een kleinere RWZI met fijnzeef. Onduidelijk is welke van beide opties financieel het aantrekkelijkst is, dit zou dus voor een specifieke locatie nog onderzocht moeten worden. Een voordeel van de aanleg van een grotere RWZI is dat deze eventueel op een later moment uitgebreid kan worden met de toevoeging van fijnzeven. Op het gebied van cellulose vinden nog veel ontwikkelingen plaats en met name de toepassing van cellulose als grondstof voor vluchtige vetzuren kan interessant worden. Geadviseerd wordt deze ontwikkeling in de gaten te houden en eventueel zelf zeefgoed te gaan verzuren. Toekomstig onderzoek naar de terugwinning van cellulose met een hoge kwaliteit of reiniging van cellulose kan daarnaast ook interessant zijn om meerdere afzetroutes voor cellulose te bewerkstelligen. Zo kan cellulose van hoge kwaliteit gebruikt worden om isolatiemateriaal of bioplastics te produceren.

<sup>18</sup> STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01

<sup>19</sup> STOWA | [Webpagina] 'Verzuring zeefgoed: Biozang' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/verzuring-zeefgoed-biozang>



#### 4. Schoon water - kwalitatief effluent

Voor het opwerken van effluent tot een kwaliteit waarmee nieuwe toepassingen ontsloten kunnen worden, wordt verschillende technieken onderzocht: poeder actiefkool, granulair actiefkool, oxidatieve technieken, alternatieve adsorptiemiddelen en nanofiltratie. De technieken poeder actiefkool en granulair actiefkool worden reeds op volledige schaalgrootte toegepast in binnen- en buitenland. Oxidatieve technieken, alternatieve adsorptiemiddelen en nanofiltratie bevinden zich nog in een ontwikkelingsstadium. In de proefzuivering ge(O)zond water op RWZI Wervershoof wordt onderzoek gedaan naar een combinatie van deze technieken.

**Financiën.** De huidige technieken voor het opwerken van effluent tot een hogere kwaliteit brengen additionele kosten met zich mee. Deze kosten staan weergegeven in tabel 3. In het algemeen kan gesteld worden dat de kosten van de techniek hoger zijn, naarmate het verwijderingsrendement van verontreinigingen hoger is. Tegenover deze additionele kosten staan op dit moment geen extra inkomsten, aangezien het effluent nog steeds geloosd wordt op het oppervlaktewater. Wel stelt de huidige en voorziene wetgeving in Europa steeds strengere eisen aan het gezuiverde afvalwater waaronder microverontreinigingen. Hierdoor zijn investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het effluent noodzakelijk.

	Eenheid	PACAS	Ozon + ZF	GAK	Ge(O)zond
CO <sub>2</sub> footprint	g CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	116	118	325	307
Kosten	€/m <sup>3</sup>	0,05	0,17	0,26	0,43
Verwijderingsrendement gidsstoffen Min I&W	%	70-75%	80-85%	80-85%	>98%

Tabel 3 - Vergelijking verschillende technieken voor de verwijdering van microverontreinigingen

In tabel 3 staat PACAS voor de installatie op RWZI Papendrecht, waarbij poederkool direct wordt gedoseerd in het actiefslibstelsysteem. Ozon + zandfilter (ZF) betreft de techniek om oxidatieve technieken toe te passen op effluent, waarna met een zandfilter de transformatieproducten worden afgevangen. GAK staat voor Granulair actiefkool.<sup>20</sup>

**Grondstoffen.** Een hogere kwaliteit van het effluent kan in de toekomst gebruikt worden in een toepassing waar op dit moment nog drinkwater voor gebruikt wordt, zoals industrieel proceswater, landbouwwatervoorziening of grondwateraanvulling. Dit kan een bijdrage leveren aan de beschikbaarheid van zoet water, wat meer en meer een probleem wordt binnen Nederland.

**Broeikasgassen.** De verschillende technieken voor de extra zuivering van effluent zorgen voor een toename van de uitstoot van broeikasgassen. De combinatie van technieken zoals deze wordt toegepast in de proefzuivering ge(O)zond water kent een CO<sub>2</sub> footprint van 307 g CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Ter illustratie: op de website van de milieubarometer wordt aangegeven dat de CO<sub>2</sub> parameter van drinkwater 298 gram CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> bedraagt. Dit zou betekenen dat de proefzuivering een vergelijkbare

<sup>20</sup> Ter info: in het IPMV (Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater van STOWA) wordt nu naar verschillende technologieën gekeken die ofwel een verbetering hebben van CO<sub>2</sub> footprint, kosten en verwijdering. Voorbeelden zijn paC+doekfiltratie, voor NF, voor BO3, etc. Onderzoek in dit thema is dus volop in beweging.



CO<sub>2</sub> footprint heeft als een gehele drinkwaterzuivering. De CO<sub>2</sub>-footprints van de overige technieken staan eveneens in tabel 3. Van de gedefinieerde gidsstoffen behaalt de proefzuivering wel een uitzonderlijk hoog zuiveringsrendement.

**Waterkwaliteit.** Het verbeteren van de kwaliteit van het effluent ten behoeve van veilig hergebruik zal een positief effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Om investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater optimaal te laten renderen, is het belangrijk inzicht te hebben in de RWZI's die de grootste negatieve impact op de kwaliteit van het water hebben.

**Conclusie.** Er bestaan verschillende technieken voor het opwerken van effluent tot een hogere kwaliteit. Deze technieken zijn ook noodzakelijk omdat nieuwe Europese wetgeving<sup>1</sup> waterschappen verplicht om in de toekomst medicijnresten uit het afvalwater te verwijderen. Poeder actiefkool en granulair actiefkool kunnen direct toegepast worden. Granulair actiefkool heeft een hogere CO<sub>2</sub> footprint en hogere kosten dan poeder actiefkool. Wel is het verwijderingsrendement van de gidsstoffen ongeveer 10% hoger dan bij poeder actiefkool. Op dit moment lijkt dit verhoogde verwijderingsrendement echter niet op te wegen tegen de aanzienlijk hogere kosten en CO<sub>2</sub> footprint. De beschikbaarheid van actieve kool is echter een (groot) probleem. Ook ozon wordt door HHNK toegepast voor het opwerken van effluent. Het verwijderingsrendement hiervan is potentieel hoger dan dat van actieve kool. Er is echter meer onderzoek nodig naar de bredere milieu-impact van de technieken. Oxidatieve technieken, nanofiltratie en alternatieve adsorptiemiddelen bieden veel potentie voor de toekomst. Dit zijn dan ook zeker technieken die in de gaten gehouden moeten worden. Ook wordt geadviseerd om een overzicht te maken van de kwaliteit van het effluent van de verschillende RWZI's en de kwaliteit van het oppervlaktewater waar het effluent geloosd wordt. Aan de hand van dit onderzoek kan bepaald worden op welke locaties investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het effluent het meeste effect hebben.

## 5. Organisch – biogas en groen gas

**Financiën.** Zowel het vergisten van slib tot biogas, het toepassen van dit biogas in een WKK als het opwaarderen van biogas naar groen gas zijn op dit moment financieel aantrekkelijk. Dit mits voldoende schaalgrootte gerealiseerd kan worden. De terugverdientijd van de opwaardeerinstallaties (inclusief CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie met opslag in Den Helder en Zaandam) worden door HHNK geraamd op 6 tot 8 jaar, terwijl de economische levensduur van beide installaties 15 jaar is. Het biogas zou ook opgewaardeerd kunnen worden naar bio-cng en bio-Ing. Op dit moment is er geen rioolwaterzuivering bekend die zelf biogas opwaardeert naar bio-cng en bio-Ing. Naar verwachting heeft dit te maken met de vereiste schaalgrootte die benodigd is voor de productie van bio-cng en bio-Ing. De kleinste bekende zogenaamde 'small scale liquefaction





installatie' om bio-lng te produceren heeft een capaciteit van ongeveer 10.000.000 liter LNG.<sup>21</sup> Om deze hoeveelheid LNG te produceren zou ongeveer 10.000.000 m<sup>3</sup> biogas benodigd zijn.<sup>22</sup> Andere 'small scale liquefaction installaties' hebben zelfs capaciteiten oplopend tot meer dan 50.000.000 liter LNG. Op dit moment wordt minder dan 4.000.000 m<sup>3</sup> biogas binnen HHNK geproduceerd. Het zou interessant kunnen zijn om biogas of groen gas te leveren aan een producent van bio-cng of bio-lng. In een dergelijke overeenkomst zou een vaste afname gegarandeerd kunnen worden.

**Grondstoffen.** Het gebruik van biogas, groen gas, bio-cng en bio-lng kan verschillende grondstoffen vervangen. Het toepassen van biogas in een WKK leidt ertoe dat minder elektriciteit en warmte afgenomen en geproduceerd hoeven te worden. Er bestaan echter groene alternatieven voor elektriciteit en warmte. Voor aardgas, dat door groen gas vervangen kan worden, zijn weinig groene alternatieven. Dit maakt dat de productie van groen gas een hogere maatschappelijke waarde heeft dan de productie van biogas. Naar verwachting geldt dit nog sterker voor bio-cng en bio-lng en hebben bio-cng en bio-lng een nog hogere maatschappelijke waarde dan groen gas.

**Broeikasgassen.** Uit onderzoek van Royal HaskoningDHV blijkt dat zowel het toepassen van biogas in een WKK als het produceren van groen gas zorgen voor een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van het niet vergisten van slib.<sup>23</sup> Op dit moment kent de productie en het gebruik van groen gas nog een hogere CO<sub>2</sub> uitstoot dan de toepassing van biogas in een WKK, indien de CO<sub>2</sub> uitstoot van het opwaarderen van het biogas niet wordt afgevangen. Indien de CO<sub>2</sub> wel wordt afgevangen en wordt opgeslagen of nuttig wordt gebruikt is de uitstoot van het produceren van groen gas op dit moment al lager dan de productie en het toepassen in een WKK van biogas. Dit verschil zal alleen groter worden in het voordeel van groen gas wanneer in de toekomst de elektriciteitsvoorziening verder zal verduurzamen. De verwachting is dat de productie van bio-cng en bio-lng op dit moment ook duurzamer is dan de productie en toepassing in een WKK van biogas, mits de CO<sub>2</sub> in het productieproces wordt afgevangen of nuttig wordt toegepast, aangezien bio-cng en bio-lng directe vervangers zijn van fossiele brandstoffen.

**Waterkwaliteit.** Voor biogas en groen gas geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

<sup>21</sup> Wärtsilä | 'Product guide: LNG plants – mini and small scale liquefaction technology' | <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/ogi/lng-solutions/brochure-o-ogi-lng-liquefaction.pdf>

<sup>22</sup> Noot: uitgaande van de EGE BIOGAS installatie in Noorwegen met een capaciteit van 4.000 ton bio-LNG per jaar. Omrekenfactoren: ; een ton LNG is 2380 liter LNG, 1 m<sup>3</sup> groen gas levert 1,6 liter LNG en 1,54 m<sup>3</sup> biogas levert 1 m<sup>3</sup> groen gas.

<sup>23</sup> Royal HaskoningDHV, 15 februari 2021 | 'Duurzaamheid van productie biogas op RWZI's'



**Conclusie.** Op basis van de beschreven criteria is het vergisten van slib een verstandige beslissing, onafhankelijk hoe het biogas vervolgens toegepast wordt. Het advies is om concreet onderzoek naar de meest efficiënte manier om al het slib wat uit de RWZI's van HHNK gehaald wordt te vergisten naar biogas. Voor dit biogas bestaan verschillende afzetroutes. Daarbij zijn de mogelijkheden voor de productie van groen gas, bio-cng en bio-lng het meest interessant zijn, gelet op de financiële voordelen, de reductie van de uitstoot van broeikasgassen en de hogere maatschappelijke waarde ten opzichte van het toepassen van biogas in een WKK. Aanbevolen wordt verder onderzoek te doen naar de opbrengsten van het leveren van biogas en/of groen gas aan partijen die bio-cng of bio-lng produceren.

## 6. Aquathermie

**Financiën.** Thermische energie uit afvalwater (TEA) en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) kunnen financieel aantrekkelijk zijn. TEA kan gewonnen worden uit het influent en het effluent van een rwzi. Het influent zal de temperatuur van de bodem aannemen, waardoor de temperatuur relatief constant is tussen de 10°C en 15°C.<sup>24</sup> Hierdoor is de temperatuur van het afvalwater in de winter ook hoger dan de temperatuur van het oppervlaktewater.<sup>25</sup> Doordat de temperatuur dermate constant is, kan zo ongeveer het gehele jaar warmte gewonnen worden en is een warmte-koudeopslag niet per definitie nodig is. Dat scheelt in de investeringslasten.<sup>26</sup> Het effluent van de rwzi kent een minder constante temperatuur (varieert tussen 8°C en 20°C). De temperatuur van het oppervlaktewater kan nog sterker fluctueren. De warmte die wordt gewonnen met TEO of TEA kan vervolgens met warmtepompen opgewaardeerd worden naar de juiste temperatuur. De business case van TEA en TEO zijn met name afhankelijk van de grootte van de warmtevraag en het warmteaanbod en de afstand tussen het warmteaanbod en de warmtevraag. Verder dient de gevraagde temperatuur niet te hoog te zijn (<70°C) om de warmtepompen rendabel hun werk te kunnen laten doen. De warmte die gewonnen wordt met aquathermie kan daardoor gebruikt worden om kantoorgebouwen te verwarmen of in te zetten in een laagtemperatuur slibdrooginstallatie, slibvergisting en nabijgelegen woningen.

**Grondstoffen.** Door aquathermie toe te passen, hoeft minder van de warmtevraag van een waterschap en eventueel nabijgelegen kantoren en woningen ingevuld te worden door een WKK of door gebruik van aardgas. In de huidige energietransitie is de vraag naar duurzame warmte hoog en met de inzet van aquathermie kan hier invulling aan worden gegeven. Voor een waterschap is een aanvullend voordeel dat minder gebruikmaken van een WKK, betekent dat meer biogas omgezet kan worden in groen gas.

<sup>24</sup> STOWA, zomer 2020 | 'Stowa ter info nr. 76'

<sup>25</sup> Noot: hele grote, diepe oppervlaktewaterbronnen kunnen ook erg constant in temperatuur zijn.

<sup>26</sup> Noot: Het water wat een rwzi binnenstroomt dient minimaal 10°C te zijn, zodat de biologische processen goed werken. Hierdoor kan in koude periodes in de winter misschien geen warmte gewonnen worden uit het influent.



**Broeikasgassen.** Het toepassen van aquathermie in plaats van aardgas, brengt significante CO<sub>2</sub> besparingen met zich mee. Deze besparingen zullen toenemen als de elektriciteitsproductie in Nederland verder wordt verduurzaamd.

**Waterkwaliteit.** TEO en TEA kunnen een positief effect hebben op de waterkwaliteit. Te warm oppervlaktewater (>20°C) kan zorgen voor nadelige ecologische effecten. Warm water kan minder zuurstof bevatten en kent over het algemeen meer algengroei. Voor TEO geldt dat de temperatuur van het oppervlaktewater daalt door in de zomer warmte te onttrekken uit het oppervlaktewater.<sup>27</sup> Door toepassing van TEA daalt de temperatuur van het effluent dat geloosd wordt in het oppervlaktewater. In sommige landen is er zelfs al een limiet gesteld aan de maximale watertemperatuur dat geloosd mag worden op het oppervlaktewater.

**Conclusie.** Binnen HHNK staan de seinen op groen om aquathermie toe te passen. Het kan financieel aantrekkelijk zijn. De techniek is inmiddels veelvuldig succesvol op verschillende schaalgroottes toegepast. De toepassing van aquathermie zorgt voor meer duurzame warmte, waar in de energietransitie veel vraag naar is. Daarmee zorgt aquathermie voor een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. Doordat niet per se een WKO benodigd is bij TEA, lijkt TEA op korte termijn aantrekkelijker te zijn dan TEO. Aanbevolen wordt om in ieder geval in kaart te brengen waar welke hoeveelheden warmte beschikbaar zijn en hoe groot de warmtevraag van HHNK op de verschillende locaties is, inclusief de gevraagde temperatuur op deze locatie. Deze overzichten vormen een goed startpunt om te analyseren waar aquathermie concreet kan worden toegepast. Daarnaast kan het ook het startpunt zijn voor gesprekken met de gemeente en energiecoöperaties over de toepassing van de warmte die wordt geproduceerd met aquathermie buiten het waterschap zelf.

### 2.3.2. Wat andere waterschappen doen

#### 1. Stikstofverbindingen (bv ammonium)

**Financiën.** Stikstofverbindingen als grondstof uit het water halen, bijvoorbeeld in de vorm van ammonium, is nu nog niet rendabel. Stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel lijkt op financieel vlak een interessante optie, zeker wanneer de tarieven van elektriciteit hoog zijn. Belangrijk hierbij is dat de stikstof 'verloren' gaat omdat het in de vorm van inert stikstofgas het proces verlaat. Gekozen kan worden om bij dit concept de brandstofcel eruit te halen en te stoppen bij het winnen van ammoniak. Al verliest het daarbij wel het financieel voordeel. Een belangrijk aandachtspunt is verder dat deze techniek enkel toegepast wordt bij een stroom waarin stikstofverbindingen geconcentreerd aanwezig is, zoals in de vorm van ureum in urine.

<sup>27</sup> H2O-Online, 22 juni 2015 | 'Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater'



**Grondstoffen.** Stikstof is een minder interessant element om terug te winnen dan fosfor, al is het wel cruciaal voor de voedselwinning en nuttig voor andere industrieën. Bij stikstof speelt ook de landelijke problematiek van te veel stikstofuitstoot. Het kan (indirect) helpen om de stikstofbalans in een gebied positiever te maken<sup>28</sup>. Hoe meer er uit water gehaald wordt, hoe beter dit voor de waterkwaliteit is. Er zijn dus zeker argumenten om hier op in te zetten, al is het wellicht nog wachten tot de techniek het mogelijk maakt dit op grotere schaal toe te passen.

**Broeikasgassen.** Dit is zeer afhankelijk van de gebruikte techniek. Wanneer de brandstofcel voor significante energiebesparing zorgt, hangt daar een reductie van uitstoot aan vast. In het CoRe concept is de uitstoot echter meer dan dubbel zoveel als in een conventionele RWZI. Daarnaast is het belangrijk te weten dat i.p.v. stikstofterugwinning nu vaak wordt gekeken naar biologische systemen (bijv. Anammox). Deze kunnen de nitraten efficiënt (met weinig zuurstof) in het water omzetten naar stikstofgas, maar hebben wel veel lachgas uitstoot (wat een circa 300 maal sterker broeikasgas is dan CO<sub>2</sub>). De interesse voor deze technologieën neemt daarom af. Gekeken wordt naar andere methoden om de uitstoot van lachgas te verminderen (zoals bijvoorbeeld de brandstofcel) en de stikstofvracht retour naar de zuivering te verlagen

**Waterkwaliteit.** Voor stikstofverbindingen geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit. De stikstofverbindingen wordt verwijderd tot het wettelijke niveau. De investeringen in het terugwinnen hebben betrekking op het toepasbaar maken voor hergebruik en leiden niet tot een duidelijk betere kwaliteit van het effluent.

**Conclusie.** Aanbevolen wordt om vooraf goed te bepalen waarom men stikstof zou willen terugwinnen. Als de inzet is om de uitstoot te verminderen, kan een techniek als de brandstofcel interessant zijn. Als de inzet is om zelf ammoniak of een andere stikstofvariant terug te winnen, moet goed afgewogen worden of de verwachte baten wel voldoende zijn om op in te zetten.

## 2. Organisch – Kaumera

**Financiën.** Commercieel gezien is Kaumera nu al een optie. Zo is er voor het gebruik als biostimulant een goed werkende business case in samenwerking met het bedrijf Koppert International. Vanwege de vele toepassingsmogelijkheden is de verwachting dat er in de toekomst nog meer rendabele business cases volgen.

**Grondstoffen.** Er zijn zeer veel potentiële mogelijkheden om Kaumera in te zetten (bindmiddel, coating op papier, biologisch afbreekbare brandvertrager, uitharden van beton,...) en vervangt zo

<sup>28</sup> Belangrijke nuance hierbij is wel dat de grootste stikstofuitstoot in de lucht zit en deze neerslaat in de natuurgebieden. De stikstofverbindingen in het water zijn minder een probleem, al wordt er bijvoorbeeld in Duitsland wel ingezet op reductie van stikstofverbindingen in grond- en oppervlaktewater (met name nitraten).



het gebruik van andere grondstoffen. Daarnaast is in Nederland veel potentieel om Kaumera op te wekken.

**Broeikasgassen.** Omdat het maken van Kaumera een erg energie intensief proces is, zou de inzet ervan zich moeten richten op het vervangen van producten die een hogere uitstoot hebben wanneer ze in Nederland op de markt komen (door transport en/of productieproces).

**Waterkwaliteit.** Voor het maken van Kaumera geldt dat dit geen effect heeft op de waterkwaliteit. Het wordt geproduceerd uit slib dat al uit het water is gehaald, het maken van Kaumera heeft dus geen extra effect op de waterkwaliteit.

**Conclusie.** Kaumera is een veel belovende stof die vele toepassingen kan hebben. Aanbevolen wordt hier verder aandacht aan te besteden en dit in samenspraak met andere waterschappen en organisaties op te pakken (waarin HHNK een deel voor haar rekening neemt, bv. één specifieke toepassing die voor het waterschap interessant kan zijn).

### 3. CO<sub>2</sub>

**Financiën.** Bij het opwaarderen van biogas naar groen gas komt CO<sub>2</sub> vrij. Het afvangen en verkopen van deze CO<sub>2</sub> is op basis van de daadwerkelijke inkomsten financieel niet aantrekkelijk, ondanks de subsidie die ontvangen kan worden middels de SDE++ (in 2021 ongeveer €50/ton). Dit heeft voornamelijk te maken met de lage prijs waarvoor CO<sub>2</sub> op dit moment verhandeld wordt (ongeveer €30/ton). Binnen HHNK wordt echter naast deze daadwerkelijke inkomsten van de afvang van CO<sub>2</sub> ook gerekend met een CO<sub>2</sub> schaduwbeprijzing van €140/ton.<sup>29</sup> Dit is wat ons betreft een goede manier om klimaatvriendelijke oplossingen te stimuleren. Dit is belangrijk voor het milieu, maar ook met het oog op eventuele toekomstige belastingen op CO<sub>2</sub> uitstoot. Indien de CO<sub>2</sub> afvanginstallatie mee wordt genomen in de businesscase van de opwaardeerinstallatie als methode om de uitstoot van de opwaardeerinstallatie te verminderen, is de opwaardeerinstallatie ook zonder de CO<sub>2</sub> schaduwprijs financieel aantrekkelijk. Dit zou het mogelijk maken om ondanks het negatieve effect op de business case toch CO<sub>2</sub> af te vangen en nuttig te gebruiken of op te slaan.

**Grondstoffen.** Het afvangen en nuttig inzetten van CO<sub>2</sub> kan de totale productie van CO<sub>2</sub> verminderen indien de CO<sub>2</sub> wordt ingezet voor toepassingen waar op dit moment speciaal CO<sub>2</sub> voor wordt geproduceerd. Op dit moment is CO<sub>2</sub> nog veelal een bijproduct van de productie van warmte met aardgas. Deze warmtevraag zal over de tijd steeds duurzamer ingevuld worden (bijvoorbeeld een kas die voor de warmtevoorziening overstapt van een aardgas naar geothermie). Daardoor zijn groene alternatieven voor de productie van CO<sub>2</sub> noodzakelijk.

**Broeikasgassen.** Het afvangen ofwel nuttig gebruiken ofwel opslaan van CO<sub>2</sub> leidt direct tot een besparing van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die in de atmosfeer terecht komt. Bij de geplande realisatie van

<sup>29</sup> HHNK, 8 juli 2022 | 'Biogas HHNK: Kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie' | 22.0457066



de drie opwaardeerinstallaties van biogas binnen HHNK zal ook de CO<sub>2</sub> worden afgevangen en nuttig toegepast worden. Hiermee zal een jaarlijkse CO<sub>2</sub> besparing van 2.300 ton gerealiseerd worden. Dit is meer dan 16% van de scope 1, 2 en 3 CO<sub>2</sub> emissies van HHNK over het jaar 2021.<sup>30</sup>

**Waterkwaliteit.** Voor het afvangen van CO<sub>2</sub> geldt dat dit geen effect heeft op de waterkwaliteit.

**Conclusie.** CO<sub>2</sub> afvang ofwel opslag of het nuttig toepassen van de CO<sub>2</sub> is aan te bevelen vanuit te behalen reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot. De negatieve financiële impact valt mee wanneer deze in verband gebracht wordt met de positieve opbrengst van de opwaardeerinstallatie van biogas. Ook dient de ontwikkeling van biologische methanisering (een techniek om koolstofdioxide om te zetten in methaan met behulp van waterstof) in de gaten gehouden te worden. Dit kan een alternatieve afzetroute betekenen voor het CO<sub>2</sub>. Op dit moment is biologische methanisering door de hoge prijs onaantrekkelijk voor waterstof en is de techniek enkel bewezen op kleine schaal.



### 3. Samenwerking op het gebied van Energie- en Grondstoffenterugwinning

In dit hoofdstuk gaan we in op de samenwerking met andere organisaties binnen het concept Energie- en grondstoffenfabriek en de rol van AquaMinerals.

#### 3.1. Samenwerking andere waterschappen

HHNK werkt via verschillende platformen samen met de andere waterschappen. Zo wordt binnen de Unie van Waterschappen, de Energie- & Grondstoffenfabriek en de vereniging van zuiveringsbeheerders met andere waterschappen samengewerkt. Dit geldt ook voor AquaMinerals en verschillende onderzoeksinstituten. Deze samenwerkingen staan beschreven in respectievelijk paragraaf 3.5 en 3.6.

De waterschappen zelf zijn gedurende de gehele levenscyclus van een innovatie betrokken. De onderzoeksinstituten zijn betrokken vanaf Technology Readiness-Level (TRL)<sup>31</sup> 1 tot en met 6 (vanaf het moment van ontdekking tot aan demonstratie als een prototype) en AquaMinerals bij een innovatie vanaf TRL 6 (demonstratie als prototype).



Figuur 2 - link TRL niveaus & partijen

<sup>31</sup> Noot: TRL is een methode om de volwassenheid van een bepaalde techniek in te schatten.



## 3.2. Energie- en Grondstoffenfabriek

### 3.2.1. Achtergrond

In 2008 zijn de Nederlandse waterschappen samen gaan werken in de denktank Waterwegen. Het doel van Waterwegen is om waterschappen voor te bereiden op de verre toekomst.<sup>32</sup> Onderdeel hiervan is het verbinden van de traditionele taken van waterschappen met de grote leefomgevingsvraagstukken. Hiertoe werd een projectencompetitie opgezet die werd gewonnen door Waterschap Aa en Maas met het idee van een rioolwaterzuiveringsinstallatie die netto geen energie gebruikt maar juist energie oplevert. De term Energiefabriek was geboren.<sup>33</sup>

Nadat het winnen van energie als idee was ontstaan, duurde het niet lang voordat de waterschappen beseften dat ook grondstoffen teruggewonnen konden worden vanuit het water. In 2011 ondertekende de Unie van Waterschappen een Green Deal met de Minister van Economische Zaken waarin werd vastgelegd dat in de periode 2011-2015 minimaal 12 grootschalige energiefabrieken gerealiseerd zouden worden en dat in dezelfde periode 3 tot 5 terugwinlocaties voor fosfaat uit rioolslib gerealiseerd zouden worden.<sup>34</sup> In die periode is divers onderzoek uitgevoerd naar de vraag of de waterschappen deze taak mochten opnemen en op welke grondstoffen er ingezet kon worden. Daaruit bleken er kansen te liggen om struviet en cellulose terug te winnen. HHNK is toen ingestapt in de koplopergroep voor deze twee onderwerpen. Tegelijk zijn er nog zo'n 10 andere waterschappen op dit thema gesprongen en is de voorloper van de Energie en Grondstoffenfabriek (EFGF) ontstaan.<sup>35</sup> Het concept grondstoffenfabriek is de afgelopen jaren bewust apart gehouden van de Energiefabriek om het proces van proberen en broeden niet te verstoren. Nu het sterk genoeg is kan het samen: Energie- en Grondstoffenfabriek.

<sup>32</sup> Waterwegen | [Webpagina] 'Wie zijn wij?' | <http://waterwegen.org/wie-zijn-wij/>

<sup>33</sup> Waterwegen | [Webpagina] 'Energiefabriek' | <http://waterwegen.org/energiefabriek/>

<sup>34</sup> Rijksoverheid & Unie van Waterschappen | Green Deal van Unie van Waterschappen met de Rijksoverheid

<sup>35</sup> Interview medewerker HHNK.





### 3.2.2. Samenwerking

De waterschappen, de Unie van Waterschappen en STOWA zijn verenigd in de Energie- en Grondstoffenfabriek. Daarnaast wordt samengewerkt met AquaMinerals:



Figuur 3 - samenwerkingsdriehoek energie- en grondstoffenfabriek

De Energie- en Grondstoffenfabriek is een netwerkorganisatie, waar innovatie centraal staat om de transitie te bewerkstelligen van afvalwaterzuivering naar hergebruik van energie en grondstoffen uit afvalwater. Ieder waterschap maakt – afhankelijk van de omstandigheden - eigen keuzes als het gaat om welke grondstoffen terug te winnen en op welke manier.<sup>36</sup> Dit betekent dat de Energie en Grondstoffenfabriek dus geen eigen mandaat heeft. Wel zijn er vanuit alle waterschappen mensen actief binnen de Energie en Grondstoffenfabriek.

Vanuit de Unie van Waterschappen is in dit kader de Commissie Waterketen en Emissies (CWE) van de Unie van Waterschappen relevant. De CWE besluit over onderwerpen die betrekking hebben op de afvalwaterketen, waaronder zuiveringsbeheer en de waterkwaliteit. Daarbij is de commissie actief op het terrein van duurzaamheid en circulaire economie.<sup>37</sup> Op 5 november 2022 heeft de CWE besloten over te gaan tot een nauwere samenwerking met De Energie- en Grondstoffenfabriek. In dit kader zal er minimaal één keer per jaar gezamenlijk in gesprek worden gegaan over 5 speerpunten.<sup>38</sup> Deze speerpunten zijn: kennis delen, van overzicht naar inzicht, nieuwe technieken, innoveren, signaleren van belemmeringen.<sup>39</sup>

<sup>36</sup> Unie van Waterschappen, 31 oktober 2018 | 'Waterschapsspiegel 2018'

<sup>37</sup> Unie van Waterschappen | [ Webpagina] 'Commissie Waterketens en Emissies (CWE)' | <https://unievanwaterschappen.nl/over-de-unie/commissies-en-werkgroepen/commissie-waterketens-en-emissies-cwe/>

<sup>38</sup> Unie van Waterschappen, 17 december 2021 | 'Verslag van de vergadering van de commissie Waterketens en Emissies van 5 november 2021'

<sup>39</sup> Unie van Waterschappen, 20 oktober 2021 | 'CWE en de EFGF: voorstel voor een nauwere samenwerking' | Bijlage CWE 21-56b



Binnen de Energie- en Grondstoffenfabriek bestaan er werk- en koplopersgroepen voor de top 5 grondstoffen, volgens de door hen opgestelde Roadmaps.<sup>40</sup> HHNK neemt direct deel aan de koplopersgroep cellulose. Daarnaast neemt HVC deel aan de koplopersgroep fosfor (as-route). HHNK is een aandeelhouder van HVC, daarover meer in paragraaf 3.7. Naast de koplopersgroepen cellulose en fosfor (as-route) bestaan er ook koplopersgroepen omtrent fosfor (struviet), alginaat, PHA bioplastics en biomassa.<sup>41</sup>

Uit hoofdstuk 1 blijkt dat de waterschappen (in het kader van de energie- en grondstoffenfabriek) met verschillende zaken bezig zijn en dat is ook nuttig. De waterschappen kunnen gezamenlijk leren voor de toekomst zonder dat ieder waterschap afzonderlijk op alle technieken moet inzetten. Daarbij komt nog dat waterschappen elk individuele uitdagingen hebben, zoals beschikbaarheid van water en zoutwaterintrusie, zodat er verschillende focusgebieden worden gekozen. Daarnaast is het zo dat bepaalde processen zeer traag gaan. Zo heeft het 7 jaar geduurd voor struviet een einde afvalstatus kreeg.<sup>42</sup> Tijdens die 7 jaar is het niet per se nuttig dat alle waterschappen met struviet bezig zijn. Zo is het ook voor vele andere grondstoffen.

Gezien deze situatie is het belangrijk om concrete acties onder de waterschappen te coördineren en kennis uit te wisselen. Dit gebeurt gelukkig al via diverse samenwerkingen. Echter ontbreekt er wel een overkoepelende langetermijnvisie voor hoe de waterschappen samen optrekken in de verschillende technieken inzake Energie- en grondstoffenfabrieken. Er wordt wel ingezet op onderzoeken, testen, pilots en dit op vele verschillende vlakken, maar dit is niet landelijk tussen de waterschappen afgesproken. Er zijn ook waterschappen die nergens op inzetten, omdat zij vinden dat het (nog) niet binnen hun wettelijke taak valt.

**Voorbeeld samenwerking bij cellulose.** Op dit moment is het marktpotentieel van cellulose nog erg laag, aangezien de reststromen cellulose nog relatief laag zijn en de kwaliteit ook nog relatief laag is. Hierdoor is het nuttig om samen te verkennen welke mogelijkheden er zijn om een zeefinstallatie te realiseren en in kaart te brengen wat de financiële en juridische consequenties zijn. Hiervoor werkt HHNK ook samen in de koplopersgroep cellulose. Daarnaast is ook samen met het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden een gezamenlijke installatie gebouwd om zeefgoed op te werken tot vermarktbare cellulose. Een andere manier van samenwerking vindt plaats met het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Dit Hoogheemraadschap voert namelijk zelf een proef uit met het bedrijf CirTec met als doel om op één van hun zuiveringen alle cellulose uit het water te halen. HHNK volgt dit traject vanaf de zijlijn en zal indien het daar goed loopt, mogelijk ook overgaan tot een extra opstelling om cellulose uit

<sup>40</sup> Energie en Grondstoffenfabriek | [ Webpagina] 'Waarom de energie- en grondstoffenfabriek?' | <https://www.efgf.nl/waarom-de-efgf>.

<sup>41</sup> Energie en Grondstoffenfabriek | 'Overzicht trekkers en betrokken waterschappen per grondstof'

<sup>42</sup> Einde-afvalstatus houdt in dat een stof niet meer als afvalstof getypeerd hoeft te worden omdat het een product of grondstof is geworden. Doorgaans houdt dit in dat andere toepassingen mogelijk zijn, maar ook dat andere eisen gesteld worden aan vervoer of verwerking.



De concrete invulling van een gezamenlijke visie zou inzicht geven waar een specifiek waterschap op moet gaan inzetten. Dit is iets waar binnen de eigen organisatie (HHNK) meer aandacht voor kan zijn. Parallel kan dit ook landelijk opgezet worden: De waterschappen zouden gezamenlijk af kunnen spreken om ieder een X % van hun omzet aan Energie- en grondstoffenfabriek te spenderen en deelt de mogelijke grondstoffen op tussen alle waterschappen. Zodat er niet opportunistisch wordt ingezet, maar de risico's gespreid worden. Zo kan ook het inzetten op Energie- en grondstoffenfabriek uiteindelijk een wettelijke taak worden.

Er zijn ook technieken waarbij bovenstaande minder of niet speelt en waar een waterschap individueel kan optreden, los van hetgeen andere waterschappen doen. Een concreet voorbeeld hiervan is aquathermie. Daar ligt een kans voor duurzame verwarming en is iets waar HHNK los van anderen een rol in kan spelen.

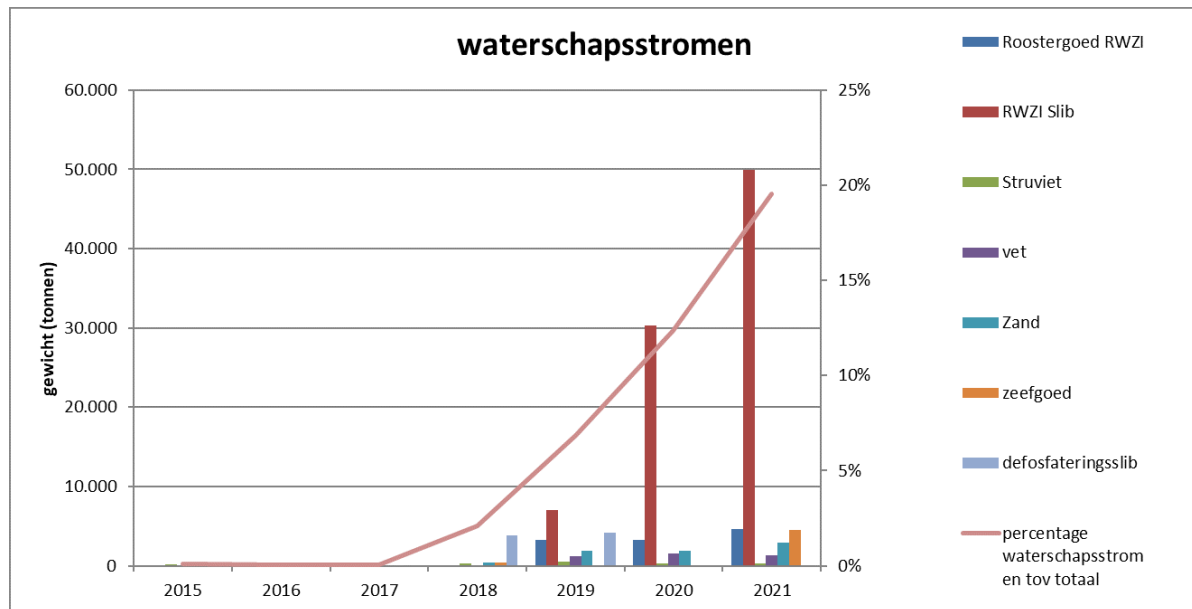
### 3.3. Samenwerking met AquaMinerals

#### 3.3.1. AquaMinerals algemeen

AquaMinerals zoekt en vindt bestemmingen voor de reststoffen van drinkwaterbedrijven en waterschappen. Hiervoor ontwikkelt, bedient en/of exploiteert ze passende ketens. Ze zijn een schakel tussen vraag en aanbod en werkt nauw samen met onderzoeks- en bedrijfswereld<sup>43</sup>. AquaMinerals doet dit zonder winstoogmerk. AquaMinerals vraagt voor haar inspanningen circa €5/ton materiaal. Deze vergoeding is bedoeld voor de dekking van de organisatiekosten. De opbrengsten van de vermarkting van het materiaal komen voor rekening van de partij die het materiaal aanlevert. <sup>44</sup> In 2021 zette AquaMinerals 63.000 ton reststoffen af vanuit de waterschappen, waarvan 80% zuiveringslib.

<sup>43</sup> AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'

<sup>44</sup> HHNK, 3 september 2019 | 'Aandeelhouderschap AquaMinerals' | 18.208255



Figuur 4 – Waterschapsstromen AquaMinerals<sup>45</sup>

De organisatie is ontstaan vanuit de in 1995 opgerichte Reststoffenunie drinkwaterbedrijven. Deze organisatie is opgezet voor en door alle Nederlandse drinkwaterbedrijven, vanuit de behoefte van de drinkwaterbedrijven om van hun afval af te geraken. Allen zaten ze met hetzelfde probleem. Inmiddels is de naam veranderd naar AquaMinerals en traden ook het Vlaamse drinkwaterbedrijf De Watergroep en vijf Nederlandse Waterschappen toe, waaronder HHNK.<sup>46</sup> Gezien zij met gelijkaardige problematiek zitten is het eerste waterschap in 2018 aangesloten. De verwachting is dat het aantal deelnemende waterschappen binnenkort op zal lopen tot 8 in totaal en dat uiteindelijk nog meer waterschappen zullen volgen.

<sup>45</sup> AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'

<sup>46</sup> AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'



Figuur 5 - aandeelhouders AquaMinerals<sup>47</sup>

De organisatie is een not-for-profit overheids BV waarbij de aandeelhouders rechtstreekse sturing hebben. Er zit geen privaat kapitaal in AquaMinerals. De waterschappen zijn niet verplicht om met AquaMinerals te werken, ze beslissen individueel en per reststroom, al is er soms wel sprake van een inspanningsverplichting (zie verder). Over het algemeen zullen waterschappen individueel werken met betrekking tot stoffen waarbij het logisch is om plaatselijk een partner te vinden en/of waar de schaal van één waterschap groot genoeg is om 1 op 1 te handelen. Bijvoorbeeld bij de afzet van effluent. Voor de drinkwaterbedrijven geldt wel dat alle reststromen door AquaMinerals worden verwerkt.

AquaMinerals speelt een rol in business development. Hier heeft AquaMinerals behoorlijk wat kennis in. Het bedrijf heeft een goed overzicht van waar waterschappen mee bezig zijn, kent de markt van mogelijke reststromen en heeft inhoudelijke kennis. Ze zijn daardoor goed geplaatst om reststromen (potentiële grondstoffen) te vermarkten. AquaMinerals speelt ook een rol als het zinvol is om stromen te bundelen, dit geldt bijvoorbeeld bij het vermarkten van cellulose. Het bedrijf bundelt stromen van verschillende waterschappen om voldoende schaal te hebben, wat vaak nodig is om de markt op te kunnen gaan. Ze kan tevens zorgen voor de logistieke organisatie en de kwaliteitsborging en uiteraard ook de verkoop van de producten.

Het takenpakket van AquaMinerals bestaat uit onder meer uit<sup>48</sup>:

<sup>47</sup> AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'

<sup>48</sup> AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'



- Ketenregie en logistieke diensten inkopen,
- Verkopen van rest- en grondstoffen die vanuit de drinkwaterbedrijven en waterschappen komen en daarbij ook aangeven waarvoor er een markt is;
- Innoveren, onderzoeken en valoriseren waarbij o.a. pilotprojecten worden opgezet inzake Energie- en grondstoffenfabrieken. Een voorbeeld is het [H2020 EU-Project 'NextGen'](#) waar onderzoek wordt gedaan naar circulaire businessmodellen en stroomketens.
- Regierol bij uitdagingen die de individuele waterschappen overstijgen, zoals creëren van een vangnet in 2021 om een volgende 'slibcrisis' te vermijden of deels te mitigeren.
- Delen van internationale kennis en ervaring, zoals bij de samenwerking met het Franse Seitiss, het bezoeken van internationale congressen en het participeren in EU projecten. Deze kennis wordt richting Nederlandse organisaties gedeeld via AquaMinerals zelf (overleg, 1 op 1 contacten,...), Stowa, EFGF. Op buitenlandse samenwerking zal nog extra ingezet worden, voornamelijk in Noordwest-Europa. Zo kan er naast delen van kennis en technologische ontwikkelingen ook een grotere afzetmarkt bediend worden voor de reststoffen van de aandeelhouders.
- Lobby en advieswerk inzake beleid, wet- en regelgeving, bijvoorbeeld inzake eindeafvalstatus en verkrijgen van rechtsvoordelen van bepaalde stoffen.
- Signaleren van opportuniteiten naar de waterschappen toe, zoals het feit dat de productie van vloeibare CO<sub>2</sub> in de markt afneemt (wegens minder ammoniakproductie) en dat dit een opportuniteit kan zijn voor de waterschappen om op te gaan inzetten.
- Kwaliteit van de grondstoffen controleren en de waterschappen adviseren om hun technieken anders of te stellen of aan te passen om die kwaliteit te verhogen.

### 3.3.2. AquaMinerals & HHNK

HHNK is met terugwerkende kracht per 1 oktober 2019 aandeelhouder van AquaMinerals geworden.<sup>49</sup> Dit betekende dat er een inspanningsverplichting voor HHNK ging gelden om reststromen via AquaMinerals te vermarkten. HHNK zal ook medeaandeelhouder van HVC worden en het ontwaterde slib wordt voor verwerking naar HVC brengen wanneer de nieuwe slibdroger van HVC gereed is. Dit zou een conflict op kunnen leveren, maar dit is niet gebeurd, aangezien HHNK ten opzichte van AquaMinerals enkel een inspanningsverplichting heeft, maar ook omdat AquaMinerals inmiddels (als onderdeel van de Taskforce Slib) met alle slibeindverwerkers, incl. HVC werkt.<sup>50</sup>

<sup>49</sup> HHNK, 3 september 2019 | 'Aandeelhouderschap AquaMinerals' | 18.208255

<sup>50</sup> HHNK, 3 september 2019 | 'Aandeelhouderschap AquaMinerals' | 18.208255



Wel betekent deze inspanningsverplichting dat de reststromen roostergoed en zand vermarkt zullen worden door AquaMinerals, zodra het huidige contract met Pre-zero afloopt. Pre-zero is op dit moment de gecontracteerde partij voor het verwerken van reststromen. Deze overeenkomst is aangegaan voordat HHNK medeaandeelhouder van AquaMinerals werd en daarmee de inspanningsverplichting aanging.

Bij het aangaan van de samenwerking streefde HHNK ernaar om de grondstoffen struviet, cellulose, bioplastics, biomassa en zand terug te winnen waar dat rendabel is.<sup>51</sup> Op dit moment worden enkel struviet en cellulose afgezet via AquaMinerals. Binnenkort zullen ook roostergoed en zand afgezet worden via AquaMinerals. Struviet is een uitstekend voorbeeld van de meerwaarde van AquaMinerals. Het wordt namelijk afgezet bij ICL, dat een erg grote partij is. Zonder AquaMinerals was het risico ontstaan dat de waterschappen met elkaar zouden concurreren. Dankzij de samenwerking via AquaMinerals wordt een dergelijke onderlinge concurrentie vermeden.

### 3.4. Samenwerking met onderzoeksinstituten

Er vinden volop innovaties plaats met betrekking tot de energie- en grondstoffenfabriek en deze innovaties zijn ook nodig om het winnen, opwaarderen en uiteindelijk vermarkten van de verschillende reststromen efficiënter en minder kostbaar te maken. Voor deze innovaties is samenwerking met onderzoeksinstituten essentieel. HHNK werkt op het gebied van onderzoek samen met de organisaties STOWA en KWR. STOWA is het kenniscentrum van de regionale Nederlandse waterbeheerders. Hiermee zijn de lijnen naar STOWA erg kort. Zo neemt STOWA bijvoorbeeld ook deel aan de Energie en Grondstoffenfabriek. KWR heeft de Nederlandse waterbedrijven en één Belgisch waterbedrijf als aandeelhouders. Desalniettemin hebben de onderzoeken van KWR betrekking op de gehele watersector. Beide partijen worden in de volgende paragrafen in meer detail beschreven.

#### 3.4.1. STOWA

STOWA is een onderzoeksinstituut specifiek voor en gefinancierd door de waterbeheerders. Stowa inventariseert welke vragen er spelen bij de waterbeheerders, maakt een keuze welke onderwerpen te laten onderzoeken, organiseert de aanbesteding en begeleidt de gezamenlijke kennisprojecten. Soms kan er een lichte spanning spelen tussen de waterbeheerders en STOWA, aangezien STOWA zich niet alleen op de korte termijn wil richten, maar ook zelf voortdurend op zoek is naar de 'kennisvragen van morgen'.<sup>52</sup>

Ook vormt STOWA voor specifieke onderzoeken consortia met waterschappen, publieke entiteiten en private bedrijven. Alle onderzoeken die in opdracht van STOWA worden uitgevoerd, worden

<sup>51</sup> HHNK, 3 september 2019 | 'Aandeelhouderschap AquaMinerals' | 18.208255

<sup>52</sup> STOWA | [Webpagina] 'Over STOWA' | <https://www.stowa.nl/over-stowa>



gepubliceerd voor het publiek. Het merendeel van de onderzoeken die in opdracht van STOWA worden uitgevoerd, hebben betrekking op technische innovaties.

Binnen STOWA bestaan er 4 verschillende programmacommissies die de bestedingen en projecten toetsen aan de vraagsturing van de waterschappen. De programmacommissies bestaan voornamelijk uit vertegenwoordigers van de waterschappen, andere deelnemers komen bijvoorbeeld vanuit Rijkswaterstaat, de Provincie Zuid-Holland en de TU Delft. De 4 programmacommissies zijn: Programmacommissie Watersystemen, Programmacommissie Waterkeren, Programmacommissie Afvalwatersystemen, Programmacommissie Waterketen. HHNK is vertegenwoordigd in de programmacommissies Waterkeren en Waterketen.

### **3.4.2. KWR**

KWR komt voort uit Kiwa, een keuringsinstituut voor waterleidingartikelen, opgericht in 1948. In 2006 werd KWR een zelfstandige organisatie met de waterbedrijven als aandeelhouders. In 2016 is ook de Belgische Watergroep aandeelhouder geworden van KWR.

Aangezien KWR, in tegenstelling tot STOWA, geen onderzoeksinstituut specifiek voor waterbeheerders is, ligt samenwerking allicht minder voor de hand. Desalniettemin, kwam uit de interviews naar voren dat samenwerking met KWR erg nuttig kan zijn. Voordelen van KWR als onderzoeksinstituut zijn mogelijke samenwerkingen tussen waterschappen en drinkwaterbedrijven en de conclusie dat KWR meer private gelden aan weet te trekken. Binnen KWR zijn de onderzoekers verdeeld in twee kennisgroepen: Water en Duurzaamheid & Transities. KWR kan dus een nuttige onderzoekspartner zijn voor projecten, met name projecten waarbij een samenwerking tussen drinkwaterbedrijven en waterschappen nuttig is.

## **3.5. Waterinnovatiefonds**

HHNK zet via het waterinnovatiefonds ook in op onderzoeken en technieken die interessant kunnen zijn voor het concept Energie- en grondstoffenfabriek. Dit fonds verstrekt leningen aan bedrijven die een business idee hebben dat ze verder willen ontwikkelen en dat gerelateerd is aan de taken van de het waterschap (bv. Water zuiveren).

Zo is er ook een lening toegekend aan het idee Susphos: fosfaat terug te winnen uit afvalstromen, onder andere uit slib-as. Ook is er een project dat kijkt naar medicijnresten en luiers van oude mensen, die vaak medicijnen nemen. Het gebruik van wasbare luiers en het daarbij opvangen van het water van het wassen, kan zorgen voor een geconcentreerde stroom met veel medicijnresten. Dit uit het rioolwater houden kan dan weer zorgen voor minder microverontreinigingen in het effluent bij de RWZI's.

Uit het fonds wordt een lening van € 200.000 gegeven per project. Het proces is bewust eenvoudig gehouden: binnen enkele maanden kan een bedrijf met de lening aan de slag. De bedoeling is dat





de leningen over 5 jaar worden terugbetaald met rente. Het fonds is begonnen met € 2 miljoen en heeft tot nu toe 12 leningen verstrekt.

HHNK heeft dit fonds na enige discussie opgezet. Discussiepunt was wat de bijdrage is van de innovaties die een lening krijgen aan de wettelijke taken van het waterschap. Omdat het innovaties zijn, is die bijdrage initieel vaak gering. De leningen kunnen ondernemers echter over de streep trekken. Daarmee lijkt het een zinnige bijdrage (maatschappelijke meerwaarde) aan innovaties in Nederland. Het fonds is recentelijk extern geëvalueerd.

### 3.6. Overige samenwerkingen

Naast de samenwerkingen met andere waterschappen, AquaMinerals en de genoemde onderzoeksinstituten, zijn er nog vele andere partijen waar HHNK mee samenwerkt. In tabel 5 worden de samenwerkingsverbanden beschreven die tijdens de diverse gesprekken naar voren zijn gekomen.

PARTIJ	SAMENWERKING
<b>DRINKWATERBEDRIJF PWN</b>	PWN is een drinkwaterbedrijf uit dezelfde regio als HHNK met veel kennis van alle drinkwatertechnologieën. Dit biedt verschillende kansen. Zo vindt er op dit moment een pilotproject plaats waarbij effluent wordt opgewaarderd tot hoogwaardige kwaliteit, zodat dit effluent bijvoorbeeld als halffabricaat of als koelwater gebruikt kan worden. Dit zou de vraag naar drinkwater (dat nu nog voor deze toepassingen gebruikt wordt) verminderen.
<b>SAMENWERKING IN DE WATERKETEN</b>	Samenwerkingsverband met verschillende partijen in de waterketen, te weten de gemeenten, HHNK en het drinkwaterbedrijf. Dit is met name belangrijk omdat HHNK slechts in beperkte mate invloed heeft op wat er in het water terecht komt. Idealiter hoeven sommige stoffen zoals medicijnresten immers helemaal niet uit het water gehaald te worden, omdat deze niet in het water terechtkomen.
<b>HVC</b>	HHNK is medeaandeelhouder van afvalverwerkingsbedrijf HVC. Zo verbrandt HVC granulaat van HHNK om energie op te wekken. Hierbij wordt al fosfaat teruggewonnen uit de as van het verbrande slib.
<b>PLATFORM TALENT VOOR TECHNOLOGIE</b>	Landelijk centrum van kennis, expertise en netwerken op gebied van de technologische onderwijs- en arbeidsmarkt.



	Belangrijk in het kader van toenemende druk op de arbeidsmarkt.
<b>PRIVATE BEDRIJVEN (ALGEMEEN)</b>	HHNK stelt zich in beginsel coöperatief op ten opzichte van private ondernemingen die een innovatie uit willen proberen. Zo stelt HHNK in beginsel haar terrein beschikbaar om innovaties te testen, mits dit niet interfereert met de bedrijfsvoering. Ook ondersteunt HHNK aanvragen van private bedrijven met goede innovatieve ideeën voor financiering bij STOWA door te helpen bij het schrijven van het onderzoeksvoorstel. HHNK biedt niet zelf financiële ondersteuning. Dit gebeurt gezamenlijk met de andere waterschappen in de vorm van een STOWA-studie.
<b>NETBEHEERDER</b>	In de regio waarin HHNK opereert is reeds sprake van netcongestie. HHNK is grootafnemer en groot-leverancier van elektriciteit. Afstemming met netbeheerder is dus belangrijk.
<b>ORANGE GAS</b>	Orange Gas heeft op dit moment de installatie die HHNK gebruikt om biogas op te waarderen naar groen gas in bezit. Daarnaast vermarkt Orange Gas het groene gas op dit moment ook nog voor HHNK. Het contract met Orange Gas loopt eind volgend jaar af. De te realiseren opwaardeerinstallatie zal eigendom van HHNK zijn. De bouw, beheer en operatie zullen in één keer op de markt gezet worden. <sup>53</sup>
<b>PRE-ZERO</b>	Pre-zero is op twee verschillende manieren betrokken bij HHNK. Enerzijds heeft HHNK op dit moment een contract met Pre-zero voor de verwerking van zeefgoed en zand. Deze overeenkomst loopt echter af en daarna zullen deze reststromen vermarkt worden door AquaMinerals, zoals beschreven in paragraaf 3.5. Daarnaast is Pre-zero een belangrijke transportpartner van zowel HHNK als AquaMinerals. Zo regelt Pre-zero het vervoer van verschillende reststromen. Op dit moment is de logistieke markt erg lastig, gelet op de huidige brandstofprijzen en het personeelstekort.



<b>ONDERZOEKSINSTELLINGEN</b>	In Nederland wordt in de innovatie cyclus vanuit de waterschappen vaak samengewerkt met een universiteit en/of een ingenieurbureau. Voorbeelden hiervan zijn: TU Delft, WUR, Twente, RHDHV, WiBo, SWECO en TAUW.
-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabel 5 - overige samenwerking HHNK

### 3.7. Reflectie op de samenwerking tussen de waterschappen

Uit de desk study en interviews blijkt dat HHNK veelvuldig samenwerkt met veel verschillende partijen. Het samenwerken met andere waterschappen is te prijzen. Waterschappen zijn bereid om in koplopergroepen te investeren in het vergaren van specifieke kennis en deze kennis met elkaar te delen. Op deze manier kunnen de totale investeringen zo laag mogelijk blijven terwijl wordt geïnvesteerd in het ontwikkelen van innovaties. Wel bestaat in de huidige samenwerking tussen waterschappen het risico dat een deel van de waterschappen niet investeert in innovaties in de wetenschap dat andere waterschappen dit wel doen en uiteindelijk de kennis delen. Op deze manier hoeven deze waterschappen niet te investeren in de innovaties, maar kunnen ze uiteindelijk wel de vruchten plukken wanneer de nieuwe technologie financieel interessant is. Dit geeft geen direct nadeel voor HHNK, maar zorgt er wel voor dat er minder waterschappen zijn waar HHNK, als koploper op het gebied van onderzoek en ontwikkeling, van kan leren.

Dat meerdere waterschappen hier op inzetten zorgt ook voor voordelen bij de afzet van grondstoffen. Veel afnemers behoeven immers een continue, grote stroom aan grondstoffen om de eigen processen efficiënt in te kunnen richten. Eén waterschap is op zichzelf niet in staat om aan deze eisen te voldoen, maar meerdere waterschappen tezamen kunnen wel de benodigde hoeveelheden en continuïteit bieden.

Verder blijkt dat binnen HHNK in sommige gevallen wordt geworsteld met de rol die het waterschap in moet nemen op het gebied van de energie- en grondstoffenfabriek. Deze worsteling komt deels voort uit de verschillende interpretaties van de wettelijke taken van een waterschap, die leven binnen het hoogheemraadschap.



## 4. Besluitvorming Circulaire Economie

### 4.1. Conclusie Energie- en grondstoffen

HHNK wordt door medewerkers en andere waterschappen als één van de koplopers onder de waterschappen gezien, o.a. door investeringen in innovaties op het gebied van terugwinning van cellulose en struviet en de inzet op technieken die zich nog in een ontwikkelingsstadium bevinden, zoals het superkritisch vergassen. Hoewel dit strikt genomen niet tot de wettelijke taken van het waterschap behoort, sluit dit wel goed aan bij de maatschappelijke rol die waterschappen spelen in een bijdrage aan een duurzame toekomst. Overheden spelen een belangrijke rol in de transitie naar een circulaire economie en hebben zich op dit vlak ook verbonden aan verschillende doelstellingen. De koploerspositie wordt gewaardeerd door medewerkers en andere waterschappen, dat bijdraagt aan het imago van de waterschappen. De inzet van HHNK op een energie- en grondstoffenfabriek is vanuit deze perspectieven goed te verantwoorden. Dit betekent echter niet dat de koploerspositie een doel op zichzelf is. Belangrijk aandachtspunt is dat investeringen in energie en grondstof terugwinning op hun eigen merites worden beoordeeld. Zie ook de aanbevelingen in 4.2.

Tabel 6 geeft een overzicht van de verschillende grondstoffen en energiebronnen die door HHNK worden teruggewonnen en een kwalitatief oordeel over de kosten en baten die er aan verbonden zijn.

Op basis van de beschikbare informatie en analyses in het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk om een duidelijk oordeel te geven over de verschillende investeringen die HHNK heeft gedaan, omdat geen inzicht gegeven kan worden in de omvang van de baten op het vlak van grondstoffen, broeikasgassen en waterkwaliteit. Het is daarom niet mogelijk te concluderen of de kosten opwegen tegen de baten. Biogas en groengas is hierop een uitzondering, omdat de businesscase (financiën) al positief is, is het eenvoudig om hier een positief over te oordelen.

Stof	Financiën	Grondstoffen	Broeikasgassen	Waterkwaliteit
<b>Fosforverbindingen (bv. struviet)</b>	Negatief – neutraal	Positief	Positief	Neutraal
<b>Zand</b>	Negatief - neutraal	Neutraal	Onbekend	Neutraal
<b>Cellulose</b>	Negatief - neutraal	Neutraal	Onbekend	Neutraal
<b>Biogas en groen gas</b>	Positief	Positief	Positief	Neutraal
<b>Schoon water</b>	Negatief	Positief	Negatief	Positief



#### Tabel 6 - Kosten & baten terugwinning HHNK

Op basis van dit onderzoek is wel duidelijk geworden dat er geen overduidelijke kansen zijn waar andere waterschappen wel op inspelen, maar die door HHNK worden gemist.

## 4.2. Aanbevelingen Energie- en grondstoffen

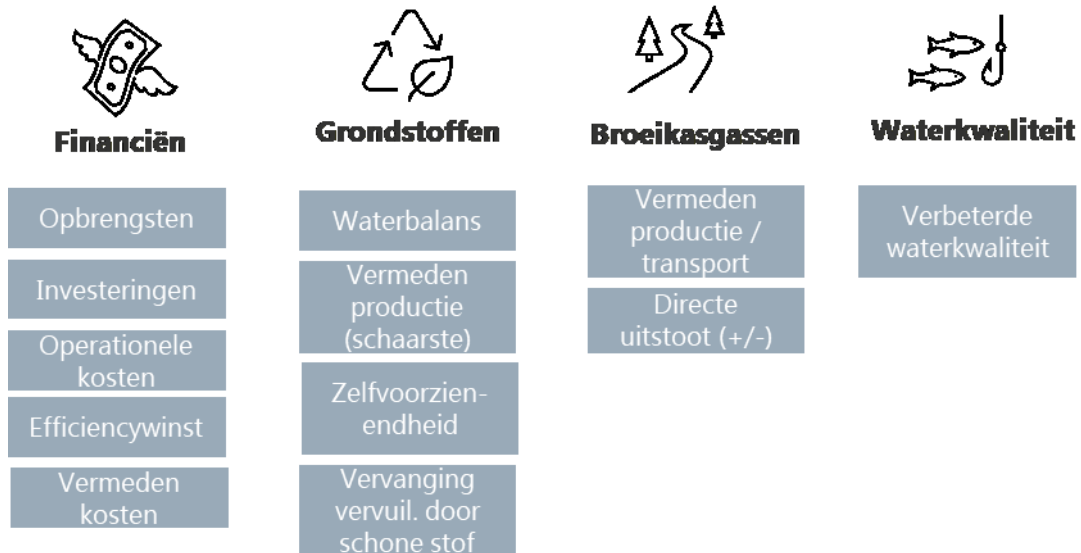
Hieronder wordt een aantal belangrijke aanbevelingen gegeven voor het vervolg van de grondstoffen- en energiefabriek voor HHNK:

- **Biedt inzicht in kosten en baten aan de hand van een business- en value case en monitor resultaten.** Zowel algemeen voor alle waterschappen als voor HHNK lijkt de aanpak bij het opzetten en uitwerken van de Energie- en grondstoffenfabriek met name technologie gedreven te zijn. Er worden technologieën onderzocht en toegepast op basis van technische mogelijkheden en kansen. Bij ons onderzoek viel op dat businesscases of value cases (waarin ook de maatschappelijke kosten en baten worden gekwantificeerd) lijken te ontbreken. Hierbij geldt uiteraard dat aangezien het innovaties betreft deze kosten en baten niet altijd eenvoudig te bepalen zijn. Waar nodig zal er gewerkt moeten worden met een forse bandbreedte aan cijfers. Wanneer ook dat niet mogelijk is, kunnen deze ook kwalitatief beschreven worden. Het ontbreekt nu vaak nog aan een heldere onderbouwing waarom een bepaalde grondstof moet worden teruggewonnen en welk probleem opgelost wordt.

In veel gevallen is er sprake van een combinatie tussen verwachte efficiëntie en kostenbesparingen in het proces en de realisatie van maatschappelijke baten. Hoe deze zich ten opzichte van elkaar verhouden is vaak niet inzichtelijk.

We bevelen daarom aan om voor iedere (toekomstige) investering inzicht te bieden in de maatschappelijke kosten en baten. Dit inzicht zou een vast en verplicht onderdeel van een projectaanvraag moeten zijn.

Onderstaand overzicht biedt een goede basis om dit inzichtelijk te maken.



Figuur 6 – Kosten en baten

Voor de categorie financiën geldt dat deze logischerwijs al in euro's wordt uitgedrukt. Aandachtspunt hierbij is om niet alleen de investeringen, maar de overige posten (via een netto contante waarde) in beeld te brengen. Voor de categorie broeikasgassen is op basis van uitstoot in CO<sub>2</sub>-equivalenten en een CO<sub>2</sub>-prijs ook mogelijk om de vermeden (of extra) uitstoot in euro's uit te drukken (zie ook de toelichting in de kader op de volgende pagina).

De impactcategorieën grondstoffen en waterkwaliteit zijn minder eenvoudig in geld uit te drukken. Waar mogelijk kunnen deze wel gekwantificeerd worden: hoeveel m<sup>3</sup> grondwater wordt bijvoorbeeld minder onttrokken, hoeveel ton grondstof hoeft nu niet meer te worden geïmporteerd? Waar dit niet mogelijk is, kan de verwachte impact altijd nog kwalitatief beschreven worden.

Belangrijk advies is om niet alleen bij de investeringsbeslissing te sturen op kosten en baten, maar ook gedurende de looptijd hierop te monitoren. Door alle projecten en opgaven op eenzelfde manier te beoordelen, kunnen monitoringsresultaten met elkaar vergeleken worden. Dit kan ook belangrijke input zijn voor volgende beslissingen, omdat de verwachte maatschappelijke "return on investment" vergeleken kan worden met eerdere projecten.

*CO<sub>2</sub>-prijs*

In een MKBA (maatschappelijke kosten- batenanalyse) moet verplicht gerekend worden met de efficiënte CO<sub>2</sub> prijzen van het hoge of lage klimaatscenario van de WLO. Zie onderstaande tabel. (CPB/PBL 2016, WLO-klimaatscenario's en de waardering van CO<sub>2</sub>-uitstoot in MKBA's)

**Tabel 2** Efficiënte en ETS-prijs van een ton CO<sub>2</sub> volgens de WLO (in euro per ton)

		2015	2030	2050
Hoog	Efficiënte prijs	48	80	160
	ETS-prijs	5	40	160
Laag	Efficiënte prijs	12	20	40
	ETS-prijs	5	15	40
2°C	Efficiënte prijs	60-300	100-500	200-1000
	ETS-prijs	5	100-500	200-1000

Kanttekening hierbij is dat wanneer de opwarming van de aarde tot 2 graden beperkt moet worden een veel hogere CO<sub>2</sub>-prijs geldt (zie onderste regel). Een tweede kanttekening is dat de huidige ETS prijs inmiddels al rond de € 80 schommelt.

- **Maak gebruik van een afwegingskader bij investeringsbeslissingen.** Naast een business of value case en een heldere probleemdefinitie zijn er nog een aantal belangrijke afwegingen te maken bij investeringen in het terugwinnen van grondstoffen en energie. Om de besluitvorming te structureren, hebben we een afwegingskader ontwikkeld. Dit wordt in het volgende hoofdstuk toegelicht. We raden het HHNK aan om dit toe te passen zodat een zorgvuldige en navolgbare beslissing genomen wordt t.a.v. investeringen in innovaties op het gebied van de energie- en grondstoffenterugwinning.
- **Maak samen met andere waterschappen een overkoepelende langetermijnvisie.** Hoewel er samenwerking en uitwisseling van kennis tussen de waterschappen is, merken we dat integrale afstemming over wie in welke innovaties investeert ontbreekt. Een overkoepelende langetermijnvisie waarin vastgesteld wordt welke innovaties voor alle waterschappen interessant zijn is waardevol. Op basis hiervan kan ook worden bepaald welke waterschappen op welke innovaties inzetten. Ook hier spelen de hiervoor genoemde business- en valuecases en het afwegingskader een rol. HHNK kan en moet deze overkoepelende visie niet alleen opstellen, de aanbeveling is dan ook om dit punt onder de aandacht te brengen bij de Unie van Waterschappen.
- **Zet ook in op aquathermie.** Aquathermie heeft veel potentieel om duurzaam gebouwen te verwarmen. Dit potentieel wordt momenteel nog niet vaak benut. Het waterschap kan een rol spelen in het aanbieden van deze bron en het kenbaar maken van de potentie hiervan. De regio om dergelijke projecten op te zetten is voor andere partijen (bv. de gemeente of een



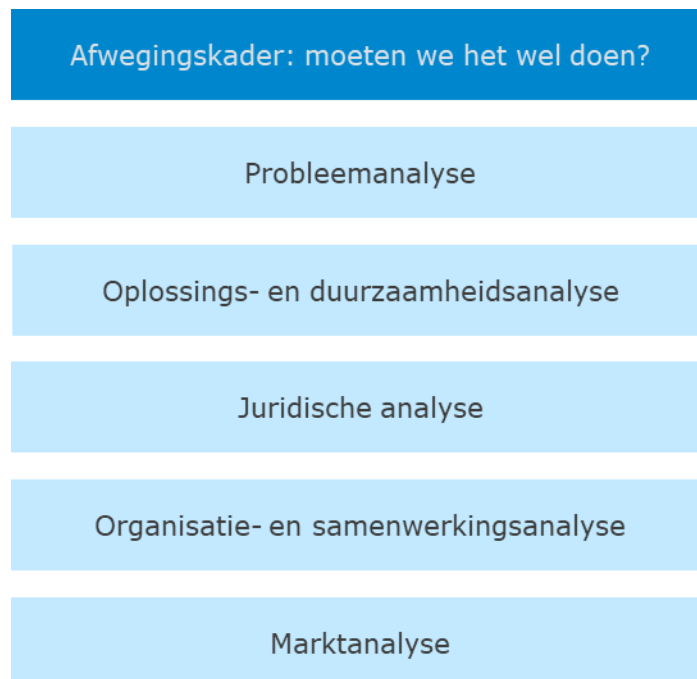
energiecoöperatie). Aanbeveling aan het HHNK is om de rol en positie t.a.v. aquathermie verder uit te werken. Vervolgens kan het HHNK haar visie actief uit dragen bij regiopartners.

- **En zet in op energiebesparing.** Uit interviews komt naar voren dat op gebied van energiebesparing er nog een hoop te winnen is. Hoewel dit strikt genomen niet tot de energie- en grondstoffenfabriek behoort, is het logisch om dit aspect wel mee te nemen. Het waterzuiveringsproces zou efficiënter kunnen en er zou meer aandacht moeten naar waar de besparingsmogelijkheden zijn. Er zijn wel initiatieven op dit thema, maar er is nog te weinig capaciteit om groter aan te pakken. We bevelen het HHNK aan om hier actief op in te zetten en de resultaten te monitoren.

### 4.3. Afwegingskader besluitvorming

In dit onderdeel behandelen we volgende vraag: Hoe wegen we de keuzes om tot besluiten te komen en binnen de circulaire economie keuzes te kunnen maken?

Om deze vraag te beantwoorden hebben we een afwegingskader ontwikkeld waarmee een toekomstig projectvoorstel met betrekking tot de Energie- en grondstoffenfabriek afgewogen kan worden. Het bestuur van HHNK kan dit kader als een "bril" opzetten om naar een voorstel te kijken. Het biedt een gestructureerde manier om een keuze te maken. We delen het afwegingskader op in 5 analyses:



Figuur 7 - afwegingskader HHNK als energie- en grondstoffenfabriek





Er is geen vooropgezette weging hoe de verschillende analyses zich tot elkaar verhouden. Ook de **volgorde** waarin de 5 genoemde analyses staan is geen bewuste keuze. Ze hoeven niet noodzakelijk volgens bovenstaande volgorde uitgevoerd worden.

Het lijkt ons wel raadzaam dat de probleemanalyse altijd als eerste gebeurt. Daarnaast vormt de analyse van kosten en baten (onderdeel van oplossings- en duurzaamheidsanalyse), een belangrijke basis van de afweging. De andere analyses zijn echter medebepalend voor een investeringsbesluit.

Het afwegingskader bevat onderdelen waarvan met de kennis van nu te verwachten is dat ze geanalyseerd moeten worden. Het is echter denkbaar dat er in de toekomst bijkomende argumenten worden genoemd, of nieuwe feiten naar voren komen, die op de Energie- en grondstoffenfabriek invloed kunnen hebben. Het afwegingskader biedt ruimte om **onvoorziene** argumenten of feiten mee te nemen in de afweging.

#### **4.3.1. Probleemanalyse**

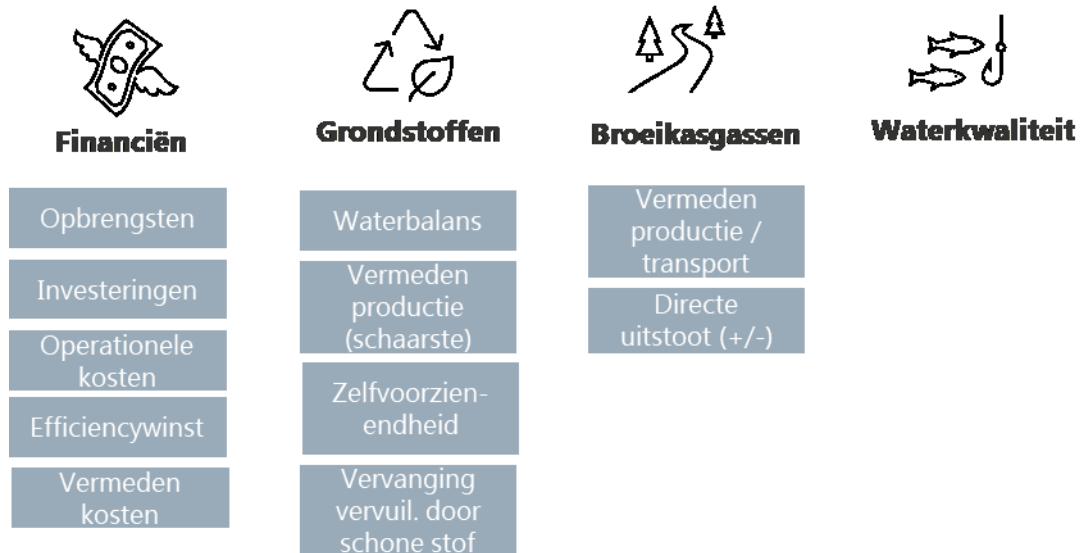
Als belangrijke eerste stap moet er een degelijke probleemanalyse uitgevoerd worden die een antwoord geeft op de volgende vragen:

- Welk (maatschappelijk) probleem pakken we aan? En is het überhaupt een probleem?
- Is dit een probleem dat door waterschappen aangepakt moet worden?
- Is dit een probleem dat HHNK moet opnemen?
- Hoe sluit dit aan bij beleid van een hogere overheid (Nederland, EU) dat erop gericht is dit (maatschappelijk) probleem aan te pakken? Beleid dat niet noodzakelijk op de waterschappen gericht is, zoals bijvoorbeeld inzake de stikstofproblematiek.

#### **4.3.2. Oplossings- en duurzaamheidsanalyse**

In de oplossings- en duurzaamheidsanalyse wordt de voorgestelde oplossing of oplossingen van het probleem onder de loep genomen. Volgende items kunnen hierbij aan bod komen:

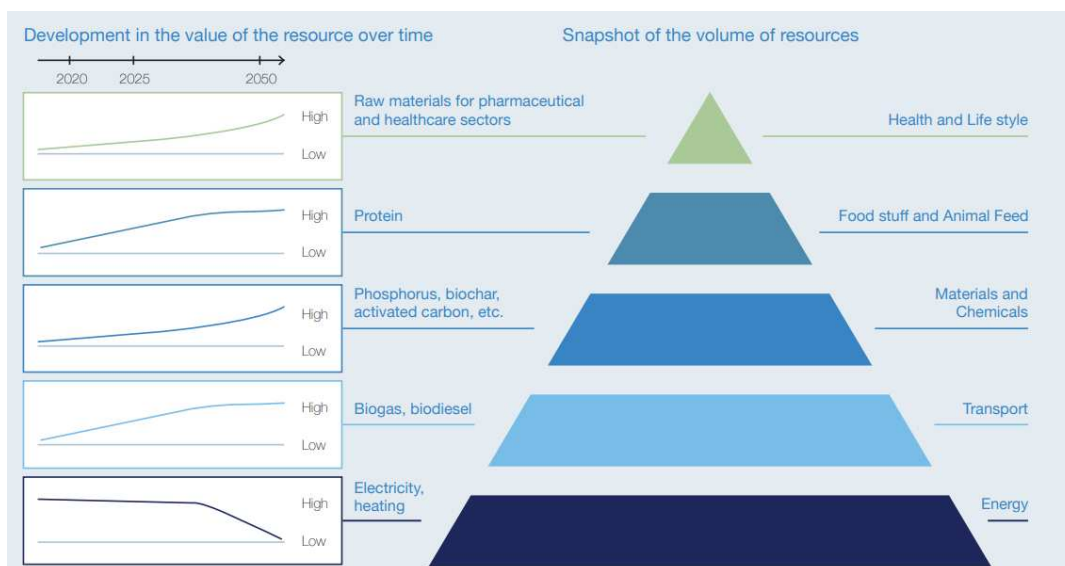
- Wat zijn de (maatschappelijke) **kosten en baten** van de voorgestelde oplossing? Hiervoor kan het kader van eerder in dit rapport gebruikt worden:



Figuur 8 - kosten & baten

- Wat is de **toekomstbestendigheid** van de oplossing? Het is belangrijk om na te denken over de langere termijn, zeker gezien een RWZI op 30 jaar wordt afgeschreven. Het terugwinnen van een bepaalde stof of een bepaalde energievorm kan vandaag interessant zijn, maar is dit mogelijk in de toekomst niet meer. Zo is het opwekken van elektriciteit vandaag zeer aantrekkelijk (volwassen technologie, interessante business case), maar is het vraag hoe deze waarde zich in de toekomst ontwikkelt. Het is belangrijk om op dergelijke trends te anticiperen. Onderstaande figuur is een manier hoe hiermee omgegaan kan worden. De piramide geeft aan hoeveel volume er beschikbaar is van een bepaalde grondstof en de grafieken geven aan hoe de waarde in de tijd kan evolueren. Deze grafieken zijn gebaseerd op hoe klaar de techniek is waarbij wordt gekeken naar in hoeverre de markt, maatschappij en de wet- en regelgeving klaar zijn voor de techniek en hoe dit naar verwachting zal veranderen over de tijd.

De investeringshorizon van een oplossing kan bekeken worden aan de hand van deze grafieken om de toekomstbestendigheid te beoordelen. De belangrijke lessen heruit zijn: (1) de waarde van producten kan verschillen in de tijd als gevolg van wereldwijde ontwikkelingen. Bijvoorbeeld De meerwaarde van elektriciteit te produceren uit biogas om fossiele brandstoffen te vervangen is minder relevant wanneer de "gewone" elektriciteitsvoorziening steeds duurzamer wordt. (2) Ook kan door technologische ontwikkelingen bepaalde high value producten worden gemaakt zoals eiwitten, die in hoeveelheid minder zijn dan low value products, maar in (maatschappelijke) waarde niet



Figuur 9 -waarde materialen over de tijd<sup>54</sup>

Het gegeven toekomstbestendigheid kan op verschillende manieren gebruikt worden. Zo kan er nu nog wel beslist worden om een techniek in te zetten om elektriciteit op te wekken, als deze bijvoorbeeld een afschrijving van 10-15 jaar heeft. En omgekeerd kan er nu wel al naar ruwe materialen voor farmacie gekeken worden. Nog niet om al concrete toepassing commercieel in te zetten. Wel kan naar deze techniek gekeken worden om de TLR te verhogen, zodat dit in de toekomst gedaan kan worden. Het waterschap kan zo innovaties voor de toekomst mee initiëren.

- **Marginale inspanning:** is dit te koppelen aan technieken die al in gebruik zijn? Hoe is de invloed op de normale bedrijfsvoering? Hoeveel extra inspanning is er nodig?
- **Onderlinge afhankelijkheid:** sluit het winnen van deze grondstoffen het winnen van een andere grondstof uit? Of zou het elkaar kunnen versterken – is er een synergie mogelijk?
- **Ruimtebeslag:** hoeveel ruimte heeft de oplossing nodig? Hoe verhoudt zich dit t.o.v. andere oplossingen?

#### 4.3.3. Juridische analyse

Het juridisch kader is van belang bij het maken van een keuze voor een bepaalde oplossing:

<sup>54</sup> Figuur van Aarhus Rewater uit hun prospectus voor een Deense regenwaterinstallatie. Er zijn meer van dergelijke figuren in omloop. Een meer wetenschappelijke benadering is te vinden in: Wastewater as a resource: [Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.041).



- Is er wet- en regelgeving die een waterschap verplicht om dit te doen?
- Mag een waterschap dit doen?
- Wat is de wettelijke status van de grondstof die gewonnen wordt?
- Worden er relevante wijzigingen in wet- en regelgeving verwacht?

In deel 2 hoofdstuk 2 'Achtergrondinformatie: juridisch kader waterschappen' is meer achtergrondinformatie hierover te vinden.

#### **4.3.4. Organisatie- en samenwerkingsanalyse**

Het is van belang om zowel vanuit de eigen organisatie als richting samenwerkingen te kijken.

Vanuit eigen organisatie denken we aan:

- Hoe sluit dit aan bij eigen **beleid en strategie** van ons waterschap?
- Kan dit ons **imago** verbeteren? Zorgt dit voor meer draagvlak bij de burger? Verhoogt dit de aantrekkelijkheid van ons als werkgever?

Vanuit samenwerkingen denken we aan:

- Hoe staan **andere waterschappen** hierin? Zijn er al anderen mee bezig en is het zinvol te wachten? Of net nu op inzetten? Met wie kunnen we samenwerken?
- Draagt dit bij tot **sociale duurzaamheid**? Is er vanuit sociaal perspectief maatschappelijke meerwaarde (o.a. banen, gelijkheid)

#### **4.3.5. Marktanalyse**

In de marktanalyse wordt er naar volgende aspecten gekeken:

- **Afnemers** - is er een markt voor de grondstoffen/(bij)producten?
- **Aanbieders** - kan de technologie zo aangekocht worden? Op welk TLR niveau staat het? Is het een bewezen technologie of lopen we risico?
- **Exportkansen** - is dit een innovatieve techniek die buiten Nederland ook kansen biedt?



Pagina  
53 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

## 5. Zienswijze van het college van D&H

Van  
Het college van dijkgraaf en hoogheemraden

Aan  
De leden van de Rekenkamercommissie HHNK

Onderwerp	Registratienummer	Datum
Rekenkamerrapport effectiviteit terugwinnen waardevolle grondstoffen	23.0297463	3 maart 2023

Geachte leden van de rekenkamercommissie,

Met belangstelling hebben wij kennis genomen van uw rapport over de effectiviteit van het terugwinnen van waardevolle grondstoffen bij het hoogheemraadschap (23.0281354). U heeft ons college gevraagd om een bestuurlijke reactie op het onderzoek, de conclusies en aanbevelingen, alvorens het rapport wordt aangeboden aan ons algemeen bestuur.

### Onderzoeksvraag

U heeft onderzoek laten doen naar de doelmatigheid en doeltreffendheid van het beleid om waardevolle stoffen terug te winnen uit het afvalwaterzuiveringsproces en opnieuw te verwerken. Anders gezegd: naar het functioneren van het waterschap als 'energie- en grondstoffenfabriek' (EFGF), waarvoor in het verleden plannen zijn gemaakt die bij het algemeen bestuur tot verwachtingen hebben geleid.

### Conclusies

U stelt dat HHNK door medewerkers en andere waterschappen als één van de koplopers onder de waterschappen wordt gezien. De koploperspositie draagt bij aan het imago van de waterschappen. Daarnaast stelt u dat investeringen in energie- en grondstofterugwinning op hun eigen merites zouden moeten worden beoordeeld. U heeft geen oordeel kunnen geven over de business cases van deze investeringen. Wel is duidelijk geworden dat HHNK geen kansen heeft laten liggen. Uw bevindingen en conclusies zijn voor ons herkenbaar.

### Aanbevelingen

We onderschrijven uw aanbevelingen, maar merken op dat ze soms voorbij lijken te gaan aan wat HHNK en de waterschappen al doen op het onderwerp EFGF. We lichten dit hieronder graag toe.



### **1. Bied inzicht in kosten en baten aan de hand van een business- en value-case en monitorresultaten**

Wij maken onderscheid in (investerings-)projecten waarbij sprake is van onderzoek of een pilot (met een laag TRL<sup>55</sup>) en uitvoerings- en implementatieprojecten (met een hoger TRL). Met andere waterschappen en kenniscentra wordt afgestemd wie welk onderzoeksproject trekt. Voor pilots is het moeilijk of zelfs onmogelijk om al business of value-cases op te stellen.

Als een pilot leidt tot een uitvoerings- of implementatieproject, wordt in het voorstel om een investeringskrediet beschikbaar te stellen sowieso een kosten- en batenanalyse met het algemeen bestuur gedeeld. Elke investering loopt daarna mee in de planning & control-cyclus, waarover het algemeen bestuur drie keer per jaar wordt geïnformeerd.

### **2. Maak gebruik van een afwegingskader bij investeringsbeslissingen**

Voor investeringen in de waterketen wordt sinds twee jaar een afwegingskader gebruikt, als onderbouwing van een voorgestelde keuze. Een inschatting van de risico's maakt daar onderdeel van uit. Dit kader kan - tezamen met uw voorbeeldkader - ook worden benut voor investeringen door andere organisatieonderdelen.

Behalve ons afwegingskader hanteert HHNK sinds 2022 het instrument Omgevingscan, waarmee per regio in kaart wordt gebracht hoe schoon water kan worden ingezet als grondstof. De omgevingscan is een middel om op gedegen wijze afwegingen in de omgeving te doen en mede op basis daarvan keuzes te maken voor investeringen.

### **3. Maak samen met andere waterschappen een overkoepelende langetermijnvisie**

Er zijn meerdere visies opgesteld met de andere waterschappen, onder regie van de Unie van Waterschappen. We noemen de visie 'Op weg naar klimaatneutraliteit' die de vergaande ambities op het gebied van CO<sub>2</sub>-emissiebeperking en verhoging van de eigen duurzame energieopwekking schetst. Daarnaast verwoordt 'Het verhaal van de circulaire waterschappen' waarom onze sector het circulair werken belangrijk vindt en hoe dat kan worden aangepakt. Ook is in 2022 de visie op CO<sub>2</sub>-beprijzing door de Unie vastgesteld.

### **4. Zet in op aquathermie**

In 2021 heeft het algemeen bestuur van HHNK besloten om, gedurende een pilot van twee jaar, kansen voor aquathermie te benutten door hiervoor rollen en kaders te benoemen. Wij stellen voor de aanbeveling over te nemen en het vervolg voor te leggen aan het algemeen bestuur.

<sup>55</sup> TRL staat voor Technology of Readiness Levels. TRL's worden gebruikt om specifieke fases van innovatie en productontwikkeling aan te duiden.



## 5. Zet in op energiebesparing

Onlangs is een plan van aanpak opgesteld om te komen tot maatregelen voor energiebesparing bij HHNK. Uiterlijk 1 september 2023 wordt een energiebesparingsplan ingediend bij het bevoegd gezag. Dit is een wettelijke verplichting in het kader van de energiebesparingsplicht.

### Tot slot

Omdat het belang van het terugwinnen van grondstoffen steeds groter wordt en de waterschappen daarin een rol vervullen, waarderen wij uw aandacht voor dit onderwerp. Wij bedanken u dan ook voor dit onderzoek en voor uw voorbeeld voor een afwegingskader. Door de reeds ingezette acties en de aanscherping hiervan met uw aanbevelingen, kan het algemeen bestuur naar onze mening haar controlerende taak op dit onderwerp op de juiste wijze uitvoeren.

Met vriendelijke groet,

namens het college van dijkgraaf en hoogheemraden,

de secretaris,

de dijkgraaf,

M.J. Kuipers

ir. R.P.G. Bosma



## 6. Nawoord van de rekenkamercommissie

De rekenkamercommissie dankt het college van dijkgraaf en hoogheemraden voor hun reactie van 3 maart 2023 op het rekenkameronderzoek naar de effectiviteit van het terugwinnen van waardevolle grondstoffen. Daarnaast danken wij ook alle betrokkenen, zowel intern als extern, voor hun medewerking en geleverde inbreng.

Het stemt ons tevreden te lezen dat de bevindingen en conclusies herkenbaar zijn en dat u onze aanbevelingen onderschrijft. Wij vinden het goed om te zien dat HHNK een koploper is op het vlak van energie- en grondstofterugwinning.

Punt van aandacht blijft, zoals u zelf ook aangeeft, het opstellen van business- of valuecases voor investeringen. We blijven vooropstellen om (meer dan al gebeurt) in te zetten op het inzicht geven in kosten en baten aan de hand van een business- en value-case. We begrijpen goed dat dit voor pilots moeilijk kan zijn. Ons inziens biedt het toepassen van het afwegingskader (samen met uw eigen instrumenten) een goede basis om beslissingen beter te onderbouwen.

We beseffen dat er verschillende visiedocumenten zijn die betrekking hebben op de energie- en grondstoffenfabriek en dat afstemming tussen waterschappen zeker al plaats vindt. Desalniettemin zien wij toch een lacune wat betreft duidelijke en concrete afspraken over de waterschappen heen voor het verder verkennen en uitbouwen van het concept energie- en grondstoffenfabriek en dit uitgezet op een tijdspad.

Tot slot wordt met het inzetten op aquathermie en energiebesparing, nu en in de nabije toekomst, het koploperschap nog eens onderstreept.

Vanuit de rekenkamer wensen wij het bestuur en de organisatie veel succes met het uitbouwen van energie- en grondstoffenfabrieken binnen HHNK.





# Deel 2

## Achtergrondinformatie



## 1. Achtergrondinformatie: kosten en baten

In dit onderdeel volgt de achtergrondinformatie van hoofdstuk '2. Kosten & baten' uit deel 1. We gaan in op de verschillende kosten en baten van hetgeen HHNK vandaag en in de toekomst kan terugwinnen uit het afvalwater. Voor wie nog meer informatie zoekt: er zijn diverse onderzoeksrapporten en dergelijke te vinden, zie ook de bronvermelding.

Belangrijke kanttekening hierbij is dat niet voor alle technieken de informatie beschikbaar is om de techniek te analyseren op alle kosten en baten. Dit wordt veroorzaakt doordat sommige technieken dermate nieuw zijn dat er nog relatief weinig betrouwbare informatie beschikbaar is.

Wat betreft broeikasgassen is er een zeer relevant onderzoek dat nu nog loopt binnen de Stowa en dat kijkt naar de milieu-impact van het terugwinnen van verschillende grondstoffen zoals struviet, Kaamera, cellulose, schoon water en biogas. Dit onderzoek heet 'Milieu-impact van grondstoffen uit afvalwaterzuivering' en loopt van 1 juni 2021 tot 31 december 2022.<sup>56</sup> Aangezien dit rapport nog niet is gepubliceerd, hebben we de resultaten nog niet mee kunnen nemen.

### 1.1. Fosforverbindingen

Met het terugwinnen en hergebruiken van fosforverbindingen slaan de waterschappen twee vliegen in één klap. Het zorgt voor verbetering van de ecologische waterkwaliteit (omdat fosfaat een belangrijk nutriënt is en een teveel ervan leidt tot overmatige algenbloei; eutrofiering) en draagt tegelijkertijd bij aan de circulaire economie waarin van afvalstoffen herbruikbare grondstoffen worden gemaakt (omdat fosfor een schaars en eindig element is).

Sommige waterschappen zetten hierop in door biologische verwijdering van fosfaat, anderen zetten in op chemische fosfaatverwijdering. Struviet terugwinning is alleen interessant bij de biologische verwijderingsinstallaties, terwijl vivianiet<sup>57</sup> interessanter is bij chemische verwijdering. Fosfor terugwinning uit slib-as kan in principe in beide gevallen nog gebeuren, onafhankelijk of er al biologische dan wel chemische fosfaatverwijdering heeft plaatsgevonden.

HHNK zet hierop in door de terugwinning van struviet. Dit is initieel ingegeven vanuit de beheerskant: struviet slaat bij biologische<sup>58</sup> fosforverwijdering neer in de leidingen van de RWZI en geeft veel onderhoud. Het verwijderen van struviet bespaart op beheer- en onderhoudskosten.

Het winnen van deze stof zorgt wel voor mogelijke problemen in de bedrijfsvoering: het slib-behandelingsproces moet namelijk deels worden stilgelegd om struviet eruit te kunnen halen. Op

<sup>56</sup> STOWA | [Webpagina] 'Milieu-impact van grondstoffen uit afvalwaterzuivering' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/milieu-impact-van-grondstoffen-uit>

<sup>57</sup> Vivianiet is een fosforverbinding.

STOWA, 26 augustus 2020 | [Webpagina] 'Chemisch verwijderd fosfaat terugwinnen via magnetische scheiding' | <https://www.stowa.nl/nieuws/chemisch-verwijderd-fosfaat-terugwinnen-magnetische-scheiding>

<sup>58</sup> Noot: Fosfor kan ook verwijderd worden via een chemisch proces (door doseren van metaalzouten; ijzer of AI) waarbij er geen struviet neerslagprobleem is.



dit vlak is dus goede operationele afstemming nodig (wanneer kan het proces stilgelegd worden) en ook op strategisch niveau (circulair beleid versus een optimale bedrijfsvoering).

De stof eruit te halen is dus al mogelijk, de afzetmarkt ervoor creëren is lastig. Dit is iets waar AquaMinerals zich voor inzet (zie ook 3.3 Samenwerking met AquaMinerals). Op dit moment wordt bij slechts twee RWZI's (Beverwijk en Den Helder) struviet gewonnen. Dit heeft er voornamelijk mee te maken dat het verkopen van struviet op dit moment financieel niet heel aantrekkelijk is.

Naast de terugwinning rechtstreeks uit de RWZI's, wordt fosfor teruggewonnen uit de assen van verbrande slib. Het gedroogde slib van HHNK wordt naar HVC (een afvalverwerkingsbedrijf in Alkmaar) gebracht waar het wordt verbrand. Vanuit HVC worden er meerdere fosfaat routes verkend zodat op het juiste moment de juiste technologie gekozen kan worden. Op dit moment lijkt uit hun analyse dat er nog geen enkele technologie-provider al ver genoeg staat om op grote schaal te investeren in een installatie voor fosfaatterugwinning uit de as.<sup>59</sup>

### 1.1.1. Financieel

Financieel is er nog geen voordeel uit struviet te halen. De opbrengsten en vermeden kosten door de terugwinning zouden vandaag ruwweg overeenkomen met de operationele kosten. Alleen zitten daar de afschrijving van de investeringen niet in, waardoor het voor het waterschap toch een kostenpost is. De markt geeft een prijs die laag is o.a. omdat de waterschappen er toch nergens anders mee naartoe kunnen. Soms wordt zelfs afgesproken dat het struviet vanuit waterschappen afgezet kan worden zonder dat ze er geld voor krijgen, maar zo raken ze er tenminste wel vanaf zonder daarvoor nog kosten te moeten maken.

#### Opbrengsten

Momenteel is struviet vanuit de waterschappen maximaal 54 euro per ton waard. In totaal komt dit voor 250 ton per jaar op 13.500 euro.<sup>60</sup> De marktwaarde wordt bepaald door de huidige kunstmestprijzen, waartegen struviet moet concurreren, en de kwaliteit van het struviet (gehalte fosfor, stikstof en magnesium). De marktwaarde zou kunnen stijgen naar circa 350 euro/ton voor een gekorrelde product dat geleverd wordt bij de gebruiker.<sup>61</sup> De weg voor deze opbrengststijging ligt nu meer open omdat recent de end-of-waste status van struviet is veranderd waardoor het makkelijker kan worden toegepast.<sup>62</sup>

#### Kosten: investeringen en operationele kosten

##### Algemeen:

<sup>59</sup> HVC, 27 juni 2022 | 'Notitie fosfaat: stand van zaken fosfaat'

<sup>60</sup> Op basis van eigen cijfers HHNK, mail Tom Jansen 13/10/2022

<sup>61</sup> STOWA, 11 mei 2016 | 'Marktverkenning en gewasonderzoek struviet en struviethoudende producten uit communale afvalwater' | 2016-12

<sup>62</sup> Meststoffenverordening | Verordening 2019/1009



Voor het chemisch verwijderen van fosforverbindingen zijn chemicaliën nodig. Die kosten geld. Daarnaast vormt de neerslag zogenoemd chemisch slib. Dat moet - samen met het normale zuiveringsslib - tegen reguliere slibafzetkosten worden verwerkt.

Bij chemische verwijdering worden in het bestaande zuiveringsproces metaalzouten toegevoegd aan het te zuiveren afvalwater. Het fosfaat vormt vlokken, slaat neer en komt in het zuiveringsslib terecht. Als het slib na drogen vervolgens wordt verbrand - een gebruikelijke verwerkingsmethode - komt het fosfor voor 98 procent in de as terecht. Deze as bevat momenteel meer dan 20 procent fosfor. Dit is aanleiding geweest voor onderzoek naar het terugwinnen van fosfor uit as van monoslibverbranders. Vanaf 2019 wordt uit de as van de slibverbranders HVC en SNB fosfor succesvol teruggewonnen door het bedrijf EcoPhos in Duinkerken (Frankrijk). Voor de monoslibverbranders kan de afzet van as naar EcoPhos een besparing opleveren, omdat de afzet van het as inkomsten kan gaan genereren, terwijl men er nu voor moet betalen om het af te zetten.<sup>63</sup>

Voor biologische fosfaatverwijdering zijn extra investeringen in het zuiveringsproces noodzakelijk. Wel kan bij biologische fosfaatverwijdering het fosfor in de vorm van struviet direct worden gewonnen uit het afvalwater of uit de slibstroom die ontstaat tijdens de zuivering, dit laatste gebeurt vandaag bij HHNK. De investeringen verschillen per toegepaste technologie.

Bovenstaande gezegd zijnde is er verder weinig te vinden over wat nu de exacte kosten zijn om struviet te produceren uit een Energie- en grondstoffenfabriek van een waterschap. Zowel vanuit Stowa onderzoek, als vanuit Sweco, WUR en Vito komt de boodschap dat er nader onderzoek nodig is om de kosten te bepalen<sup>64,65,66</sup>.

#### Bij HHNK:

Bij HHNK wordt gebruik gemaakt van biologische fosfaatverwijdering. HHNK werkt hiervoor samen met een externe partij en enkel de kosten die men betaalt aan deze partij zijn bekend. Deze partij wint het struviet uit de installatie, en filtert en reinigt het. Het gaat om ca. 107.000 euro kosten op jaar basis<sup>67</sup>. De investeringskost is afhankelijk hoeveel je toeschrijft aan de struvietterugwinning - want je hoeft geen speciale investeringen te doen bovenop de biologische fosfaatverwijdering om struviet te vormen. En voor de struviet terugwinning huurt HHNK nu een partij in om het struviet te oogsten en te kuisen. Deze derde partij maakt de extra investeringen in de oogst en kuis apparatuur en rekent deze kost kostprijs door aan het waterschap.

#### **Vermeden kosten**

<sup>63</sup> STOWA, 6 december 2017 | 'Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen' | 2017-19

<sup>64</sup> STOWA, 6 december 2017 | 'Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen' | 2017-19

<sup>65</sup> H2O-Online, 17 mei 2016 | 'Struviet: hoofdpijndossier of succesverhaal?'

<sup>66</sup> IBBT door Emis Vito | [Webpagina] 'Terugwinnen van meststoffen uit het afvalwater: vorming van struviet volgens biochemisch proces' | <https://ibbt.emis.vito.be/content/terugwinnen-van-meststoffen-uit-het-afvalwater-vorming-van-struviet-volgens-biochemisch-0>

<sup>67</sup> Op basis van eigen cijfers HHNK, mail Tom Jansen 13/10/2022



Het terugwinnen van struviet uit afvalwater zorgt voor vermeden kosten voor onderhoud (minder 'scaling' van RWZI leidingen), chemicaliën (waterlijn), ontwatering<sup>68</sup> en slibafzet.<sup>69</sup> Er zijn geen gegevens beschikbaar over hoe groot deze winst is. Eerder vermelden we al de stelling: de opbrengsten en vermeden kosten zijn ruwweg gelijk aan de operationele kosten. Voor HHNK zouden de vermeden kosten € 93.500 (ofwel €107.000 kosten - €13.500 opbrengsten, zie hiervoor). Gevoelsmatig lijkt ons dit een erg grote vermeden kostenpost, al is er geen data beschikbaar om dit getal te bevestigen dan wel te ontcrachten.

### 1.1.2. Grondstoffen

Struviet terugwinning zorgt voor vermeden productie elders en mindere afhankelijkheid van import. Dit is interessant, omdat het fosfor in het struviet een cruciale stof is bij het telen van voedsel. Op dit moment is er nog geen sprake van schaarste. Fosfaat wordt op dit moment echter gewonnen in mijnen en is daarmee een eindige (fossiele) grondstof. De schattingen lopen daarbij uiteen van eindigheid binnen 50 – 400 jaar.

#### Vermeden productie (schaarste)

Het gebruik van kunstmest door de agrarische sector bedroeg in 2011 7.000 ton fosfor. Als we dit afzetten tegen de terug te winnen hoeveelheid van 5.500 ton fosfor per jaar door de waterschappen, zouden we voor een groot deel kunnen voorzien in de Nederlandse (kunstmest)behoefte aan fosfor. Zeker als wordt meegenomen dat het kunstmestverbruik in de periode 2012-2014 is afgenomen naar ongeveer 5.000 ton fosfor per jaar. De belangrijkste (potentiële) bijdrage wordt gevormd door de terugwinning van fosfor uit de as van de mono-slibverbranders.<sup>70</sup> In theorie is het dus mogelijk om de volledige behoefte aan fosfor zelf te voorzien en daarmee alle productie van kunstmest in het buitenland voor Nederland te vermijden. Met de terugwinning van 250 ton levert het HHNK hier een bescheiden bijdrage aan.

#### Zelfvoorzienend

Zonder fosfor kunnen we geen voedsel verbouwen. Zoals we nu met fosfor omgaan, volgens een lineair model, dreigt er een wereldwijde fosforcrisis. Wetenschappers luiden dan ook niet onterecht de noodklok. De fosfor zit in fosfaatmeststoffen die worden gemaakt uit fosfaatertsen. Deze ertsen zijn eindig.<sup>71</sup>

<sup>68</sup> Noot: In het geval dat struviet wordt gewonnen uit de sliblijn (Airprex) heeft dit een positief effect op de te behalen droge stof (en het chemicaliënverbruik) bij de slibontwatering. Bij winning van struviet uit het centraat (Phospaq, NuResys) speelt dit geen rol.

<sup>69</sup> STOWA, 6 december 2017 | 'Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen' | 2017-19

<sup>70</sup> STOWA, 6 december 2017 | 'Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen' | 2017-19

<sup>71</sup> UK Centre for Ecology and Hydrology, 2022 | 'Our Phosphorus Future Towards global phosphorus sustainability' | <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17834.08645>



Daarnaast is er ook een geopolitieke uitdaging. In Europa zijn we sterk afhankelijk van andere landen voor de aanvoer van meststoffen: we voorzien slechts voor 10% in onze eigen behoefte. Het overige deel komt o.a. uit China, USA en Marokko.<sup>7273</sup>

Het terugwinnen van fosfaat levert daarom een bijdrage aan de zelfvoorzienendheid van Nederland (en bij uitbreiding Europa). Omwille van het belang van deze grondstoffen krijgt het terugwinnen in EU landen aandacht en wordt dit in sommige landen (bijvoorbeeld Duitsland) zelfs verplicht (afhankelijk van de grootte van de RWZI).

### 1.1.3. Broeikasgassen

Doordat Struviet een fosfaatbron is die o.a. kunstmest voor bepaalde sectoren kan vervangen, kan er door de winning van struviet productie van kunstmest elders vermeden worden. Deze vermeden productie zorgt ook voor vermeden uitstoot van broeikasgassen. Het winnen van struviet zorgt dan weer voor een verhoging van de uitstoot van broeikasgassen (het proces om dit te oogsten en wassen kost energie en apparatuur), maar aangezien de opwekking in Nederland zelf gebeurt is de uitstoot van transport hiervan beperkter, gesteld dat de struviet ook nabij wordt gebruikt.

Omdat er weinig gegevens bestaan over de impact van het winnen van struviet, is het moeilijk concrete cijfers te plakken op de vermeden broeikasgassen. We weten wel wat de impact is van het produceren en op de markt brengen van anorganische fosfor-meststof: circa 3 kg CO<sub>2</sub> eq. per kg meststof.<sup>74</sup> Daarnaast weten we ook met zekerheid dat de struviet geproduceerd bij een waterschap niet over de zee getransporteerd moeten worden. De impact van dit vrachtvervoer over zee van kunstmest is circa 0,061 kg CO<sub>2</sub> eq. per kg meststof<sup>75</sup> ofwel 2% van de totale impact. Dit voordeel is relatief beperkt en het echte verschil zal te zoeken zijn op het verschil in productie, dat van struvietwinning dus nog onbekend is. Ons vermoeden is dat het verschil in uitstoot van de productie aanzienlijk veel hoger zal zijn voor kunstmest dan voor struviet. De fosfaatertsen nodig voor de kunstmest worden via mijnbouw gewonnen en dit is over het algemeen een activiteit met hoge uitstoot van broeikasgassen. En naast het delven moet van deze ertsen ook nog kunstmest gemaakt worden.

<sup>72</sup> Scientias.nl, 29 juni 2022 | [Webpagina] 'Grote zorgen over fosfor: zonder dit mineraal kunnen we nergens op aarde meer voedsel verbouwen (en we raken het nu rap kwijt)' | <https://scientias.nl/grote-zorgen-over-fosfor-zonder-dit-mineraal-kunnen-we-nergens-op-aarde-meer-voedsel-verbouwen-en-we-raken-het-nu-rap-kwijt/>

<sup>73</sup> NutriNorm, oktober 2016 | [Webpagina] 'Waar komt fosfaat vandaan' | <https://nutrinorm.nl/meststoffen/waar-komt-fosfaat-vandaan/>

<sup>74</sup> Kengetal uit de Ecoinvent databank

<sup>75</sup> Om die vergelijking te maken, gaan we uit van transport via een vrachtschip en laten we alle transport over de weg wegvallen. Voor het vrachtvervoer gaan we ervan uit dat de kunstmest die het struviet zou vervangen, wordt aangevoerd van drie havens: Tanger Med (Marokko), Shanghai (China) en New York (VS). Ze komen we tot een heel conservatieve schatting van 61 kg CO<sub>2</sub> eq. per ton struviet. Berekening gebaseerd op data uit de Ecoinvent databank, <https://nutrinorm.nl/meststoffen/waar-komt-fosfaat-vandaan/> en <https://sea-distances.org/>.



#### 1.1.4. Waterkwaliteit

Het terugwinnen van fosfaat heeft geen effect op de waterkwaliteit. Fosfaat wordt uit het effluent verwijderd tot het wettelijke niveau. De investering in het terugwinnen heeft betrekking op het toepasbaar maken voor hergebruik en leidt niet tot een duidelijk betere kwaliteit van het effluent.

#### 1.1.5. Conclusie

Geadviseerd wordt om beter inzicht te krijgen in de kosten en baten (met name vermeden kosten) en de vermeden broeikasgassen. Door CO<sub>2</sub> te beprijzen kan voor een deel de kosten en baten letterlijk tegen elkaar worden afgewogen. De vermeden uitputting van grondstoffen en bijdrage aan de zelfredzaamheid van Nederland kan op dit moment nog lastig in geld worden uitgedrukt. HHNK kan op basis van deze informatie wel een onderbouwde beslissing nemen over het terugwinnen van struviet (en bij uitbreiding het terugwinnen van andere fosforverbindingen / fosfaten).

### 1.2. Stikstofverbindingen (bv. ammonium)

Net als fosfor is stikstof een zeer belangrijk element voor onze voedselvoorziening. Nitraat (de chemische verbinding van een stikstofatoom met zuurstofatomen) is daarom ook een van de hoofdelementen van kunstmest, naast fosfor en kalium. Daarnaast worden stikstofverbindingen ook nog in tal van andere sectoren gebruikt: milieutechniek (nutriënten-mengsel op de afvalwaterzuivering), chemische industrie (grondstof in productieproces), afvalverwerking-industrie (in de rookgasreiniging) en de energiesector (als energiedrager).<sup>76</sup>

In struviet ofwel magnesiumammoniumfosfaat zit ook een deel stikstof. Bij terugwinning van struviet, komt dus ook al stikstof mee. Daarnaast kan stikstof ook in de vorm van volgende stikstofproducten uit het afvalwater en de daaruit gewonnen slibstroom gehaald worden: ammoniumsulfaat, -nitraat of ammonium.

Hoe er op dit moment wordt gekeken naar stikstof terugwinning is het verminderen van de hoeveelheid stikstof vracht uit het reject water van de vergisting. Als je deze recirculatie kunt stoppen/verminderen hoef je minder snel je RWZI uit te breiden of kan je met een bestaande RWZI een lagere effluent eis halen.

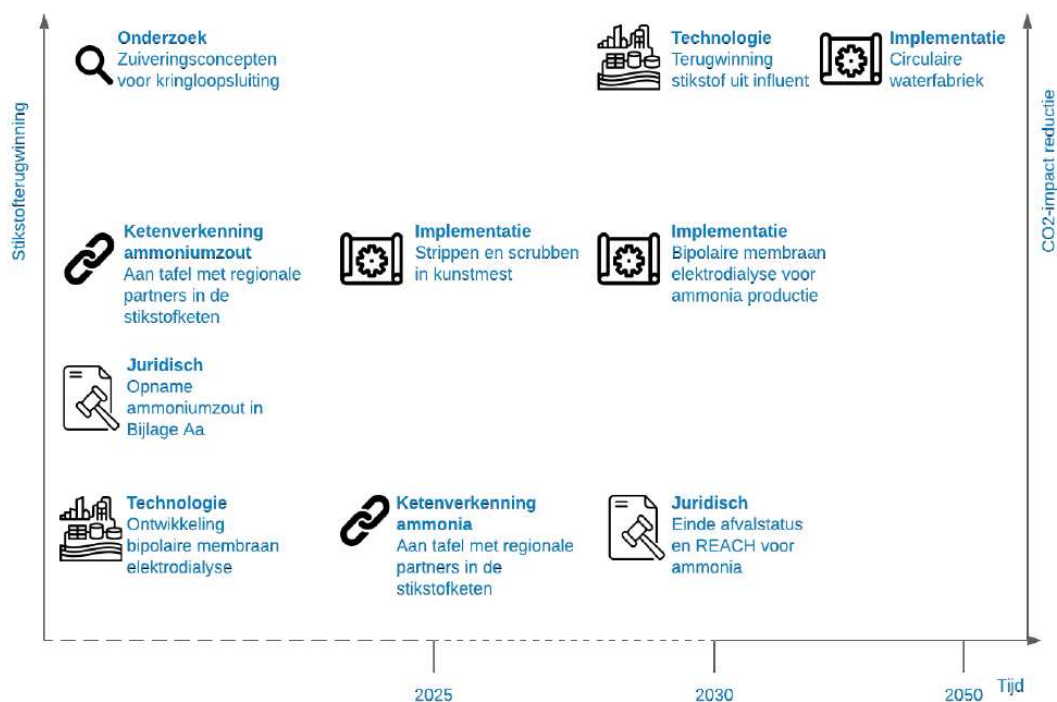
Vanuit de routekaart die AquaMinerals dit jaar aan het opstellen is, samen met experts van de waterschappen, worden stikstofverbindingen benoemd als een stof waar zeker op ingezet moet worden. Wel wordt ook aangegeven dat de technologie nog niet ver genoeg is om al op grotere schaal te gaan toepassen. De bij de routekaart betrokken experts verwachten dat dit op een

<sup>76</sup> STOWA, 12 oktober 2021 | 'Stikstofterugwinning uit rioolwater: van marktambitie naar praktijk' | 2021-35



termijn van 4 tot 7 jaar wel het geval zal zijn. Men wil zich wel hier op voorbereiden en al “in de startblokken komen voor vermarkting als er een technologie werkt.”.77 Belangrijk hierbij is het inzetten in pilots bij de waterschappen om tot die werkende technologie te komen. Een van deze pilots die veelbelovend lijkt te zijn is NoChamNAR78 waarbij men een grote kostprijsreductie verwacht t.o.v. van vandaag o.a. door het gunstig effect van ammonium terugwinning op het vrijkomen van methaan.79

De stand van de technologie wordt bevestigd door een STOWA onderzoek uit 2021. Daarbij werden verschillende stikstofterugwintertechnieken onderzocht: strippen en scrubben, membraanstrippen, bipolaire elektrolyse en ionenwisseling. Enkel deze laatste werd geïdentificeerd als enige techniek om stikstof terug te winnen uit voorbehandeld rioolwater.80 De nodige technologie om stikstof terug te winnen uit influent zal wellicht pas op grote schaal operationeel zijn tegen 2030:



Figuur 10 – Tijdlijn voor set maatregelen en ontwikkelingen die geïmplementeerd kunnen worden tot en met 205081

77 AquaMinerals, 8 oktober 2022 | ‘Conceptversie Routekaart Waterschappen’

78 Noot: Project ‘Kostprijsreductie bio-energie door Chemical Free Ammonium Recovery’, een project waarin onderzoek wordt gedaan naar het omzetten van in biomassa opgeslagen stikstof naar ammonium bij de vergisting van biomassa.

79 Stichting Topconsortium voor Kennis- en Innovatie Biobased Economy | [Webpagina] ‘Kostprijsreductie bio-energie door Chemical Free Ammonium recovery’ | <https://biobasedeconomy.nl/17694-2/>

80 STOWA, 12 oktober 2021 | ‘Stikstofterugwinning uit rioolwater: van marktambitie naar praktijk’ | 2021-35

81 STOWA, 12 oktober 2021 | ‘Stikstofterugwinning uit rioolwater: van marktambitie naar praktijk’ | 2021-35





Naast stikstof terugwinning via struviet, zie hiervoor, bespreken we nog enkele mogelijkheden om stikstof uit het water terug te winnen:

Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel. In dit proces wordt er eerst struviet gevormd, daaruit wordt ammonia gestript waarbij ammoniak ontstaat. De ammoniak wordt in een "Solid Oxide Fuel Cell" (een type brandstofcel) omgezet in stikstofgas en elektrische energie.<sup>82</sup> Bij deze techniek gaat de ammoniak dus 'verloren' en kan niet meer ingezet worden voor kunstmest. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat deze techniek enkel efficiënt kan worden toegepast bij een stroom waar stikstofverbindingen geconcentreerd in aanwezig is. Een extreem voorbeeld hiervan is het apart inzamelen van urine.

CoRe concept. CoRe staat voor "Concentrate, Recover and Reuse". Het CoRe-Water-concept richt zich op het concentreren van rioolwater, het produceren van hoogkwalitatief water, het winnen van energie en het terugwinnen van resources. De sleuteltechnologie van dit nieuwe concept is Forward Osmosis (FO) waarmee in feite het zuiveringsproces wordt omgedraaid. Als eerste stap wordt namelijk schoon water geproduceerd van hoge kwaliteit door met een sterke zoutoplossing (draw solution) water te onttrekken aan het afvalwater. De afvalstoffen blijven achter in een geconcentreerde stroom met een 20 keer kleiner volume. Die geconcentreerde stroom kan vervolgens worden benut voor terugwinning van grondstoffen en voor energieproductie. Omdat de stroom geconcentreerd is, is de hypothese dat dit effectiever en efficiënter kan verlopen. In dit concept wordt er ook stikstof uit het water gehaald, in de vorm van ammonium. Recent onderzoek heeft aangetoond dat economisch en technisch er in het CORE concept het logisch is om eerst een struvietprecipitatie toe te passen, waarmee 10% van het ammonium uit het water wordt gehaald, en nadien een elektrolyse en ionenwisseling het meest voor de hand ligt om het resterende ammonium uit het water terug te winnen.<sup>83</sup>

### 1.2.1. Financieel

Stikstofverbindingen als grondstof uit het water halen, bijvoorbeeld in de vorm van ammonium, is nu nog niet rendabel. Stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel lijkt op financieel vlak een interessante optie, zeker wanneer de tarieven van elektriciteit hoog zijn.

#### Opbrengsten

##### Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel

Op basis van een ouder onderzoek<sup>84</sup> is aangegeven dat dankzij de opwekking van elektriciteit er een opbrengst is van deze techniek, als de RWZI een schaal van 900.000 i.e. heeft. Als we dit onderzoek als basis gebruiken en netto opbrengsten extrapoleren volgens de huidige

<sup>82</sup> STOWA, 6 mei 2014 | 'Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel' | 2013-33

<sup>83</sup> KWR, augustus 2022 | 'Praktijkonderzoek CoRe-water-concept: Verkenning van een alternatief zuiveringsconcept voor communale afvalwater' | KWR 2022.011

<sup>84</sup> STOWA, 6 mei 2014 | 'Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel' | 2013-33



energieprijzen, dan zouden de inkomsten dankzij de elektriciteitsopwekking altijd de kosten overstijgen en opbrengen. De netto inkomsten zouden dan 3,5 € per kg verwijderde stikstof bedragen.

Op een RWZI met schaal van 900.000 i.e. zou er 620,5 ton stikstof verwijderd kunnen worden en omgezet in energie. Dit zou neer komen op een netto opbrengst van 2.171.750 € per jaar.

Voor een RWZI op kleinere schaal kan deze techniek ook toegepast worden, maar zijn de opbrengsten lager.

#### CoRe concept

In het onderzoek naar dit concept is uitgegaan van een zuivering voor 100.000 i.e. Daaruit kan circa 1000 ton ammoniumnitraat uit gewonnen worden. De gehanteerde prijs daarvoor is €10/ton ofwel 0,01/kg. Dit komt neer op een opbrengst van 10.000 € per jaar. <sup>85</sup>

#### **Kosten: investeringen en operationele kosten**

##### Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel

De kosten zijn afhankelijk van de grootte van RWZI en schommelen tussen de 2,09 en 4,43 € per kg verwijderde stikstof.<sup>86</sup>

#### CoRe concept

De kosten voor dit concept zijn 4 tot 5 keer hoger vandaag dan conventionele RWZI, dit gaat om de investeringen + operationele kosten – de opbrengsten.<sup>87</sup>

### **1.2.2. Grondstoffen**

Stikstof is een minder interessant element om terug te winnen dan fosfor, al is het wel cruciaal voor de voedselwinning en nuttig voor andere industrieën. Stikstof is niet schaars en zal dit naar verwachting nooit worden. Circa 80% van onze atmosfeer bestaat uit stikstofgas. Dit is inert en er is veel energie voor nodig om dit om te zetten naar het bruikbare ammonium via het Haber-Bosch proces. Momenteel is er in Nederland ook een probleem van te veel stikstofuitstoot in andere vormen dan het inerte stikstofgas.

Dit kan wel een argument zijn om meer stikstof uit het water te gaan halen. Als een waterschap dit gaat doen, kan het een positieve invloed hebben op de stikstofbalans in een gebied, waardoor dit een ander project met een negatieve invloed kan compenseren. Belangrijke nuance hierbij is wel dat de grootste stikstofuitstoot in de lucht zit en deze neerslaat in de natuurgebieden. De stikstofverbindingen in het water is minder een probleem, al wordt er bijvoorbeeld in Duitsland wel

<sup>85</sup> KWR, augustus 2022 | 'Praktijkonderzoek CoRe-water-concept: Verkenning van een alternatief zuiveringsconcept voor communaal afvalwater | KWR 2022.011

<sup>86</sup> STOWA, 6 mei 2014 | 'Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel' | 2013-33

<sup>87</sup> KWR, augustus 2022 | 'Praktijkonderzoek CoRe-water-concept: Verkenning van een alternatief zuiveringsconcept voor communaal afvalwater | KWR 2022.011



ingezet op reductie van stikstofverbindingen in grond- en oppervlaktewater (met name nitraat). Het kan interessant zijn om te gaan onderzoeken hoe groot de invloed van stikstofverwijdering uit water kan hebben op de stikstofbalans in een bepaald gebied. Verder is stikstof zoals gezegd een cruciaal element voor kunstmest en dus de voedselvoorziening. In die zin is het belangrijk om hier goed mee om te gaan en helpt het ook om meer zelfvoorzienend te worden. Omdat stikstof niet schaars is, is dit vandaag minder relevant als het geval is voor fosforverbindingen.

### 1.2.3. Broeikasgassen

Als we de gewonnen stikstofverbindingen gaan gebruiken als kunstmest, is het goed om te gaan kijken hoe kunstmest traditioneel wordt gemaakt. Een vaak gebruikte manier om stikstof in de juiste vorm te krijgen om te gebruiken voor kunstmest is het opwaarderen van methaan (aardgas) tot ammonium, ammoniumnitraat en ureum via het Haber-Bosch proces. Dit proces gebruikt grote hoeveelheden energie (37 tot 45 MJ/kg N). Ongeveer 0,75 % van het wereldenergiegebruik gaat op aan stikstofwinning via het Haber-Bosch proces. Deze primaire energie-input heeft ook een grote CO<sub>2</sub>-afdruk, naast de rechtstreekse CO<sub>2</sub>-uitstoot van de chemische reactie van het Haber-Bosch-proces zelf.<sup>88</sup>

Deze productie kan deels vermeden worden als men stikstofverbindingen uit het water gaat terugwinnen. De productie hiervan gebeurt in Europa, o.a. in Nederland, waardoor er geen sprake is van vermeden transport.<sup>89</sup>

#### **Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel**

Toepassen van deze techniek kan zorgen voor een elektriciteitsbesparing van ruim 10% op een RWZI.<sup>90</sup> Voor een RWZI van 500.000 i.e. zou dit over een besparing van 1.315.000 kWh kunnen gaan<sup>91</sup>. Dit zorgt voor een besparing van 381.350 ton CO<sub>2</sub>. op jaarbasis, als we uitgaan van de gemiddelde uitstoot voor het leveren van elektriciteit in Nederland (0,29 kg/kWh<sup>92</sup>).

#### **CoRe concept**

De CO<sub>2</sub> uitstoot van CoRe is circa tweemaal hoger dan van een conventionele RWZI (het referentiescenario in kader van het onderzoek). Dit komt voornamelijk door het hoge elektriciteitsverbruik van het CoRe-Water-concept. Om de CO<sub>2</sub> hiervan te berekenen is uitgegaan van een CO<sub>2</sub>-footprint voor elektriciteit die past bij de huidige Nederlandse mix. Naarmate het aandeel groene elektriciteit groter wordt in die mix, kan de CO<sub>2</sub> uitstoot van CoRe snel dalen. Daarnaast is de bijdrage in de CO<sub>2</sub>-footprint van chemicaliën relatief groot voor het CoRe-Water-

<sup>88</sup> STOWA, 12 oktober 2021 | 'Stikstof terugwinning uit rioolwater: van marktambitie naar praktijk' | 2021-35

<sup>89</sup> Vakblad Melkveebedrijf, 25 november 2021 | [Webpagina] 'Hoe worden minerale meststoffen geproduceerd?' | <https://www.melkveebedrijf.nl/bemesting/kunstmest/hoe-worden-minerale-meststoffen-geproduceerd/>

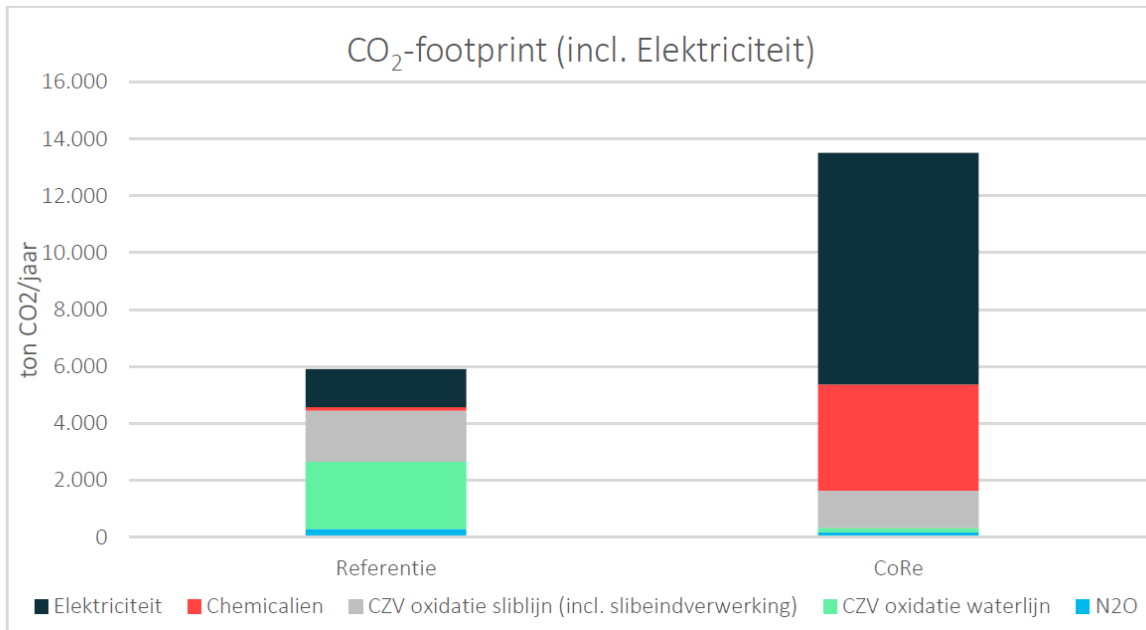
<sup>90</sup> STOWA, 6 mei 2014 | 'Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel' | 2013-33

<sup>91</sup> GMB, 21 februari 2017 | 'Ketenanalyse RWZI'

<sup>92</sup> CBS, 31 januari 2022 | Rendementen, CO<sub>2</sub>-emissie elektriciteitsproductie, 2020 | <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/05/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2020>



concept, terwijl de hoeveelheid organisch materiaal in de waterlijn t.o.v. de conventionele rwzi zeer laag is.



Figuur 11 – CO<sub>2</sub> impact traditionele RWZI versus CoRe concept

Tot slot is het nog belangrijk te weten dat i.p.v. stikstof terugwinning nu vaak wordt gekeken naar biologische systemen (bijv. Anammox) die in principe efficiënt (met weinig zuurstof) de nitraten in het water kunnen omzetten naar stikstofgas, maar wel veel lachgas uitstoot hebben (dat een circa 300 maal sterker broeikasgas is dan CO<sub>2</sub>). Daarom neemt de interesse voor deze technologieën af en wordt er gekeken naar andere methoden (zoals bijvoorbeeld de brandstofcel) om de uitstoot van lachgas te verminderen en de retour stikstofvracht naar de zuivering te verlagen

#### 1.2.4. Waterkwaliteit

Voor stikstofverbindingen geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit. De stikstofverbindingen worden verwijderd tot het wettelijke niveau. De investeringen in het terugwinnen hebben betrekking op het toepasbaar maken voor hergebruik en leiden niet tot een duidelijk betere kwaliteit van het effluent.

Hier zit wel enige nuance in: nu geen N-verwijdering uit de reject water<sup>93</sup> stroom plaatsvindt en de eisen worden strikter gemaakt dan kan het toepassen van N-verwijdering uit reject leiden dat de bestaande zuivering dat wel kan behalen; of anderzijds als de eisen gelijk blijven maar de vracht

<sup>93</sup> Reject water is water dat uit de RWZI komt maar die niet voldoet aan de lozingsnormen.



(bijvoorbeeld meer aansluiting door bevolkingsgroei) toeneemt, dan kan N-reject water treatment ook helpen om meer uit de bestaande zuivering te halen.

### **1.2.5. Conclusie**

Aanbevolen wordt om vooraf goed te bepalen waarom men stikstof zou willen terugwinnen. Als de inzet is om de uitstoot te verminderen, kan een techniek als de brandstofcel interessant zijn. Als de inzet is om zelf ammoniak of een andere stikstofvariant terug te winnen, moet goed afgewogen worden of de verwachte baten wel voldoende zijn om op in te zetten.

## **1.3. Organisch**

Ons afvalwater bevat een organische component (uitgedrukt als chemisch zuurstof verbruik; CZV). In de zuiveringsinstallaties breken bacteriën een groot deel van deze stoffen via een biologisch proces af in twee producten: gassen (CO<sub>2</sub>; methaan en lachgas) en slib (biomassa). Dit zuiveringsslib is een belangrijk bijproduct dat ontstaat bij de zuivering van afvalwater.

Het organisch materiaal in het slib kan als bron gebruikt worden voor tal van toepassingen. We gaan in volgende hoofdstukken in op Kaamera en op biogas en groen gas.

## **1.4. Kaamera**

De waterschappen Vallei en Veluwe en Rijn en IJssel zetten in op de stof Nereda Kaamera gum (kortweg Kaamera). Ze winnen dit respectievelijk uit huishoudelijk afvalwater en afvalwater uit zuivel via extractie uit aeroob korrelslib via de Nereda technologie. Kaamera is een polymeer dat bestaat uit een mengsel van eiwitten, polysachariden en andere organische componenten. De aanwezige polysachariden hebben overeenkomsten met alginaat<sup>94</sup> maar ook met een polysacharide dat als "arabic gum" bekend staat.<sup>95</sup>

De technologie om Kaamera te kunnen winnen is al op een goed niveau. Een aandachtspunt daarbij is wel dat de samenstelling van het Kaamera afhankelijk is van het afvalwater waaruit het geëxtraheerd wordt. Er is dus wel aandacht nodig om het extractieproces goed te ontwerpen, specifiek voor het desbetreffende influent.

### **1.4.1. Financieel**

Commercieel kan Kaamera vandaag al werken. Zo is er voor gebruik als biostimulant een goed werkende business case opgesteld, in samenwerking met het bedrijf Koppert International. De prijs

<sup>94</sup> Een hydrofiel polymeer dat gemaakt wordt uit zeewier.

<sup>95</sup> STOWA, 1 oktober 2019 | 'Kaamera Nereda Gum: samenvatting NAOP onderzoeken 2013-2018 | 2019-14



die hiervoor betaald wordt bedraagt enkele euro's per kg, afhankelijk van de vorm en kwaliteit van het geproduceerde Kaumera.

Gezien de vele toepassingsmogelijkheden is de verwachting dat er nog meer business cases in de toekomst mogelijk zullen zijn. De potentiële opbrengsten van andere toepassingen zijn veel hoger, maar de processen om deze tot stand te brengen zijn nog niet doorontwikkeld op dit moment, maar wel veelbelovend.

#### 1.4.2. Grondstoffen

Kaumera kan enkel gevormd worden uit Nereda slib. Op dit moment gaat dit slechts om ongeveer 5% van alle RWZI's in Nederland. Studie heeft aangetoond dat dit aandeel in de komende 10 jaar wel kan groeien en dat er dan een productie van 85.000 ton Kaumera mogelijk is<sup>96</sup>.

Kaumera kan voor veel toepassingen gebruikt worden: bindmiddel, coating op papier, biologisch afbreekbare brandvertrager, uitharden van beton,... Het heeft enorm potentieel waarbij het producten kan vervangen die nu nog gebaseerd zijn op fossiele brandstoffen (bijvoorbeeld acrylaat). Maar er dient nog verder onderzoek te gebeuren over deze stof. Er is nog te weinig bekend wat het precies is en hoe het concreet kan worden toegepast. O.a. de TU Delft is bezig met onderzoek naar deze stof.

Daarnaast kan het ook ingezet worden in het telen van gewassen: als bindmiddel van kunstmestproducten, als slow release coating voor kunstmest en als biostimulant.<sup>97</sup> Voor dit laatste gebruik bestaat er al een end-of-waste afspraak en de nieuwe Fertilizing Products Regulation van de EU zal het toepassen van Kaumera als kunstmest nog vergemakkelijken.

#### 1.4.3. Broeikasgassen

Voor Kaumera extractie is er heel wat energie nodig, voornamelijk voor de verwarming van het slib tot 80°C en de centrifugestappen. Onderstaande tabel geeft dit weer<sup>98</sup>:

Processtap	Energieverbruik (MJ/kg Kaumera)
Verwarming tot 80°C	10-15
Centrifuges	10-15
Overig	10

<sup>96</sup> Duque et al., 8 september 2021 | 'Wastewater Valorization: Practice around the world at Pilot- and Full-Scale' | International Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 9466 | <https://doi.org/10.3390/ijerph18189466>

<sup>97</sup> STOWA, 1 oktober 2019 | 'Kaumera Nereda Gum: samenvatting NAOP onderzoeken 2013-2018 | 2019-14

<sup>98</sup> STOWA, 1 oktober 2019 | 'Kaumera Nereda Gum: samenvatting NAOP onderzoeken 2013-2018 | 2019-14



<b>Totaal</b>	30-40
---------------	-------

Tabel 7 - energieverbruik Kaamera proces

Belangrijk hierbij is dat de warmte na de extractie voor een groot deel kan worden teruggewonnen met behulp van warmtewisselaars. Een aandachtspunt hierbij is het droge stof (DS)-gehalte van het slib. Als dit te hoog is, verslechtert de warmteoverdracht en wordt minder warmte teruggewonnen. Indikken van het slib tot een DS-gehalte van ongeveer 7% en verwarming door stoominjectie is een alternatieve strategie om het energieverbruik te beperken. Het voordeel van stoominjectie is dat er geen warmtewisselaars nodig zijn die kunnen verstopten.

Naast de grote energievraag is het ook zo dat er door Kaamera productie minder biogas uit het slib geproduceerd kan worden:

Parameter	Eenheid	Zonder Kaamera extractie	Met Kaamera extractie
<b>Slibhoeveelheid</b>	Ton DS	1	1
<b>Kaamera productie</b>	Ton ODS	0	0,26
<b>Organisch stofafbraak</b>	%	35%	31%
<b>Biogasproductie</b>	Nm <sup>3</sup>	196	115
<b>Slibproductie na vergisting</b>	Ton DS	0,74	0,59

Tabel 8 - Biogas extractie met en zonder Kaamera productie

Als de lagere biogasopbrengst wordt meegerekend als extra energieverbruik bij de extractie van Kaamera dan komt dit neer op 3 - 7 MJ/kg Kaamera, afhankelijk van de benutting van biogas in het geval wanneer er geen Kaamera wordt geëxtraheerd. In totaal zorgt dit er dus voor dat er bruto een energieverbruik is van 33 tot 47 MJ per kg Kaamera.

De uitstoot van broeikasgassen hangt er van af van hoe deze energie precies opgewekt wordt en ook welke energie het extra biogas zou vervangen, indien er geen Kaamera extractie zou plaatsvinden. Als we gemiddeld stellen dat de 33 tot 47 MJ door elektriciteit wordt geleverd (en het niet geproduceerde biogas vervangt) en we weten dat de CO<sub>2</sub> uitstoot daarvan 0,29 kg/kWh is <sup>99</sup>, dan heeft een kg Kaamera een uitstoot van 2,65 tot 3,78 kg CO<sub>2</sub>.

Omdat het maken van Kaamera een erg energie-intensief proces is, zou het inzetten hiervan zich moeten richten op het vervangen van producten die een hogere uitstoot hebben om te produceren. In het onderdeel rond fosfaat zagen we al dat een fosfor gebaseerde meststof circa 3 kg CO<sub>2</sub> eq.

<sup>99</sup> CBS, 31 januari 2022 | Rendementen, CO<sub>2</sub>-emissie elektriciteitsproductie, 2020 | <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/05/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2020>



per kg meststof heeft. Daartegenover heeft Kaumera dus een vergelijkbare uitstoot en lijkt het niet zinnig om het als meststof in te zetten, puur afgaande op de uitstoot.

#### **1.4.4. Waterkwaliteit**

Voor het maken van Kaumera geldt dat dit geen effect heeft op de waterkwaliteit. Het wordt geproduceerd uit slib dat al uit het water is gehaald, het maken van Kaumera heeft dus geen extra effect op de waterkwaliteit.

#### **1.4.5. Conclusie**

Kaumera is een veel belovende stof die vele toepassingen kan hebben. Onze aanbeveling is om hier verder aandacht aan te besteden en dit in samenspraak met andere waterschappen en organisaties zodat HHNK een deel van de puzzel opneemt (bv. één specifieke toepassing die voor het waterschap interessant kan zijn).

### **1.5. Biogas en CO<sub>2</sub>**

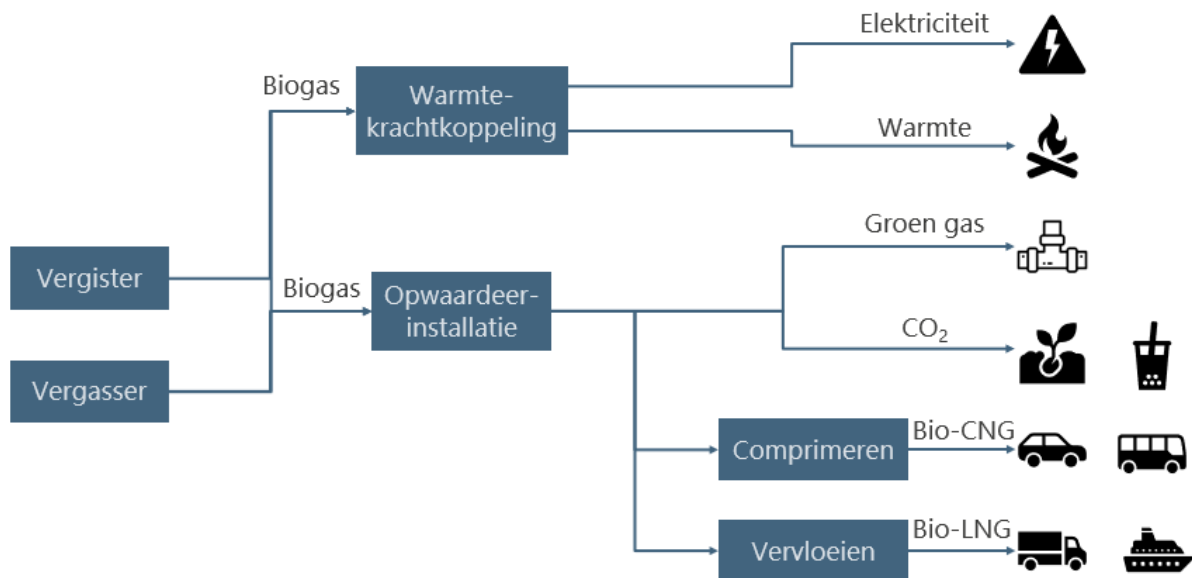
Door (secundair) slib te vergisten of te vergassen wordt biogas gecreëerd. Biogas is een gasmengsel dat gemiddeld bestaat uit ongeveer 60% methaan, 35% CO<sub>2</sub> en restfracties waterstofsulfide en ammoniak en overige sporenelementen<sup>100</sup>. Als restproduct blijft digestaat over. Dit biogas kan direct gebruikt worden, bijvoorbeeld in een WKK installatie, maar het biogas kan ook opgewaardeerd worden naar groen gas, bio-CNG of bio-LNG. Bij dit opwaarderen komt CO<sub>2</sub> vrij. Deze verschillende technieken worden hieronder verder toegelicht.

<sup>100</sup> Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 25 september 2017 | [Webpagina] 'Vergisting en vergassing | <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/vergisting-en-vergassing>





### 1.5.1. Technieken



Figuur 12 - overzicht technieken en opwerken biogas

#### Slibvergisting en toepassing WKK

Het vergisten van slib is een techniek die al geruime tijd op grote schaal wordt toegepast en zijn oorsprong vindt in het eind van de jaren 70.<sup>101</sup> Voor vergisting is een voorbezinktank nodig, deze hebben niet alle RWZI's. Ook secundair slib kan vergist worden, al heeft dit vaak een lagere opbrengst. Vaak wordt een combinatie van primair en secundair slib vergist. Bij vergisting van slib wordt biogas geproduceerd. Het grootste deel van het biogas wordt verbrand in WKK's. Een WKK gebruikt de verbrandingsenergie van het biogas om elektriciteit en warmte te produceren. Deze elektriciteit wordt gebruikt voor de processen op de zuivering. Als er een overschot is, wordt dit geleverd aan het elektriciteitsnet. De geproduceerde warmte wordt gebruikt voor verwarming van de slibgisting en de gebouwen. Tijdens de zomer (wanneer wel elektriciteit maar minder warmte benodigd is) is er een warmteoverschot dat niet nuttig kan worden toegepast en daarom wordt afgeblazen. Als back-up van de WKK staat op de RWZI's een gasketel. Als de WKK buiten bedrijf is of als de warmtevraag hoger is dan het aanbod van de WKK, wordt het biogas verstoekt in de gasketel voor warmte. De gasketel en WKK kunnen ook worden bedreven met aardgas indien er een probleem is met de vergistingsinstallatie.<sup>102</sup>

<sup>101</sup> Ekwadraat Advies B.V., april 2020 | 'Groen gas keten: stand van zaken in Nederland'

<sup>102</sup> HHNK, 8 juli 2022 | 'Biogas HHNK: Kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie' | 22.0457066



### **Achtergrond: groen gas keten in Nederland**

Waar de huidige ambitie van het Rijk is dat de productie van groen gas zal toenemen van 144 miljoen kuub in 2019 naar 2 miljard kuub in 2030, is in het verleden juist de toepassing van het direct gebruiken van biogas in een WKK gestimuleerd. De Ministeriële regeling milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP) en, vanaf 2008, haar opvolger de Stimuleringsregeling duurzame energieproductie (SDE) hebben ervoor gezorgd dat veel vergistingsinstallaties met een WKK zijn uitgerust. De subsidieperiode van SDE duurt voor deze categorie 12 jaar. Dat betekent dat de komende jaren de subsidieperiode voor veel van deze projecten afloopt. Binnen HHNK wordt reeds 12 jaar een constante hoeveelheid biogas geproduceerd. Er wordt dus aangenomen dat in ieder geval voor een groot deel van de installaties de subsidieperiode ten einde is gelopen of bijna ten einde loopt.

### **Vergassing slib**

Bij vergassing wordt organisch materiaal onder hoge temperatuur ontleed waardoor een gasvormig mengsel van waterstof en koolwaterstoffen ontstaat. Dit zogenaamde syngas is op te waarden naar groen gas, of met een andere vervolgstap, naar waterstof. Vergassing heeft het voordeel dat biomassastromen gebruikt kunnen worden die nu nog waardeloos zijn. De technologie moet zich echter nog ontwikkelen tot een betrouwbare techniek. Een specifieke vorm van vergassing is superkritische watervergassing. Dit is een nog innovatievere techniek dan de 'reguliere' vergassing, waarbij natte biomassastromen omgezet worden in groen gas.<sup>103</sup> Deze techniek zit nu de onderzoeksfase en heeft veel potentieel. HHNK draagt samen met de Stowa en de GasUnie bij aan het onderzoek door SCW systems in Alkmaar waar getest wordt met superkritische vergassen en zuiveringsslib als input daarvoor.<sup>104</sup>

### **Opwaarderen van biogas naar groen gas.**

Groen gas moet voor minimaal 88% uit methaan bestaan. In een opwaardeerinstallatie wordt CO<sub>2</sub> geëxtraheerd uit het biogas, waardoor het de gewenste kwaliteit bereikt. Groen gas is van eenzelfde kwaliteit als aardgas en kan daardoor direct in het aardgasnetwerk ingevoerd worden. Er zijn verschillende technologieën beschikbaar om biogas op te waarden naar groen gas. Sommige technologieën maken gebruik van het feit dat CO<sub>2</sub> en methaan een andere oplosbaarheid in verschillende oplosmiddelen hebben. Oplosmiddelen die worden gebruikt voor het opwaarderen van biogas zijn water, amines en organische oplosmiddelen zoals Genosorb. Andere technologieën zijn gebaseerd op het feit dat CO<sub>2</sub> een grotere kans heeft dan methaan om door een semipermeabele

<sup>103</sup> Ekwadraat Advies B.V., april 2020 | 'Groen gas keten: stand van zaken in Nederland'

<sup>104</sup> Noordhollands Dagblad, 30 september 2022 | [Webpagina] 'Groen gas uit rioolslib? Gespecialiseerde fabriek in Alkmaar gaat onderzoeken of dat lukt met 'radicale innovatie'' |

[https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20220930\\_46397581?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20220930_46397581?utm_source=google&utm_medium=organic)



barrière, zoals een membraan, heen te gaan.<sup>105</sup> Omdat in deze processen de CO<sub>2</sub> en het methaan worden gescheiden, komt bij dit proces ook CO<sub>2</sub> vrij. De kwaliteit van de CO<sub>2</sub> is afhankelijk van de gekozen opwaardeertechnologie. Naast de eerdergenoemde technieken wordt er onderzoek gedaan naar het toepassen van biologische methanisering, waarbij koolstofdioxide wordt omgezet in methaan met behulp van waterstof. Deze techniek levert aanzienlijk meer groen gas op dan de eerdergenoemde technieken. De techniek is op kleine schaal bewezen en zal doorontwikkeld moeten worden om ook op grote schaal gebruikt te kunnen worden. Daarnaast is de techniek op dit moment financieel niet haalbaar. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de (nog) hoge kosten van (het gebruik) van elektrolyzers om groene waterstof te produceren.<sup>106</sup>

#### **Intermezzo: verkoop CO<sub>2</sub>**

Bij het opwaarderen van biogas komt CO<sub>2</sub> vrij. Deze CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen en worden verkocht voor toepassing in de tuinbouw, koelinstallaties, drinkwaterbereiding en de frisdrankindustrie. Wanneer het CO<sub>2</sub> dat vrijkomt bij het opwaarderen van biogas op deze manier wordt toegepast, wordt voorkomen dat voor de genoemde functies CO<sub>2</sub> moeten worden gecreëerd op basis van fossiele brandstoffen. Een nadeel is dat de prijs waarvoor CO<sub>2</sub> verhandeld wordt op dit moment relatief laag ligt in vergelijking met de kosten.

#### **Opwerken biogas naar transportbrandstof (bio-CNG of bio-LNG)**

CNG (compressed natural gas) en LNG (liquefied natural gas) zijn brandstoffen die gebruikt worden in de mobiliteit. Doordat LNG een hogere dichtheid heeft, heeft LNG ook een hogere energiedichtheid en daarmee is LNG geschikt voor zwaardere vervoersopties dan CNG. Zowel Bio-CNG of LNG kan geproduceerd worden met groen gas. Op dit moment is er geen rioolwaterzuivering bekend die zelf biogas opwaardeert naar bio-cng en bio-lng. Naar verwachting heeft dit te maken met de minimale schaalgrootte die benodigd is voor de productie van bio-cng en bio-lng. De kleinste bekende zogenaamde small scale liquefaction installatie om bio-lng te produceren heeft een capaciteit van ongeveer 10.000.000 liter LNG.<sup>107</sup> Om deze hoeveelheid LNG te produceren zou ongeveer 10.000.000 m<sup>3</sup> biogas benodigd zijn.<sup>108</sup> Andere small scale liquefaction installaties hebben zelfs capaciteiten oplopend tot meer dan 50.000.000 liter LNG. Op dit moment wordt minder dan 4.000.000 m<sup>3</sup> biogas binnen HHNK geproduceerd. Het zou eventueel interessant kunnen zijn om biogas of groen gas te leveren aan een producent van bio-cng of bio-lng. In een dergelijke overeenkomst zou een vaste afname gegarandeerd kunnen worden. Daarnaast zijn specifieke kennis en installaties vereist en de producten gaan naar verschillende

<sup>105</sup> Energiforsk, 2016 | 'Biogas upgrading: technical review'

<sup>106</sup> STOWA, 18 mei 2021 | 'Toepassing van biologische methanisering op rioolwaterzuiveringen' | 2021-21

<sup>107</sup> Wärtsilä | 'Product guide: LNG plants – mini and small scale liquefaction technology' | <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/ogi/lng-solutions/brochure-o-ogi-lng-liquefaction.pdf>

<sup>108</sup> Noot: uitgaande van de EGE BIOGAS installatie in Noorwegen met een capaciteit van 4.000 ton bio-LNG per jaar. Omrekenfactoren: ; een ton LNG is 2380 liter LNG, 1 m<sup>3</sup> groen gas levert 1,6 liter LNG en 1,54 m<sup>3</sup> biogas levert 1 m<sup>3</sup> groen gas.



afnemers (conform een tankstation), een waterschap is allicht niet op deze commerciële taak voorzien.

### 1.5.2. Biogas en groen gas binnen HHNK

Binnen HHNK beschikken op dit moment 5 van de 15 RWZI's over een vergistingsinstallatie, waar biogas wordt opgewekt. Bij 1 van deze 5 installaties is ook een opwaardeerinstallatie geplaatst. In de onderstaande tabel staat hoeveel biogas en groen gas werd geproduceerd binnen HHNK en wat hiermee gedaan is in het jaar 2022.<sup>109</sup>

<b>Biogas (x1000 m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Omgezet naar groen gas (waarvan verkocht aan derden)</b>	1.320 (768)
<b>Gebruikt in warmtekrachtkoppelingen</b>	2.570
<b>Gebruikt voor centrale verwarming</b>	135
<b>Afgefakkeld</b>	125
<b>Totale opwek</b>	4.150
<b>Elektriciteitsopwekking biogas (MWh)</b>	
<b>Warmtekrachtkoppeling SDI</b>	42.860
<b>Warmtekrachtkoppelingen RWZI's</b>	4.763

Tabel 9 - productie biogas

In de vergadering van 16 november 2022 heeft het CHI van HHNK besloten om de drie grootste biogasinstallaties (Den Helder, Zaandam en Beverwijk) van HHNK aan te passen, waardoor deze groen gas kunnen produceren. In Beverwijk wordt op dit moment ook al groen gas geproduceerd door een installatie in beheer van een derde partij. Deze installatie is echter verouderd en aan vervanging toe. De drie nieuwe installaties gaan ruim 2.500.000 m<sup>3</sup> groen gas produceren, gelijk aan 18% van de energiebehoefte van HHNK na sluiting van de slibdrooginstallatie. Daarnaast wordt onderzoek gedaan om het zuiveringsslib dat op dit moment nog niet wordt vergist, in de toekomst op een centrale plek te vergisten. De CO<sub>2</sub> die bij de nieuwe installaties vrijkomt, wordt

<sup>109</sup> HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714



afgevangen en zal vermarkt worden door AquaMinerals voor bijvoorbeeld de tuinbouw, frisdrankindustrie, drinkwaterbereiding en koelinstallaties. Dit zal leiden tot een CO<sub>2</sub> reductie van 2.300 ton CO<sub>2</sub> per jaar.<sup>110</sup> De terugverdientijd van de opwaardeerinstallaties inclusief CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie met opslag in Den Helder en Zaandam wordt geraamd op 6 tot 8 jaar. De terugverdientijd van het vervangen van de installatie in Beverwijk met de toevoeging van een CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie met opslag wordt geraamd op 4 jaar. Daarmee verdienen deze installaties zich ruim terug binnen de economische levensduur van 15 jaar.<sup>111</sup>

### 1.5.3. Financieel

#### Opbrengsten

Wanneer biogas wordt geproduceerd en gebruikt in een WKK, hoeft er minder elektriciteit en aardgas van het net afgenomen te worden. Indien er meer elektriciteit wordt opgewekt dan er wordt gebruikt, wordt deze elektriciteit tegen een vergoeding terug geleverd aan het net. Deze besparingen met de levering van elektriciteit vormen de opbrengsten bij het gebruik van biogas in een WKK.

Groen gas is van eenzelfde kwaliteit als aardgas en kan daarmee gebruikt worden als vervanger van aardgas. De opbrengsten van groen gasinstallaties zijn grotendeels afhankelijk van de waarde van groen gas en de CO<sub>2</sub> die in het proces wordt geproduceerd. Daarnaast wordt het maken van groen gas gesubsidieerd middels de SDE++ subsidie en de hernieuwbare brandstofeenheid (HBE). SDE++ is een overheidsbijdrage die een bepaalde prijs garandeert voor elke eenheid gas. De HBE is in het leven geroepen om de hoeveelheid biobrandstoffen in de totale brandstofmix te verhogen. HBE's kunnen onderling verhandeld worden tussen bedrijven en bij de opwekking vanuit verschillende bronnen, zoals weergegeven in bijlage van de Renewable Energy Directive verschillende brandstoffen kunnen dubbele aantallen HBE's verkregen worden. Onder deze regeling valt ook de productie van groen gas uit slibvergisting. Deze extra HBE's kunnen dan verhandeld worden met andere bedrijven. In 2021 werd voor het groen gas dat opgewekt was bij de RWZI Beverwijk ter waarde van 70,9 eurocent per m<sup>3</sup> groen gas aan HBE's ontvangen. Daarbovenop werd voor het groen gas zelf gemiddeld 38,4 eurocent gekregen per m<sup>3</sup>. Dit was hoger dan de maximaal gegarandeerde basisprijs onder de SDE++ subsidie, er is dus geen SDE++ subsidie ontvangen. In totaliteit werd dus 1,09 euro per m<sup>3</sup> groen gas ontvangen. Vanaf 2025 is de regering voornemens om een bijmengverplichting van groen gas voor het aardgasnetwerk in te stellen. Dit heeft een positieve invloed op de prijs van groen gas.<sup>112</sup>

Naast groen gas wordt er door de installatie ook CO<sub>2</sub> geproduceerd. Vloeibare CO<sub>2</sub> kan verhandeld worden voor ongeveer 35 euro per ton. Ook is er sinds 2021 SDE++ beschikbaar voor het

<sup>110</sup> HHNK, 18 oktober 2022 | 'Voorstel groen gas installatie op RWZI's Den Helder, Zaandam en Beverwijk' | 22.0665727

<sup>111</sup> Biogas HHNK: kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie | HHNK 22.0457066

<sup>112</sup> Biogas HHNK: kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie | HHNK 22.0457066



afvangen en gebruiken van CO<sub>2</sub>, Carbon Capture and Utilization (CCU). In 2021, kom de SDE++ subsidie voor CO<sub>2</sub> afvang uit op bijna €60/ton.<sup>113</sup> Binnen HHNK wordt naast deze daadwerkelijke inkomsten van de afvang van CO<sub>2</sub> ook gerekend met een CO<sub>2</sub> schaduwbeprijzing van €140/ton.<sup>114</sup> Dit is wat ons betreft een goede manier om klimaatvriendelijke oplossingen te stimuleren. Dit is belangrijk voor het milieu maar ook met het oog op eventuele toekomstige belastingen op CO<sub>2</sub> uitstoot.

### Investeringsen en operationele kosten

De kosten voor de groengasinstallaties bestaan uit investeringskosten en operationele lasten. Deze kosten voor de nieuw te bouwen installaties zijn samengevat in de onderstaande tabellen.<sup>115</sup>

Investering	Beverwijk	Den Helder	Zaandam-Oost
<b>Groen gas installatie</b>	€1.145.000	€1.123.000	€1.150.000
<b>CO<sub>2</sub> afvang</b>	€192.000	€192.000	€192.000
<b>Warmte voorziening</b>	€1.041.000	€553.000	€658.000
<b>Anneemsom</b>	€2.378.000	€1.868.000	€2.000.000
<b>Omslagfactor (65%)<sup>116</sup></b>	€1.546.000	€1.214.000	€1.300.000
<b>BTW</b>	€421.000	€287.000	€323.000
<b>Totaal</b>	€4.345.000	€3.369.000	€3.623.000

Tabel 10 - Investeringskosten groengasinstallaties

Operationele kosten	Beverwijk	Den Helder	Zaandam-Oost
<b>Beheer/onderhoud</b>	€99.000	€78.000	€83.000
<b>Elektriciteit</b>	€202.000	€82.000	€98.000
<b>Verbruiksmiddelen</b>	€25.000	€12.000	€14.000
<b>Handelskosten</b>	€10.000	€6.000	€7.000
<b>Totaal per jaar</b>	€336.000	€178.000	€201.000

Tabel 11 - Operationele kosten groengasinstallaties

<sup>113</sup> Biogas HHNK: kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie | HHNK 22.0457066

<sup>114</sup> HHNK, 8 juli 2022 | 'Biogas HHNK: Kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie' | 22.0457066

<sup>115</sup> Biogas HHNK: kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie | HHNK 22.0457066

<sup>116</sup> Noot: de omslagfactor heeft betrekking op de voorbereidingskosten, kosten voor het inbouwen van de installatie, vergunningen, onvoorziene kosten, etc.



#### 1.5.4. Grondstoffen

Het gebruik van biogas, groen gas, bio-cng en bio-lng kan verschillende grondstoffen vervangen. Het toepassen van biogas in een WKK leidt ertoe dat minder elektriciteit en warmte afgenomen en geproduceerd hoeven te worden. Er bestaan echter groene alternatieven voor elektriciteit en warmte. Voor aardgas, dat door groen gas vervangen kan worden, zijn weinig groene alternatieven. Dit in combinatie met de huidige energiecrisis en de wens om binnen Europa minder afhankelijk te worden van buitenlandse mogelijkheden voor de lokale energievoorziening maakt dat de productie van groen gas een hogere maatschappelijke waarde heeft dan de productie van biogas. Naar verwachting geldt dit nog sterker voor bio-cng en bio-lng en hebben bio-cng en bio-lng een nog hogere maatschappelijke waarde dan groen gas.

CO<sub>2</sub> is op dit moment niet schaars, maar wordt veelal geproduceerd met aardgas, een proces waarbij ook warmte vrijkomt. Naarmate deze warmte duurzamer wordt opgewekt, zijn er ook groene alternatieven voor CO<sub>2</sub> noodzakelijk.

#### 1.5.5. Broeikasgassen

Uit onderzoek van Royal HaskoningDHV blijkt dat zowel het toepassen van biogas in een WKK als het produceren van groen gas zorgen voor een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van het niet vergisten van slib.<sup>117</sup> Op dit moment kent de productie en het gebruik van groen gas nog een hogere CO<sub>2</sub> uitstoot dan de toepassing van biogas in een WKK, indien de CO<sub>2</sub> uitstoot van het opwaarderen van het biogas niet wordt afgevangen. Indien de CO<sub>2</sub> wel wordt afgevangen en wordt opgeslagen of nuttig wordt gebruikt is de uitstoot van het produceren van groen gas op dit moment al lager dan de productie en het toepassen in een WKK van biogas. Dit verschil zal alleen groter worden in het voordeel van groen gas wanneer in de toekomst de elektriciteitsvoorziening verder zal verduurzamen. De verwachting is dat de productie van bio-cng en bio-lng op dit moment ook duurzamer is dan de productie en toepassing in een WKK van biogas, mits de CO<sub>2</sub> in het productieproces wordt afgevangen of nuttig wordt toegepast, aangezien bio-cng en bio-lng directe vervangers zijn van fossiele brandstoffen.

#### 1.5.6. Waterkwaliteit

Voor biogas en groen gas geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

#### 1.5.7. Conclusie

Op basis van de beschreven criteria is het vergisten van slib een verstandige beslissing, onafhankelijk hoe het biogas vervolgens toegepast wordt. Het advies is om concreet onderzoek naar de meest efficiënte manier om al het slib wat uit de RWZI's van HHNK gehaald wordt te

<sup>117</sup> Royal HaskoningDHV, 15 februari 2021 | 'Duurzaamheid van productie biogas op RWZI's'



vergisten naar biogas. Voor dit biogas bestaan verschillende afzetroutes. Daarbij zijn de mogelijkheden voor de productie van groen gas, bio-cng en bio-lng het meest interessant zijn, gelet op de financiële voordelen, de reductie van de uitstoot van broeikasgassen en de hogere maatschappelijke waarde ten opzichte van het toepassen van biogas in een WKK. Aanbevolen wordt verder onderzoek te doen naar de opbrengsten van het leveren van biogas en/of groen gas aan partijen die bio-cng of bio-lng produceren.

## 1.6. Zand

Iedere rioolwaterzuivering in Nederland heeft te maken met zand in het influent. Een deel van dit zand wordt verwijderd in het zuiveringsproces, maar bij ongeveer de helft van de RWZI's in Nederland wordt geen zandverwijdering toegepast.<sup>118</sup>

Redenen om zand wel te verwijderen zijn: slijtage, verstopping, verminderd volume, verminderen slibafvoer en het verwijderen van zand uit tanks. Om zand dat binnenkomt met het influent te verwijderen kan een zandvanger worden toegepast. Deze zandvanger kan geplaatst worden in de waterlijn of in de sliblijn. Een zandvanger in de waterlijn is robuust, maar over het algemeen duurder dan een zandvanger in de sliblijn. Een zandvanger in de sliblijn is alleen mogelijk op locaties met een voorbezinktank. Nadat het zand uit het water of slib verwijderd is, kan het zand gewassen worden om organisch materiaal, hierdoor neemt de hoeveelheid af te zetten zand af, wordt het vochtgehalte verlaagd en wordt geuroverlast tijdens opslag sterk verminderd.

In 2017 had HHNK een zandproductie van 1000 ton zand per jaar.<sup>119</sup> Dit is in 2021 teruggelopen naar 600 ton. Dit heeft ermee te maken dat op verschillende locaties van het waterschap geen zand meer wordt afgevangen<sup>120</sup>

### 1.6.1. Financieel

#### Opbrengsten

Het zand dat wordt teruggewonnen in een RWZI wordt in beginsel wettelijk gezien als slib of afval. Goed gereinigd zand kan gelden als grondstof. Zo zou het afgezet kunnen worden als betonzand, metselzand en/of ophoogzand, afhankelijk van de specifieke samenstelling.<sup>121</sup> Bij het wassen van zand kan dus de keuze gemaakt worden om het zand goed te reinigen en het vervolgens af te zetten als grondstof of minder/niet te investeren in zandwassen en hogere afvoerkosten te betalen. Op dit moment ontvangt HHNK geen opbrengsten uit het vermarkten van zand. Zand wordt verwerkt door Pre-zero en hier wordt een vergoeding voor betaald. Het contract met Pre-zero loopt

<sup>118</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22

<sup>119</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22

<sup>120</sup> Mailconversatie medewerker HHNK

<sup>121</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22





binnenkort af en daarna zal AquaMinerals op zoek gaan naar een nieuwe partij die het zand van HHNK zal verwerken.

### **Kosten: investeringen en operationele kosten**

Op dit moment betaalt HHNK €82,50/ton aan Pre-zero voor het verwerken dat bij de RWZI's wordt afgevangen. In 2021 bedroegen de totale kosten voor het verwerken van 600 ton zand dus €49.500.<sup>122</sup> De overige kosten voor het verwijderen van zand uit influent zijn onduidelijk.

Indien zand niet wordt afgevangen, zal het terecht komen in het slib, dat ook tegen kosten moet worden afgevoerd. In 2017 bedroegen de kosten voor het afvoeren van zuiveringsslib €60-€100 /ton natte slibkoek. De huidige kosten voor het afvoeren van afgevangen zand zijn vergelijkbaar met deze range.

Het is onduidelijk of het zand in de RWZI's van HHNK reeds gewassen wordt. Door zand te wassen wordt het vochtgehalte verlaagd. Dit leidt tot een lager gewicht van het zand en daarmee wordt het afvoeren makkelijker en goedkoper. Het vochtgehalte van ongewassen zand varieert tussen 13% en 65%.<sup>123</sup>

### **Efficiencywinst**

Binnen HHNK wordt op dit moment zand teruggewonnen zonder de bedrijfsvoering stil te leggen. Dit maakt dat een derde partij het zand kan winnen. Op dit moment is hiervoor een overeenkomst gesloten met Pre-zero. Deze overeenkomst loopt echter af en vanaf dat moment zal AquaMinerals ingeschakeld worden om het zand te vermarkten. Omdat de bedrijfsvoering niet stilgelegd hoeft te worden voor het verwijderen van zand, is de negatieve impact op de bedrijfsvoering beperkt.

Het verwijderen van zand kan daarentegen wel verschillende efficiency-voordelen hebben. Zo kan het verwijderen van zand de kans op verstoppingen verminderen. Zand en andere deeltjes kunnen zich geleidelijk ophopen in transportsystemen, waardoor een verstopping ontstaat. Ook kan zandafzetting leiden tot acute verstoppingen in onderdelen van het systeem zoals selector, anaerobe tanks, beluchtingstanks, slibopslagstanks, en slibgistingstanks. Bij sommige waterschappen worden gistingstanks routinematig schoongemaakt. Wanneer dit niet het geval is, kan een zandophoping ervoor zorgen dat een gistingstank gereinigd moet worden. Dit is een complexe en dure taak. Zo kunnen de kosten voor het leeghalen en schoonmaken van een gistingstank oplopen tot meer dan 1 miljoen euro.

Daarnaast kan ook een kleiner volume zand in de gistingstanks al voor problemen zorgen. Zo kan zand in de gistingstanks ervoor zorgen dat de verblijftijd verkort wordt, waardoor de afbraak vermindert. Dit leidt tot lagere biogas opbrengsten en meer slib dat afgevoerd moet worden. <sup>124</sup>

### **Vermeden kosten**

<sup>122</sup> Mailconversatie medewerker HHNK

<sup>123</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22

<sup>124</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22



Het verwijderen van zand zorgt ervoor dat slijtage aan mechanische onderdelen verminderd wordt. Uit onderzoek van STOWA blijkt echter dat het lastig is om in de praktijk aan te tonen hoeveel schade ontstaat aan mechanische onderdelen door slijtage en wat dan de vermeden slijtage en bijbehorende vermeden kost door verwijdering van zand is.<sup>125</sup>

### 1.6.2. Grondstoffen

Zand (inclusief grind en vermalen steen) is na water de meest geëxploiteerde natuurlijke grondstof wereldwijd. Het zandgebruik is verdriedubbeld in de laatste 20 jaar en op dit moment wordt er naar schatting wereldwijd 40-50 miljard ton zand verhandeld. Dit terwijl de reserves uitgeput raken en er geen nieuwe reserves ontstaan. Dit maakt dat zand dat in de bouw gebruikt kan worden steeds schaarser wordt.<sup>126</sup> In Nederland is zand minder schaars: we beschikken zowel over veel zeezand als over veel landzand. Zo is er in Nederland voldoende zand voor een paar eeuwen.<sup>127</sup> In Nederland werd in 2020 23 miljard kg zand en grind en 65 miljard kg ophoogzand gewonnen. Ook werd er 22 miljard kg zand en grind geïmporteerd en 12 miljard kg geëxporteerd.<sup>128</sup> In 2021 werd er op de RWZI's van HHNK 600.000 kg zand gewonnen. Dit is een erg kleine hoeveelheid in vergelijking met de hoeveelheden zand die in Nederland gewonnen worden.

### 1.6.3. Broeikasgassen

Er is geen direct inzicht in de vermeden uitstoot van broeikasgassen door terugwinning van zand. De verwachting is echter dat de vermeden uitstoot beperkt zal zijn, aangezien zand geen uitgebreid productieproces kent en veel zand in Nederland gewonnen wordt, waardoor ook beperkt transport verminderd kan worden door zand terug te winnen in RWZI's.

### 1.6.4. Waterkwaliteit

Voor zand geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

### 1.6.5. Conclusie

Zandafvang wordt reeds veelvuldig toegepast om de levensduur van machines te verlengen en de kans op verstoppingen te verminderen. Hergebruik van zand in de bouw lijkt op korte termijn beperkt mogelijk. Het zand kent (te) veel verontreinigingen en wordt vaak nog gezien als slib of

<sup>125</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22

<sup>126</sup> United Nations environment programme, 26 april 2022 | 'Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis' | <https://unepgrid.ch/en/resource/2022SAND>

<sup>127</sup> Lichtkogel, 1 juni 2020 | 'Zandtekort?' | Trenddossier 2020-1

<sup>128</sup> CBS Statline, 22 augustus 2022 | Winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort; nationale rekeningen | <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83180NED/table>



afval. Door zand beter te reinigen wordt gebruik in de bouw mogelijk een optie. De extra kosten van het reinigen van het zand wegen naar verwachting echter niet op tegen de inkomsten uit verkoop. Daarnaast is zand van een hoge kwaliteit in Nederland niet schaars, waardoor zandwinning bij rwzi's geen bijdrage levert aan de zelfvoorzienendheid van Nederland. Aanbevolen wordt om goed in kaart te brengen wat de vermeden kosten van de zandafvang zijn. Pas als dat duidelijk is kan een goede afweging gemaakt worden.

### 1.7. Cellulose

Cellulose is een hoofdbestanddeel van de celwanden van planten en zit o.a. in wc-papier. Cellulose kan als grondstof uit het water gehaald worden met fijnzeven, iets waar meerdere Waterschappen (verenigd in een landelijke

koplopersgroep) naar kijken of al mee bezig zijn. HHNK zet hier ook op in. Deze fijnzeven verwijderen droge stof en organische stof uit het influent. Het product van deze stap wordt fijnzeefgoed genoemd en dit bevat ongeveer 50% cellulosevezels. De rest van het fijnzeefgoed bestaat uit vet, haren, zand, slibdeeltjes en andere verontreinigingen.<sup>129</sup>

Cellulose kent vele verschillende toepassingen. Zo zou cellulose gebruikt kunnen worden als vezelgrondstof voor biocomposieten zoals straatmeubilair, isolatiemateriaal en afdruiptremmers in asfalt. Ook zou cellulose kunnen

dienen als koolstofbron of als energietoepassing voor pyrolyse.<sup>130</sup> Daarnaast zou cellulose ook kunnen dienen als grondstof voor een bioplastic.<sup>131</sup> Op dit moment bestaat er echter geen markt voor cellulose. Zoals genoemd, bevat fijnzeefgoed veel verontreinigingen en met de huidige opwaardeertechnologieën (roterende banzeven en de Meri-technologie) is het nog niet mogelijk gebleken om fijnzeefgoed of primair slib op te waarden tot cellulose met voldoende kwaliteit voor de productie van isolatiemateriaal. Er wordt nog onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om met

#### Primair cellulose vs. gewonnen cellulose

Er zijn inmiddels verschillende toepassingen gevonden voor cellulose van hoge kwaliteit. Primair cellulose (cellulose productie uit bomen) kent de meeste toepassingen, maar ook cellulose van gerecycled krantenpapier wordt reeds toegepast in de fabricage van isolatiemateriaal. Cellulose dat gewonnen wordt vanuit het rioolwater heeft een aanzienlijk mindere kwaliteit dan primair cellulose of cellulose uit gerecycled krantenpapier en daardoor is de toepassing van fijnzeefgoed van een RWZI ook beperkt tot slibvergisting, afdruiptremmer in asfalt of de verzuring van het fijnzeefgoed. (zie het kopje 'grondstoffen' hieronder voor een uitleg van de verschillende technieken)

<sup>129</sup> STOWA, 8 juni 2022 | 'Pilot afscheiding en opwerking cellulose uit primair slib en fijnzeefgoed door inzet van Meri-technologie' | 2022-15

<sup>130</sup> STOWA, 6 september 2018 | 'Verkenning haalbaarheid terugwinning cellulose uit primair slib' | 2016-18

<sup>131</sup> STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01



de Meri-technologie direct cellulose te winnen uit het influent.<sup>132</sup> Wel is er succesvol onderzoek gedaan naar de toepassing van cellulose als afdruiptremmer in asfalt.<sup>133</sup>

Op dit moment wordt binnen HHNK cellulose gewonnen met een fijnzeef op de RWZI Beemster. Hier is een een fijnzeefinstallatie in bedrijf die zeefgoed met circa 70% cellulose uit het water haalt. Deze installatie is gerealiseerd om meer biologische zuivering mogelijk te maken en daarmee hoeft de zuiveringsinstallatie niet op een andere manier uitgebreid te worden. Dit is de enige RWZI waar op vaste basis cellulose gewonnen. Wel vindt er ook een pilot plaats bij de RWZI Geestmerambacht met een Cellvation-installatie van het bedrijf CirTec. Hier kan 200kg cellulose per dag worden gewonnen. In tegenstelling tot reguliere technieken zou deze installatie wel hoge kwaliteit cellulose moeten produceren, dat direct gebruikt kan worden als grondstof voor bioplastiek of isolatiemateriaal.<sup>134</sup> De teruggewonnen cellulose wordt onder het merk Recell op de markt gebracht.<sup>135</sup> In de huidige planning wordt tot november van dit jaar een specifieke zeef uitgetest en is er tot eind volgende jaar een vergunning om verdere testen te doen. De focus van de hele proefinstallatie is om techniek uit te proberen, minder om effectief veel cellulose te winnen.

### 1.7.1. Financieel

#### Opbrengsten

Op dit moment bestaat er nog geen commerciële markt voor teruggewonnen cellulose. Er zijn in Nederland slechts enkele waterschappen die cellulose terugwinnen via fijnzeefgoed uit het water. Dit maakt de geproduceerde hoeveelheid cellulose laag, dat voor de commerciële markt minder aantrekkelijk is. Ook bevinden er zich veel verontreinigingen in het fijnzeefgoed wanneer dit wordt teruggewonnen. Voldoende cellulose van puurdere kwaliteit zou eventueel gemakkelijker afgezet kunnen worden. Daardoor wordt het fijnzeefgoed op dit moment getransporteerd naar de RWZI Zaandam-Oost waar het fijnzeefgoed wordt vergist. Het biogas wordt vervolgens toegepast in de WKK Van RWZI Zaandam-Oost.<sup>136</sup> Eventuele toekomstige opbrengsten vanuit andere afzetmogelijkheden van cellulose zijn op dit moment nog omgeven met onzekerheden.

In 2017 werd bij RWZI Beemster 683 ton droge stof geproduceerd door de fijnzeefinstallatie. Dit zeefgoed bevatte 43,2% (oftewel 295 ton) cellulose. Deze cellulose is destijds door Attero verwerkt.

<sup>132</sup> STOWA, 8 juni 2022 | 'Pilot afscheiding en opwerking cellulose uit primair slib en fijnzeefgoed door inzet van Meri-technologie' | 2022-15

<sup>133</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Van zeefgoed naar asfalt: ontwikkeling eerste product-markt-combinatie voor zeefgoedcellulose' | 2017-29

<sup>134</sup> Waterforum, 16 juni 2017 | [Webpagina] 'Cellulose uit CirTec-installatie Geestmerambacht direct verkoopbaar' | <https://www.waterforum.net/cellulose-uit-cirtec-installatie-geestmerambacht-direct-verkoopbaar/>

<sup>135</sup> CirTec | [webpagina] 'Cellulose terugwinning' | <https://www.cirtec.nl/cellulose-terugwinning/>

<sup>136</sup> HHNK, 8 juli 2022 | 'Biogas HHNK: Kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie' | 22.0457066



In de nabije toekomst zou cellulose ingezet kunnen worden als grondstof voor een afdruiptremmer in asfalt en vluchtige vetzuren. Met name de eerste optie kent erg hoge kosten. Deze kosten zouden naar beneden gebracht moeten worden om deze techniek aantrekkelijk te maken. De verzuring van zeefgoed voor de productie van vluchtige vetzuren zou financieel aantrekkelijk kunnen zijn. Deze techniek moet echter nog verder ontwikkeld worden.

### **Kosten: investeringen en operationele kosten**

De investeringskosten voor de uitbreiding en renovatie van RWZI Beemster, waarbij ook fijnzeven zijn geplaatst, bedroegen 15,6 miljoen euro. De jaarlijkse kosten van deze installatie bedragen 2,6 miljoen euro.<sup>137</sup> Het is onduidelijk wat dit investeringsbedrag precies omvat. In de variantenstudie met betrekking tot de uitbreiding van RWZI Beemster werd aangegeven dat voorafgaand aan de fijnzeef het nodig was om grof roostergoed en zand te verwijderen. Hiervoor zou een zandvanger geïnstalleerd moeten worden. Ook werd aangegeven dat investeringen in de indikkings- en vergistingscapaciteit nodig waren. Bij deze investering dient wel te worden aangemerkt dat investeringen ook noodzakelijk waren geweest bij andere varianten om de RWZI uit te breiden. Uitbreiding van de RWZI was nodig zodat deze meer influent kon verwerken.<sup>138</sup> De fijnzeefinstallatie heeft verder een primair energieverbruik van 51.000 GJ/jaar. 49.000 GJ/jaar aan energieopbrengst wordt mogelijk gemaakt door de fijnzeefinstallatie.<sup>139</sup>

Uit een interne bron van een ander waterschap volgt dat een bandzeef €550.000 / stuk kost. Een trommelzeef kost €1.150.000 / stuk. Om tot de stichtingskosten te komen dienen de bovenstaande bedragen vermenigvuldigd te worden met een factor 1.8. De operationele kosten van deze beide zeven staan weergegeven in tabel 11.

Operationele kosten	Eenheid	Bandzeef	Trommelzeef
Energieverbruik	KWh/m <sup>3</sup>	0,0394	0,042
Bediening	Uur/week	2	2
Kosten slib/zeefgoed verwerking	€/ton (nat)	60	60
Slibverwerking	€/ton DS	400	400

Tabel 12 - Operationele kosten zeven

<sup>137</sup> HHNK, 15 mei 2013 | 'Memo uitbreiding zuiveringscapaciteit RWZI Beemster' | 13.21133

<sup>138</sup> HHNK, 14 juni 2012 | 'Variantenstudie RWZI Beemster: uitbreiding huidige zuiveringscapaciteit' | 12.0025860

<sup>139</sup> HHNK, 15 mei 2013 | 'Memo uitbreiding zuiveringscapaciteit RWZI Beemster' | 13.21133



## Efficiencywinst

De fijnzeefinstallatie bij RWZI Beemster is primair geïnstalleerd omdat dankzij deze installatie de RWZI de verhoogde instroom van influent zou kunnen verwerken. Doordat de fijnzeef veel verontreinigingen uit het water haalt, wordt de biologische belasting van het actief slibproces verlaagd, waardoor de op dat moment reeds geïnstalleerde beluchtingscapaciteit ook zou volstaan voor de verhoogde instroom van influent. [140](#)

In plaats van het verhogen van de capaciteit van de zuiveringsinstallatie, kan een fijnzeefinstallatie ook gebruikt worden om het energieverbruik van het zuiveringsproces te verminderen. Door een fijnzeef toe te voegen aan de zuivering is de beluchtingsbehoefte lager. Daardoor verbruikt het zuiveringsproces 3% minder energie volgens een Layman's report. [141](#) Op basis van testen in de periode februari-april 2017 op de RWZI Beemster werd de energiebesparing van de fijnzeefinstallatie geschat op ruim 9%. [142](#)

Indien cellulose daadwerkelijk gebruikt zou gaan worden in plaats van dat het wordt vergist, zou dit wel betekenen dat de hoeveelheid slib met 23% afneemt. [143](#) Bij de RWZI Beemster is de slibproductie met 20% afgenomen. Dit leidde ook tot een energiebesparing van 18% van de slibverwerking. [144](#) Mogelijk nadeel hierbij is wel dat er minder biogas en groen gas geproduceerd kan worden. Ondanks de verminderde biogas en groen gas productie is het hoogwaardig toepassen van cellulose te prijzen vanuit de gedachte om het grondstoffengebruik te minimaliseren.

### 1.7.2. Grondstoffen

Cellulose gewonnen uit de waterzuivering zou als grondstof kunnen dienen voor verschillende producten. Deze producten kunnen een alternatief zijn voor producten met dezelfde functie maar met een hogere milieu-impact. Hieronder gaan we in op de belangrijkste. Een aandachtspunt hierbij is dat uit effluent verwijderde cellulose met de huidige wintechnieken nog (te) veel verontreinigingen bevat. Daardoor kan het enkel toegepast worden als grondstof voor een afdruiptremmer in asfalt en voor vluchtige vetzuren. De toepassing van cellulose als grondstof voor vluchtige vetzuren zou financieel rendabel kunnen zijn.

- **PLA:** de huidige productie van PLA, de biobased plastic die van pure cellulose gemaakt zou kunnen worden, is 150.000 ton/jaar. Op dit moment wordt PLA veelal gemaakt van grondstoffen afkomstig uit de voedselketen. Dit heeft allereerst het nadeel dat de productie

[140](#) HHNK, 14 juni 2012 | 'Variantenstudie RWZI Beemster: uitbreiding huidige zuiveringscapaciteit' | 12.0025860

[141](#) HHNK, Attero & STOWA | 'Toilet paper becomes bioplastic | Layman's report

[142](#) STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01

[143](#) HHNK, Attero & STOWA | 'Toilet paper becomes bioplastic | Layman's report

[144](#) STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01



van PLA concurreert met de voedselproductie. Daarnaast zijn de grondstoffen relatief duur. Met goedkopere grondstoffen, kan PLA goedkoper geproduceerd worden, waardoor PLA ook voor andere toepassingen gebruikt kan worden en hier reguliere plastics kan vervangen.<sup>145</sup>

- **PHA:** "In het kader van de Energie en Grondstoffen Fabriek zijn vetzuren gewenst voor de productie van bioplastics (PHA). Omdat zeefgoed vrij droog materiaal is, is het transport van zeefgoed naar een locatie waar bioplastics worden geproduceerd goed mogelijk. De productie van bioplastics uit vetzuren is onderzocht in het project PHARIO (STOWA-rapport 2017-15) en bevindt zich nog in een onderzoeksfase. Om deze reden is de haalbaarheid van deze toepassing niet verder onderzocht."<sup>146</sup>
- **Isolatiemateriaal:** cellulose isolatie, ook wel papiervlokken of cellulosevlokken genoemd, is een isolatiemateriaal dat kan bestaan uit gerecyclede cellulose (bv. oud krantenpapier). Daardoor is het één van de meest duurzame en milieuvriendelijke isolatiematerialen die er zijn. Cellulose isolatie is ook één van de oudste isolatiematerialen en wordt met name ingezet bij het isoleren van daken en zoldervloeren.<sup>147</sup>
- **Afdruipremmer asfalt:**<sup>148</sup>
  - Afdruipremmer is een celluloseproduct dat wordt toegepast binnen de asfaltindustrie om de homogeniteit te waarborgen van de asfaltmix tijdens productie, transport en verwerking. Binnen het VAZENA project is zeefgoedcellulose uit rioolwater als alternatieve afdruipremmer ontwikkeld. Cellulose is teruggewonnen, opgewerkt tot afdruipremmer en toegepast in asfalt waarmee een fietspad is aangelegd. De resultaten zijn gevalideerd conform de standaarden van de civiele sector.
  - De kostprijs van de afdruipremmer uit zeefgoed is niet gespecificeerd. Al is wel duidelijk dat deze boven de € 600/ton lag, wat de maximale prijs is waarvoor de afdruipremmer interessant zou zijn voor marktpartijen. Met name de kosten voor chemische behandeling met perazijnzuur, drogen en ureninzet dragen sterk bij aan de kosten.
  - Na deze succesvolle test is er nog een technisch-economische opgave die bestaat uit de doorontwikkeling van opwerktechnologie en kostprijsoptimalisatie. Ook helderheid in de prijsstelling van ruw zeefgoed door waterschappen maakt daar onderdeel van uit. Het creëren van een geëncmitteerd consortium over langere termijn kan tot slot zorgen

<sup>145</sup> STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01

<sup>146</sup> STOWA, 9 januari 2020 | 'Verkennd onderzoek naar de verzuring van zeefgoed' | 2019-16

<sup>147</sup> Takkenkamp | [Webpagina] 'Gerecyclede krantenpapier' | <https://www.takkenkamp.com/kennisbank/cellulose-isolatie/>

<sup>148</sup> STOWA, 17 april 2018 | 'Van zeefgoed naar asfalt: ontwikkeling eerste marktcombinatie voor zeefgoedcellulose' | 2017-29



voor verdere reductie van technisch-economische risico's, door het creëren van meerjarige stabiliteit in kwaliteit en kwantiteit van zeefgoedcellulose.

- De juridische uitdaging is gelegen in de wettelijke acceptatie van cellulose opgewerkt uit zeefgoed als vrij verhandelbare grondstof. Concreet betekent dit een positieve beoordeling door het daartoe bevoegde gezag, zijnde de provinciale omgevingsdiensten. Het aantoonbaar maken van een stabiele functionele markt en gelimiteerde en gecontroleerde risico's in termen van volksgezondheid en milieu zijn daartoe voorwaardelijk.
- **Verzuring cellulose: 149**
  - Een alternatief voor de winning van cellulose uit zeefgoed is de productie van vluchtige vetzuren uit de organische stof die aanwezig is in het zeefgoed. Deze vetzuren kunnen op de RWZI worden benut voor verbetering van de biologische fosfaat- en stikstofverwijdering en zijn daarmee een duurzaam alternatief voor het gebruik van chemicaliën zoals ijzerchloride of externe koolstofbron. Afhankelijk van de procescondities kan circa 40% van de organische stof in zeefgoed worden omgezet in vluchtige vetzuren. De concentratie vetzuren is hierbij laag (1-10g CZV/L) in vergelijking met commerciële producten zoals azijnzuur (> 70 g CZV/l). Transporteren van de gevormde vluchtige vetzuren is vanwege de lage concentraties te duur en productie van vetzuren zal dus plaats moeten vinden op de locatie waar de vetzuren nodig zijn.
  - Voor een RWZI met een capaciteit van 150.000 i.e. zijn de kosten berekend van een verzuringsreactor voor de productie van vetzuren uit zeefgoed voor verbetering van de fosfaat- en stikstofverwijdering. De baten zitten in lagere afzetkosten voor zeefgoed en minder inkoop van ijzerchloride of methanol. Uit de berekeningen blijkt dat een investering in een verzuringsreactor in circa 7 jaar terugverdiend kan worden, bij een daling van 1 mg/l PO<sub>4</sub>-P of 6 mg/l NO<sub>3</sub>-N en een afzetprijs van 90 euro/ton voor het zeefgoed. Als er een nageschakeld zandfilter overwogen wordt voor een RWZI dan is verzuren van zeefgoed goedkoper qua investering en operationele kosten.
  - Op dit moment vindt een project plaats van STOWA, TU Delft, RHDHV en verschillende waterschappen om een eenvoudige verzuringsreactor voor de productie van lagere vetzuren uit het fijnzeefgoed van RWZI's te realiseren. De einddatum van dit project is maart 2023. **150**

**149** STOWA, 9 januari 2020 | 'Verkennd onderzoek naar de verzuring van zeefgoed' | 2019-16

**150** STOWA | [Webpagina] 'Verzuring zeefgoed: Biozang' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/verzuring-zeefgoed-biozang>





### 1.7.3. Broeikasgassen

Algemeen kan gesteld worden dat het hoogwaardig hergebruik van zeefgoedcellulose, een tertiaire cellulosebron, een vermeden productie en bijbehorende uitstoot van secundaire (gerecycleerd papier) en primaire cellulosebronnen tot gevolg heeft. Omdat de genoemde technieken nog niet in een vergevorderd stadium zijn, is er nog weinig informatie met betrekking tot de uitstoot van broeikasgassen.

#### Directe uitstoot

In een onderzoek uit 2017 zijn twee mogelijk fijnzeefroutes vergeleken: [151](#)

1. Fijnzeefroute A: Productie van glucose uit zeefgoed, waarbij de reststroom vergist wordt, en het digestaat uit vergisting uiteindelijk wordt verbrand.
2. Fijnzeefroute B: directe vergisting van zeefgoed, gevolgd door verbranding van het digestaat.

Fijnzeefroute A heeft in het gemiddelde scenario een klimaatimpact die ca. 100 ton CO<sub>2</sub>-eq. per jaar lager is dan de referentieverwerkingsroute. De referentie in dit onderzoek is de RWZI installatie vóór de installatie van een fijnzeef. Fijnzeefroute B heeft een ca. 730 ton CO<sub>2</sub>-eq per jaar lagere klimaatimpact dan de referentie. Voor beide fijnzeefroutes geldt dat de klimaatimpact op de RWZI (dus exclusief zeefgoedverwerking maar inclusief slibverbranding) 360 ton CO<sub>2</sub>-eq. per jaar lager is ten opzichte van de referentie.

### 1.7.4. Waterkwaliteit

Voor cellulose geldt dat het terugwinnen geen effect heeft op de waterkwaliteit.

### 1.7.5. Conclusie

Op dit moment zijn er geen concrete aantrekkelijke toepassingen voor cellulose. Aanbevolen wordt om enkel op cellulose terugwinning in te zetten als methode om de capaciteit van een RWZI uit te breiden, maar niet puur om de cellulose zelf terug te winnen. Bij de constructie van een nieuwe RWZI kan dus ook de keuze gemaakt worden tussen een grotere RWZI of een kleinere RWZI met fijnzeef. Onduidelijk is welke van beide opties financieel het aantrekkelijkst is, dit zou dus voor een specifieke locatie nog onderzocht moeten worden. Een voordeel van de aanleg van een grotere RWZI is dat deze eventueel op een later moment uitgebreid kan worden met de toevoeging van fijnzeven. Op het gebied van cellulose vinden nog veel ontwikkelingen plaats en met name de toepassing van cellulose als grondstof voor vluchtige vetzuren kan interessant worden. Geadviseerd wordt deze ontwikkeling in de gaten te houden en eventueel zelf zeefgoed te gaan verzuren. Toekomstig onderzoek naar de terugwinning van cellulose met een hoge kwaliteit of

[151](#) STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01



reiniging van cellulose kan daarnaast ook interessant zijn om meerdere afzetroute voor cellulose te bewerkstelligen. Zo kan cellulose van hoge kwaliteit gebruikt worden om isolatiemateriaal of bioplastics te produceren.

## 1.8. Schoon water - Kwalitatief effluent

Het effluent van RWZI's wordt op dit moment geloosd in het oppervlaktewater. Wanneer het effluent echter van voldoende kwaliteit is zou het effluent ook op een nuttige manier ingezet kunnen worden, bijvoorbeeld voor industriële processen, landbouwwatervoorziening of grondwateraanvulling.<sup>152</sup> Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan het verminderen van periodes met een (drink)watertekort. Om het effluent op de gewenste kwaliteit te brengen, dienen microverontreinigingen en pathogenen verwijderd te worden. Een aanvullend voordeel is dat het verwijderen van microverontreinigingen en pathogenen in een RWZI ook een bijdrage levert aan het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Het effluent van RWZI's is op dit moment veelal van mindere kwaliteit dan het oppervlaktewater, waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater verslechtert. Zo zijn de concentraties van organische microverontreinigingen in het effluent van RWZI Wervershoof meer dan 4 keer zo hoog als het water van het IJsselmeer, waar het effluent in geloosd wordt.<sup>153</sup> In 2027 moet het oppervlaktewater in Europe voldoen aan de milieukwaliteitsnormen uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en op dit moment voldoet het oppervlaktewater in Nederland daar nog niet aan.<sup>154</sup>

Om microverontreinigingen uit het water te verwijderen is op 1 januari 2019 het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater in het leven geroepen door het ministerie van IenW, STOWA en de gezamenlijke waterschappen. Onder dit programma worden verschillende technieken bestudeerd op de verwijderingsrendementen, CO<sub>2</sub>-uitstoot en kosten. Het onderzoek focust zich op de thema's: poeder actiefkool, granulair actiefkool, oxidatieve technieken, alternatieve adsorptiemiddelen en nanofiltratie.<sup>155</sup> Deze verschillende technieken worden onderstaand kort besproken.

### Poeder actiefkool

In Duitsland en Zwitserland wordt poederkool reeds op meer dan 20 RWZI's ingezet om microverontreinigingen te verwijderen. De techniek wordt vooral ingezet als nageschakelde techniek, waarbij de poederkool wordt gemengd met effluent in nieuw te bouwen of omgebouwde

<sup>152</sup> H2O-Online, 13 juli 2021 | 'De RWZI als waterfabriek: kansen en knelpunten voor de verbetering van waterbeschikbaarheid op regionale schaal'

<sup>153</sup> STOWA, 7 januari 2021 | 'Haalbaarheidsstudie ge(o)zond water' | 2020-25

<sup>154</sup> Unie van waterschappen | [webpagina] 'Oppervlaktewater' | <https://unievanwaterschappen.nl/waterkwaliteit/oppervlaktewater-in-nederland/>

<sup>155</sup> STOWA | [Webpagina] 'Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/innovatieprogramma-microverontreinigingen-uit-RWZI>



tanks. De microverontreinigingen adsorberen aan de poederkool, waarna de poederkool kan worden afgevoerd. Op de RWZI Papendrecht van Waterschap Rivierenland wordt full scale getest met het direct doseren van poederkool in het actiefslibstelsysteem. Dit gebeurt in het PACAS-onderzoek. Hierbij wordt een verdubbeling van de verwijdering van microverontreinigingen behaald en de ecotoxiciteit van het effluent neemt met de helft af. De effluentkwaliteit voor macroparameters zoals stikstofverbindingen, fosfaten en organische stoffen werd niet verslechterd. Nadeel van het gebruik van poederkool is dat het een fossiel product betreft en de inzet van poederkool zorgt voor extra CO<sub>2</sub> emissies ten opzichte van de huidige behandeling van rioolwater. Onderzoek vindt plaats naar verbetering van de effectiviteit en efficiëntie.<sup>156</sup>

### **Granulair actiefkool**

Granulair kool bestaat in tegenstelling tot poederkool uit korrels. Net zoals poederkool zorgen deze korrels voor adsorptie van microverontreinigingen, maar in tegenstelling tot poederkool zorgen de korrels ook voor de groei van bacteriën waardoor ook macroverontreinigingen zoals fosfaat en stikstofverbindingen verwijderd kunnen worden. Deze techniek wordt full-scale gebruikt op RWZI Horstermeer. Nadeel van deze techniek is dat de kosten relatief hoog zijn. Daar staat wel tegenover dat er geen poederkooldeeltjes geloosd hoeven te worden zoals bij de toepassing van poederkool.<sup>157</sup>

### **Alternatieve adsorptiemiddelen**

Aangezien de bovengenoemde 2 opties beide gebaseerd zijn op een fossiel product, wordt onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van 'groene kolen' of andere adsorptiemiddelen met een lagere CO<sub>2</sub> footprint. Deze initiatieven bevinden zich echter nog in een erg vroeg stadium.<sup>158</sup>

### **Oxidatieve technieken**

Ozonisatie van RWZI-effluent in combinatie met zandfiltratie wordt reeds toegepast in het buitenland en de techniek zelf is aldus bewezen. Nadeel van deze techniek is echter dat de toepassing van oxidatieve technieken kan leiden tot transformatieproducten, welke schadelijker zijn voor de gezondheid dan de moederstof. Een voorbeeld is de omzetting van bromide naar bromaat door ozon. De mechanismen waaronder dit plaatsvindt en in welke mate dit plaatsvindt zijn nog onvoldoende bekend. Hier wordt op dit moment verder onderzoek naar gedaan.<sup>159</sup> Op dit moment wordt een handreiking opgesteld voor besluitvorming over het al dan niet toepassen van deze technieken.<sup>160</sup>

<sup>156</sup> STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

<sup>157</sup> STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

<sup>158</sup> STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

<sup>159</sup> STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

<sup>160</sup> STOWA | [Webpagina] 'Effecten oxidatieproducten RWZI-effluent (IPMV) |

<https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/effecten-oxidatieproducten-RWZI-effluent-ipmv>



### Nanofiltratie

Nanofiltratie heeft potentie om meer dan 90% van de microverontreinigingen uit effluent te verwijderen. De behandeling van de afgescheiden fractie, waarin zich de microverontreinigingen bevinden, is echter nog onduidelijk. Hiervoor worden op dit moment nieuwe concepten ontwikkeld.<sup>161</sup>

### Ge(o)zond water

Naast het innovatieprogramma heeft HHNK zelf een proefzuivering Ge(O)zond water opgezet bij de RWZI Wervershoof. In deze proefzuivering worden verschillende van de bovenstaande technieken gecombineerd. Deze proefzuivering bestaat uit een demo-zuivering waar organische microverontreinigingen, medicijnresten en hormonen uit het RWZI-effluent worden verwijderd en een pilot-installatie waar onderzoek wordt gedaan naar hoogwaardig hergebruik. Met de proefzuivering kan 700 m<sup>3</sup> effluent per uur worden behandeld. Dit gebeurt in 2 straten met elk een capaciteit van 350m<sup>3</sup>. In straat 1 worden 2 conventionele ozon-inbrengsystemen gebruikt, namelijk het bellen- en het venturi systeem. In straat 2 is een innovatief inbrengsysteem gebouwd. Een deel van het water dat behandeld is in de proefzuivering wordt ook behandeld in de pilot circulair. Deze pilot heeft een capaciteit van 5m<sup>3</sup>/uur. In de pilot wordt allereerst ijzerchloride gedoseerd. Vervolgens wordt het water door een keramisch membraan geperst via gaatjes van 100 nanometer. Overige bacteriën of virussen worden met actieve kool filtratie en/of UV desinfectie verwijderd.<sup>162</sup> In het project wordt kennis opgebouwd die HHNK in staat kan stellen om te anticiperen op beleidsvoornemens van het Rijk. En het faciliteert onderzoek van PWN naar hoogwaardig hergebruik van RWZI-effluent. Daarnaast biedt de installatie ruimte voor de ontwikkeling van innovatieve zuiveringstechnologieën, zoals NEW hart.<sup>163</sup> Op dit moment is de techniek zoals deze wordt gebruikt in de pilot-installatie nog niet dermate ontwikkeld dat deze op grote schaal gebruikt zou kunnen worden. Het doel is om in 2025 Technology Readiness Level 7 te bereiken. Dat zou betekenen dat in 2025 het concept getest en gedemonstreerd kan worden in een gebruikersomgeving. In 2031 moet er een installatie zoals de pilot-installatie met een capaciteit van 2400m<sup>3</sup>/uur worden gerealiseerd.<sup>164</sup>

#### 1.8.1. Financieel

Zoals blijkt uit de onderstaande tabel, brengen de technieken met een hoger verwijderingsrendement van de gidsstoffen ook hogere kosten met zich mee. Tegenover deze kosten staan op dit moment geen additionele inkomsten, aangezien het effluent van RWZI's nog

<sup>161</sup> STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

<sup>162</sup> HHNK, 7 juli 2020 | 'Realisatie proefzuivering Ge(O)zond Water te RWZI Wervershoof, uitvoeringskrediet' | 20.0065758

<sup>163</sup> HHNK, 7 juli 2020 | 'Realisatie proefzuivering Ge(O)zond Water te RWZI Wervershoof, uitvoeringskrediet' | 20.0065758

<sup>164</sup> STOWA, 7 januari 2021 | 'Haalbaarheidsstudie ge(o)zond water' | 2020-25



steeds geloosd wordt in het oppervlaktewater. Wel stelt huidige en voorziene wetgeving in Europa strengere eisen aan het gezuiverde afvalwater waaronder microverontreinigingen. Als gevolg van deze strengere eisen zal de effluentkwaliteit beter moeten zijn dan de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater.<sup>165</sup> Hierdoor zijn investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het effluent noodzakelijk. Met betrekking tot de proefzuivering Ge(O)zond water valt op dat ongeveer 70% van de jaarlijkse kosten betrekking hebben op de kapitaallasten van de investeringen en ongeveer 25% op de onderhoudskosten. Verder worden er kosten gemaakt door extra benodigd personeel (1,5FTE), extra energievraag en chemicaliën.<sup>166</sup>

	Eenheid	PACAS	Ozon + ZF	GAK	Ge(O)zond
CO <sub>2</sub> footprint	g CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup>	116	118	325	307
Kosten	€/m <sup>3</sup>	0,05	0,17	0,26	0,43
Verwijderingsrendement gidsstoffen Min I&W	%	70-75%	80-85%	80-85%	>98%

Tabel 13 - Vergelijking verschillende technieken voor de verwijdering van microverontreinigingen

In de tabel staat PACAS voor de installatie op RWZI Papendrecht, waarbij poederkool direct wordt gedoseerd in het actiefslibstelsysteem. Ozon + zandfilter (ZF) betreft de techniek om oxidatieve technieken toe te passen op effluent, waarna met een zandfilter de transformatieproducten worden afgevangen. GAK staat voor Granulair actiefkool.

### 1.8.2. Grondstoffen

Het verbeteren van de kwaliteit van het effluent zal een positief effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Uit onderzoek van STOWA blijkt dat ongeveer 50% van de totale concentratieverhoging van geneesmiddelen bij lozingspunten van RWZI's in het oppervlaktewater wordt veroorzaakt door 10% van de RWZI's (31).<sup>167</sup> Informatie over dergelijke 'hotspots' met betrekking tot andere verontreinigingen is onbekend, maar zou erg nuttig kunnen zijn in het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater, waardoor dit meer als grondstof kan worden ingezet.

Effluent met een hoge kwaliteit kan gebruikt worden in toepassingen waarvoor op dit moment nog drinkwater wordt gebruikt. Zo zou effluent gebruikt kunnen worden voor industriële processen, landbouwwatervoorziening of grondwateraanvulling. Dit kan een bijdrage leveren aan de beschikbaarheid van zoet water. In een aantal regio's hebben de drinkwaterbedrijven nu al knelpunten die het voldoen aan de leveringsplicht bemoeilijken of zelfs onmogelijk maken. Verder

<sup>165</sup> STOWA, 7 januari 2021 | 'Haalbaarheidsstudie ge(o)zond water' | 2020-25

<sup>166</sup> STOWA, 7 januari 2021 | 'Haalbaarheidsstudie ge(o)zond water' | 2020-25

<sup>167</sup> STOWA, 31 oktober 2017 | 'Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen RWZI's' | 2017-42



in de toekomst kunnen deze problemen zich in nog meer regio's voordoen.<sup>168</sup> Droogte vindt op dit moment vooral plaats in het binnenland.<sup>169</sup> Desalniettemin zijn er ook risico's voor de drinkwatervoorziening in Noord-Holland. In mei 2021 is een stresstest uitgevoerd, waaruit bleek dat de kans op watertekorten in het IJsselmeergebied toeneemt van eens in de 50 jaar naar eens in de 15 á 20 jaar, als er weinig klimaatverandering optreedt. Bij snelle klimaatverandering neemt de kans op watertekorten zelfs toe naar eens in de 5 jaar.<sup>170</sup>

### 1.8.3. Broeikasgassen

Zoals blijkt uit tabel 12, kennen de verschillende technieken voor de extra zuivering van het rioolwater een hogere CO<sub>2</sub> footprint dan het huidige reguliere zuiveringsproces in een RWZI. Hier staat echter wel tegenover dat bij hoogwaardige toepassing van effluent CO<sub>2</sub> uitstoot wordt vermeden door voorkoming van voorbehandeling methodes ten behoeve van (half)fabriecaat) drink- of industrie/koel water. Dit is namelijk niet opgenomen in de CO<sub>2</sub> footprint. Daarnaast stelt huidige en voorziene wetgeving in Europa strengere eisen aan het gezuiverde afvalwater, waardoor investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van effluent noodzakelijk zijn.

Op de website van de milieubarometer wordt aangegeven dat de CO<sub>2</sub> parameter van drinkwater 298 gram CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup> bedraagt.<sup>171</sup> Dit zou betekenen dat de proefzuivering Ge(O)zond water met een CO<sub>2</sub> footprint van 307 g/m<sup>3</sup> een hogere CO<sub>2</sub> footprint heeft dan de gehele huidige drinkwaterzuivering.

### 1.8.4. Waterkwaliteit

Het verbeteren van de kwaliteit van het effluent ten behoeve van veilig hergebruik zal een positief effect hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. Om investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater optimaal te laten renderen, is het belangrijk inzicht te hebben in de RWZI's die de grootste negatieve impact op de kwaliteit van het water hebben.

### 1.8.5. Conclusie

Er bestaan verschillende technieken voor het opwerken van effluent tot een hogere kwaliteit. Deze technieken zijn ook noodzakelijk omdat nieuwe Europese wetgeving<sup>1</sup> waterschappen verplicht om in de toekomst medicijnresten uit het afvalwater te verwijderen. Poeder actiefkool en granulair actiefkool kunnen direct toegepast worden. Granulair actiefkool heeft een hogere CO<sub>2</sub> footprint en

<sup>168</sup> Vewin, september 2022 | 'Zekerstellen van de drinkwatervoorziening op korte en lange termijn'

<sup>169</sup> KNMI, 26 mei 2020 | [Webpagina] 'Vaker droogte in het binnenland | <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/vaker-droogte-in-het-binnenland>

<sup>170</sup> Rijkswaterstaat, 7 juni 2021 | 'Concept Strategiedocument Zoetwater Hoofdwatersysteem'

<sup>171</sup> Milieubarometer | [Webpagina] 'Openbare CO<sub>2</sub>-footprints' | <https://www.milieubarometer.nl/CO2-footprints/>



hogere kosten dan poeder actiefkool. Wel is het verwijderingsrendement van de gidsstoffen ongeveer 10% hoger dan bij poeder actiefkool. Op dit moment lijkt dit verhoogde verwijderingsrendement echter niet op te wegen tegen de aanzienlijk hogere kosten en CO<sub>2</sub> footprint. Er is echter meer onderzoek nodig naar de bredere milieu-impact van de technieken. Oxidatieve technieken, nanofiltratie en alternatieve adsorptiemiddelen bieden veel potentie voor de toekomst Dit zijn dan ook zeker technieken die in de gaten gehouden moeten worden. Ook wordt geadviseerd om een overzicht te maken van de kwaliteit van het effluent van de verschillende RWZI's en de kwaliteit van het oppervlaktewater waar het effluent geloosd wordt. Aan de hand van dit onderzoek kan bepaald worden op welke locaties investeringen in het verbeteren van de kwaliteit van het effluent het meeste effect hebben.

## 1.9. Aquathermie

Een andere manier om energie uit het water te halen is om het water zelf te gebruiken en daar warmte of koude aan te onttrekken. Dit kan uit oppervlaktewater, afvalwater en uit drinkwater, ofwel: TEO, TEA en TED. TEO staat voor Thermische Energie uit Oppervlaktewater: het benutten van warmte en koude uit oppervlaktewater om gebouwen te verwarmen en te koelen. TEA staat voor Thermische Energie uit Afvalwater. Het gaat hierbij om energie uit riolering, rioolgemalen, rioolpersleidingen en het effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties. TED staat voor thermische energie uit drinkwater. Aquathermie is een verzamelterm voor TEO, TEA en TED<sup>172</sup>. Gelet op het beleidsterrein van waterschappen wordt hier gefocust op de toepassing van TEO en TEA.

Binnen HHNK wordt ook onderzoek gedaan naar het toepassen van aquathermie. Hiervoor is in het Meerjarenperspectief budget voor personele kosten opgenomen. Dit betreft een bedrag van €150.000/jaar voor de periode 2022-2025.<sup>173</sup> Een van de redenen dat wordt geïnvesteerd in onderzoek naar aquathermie is dat aquathermie zou kunnen voorzien in de warmtevraag die ontstaat wanneer meer biogas wordt opgewaardeerd naar groen gas en er daarmee minder warmte opgewekt zal worden in de WKK installaties.

Naast het voorzien in de warmtevraag van HHNK zelf heeft aquathermie ook de potentie om te voorzien in de warmtevraag van huishoudens. Uit de Kansenskaart voor energie uit oppervlaktewater blijkt bijvoorbeeld dat in vrijwel alle watergangen van het hoofdwatersysteem die breder zijn dan 25 meter het oppervlaktewater minimaal 50% van de warmtevraag kan leveren.<sup>174</sup> Indien TEO of TEA projecten worden ontwikkeld met als doel om huishoudens van warmte te voorzien, kan echter wel de vraag worden gesteld of waterschappen de juiste partij zijn om de kar te trekken. Een waterschap heeft in ieder geval een verantwoordelijkheid om de eigen energievraag te verduurzamen. Om te helpen bij het ontwerpen van een aquathermiesysteem is in

<sup>172</sup> STOWA, 7 oktober 2018 | 'Handreiking aquathermie' | 2018-47

<sup>173</sup> HHNK, 4 mei 2021 | Rollen en kaders voor aquathermie | 21.0320094

<sup>174</sup> H2O-Online, 22 juni 2015 | 'Kansenskaart voor energie uit oppervlaktewater'





opdracht van STOWA een beslisboom ontwikkeld waarin de belangrijkste technische keuzes en de bijbehorende afwegingen worden afgegaan.<sup>175</sup>

## TEO

Oppervlaktewater warmt in de zomer op door de omgevingstemperatuur en de zon die op het water schijnt. Deze warmte kan met een warmtewisselaar gewonnen worden. Vervolgens kan de warmte in de bodem worden opgeslagen in een Warmte-Koude-Opslagsysteem (WKO), waarna de warmte bijvoorbeeld in de winter benut kan worden.<sup>176</sup> Omgekeerd kan ook in de winter koude worden opgeslagen die gebruikt kan worden om in de zomer te koelen. Een ander voordeel van de toepassing van TEO is dat het een bijdrage kan leveren aan de kwaliteit van het oppervlaktewater. Door in de zomer warmte te onttrekken uit het oppervlaktewater daalt de temperatuur van het oppervlaktewater waardoor de groei van algen en waterplanten afneemt. Doordat in de winter koude onttrokken wordt, stijgt dan de temperatuur van het oppervlaktewater waardoor het water minder snel dichtvriest en beter bevaarbaar blijft.<sup>177</sup> De Unie van Waterschappen heeft een aantal factsheets gepresenteerd met betrekking tot 13 TEO voorbeeldprojecten.<sup>178</sup>

## TEA

TEA kan gewonnen worden uit het influent en het effluent van een rwzi. Het influent zal de temperatuur van de bodem aannemen, waardoor de temperatuur relatief constant is tussen de 10°C en 15°C.<sup>179</sup> Hierdoor is de temperatuur van het afvalwater in de winter ook hoger dan de temperatuur van het oppervlaktewater.<sup>180</sup> Doordat de temperatuur dermate constant is, kan zo ongeveer het gehele jaar warmte gewonnen worden en is een warmte-koudeopslag niet per definitie nodig is, dat scheelt in de investeringslasten.<sup>181</sup> Het effluent van de rwzi kent een minder constante temperatuur die varieert tussen 8°C en 20°C. Deze warmte kan vervolgens door middel van een warmtepomp omgezet worden in hogere temperaturen. Belangrijk hierbij is wel dat het water dat een rioolwaterzuivering ingaat ten minste 10° dient te zijn. Bij lagere temperaturen stopt het stopt het (de)nitrificatieproces en dan lopen de concentraties stikstofverbindingen in het gezuiverde afvalwater op. Doordat TEA een dermate constante temperatuur heeft hoeft in tegenstelling tot bij TEO geen gebruik gemaakt te worden van een WKO voor het gebruiken van warmte. Een WKO kan wel gebruikt worden om erg koude periodes te overbruggen wanneer dus

<sup>175</sup> STOWA, 6 juni 2020 | 'Configuraties voor aquathermie. De afwegingen boven water' | 2020-13

<sup>176</sup> Noot: voor koude hoeft TEO niet noodzakelijkerwijs in combinatie met een WKO toegepast te worden. In enkele bestaande projecten wordt koude direct onttrokken uit een diepe plas of stromend water.

<sup>177</sup> H2O-Online, 22 juni 2015 | 'Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater'

<sup>178</sup> Unie van Waterschappen | 'Portfolio TEO met beschrijving van 13 voorbeeldprojecten' | <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten%202016/project449.003%20thermische%20energie/Portfolio%20TEO%20met%20beschrijving%20van%2013%20voorbeeldprojecten.pdf>

<sup>179</sup> STOWA, zomer 2020 | 'Stowa ter info nr. 76'

<sup>180</sup> Noot: hele grote, diepe oppervlaktewaterbronnen kunnen ook erg constant in temperatuur zijn.

<sup>181</sup> Noot: Het water wat een rwzi binnenstroomt dient minimaal 10°C te zijn, zodat de biologische processen goed werken. Hierdoor kan in koude periodes in de winter misschien geen warmte gewonnen worden uit het influent.





geen warmte uit het rioolwater kan worden gewonnen omdat dan het zuiveringsproces in gevaar zou komen. Naast het winnen van warmte uit rioolleidingen, biedt ook de warmte uit het effluent van bijvoorbeeld de RWZI's perspectief. De effluentleiding vanaf een RWZI kan dienen als voedingsbron voor een warmtepomp. Deze warmtepomp kan vervolgens warmte leveren aan een warmtenet of direct aan een object (gebouw).<sup>182</sup> STOWA heeft een rapport gepubliceerd met 11 TEA voorbeeldprojecten.<sup>183</sup>

### 1.9.1. Financieel

De businesscase voor een aquathermieproject wordt gekenmerkt door een flinke investering 'aan de voorkant', gevolgd door een langjarige betrekkelijk stabiele kasstroom. De kapitaalsinvestering in de bron bestaat met name uit de investering in civiele werken, pompen, warmtewisselaar(s) en warmtepompen. De operationele kosten bestaan met name uit beheer, onderhoudskosten (preventief en correctief onderhoud, monitoring, administratie) en elektriciteitskosten voor warmtepompen en reguliere pompen.<sup>184</sup> Voor een eerste grove check of de businesscase van TEO of TEA rendabel kan zijn, biedt het potentieonderzoek van IF Technology in opdracht van de Unie van Waterschappen 2 stelregels:<sup>185</sup>

1. De energievraag en het aanbod is minimaal 1.000 GJ;
2. De afnemer dient zich nabij de thermische bron te bevinden (binnen maximaal 1 km, de haalbaarheid is groter naar mate de afname zich dichterbij bevindt)

Het Expertisecentrum Warmte vermeldt daarnaast dat bij gevraagde temperaturen hoger dan 70°C het energetisch rendement van de warmtepomp te laag en een project financieel niet meer rendabel is.<sup>186</sup>

De investeringskosten van warmtewisselaars in rioolbuizen, zoals gebruikt worden bij TEA, variëren in de meeste gevallen tussen de twee en drieduizend euro voor de warmtewisselaar per kW op te wekken warmte. Door deze warmte te gebruiken om te verwarmen, wordt gas (aardgas, biogas of groen gas) bespaard dat anders gebruikt zou worden als warmtebron. De terugverdientijden van de warmtewisselaars lopen uiteen van 8 tot 12 jaar. Deze terugverdientijd hangt af van het gasverbruik, wel of niet geplande renovaties en investeringskosten.<sup>187</sup> In deze projecten is de warmte toegepast om residentiële of bedrijfsruimtes te verwarmen.

<sup>182</sup> STOWA, zomer 2020 | 'Stowa ter info nr. 76'

<sup>183</sup> STOWA, 13 november 2018 | 'Portfolio Thermische energie uit afvalwater: waardevolle lessen uit de praktijk' | 2018-58

<sup>184</sup> STOWA, 7 oktober 2018 | 'Handreiking aquathermie' | 2018-47

<sup>185</sup> IF Technology, Unie van Waterschappen, 31 juli 2016 | 'Landelijke verkenning warmte en koude uit het Watersysteem'

<sup>186</sup> Expertisecentrum Warmte, september 2020 | 'Aquathermie: Factsheet voor het maken van de transitievisie warmte en uitvoeringsplannen door gemeenten'

<sup>187</sup> STOWA, 13 november 2018 | 'Portfolio Thermische energie uit afvalwater: waardevolle lessen uit de praktijk' | 2018-58



### 1.9.2. Grondstoffen

Door aquathermie toe te passen, hoeft minder van de warmtevraag van een waterschap en eventueel nabijgelegen kantoren en woningen ingevuld te worden door een WKK of door gebruik van aardgas. In de huidige energietransitie is de vraag naar duurzame warmte hoog en met de inzet van aquathermie kan hier invulling aan worden gegeven. Voor een waterschap is een aanvullend voordeel dat minder gebruikmaken van een WKK, betekent dat meer biogas omgezet kan worden in groen gas.

Het verminderen van de vraag naar aardgas past geheel binnen de doelstellingen van de energietransitie en de recente doelstellingen om minder afhankelijk te worden van Russisch gas naar aanleiding van de oorlog in Oekraïne.

### 1.9.3. Broeikasgassen

Het energiegebruik van het onttrekken van warmte uit oppervlaktewater is relatief laag, aangezien de energievraag enkel betrekking heeft op het rondpompen van water. Wel wordt energie gebruikt door de warmtepomp om het water op de juiste temperatuur te krijgen.<sup>188</sup> MilieuCentraal concludeert dat een volledig elektrische warmtepomp met bodembron ongeveer 55% lagere CO<sub>2</sub> emissies kent dan een HR-ketel op aardgas.<sup>189</sup>

### 1.9.4. Waterkwaliteit

TEO en TEA kunnen een positief effect hebben op de waterkwaliteit. Te warm oppervlaktewater (>20°C) kan zorgen voor nadelige ecologische effecten. Warm water kan minder zuurstof bevatten en kent over het algemeen meer algengroei. Voor TEO geldt dat de temperatuur van het oppervlaktewater daalt door in de zomer warmte te onttrekken uit het oppervlaktewater.<sup>190</sup> Door toepassing van TEA daalt de temperatuur van het effluent dat geloosd wordt in het oppervlaktewater. In sommige landen is er zelfs al een limiet gesteld aan de maximale watertemperatuur dat geloosd mag worden op het oppervlaktewater.

### 1.9.5. Conclusie

Binnen HHNK staan de seinen op groen om aquathermie toe te passen. Het kan financieel aantrekkelijk zijn. De techniek is inmiddels veelvuldig succesvol op verschillende schaalgroottes toegepast. De toepassing van aquathermie zorgt voor meer duurzame warmte, waar in de energietransitie veel vraag naar is. Daarmee zorgt aquathermie voor een vermindering van de

<sup>188</sup> Expertisecentrum Warmte, september 2020 | 'Aquathermie: Factsheet voor het maken van de transitievisie warmte en uitvoeringsplannen door gemeenten'

<sup>189</sup> MilieuCentraal | [Webpagina] 'Warmtepomp: duurzaam elektrisch verwarmen' | <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/warmtepomp-duurzaam-elektrisch-verwarmen/#waarom-is-het-duurzaam>

<sup>190</sup> H2O-Online, 22 juni 2015 | 'Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater'



uitstoot van broeikasgassen. Doordat niet per se een WKO benodigd is bij TEA, lijkt TEA op korte termijn aantrekkelijker te zijn dan TEO. Aanbevolen wordt om in ieder geval in kaart te brengen waar welke hoeveelheden warmte beschikbaar zijn en hoe groot de warmtevraag van HHNK op de verschillende locaties is, inclusief de gevraagde temperatuur op deze locatie. Deze overzichten vormen een goed startpunt om te analyseren waar aquathermie concreet kan worden toegepast. Daarnaast kan het ook het startpunt zijn voor gesprekken met de gemeente en energiecoöperaties over de toepassing van de warmte die wordt geproduceerd met aquathermie buiten het waterschap zelf.



## 2. Achtergrondinformatie: juridisch kader waterschappen

Net als provincies en gemeenten zijn waterschappen openbare lichamen. Maar anders dan bij provincies en gemeenten zijn de taken van waterschappen beperkt tot onderdelen van het waterbeheer in overeenstemming met artikel 1 van de Waterschapswet. In dit onderdeel zal niet worden stilgestaan bij alle wetten en regels waar een waterschap aan dient te voldoen, er wordt enkel stilgestaan bij enkele kansen en belemmeringen die voortkwamen uit de interviews. Voor een volledig overzicht van de wetten en regels die van toepassing zijn op waterschappen met betrekking tot het concept energie- en grondstoffenfabriek wordt verwezen naar de Juridische handreiking Duurzame Energie en Grondstoffen Waterschappen van mr. I.S. Sloover van 31 augustus 2017 en naar de Rapportage onderzoek fiscaal-juridische advisering over energieproductie door waterschappen van het Erasmus Studiecentrum voor Belastingen van Lokale overheden (ESBL). In dit onderdeel zal stil worden gestaan bij de wettelijke taak van een waterschap en in hoeverre het concept energie- en grondstoffenfabriek past binnen deze wettelijke taakstelling.

Op het einde van dit onderdeel staan we ook nog even stil bij het juridische kader van de grondstoffen zelf en met name het op de markt brengen van gewonnen stoffen uit de energie- en grondstoffenfabriek.

### 2.1. Huidige wettelijke taken van een waterschap

Zoals reeds genoemd, zijn de taken van een waterschap vastgelegd in artikel 1 van de Waterschapswet. Lid 1 en 2 van dit artikel luiden als volgt:

1. Waterschappen zijn openbare lichamen welke de waterstaatkundige verzorging van een bepaald gebied ten doel hebben.
2. De taken die tot dat doel aan waterschappen zijn of worden opgedragen betreffen de zorg voor het watersysteem en de zorg voor het zuiveren van afvalwater op de voet van artikel 3.4 van de Waterwet. Daarnaast kan de zorg voor een of meer andere waterstaatsaangelegenheden zijn of worden opgedragen.

Deze omschrijving van de taak van waterschappen heeft bij veel waterschappen de vraag opgeroepen of waterschappen zich wel bezig mogen houden met het opwekken van energie en het produceren van grondstoffen. Vandaar dat de Unie van Waterschappen deze vraag aan de Minister van Infrastructuur en Waterstaat heeft gesteld. De Minister antwoordde dat er geen wettelijke belemmeringen bestaan voor de levering aan private partijen van reststoffen van het zuiveringsproces die voor hen als grondstof dienen en de levering aan woningen en bedrijven van energie uit (effluent)lozingen van gezuiverd afvalwater en uit slibvergisting, mits de activiteiten plaatsvinden **in het kader van de uitvoering van de wettelijke taken van de**



**waterschappen**, zoals het zuiveren van afvalwater en watersysteembeheer. Ook moet worden voldaan aan de mededingingsrechtelijke regels.<sup>191</sup>

Hierbij dient de frase 'in het kader van de uitvoering van de wettelijke taken van de waterschappen' breed geïnterpreteerd te worden. Zo geeft ESBL met betrekking tot de winning van biogas aan *"Met betrekking tot energie die een bijproduct vormt van het zuiveringsproces, zoals ten aanzien van biogas kan worden gesteld, ziet het ESBL noch wettelijke noch praktische aangrijpingspunten om onderscheid te maken tussen energie die het waterschap zelf nodig heeft en extra energie waarvoor dit niet geldt. Voorop staat dat het gaat om een bijproduct van het zuiveringsproces en dat dit bijproduct wordt voortgebracht in het kader van de uitvoering van een wettelijke taak. Het zou in de visie van het ESBL ondoelmatig zijn om dat bijproduct dan niet te gelde te maken en aldus de kosten van het zuiveringsproces te drukken."*<sup>192</sup> Deze redenering betekent dat waterschappen ook reststoffen van het zuiveringsproces mogen bewerken, hergebruiken of verkopen. Deze reststoffen zijn immers bijproducten van de taakuitoefening, namelijk waterzuivering.<sup>193</sup>

Dan blijft nog wel de vraag in hoeverre extra opwekking (zoals windmolens of zon-PV) buiten het zuiveringsproces om gerekend kan worden tot de waterschapstaken. Windmolens of zon-PV zijn immers niet in directe zin nodig voor het zuiveringsbeheer, het watersysteembeheer, het wegenbeheer of het passieve kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater. Uit een arrest van de Hoge Raad en een verwijzingsuitspraak van het gerechtshof Amsterdam volgt echter dat een zuiveringsinstallatie mede elementen kan omvatten die nodig zijn om die installatie naar de hedendaagse te stellen eisen overeenkomstig haar bestemming te laten functioneren. Tot die elementen kunnen ook zonnepanelen, windmolens en onderdelen die worden gebruikt bij de biogasenergiewinning behoren.<sup>194</sup> ESBL concludeert daarnaast dat zelfs zonder de genoemde uitspraken er een indirecte samenhang is tussen de opwek van energie en de uitvoering van de waterschapstaken. Zo wordt gesteld: *"Bij de uitvoering van de waterschapstaken ontstaan voor het milieu schadelijke stoffen. In het kader van het te ondertekenen Klimaatakkoord willen de waterschappen klimaatneutraal worden. Daarvoor zijn de onderhavige investeringen nodig. Zij dienen ertoe om het ontstaan van schadelijke stoffen bij de taakuitvoering te compenseren met behulp van de opwekking van duurzame energie. In de visie van het ESBL kan men de onderhavige investeringen in dit verband mutatis mutandis<sup>8</sup> vergelijken met het betalen van boetes of vergoedingen voor emissierechten die - indien daarvoor een wettelijke basis zou bestaan - van de waterschappen zouden kunnen worden geëist vanwege het in het milieu brengen van schadelijke*

<sup>191</sup> [Kamerbrief] 'Vaststelling van de begrotingsstaat van het Deltafonds voor het jaar 2013' | 33400 J, nr. 19, p. 12

<sup>192</sup> EBSL, 3 januari 2019 | 'Rapportage onderzoek fiscaal-juridische advisering over energieproductie door waterschappen'

<sup>193</sup> Zie ook: Maandblad belastingbeschouwingen (MBB), oktober 2020 | 'Circulaire economie en lokale Belastingen' | nr. 10

<sup>194</sup> Hoge Raad, 30 september 2016 | ECLI:NL:HR:2016:2196, nr. 15/02820 en Gerechtshof Amsterdam, 12 december 2017 | ECLI:NL:GHAMS:2017:5397, nr. 16/00437, 16/00438 en 16/00439



*stoffen. Dergelijke boetes of vergoedingen voor emissierechten zouden naar het oordeel van het ESBL redelijkerwijs kunnen worden gerekend tot de (indirecte) kosten van de taakuitvoering. Daaruit zou voortvloeien dat die kosten verhaald zouden kunnen en moeten worden met de waterschapsheffingen. Deze redenering vindt haar begrenzing naar het oordeel van het ESBL daar waar (substantieel) meer duurzame energie zou worden opgewekt dan nodig is ter compensatie van de voor het milieu schadelijke stoffen.”<sup>195</sup>*

Kortom, voor waterschappen gelden er weinig beperkingen met betrekking tot de levering van reststoffen van het zuiveringsproces aan private partijen. Energieproductie van waterschappen staat vrij, mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. Er wordt gebruik gemaakt van terreinen of energiebronnen waarvan het waterschap de unieke bezitter is.
2. De totale energieproductie door het waterschap is kleiner of gelijk aan het totale energiegebruik van het waterschap. Thermische energie uit afvalwater en energie uit het watersysteem (zoals groen gas) zijn een uitzondering op deze regel. Bij deze bronnen is het waterschap immers de 'unieke bezitter'.

## 2.2. Voorgestelde wijzigingen wettelijke taken waterschap

Zoals gesteld in de voorgaande paragraaf, hebben waterschappen reeds de bevoegdheid om te investeren in het terugwinnen van grondstoffen gedurende het rioolwaterzuiveringsproces, alsmede het opwekken van energie, mits aan de gestelde voorwaarden voldaan wordt. In het wetsvoorstel ter "Wijziging van de Waterschapswet, de Waterwet en de Algemene wet bestuursrecht in verband met het versterken van de toepassing van het profijtbeginsel bij de watersysteemheffing, het geven van ruimte aan nieuwe ontwikkelingen en het oplossen van enkele knelpunten" wordt dit standpunt nog verder bevestigd en worden nog ruimere bevoegdheden gegeven aan waterschappen om te investeren in het concept Energie- en grondstoffenfabriek.<sup>196</sup> Deze wijziging is tot op heden enkel als internetconsultatie gepresenteerd. Dit betekent dat de daadwerkelijke wijziging kan veranderen na inbreng van de Raad van State en de parlementaire behandeling in de Eerste en Tweede Kamer. Het wetsvoorstel en de daarbij behorende Memorie van Toelichting biedt echter reeds een inkijkje in de wetswijziging zoals deze is gepresenteerd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. De belangrijkste wijzigingen zijn als volgt:

- Een waterschap zou 2x zoveel energie op mogen wekken als het gebruikt bij zijn watersysteemtaken;

<sup>195</sup> EBSL, 3 januari 2019 | 'Rapportage onderzoek fiscaal-juridische advisering over energieproductie door waterschappen'

<sup>196</sup> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 4 augustus 2022 | [Internetconsultatie] 'Wijziging Waterschapswet en Waterwet voor versterking toepassing profijtbeginsel bij watersysteemheffing, ruimte voor nieuwe ontwikkelingen en oplossen van enkele knelpunten'



- Daarbovenop zou een waterschap 3x zoveel energie op mogen wekken als het gebruikt bij zijn zuiveringstaken;
- De mogelijkheid voor een waterschap om prijsafspraken te maken met bedrijven voor de levering van afvalwater buiten het riool om, zodat dit afvalwater meegenomen kan worden in het zuiveringsproces en stoffen uit dit afvalwater teruggewonnen kunnen worden; en
- Een verduidelijking van de mogelijkheid om een additionele zuiveringsheffing voor het storten van vervuilende stoffen (waaronder fosfaat) ten dele te verminderen. Hiermee kan beter ingespeeld worden op de mogelijkheid dat waterschappen in de toekomst fosfaat juist in het water wensen te hebben, zodat in de rioolwaterzuivering fosfaat gewonnen kan worden.

### 2.3. Juridische status gewonnen grondstoffen

Van de vele grondstoffen die de waterschappen uit afvalwater kunnen terugwinnen is er pas voor één product in één specifieke samenstelling toestemming om het op de markt te brengen. Waterschappen mogen voortaan de grondstof struviet leveren aan kunstmestfabrikanten. De procedure om die bevestiging te krijgen heeft jaren geduurd.

De waterschappen vroegen in 2015 aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om een einde-afvalregeling voor teruggewonnen stoffen uit rioolwater. Er is toen gestart met een zogeheten 'rechtsoordeel' (niet juridisch bindend advies) voor een concreet voorbeeld. Namelijk de levering van struviet aan kunstmestfabrikant ICL vanuit de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Amsterdam West van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Bij de beoordeling door Rijkswaterstaat bleek er vervolgonderzoek nodig naar pathogenen en medicijnresten. Dit onderzoek is uitgevoerd door Waternet en AquaMinerals, dat voor de waterschappen het struviet naar de markt brengt. Ook voor de RWZI's van waterschappen Vallei en Veluwe en Aa en Maas die hebben meegedaan aan het onderzoek zijn rechtsoordelen verstrekt.<sup>197</sup>

Voor alle andere stoffen naast struviet is er dus nog geen dergelijke uitspraak, wat onzekerheid geeft over de juridische status van de stof en een invloed heeft op de afname. Al is er wel hoop dat in de toekomst sneller rechtsoordelen worden afgegeven.<sup>198</sup>

<sup>197</sup> STOWA, 7 november 2022 | [Webpagina] 'Grondstoffen uit rioolwater krijgen nog te vaak stempel 'afval'' | <https://unievandwaterschappen.nl/grondstoffen-uit-rioolwater-krijgen-nog-te-vaak-stempel-afval/>

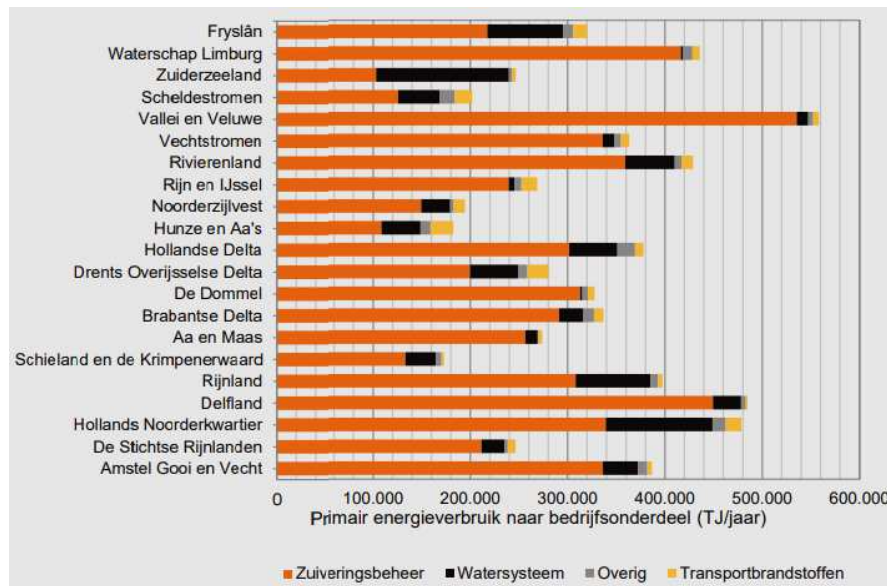
<sup>198</sup> STOWA, 7 november 2022 | [Webpagina] 'Grondstoffen uit rioolwater krijgen nog te vaak stempel 'afval'' | <https://unievandwaterschappen.nl/grondstoffen-uit-rioolwater-krijgen-nog-te-vaak-stempel-afval/>



### 3. Achtergrondinformatie: energieverbruik & CO<sub>2</sub>-uitstoot van de waterschappen

Het uiteindelijke doel van het concept energie- en grondstoffenfabriek is om de druk op de planeet te verminderen. Het terugwinnen van grondstoffen en energie is hierbij belangrijk, maar het energieverbruik en de CO<sub>2</sub> -uitstoot moeten niet uit het oog verloren worden.

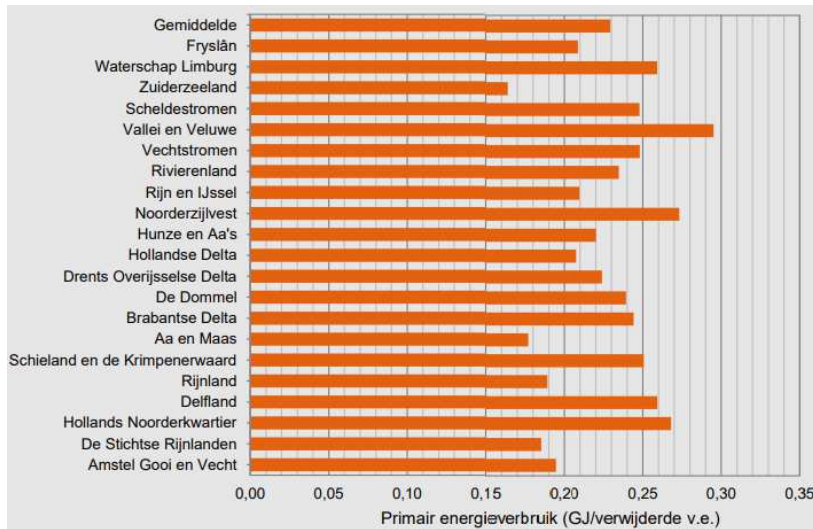
Met betrekking tot het energieverbruik, blijkt dat HHNK een relatief groot primair energieverbruik heeft.



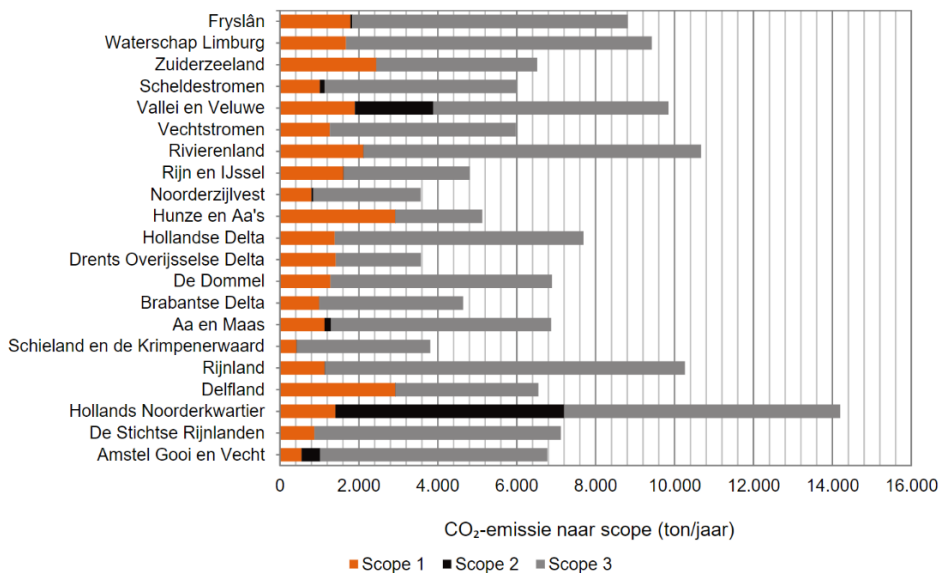
Figuur 13 - primair energieverbruik waterschappen<sup>199</sup>

Dit grote primaire energieverbruik wordt enerzijds veroorzaakt doordat HHNK veel energie verbruikt in het bedrijfsonderdeel watersysteem, zoals duidelijk wordt uit de bovenstaande figuur. Daarnaast heeft HHNK ook een relatief groot primair energieverbruik per vervuilingseenheid met betrekking tot het zuiveringsbeheer. Dit grote energieverbruik heeft o.a. te maken met de slibdrooginstallatie. Er is dan ook besloten dat deze installatie gesloten zal worden dat dat het slib gedroogd zal worden met restwarmte van de Huisvuilcentrale in Alkmaar, zodat daarmee vanaf 2025 een deel van het energiegebruik vervalt.





Figuur 14 - primair energieverbruik waterschappen zuiveringsbeheer per vervuilingseenheid<sup>200</sup>  
 Het effect van de slibdrooginstallatie zien we ook terug in onderstaande figuur. De emissies van HHNK steken boven alle andere waterschappen uit en het grote verschil zit in de scope 2<sup>201</sup> emissies. In die scope zitten ook de emissies van het energieverbruik van de slibdroger.



Figuur 15 – CO<sub>2</sub>-emissies naar scope<sup>202</sup>

<sup>200</sup> Arcadis, 19 september 2022 | Klimaatmonitor Waterschappen Verslagjaar 2021

<sup>201</sup> Scope 1, 2 en 3 emissies zijn een internationale manier van het indelen in emissies. Kortweg gezegd zit in scope 1 alle emissies die ter plaatse bij jouw eigen organisatie de lucht in komen, in scope 2 zitten de emissies veroorzaakt door het elektriciteitsgebruik en scope 3 zijn alle andere emissies (bv. de emissies die bij het productieproces van aangekochte goederen vrij zijn gekomen).

<sup>202</sup> Arcadis, 19 september 2022 | Klimaatmonitor Waterschappen Verslagjaar 2021

Pagina  
106 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590





# Bijlagen



## Literatuurlijst

Arcadis, 19 september 2022 | Klimaatmonitor Waterschappen Verslagjaar 2021

AquaMinerals, juni 2022 | 'Jaarbericht 2021'

AquaMinerals, 8 oktober 2022 | 'Conceptversie Routekaart Waterschappen'

CBS Statline, 22 augustus 2022 | Winning, invoer en uitvoer van materialen naar soort; nationale rekeningen | <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83180NED/table>

CBS, 31 januari 2022 | Rendementen, CO<sub>2</sub>-emissie elektriciteitsproductie, 2020 | <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/05/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2020>

CirTec | [webpagina] 'Cellulose terugwinning' | <https://www.cirtec.nl/cellulose-terugwinning/>

Duque et al., 8 september 2021 | 'Wastewater Valorization: Practice around the world at Pilot- and Full-Scale' | International Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 9466 | <https://doi.org/10.3390/ijerph18189466>

EBSL, 3 januari 2019 | 'Rapportage onderzoek fiscaal-juridische advisering over energieproductie door waterschappen'

Ekwadraat Advies B.V., april 2020 | 'Groen gas keten: stand van zaken in Nederland'

Energie en Grondstoffenfabriek | [ Webpagina] 'Waarom de energie- en grondstoffenfabriek?' | <https://www.efgf.nl/waarom-de-efgf>.

Energie en Grondstoffenfabriek | Overzicht trekkers en betrokken waterschappen per grondstof

Energie en Grondstoffenfabriek | Overzichtskaarten Energie- en Grondstoffenfabriek

Energiforsk, 2016 | 'Biogas upgrading: technical review'

Expertisecentrum Warmte, september 2020 | 'Aquathermie: Factsheet voor het maken van de transitievisie warmte en uitvoeringsplannen door gemeenten'

Gerechtshof Amsterdam, 12 december 2017 | ECLI:NL:GHAMS:2017:5397, nr. 16/00437, 16/00438 en 16/00439

GMB, 21 februari 2017 | 'Ketenanalyse RWZI'

H2O-Online, 22 juni 2015 | 'Kansenkaart voor energie uit oppervlaktewater'

H2O-Online, 17 mei 2016 | 'Struviet: hoofdpijndossier of succesverhaal?'

H2O-Online, 5 april 2021 | [Webpagina] 'Japan wint waterstof uit zuiveringsslib' | <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-techniek/japan-wint-waterstof-uit-zuiveringsslib>

H2O-Online, 13 juli 2021 | 'De RWZI als waterfabriek: kansen en knelpunten voor de verbetering van waterbeschikbaarheid op regionale schaal'

HHNK, Attero & STOWA | 'Toilet paper becomes bioplastic | Layman's report



Pagina  
109 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

HHNK, 14 juni 2012 | 'Variantenstudie RWZI Beemster: uitbreiding huidige zuiveringscapaciteit' | 12.0025860

HHNK, 15 mei 2013 | 'Memo uitbreiding zuiveringscapaciteit RWZI Beemster' | 13.21133

HHNK, 4 april 2017 | Klimaat- en energieprogramma 2017-2022 | 16.7011365

HHNK, 9 mei 2018 | 'Jaarstukken 2017' | 17.0142407

HHNK, 3 september 2019 | 'Aandeelhouderschap AquaMinerals' | 18.208255

HHNK, 7 juli 2020 | 'Realisatie proefzuivering Ge(O)zond Water te RWZI Wervershoof, uitvoeringskrediet' | 20.0065758

HHNK, 4 mei 2021 | Rollen en kaders voor aquathermie | 21.0320094

HHNK, 17 november 2021 | 'Begroting 2022 met meerjarige doorkijk' | 21.844714

HHNK, 8 juli 2022 | 'Biogas HHNK: Kansen voor nieuwe toepassingen en extra productie' | 22.0457066

HHNK, 18 oktober 2022 | 'Voorstel groen gas installatie op RWZI's Den Helder, Zaandam en Beverwijk' | 22.0665727

Hoge Raad, 30 september 2016 | ECLI:NL:HR:2016:2196, nr. 15/02820

HVC, 27 juni 2022 | 'Notitie fosfaat: stand van zaken fosfaat'

IBBT door Emis Vito | [Webpagina] 'Terugwinnen van meststoffen uit het afvalwater: vorming van struviet volgens biochemisch proces' | <https://ibbt.emis.vito.be/content/terugwinnen-van-meststoffen-uit-het-afvalwater-vorming-van-struviet-volgens-biochemisch-0>

IF Technology, Unie van Waterschappen, 31 juli 2016 | 'Landelijke verkenning warmte en koude uit het Watersysteem'

Informatiepunt Leefomgeving, 28 oktober 2022 | [Webpagina 'Nieuwe Europese wetgeving goed voor de waterkwaliteit' | <https://iplo.nl/thema/water/nieuws-water/2022/nieuwe-europese-wetgeving-goed-waterkwaliteit/>

[Kamerbrief] 'Vaststelling van de begrotingsstaat van het Deltafonds voor het jaar 2013' | 33400 J, nr. 19, p. 12

KNMI, 26 mei 2020 | [Webpagina] 'Vaker droogte in het binnenland | <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/vaker-droogte-in-het-binnenland>

KWR, augustus 2022 | 'Praktijkonderzoek CoRe-water-concept: Verkenning van een alternatief zuiveringsconcept voor communaal afvalwater | KWR 2022.011

Lichtkogel, 1 juni 2020 | 'Zandtekort?' | Trenddossier 2020-1

Maandblad belastingbeschouwingen (MBB), oktober 2020 | 'Circulaire economie en lokale Belastingen' | nr. 10

Meststoffenverordening | Verordening 2019/1009



Pagina  
110 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

Milieubarometer | [Webpagina] 'Openbare CO2-footprints' | <https://www.milieubarometer.nl/CO2-footprints/>

MilieuCentraal | [Webpagina] 'Warmtepomp: duurzaam elektrisch verwarmen' | <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/warmtepomp-duurzaam-elektrisch-verwarmen/#waarom-is-het-duurzaam>

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 4 augustus 2022 | [Internetconsultatie] 'Wijziging Waterschapswet en Waterwet voor versterking toepassing profijtbeginsel bij watersysteemheffing, ruimte voor nieuwe ontwikkelingen en oplossen van enkele knelpunten'

Noordhollands Dagblad , 30 september 2022 | [Webpagina] 'Groen gas uit rioolslib? Gespecialiseerde fabriek in Alkmaar gaat onderzoeken of dat lukt met 'radicale innovatie'' | [https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20220930\\_46397581?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20220930_46397581?utm_source=google&utm_medium=organic)

NutriNorm, oktober 2016 | [Webpagina] 'Waar komt fosfaat vandaan' | <https://nutrinorm.nl/meststoffen/waar-komt-fosfaat-vandaan/>

Phos4You partnership, april 2021 | 'Sewage sludge ashes for P-recovery purposes in The Netherlands'

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 25 september 2017 | [Webpagina] 'Vergisting en vergassing | <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/vergisting-en-vergassing>

Rijksoverheid | [Webpagina] 'Nederland circulair in 2050' | <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>

Rijksoverheid & Unie van Waterschappen, 2011 | Green Deal van Unie van Waterschappen met de Rijksoverheid

Rijkswaterstaat, 7 juni 2021 | 'Concept Strategiedocument Zoetwater Hoofdwatersysteem'

Royal HaskoningDHV, 15 februari 2021 | 'Duurzaamheid van productie biogas op RWZI's'

Scientias.nl, 29 juni 2022 | [Webpagina] 'Grote zorgen over fosfor: zonder dit mineraal kunnen we nergens op aarde meer voedsel verbouwen (en we raken het nu rap kwijt)' | <https://scientias.nl/grote-zorgen-over-fosfor-zonder-dit-mineraal-kunnen-we-nergens-op-aarde-meer-voedsel-verbouwen-en-we-raken-het-nu-rap-kwijt/>

Stichting Topconsortium voor Kennis- en Innovatie Biobased Economy | [Webpagina] 'Kostprijsreductie bioenergie door Chemical Free Ammonium recovery' | <https://biobasedeconomy.nl/17694-2/>

STOWA | [Webpagina] 'Effecten oxidatieproducten RWZI-effluent (IPMV) | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/effecten-oxidatieproducten-RWZI-effluent-ipmv>



Pagina  
111 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

STOWA | [Webpagina] 'Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/innovatieprogramma-microverontreinigingen-uit-RWZI>

STOWA | [Webpagina] 'Milieu-impact van grondstoffen uit afvalwaterzuivering' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/milieu-impact-van-grondstoffen-uit>

STOWA | [Webpagina] 'Over STOWA' | <https://www.stowa.nl/over-stowa>

STOWA | [Webpagina] 'Verzuring zeefgoed: Biozang' | <https://www.stowa.nl/onderwerpen/circulaire-economie/produceren-van-grondstoffen/verzuring-zeefgoed-biozang>

STOWA, 6 mei 2014 | 'Struvietprecipitatie in combinatie met stikstofwinning en omzetting in een brandstofcel' | 2013-33

STOWA, 11 mei 2016 | 'Marktverkenning en gewasonderzoek struviet en struviethoudende producten uit communaal afvalwater' | 2016-12

STOWA, 31 oktober 2017 | 'Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen RWZI's' | 2017-42

STOWA, 6 december 2017 | 'Fosfor, de kansen en uitdagingen voor de waterschappen' | 2017-19

STOWA, 17 april 2018 | 'Zandverwijdering op RWZI's in Nederland: stand van zaken 2017' | 2017-22

STOWA, 17 april 2018 | 'Van zeefgoed naar asfalt: ontwikkeling eerste product-markt-combinatie voor zeefgoedcellulose' | 2017-29

STOWA, 6 september 2018 | 'Verkenning haalbaarheid terugwinning cellulose uit primair slib' | 2016-18

STOWA, 7 oktober 2018 | 'Handreiking aquathermie' | 2018-47

STOWA, 13 november 2018 | 'Portfolio Thermische energie uit afvalwater: waardevolle lessen uit de praktijk' | 2018-58

STOWA, 1 oktober 2019 | 'Kaamera Nereda Gum: samenvatting NAOP onderzoeken 2013-2018' | 2019-14

STOWA, 7 oktober 2019 | 'Innovatieprogramma microverontreinigingen uit RWZI-afvalwater' | 2019-12

STOWA, 9 januari 2020 | 'Verkenkend onderzoek naar de verzuring van zeefgoed' | 2019-16

STOWA, 21 april 2020 | 'Monitoring CELLU2PLA: het winnen van cellulose uit rioolwater voor de productie van een bioplastic' | 2020-01

STOWA, zomer 2020 | 'Stowa ter info nr. 76'

STOWA, 6 juni 2020 | 'Configuraties voor aquathermie. De afwegingen boven water' | 2020-13



Pagina  
112 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

STOWA, 26 augustus 2020 | [Webpagina] 'Chemisch verwijderd fosfaat terugwinnen via magnetische scheiding' | <https://www.stowa.nl/nieuws/chemisch-verwijderd-fosfaat-terugwinnen-magnetische-scheiding>

STOWA, 7 januari 2021 | 'Haalbaarheidsstudie ge(o)zond water' | 2020-25

STOWA, 18 mei 2021 | 'Toepassing van biologische methanisering op rioolwaterzuiveringen' | 2021-21

STOWA, 12 oktober 2021 | 'Stikstofterugwinning uit rioolwater: van marktambitie naar praktijk' | 2021-35

STOWA, 8 juni 2022 | 'Pilot afscheiding en opwerking cellulose uit primair slib en fijnzeefgoed door inzet van Meri-technologie' | 2022-15

STOWA, 7 november 2022 | [Webpagina] 'Grondstoffen uit rioolwater krijgen nog te vaak stempel 'afval'' | <https://unievandwaterschappen.nl/grondstoffen-uit-rioolwater-krijgen-nog-te-vaak-stempel-afval/>

Takkenkamp | [Webpagina] 'Gerecycled krantenpapier' | <https://www.takkenkamp.com/kennisbank/cellulose-isolatie/>

UK Centre for Ecology and Hydrology, 2022 | 'Our Phosphorus Future Towards global phosphorus sustainability' | <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17834.08645>

Unie van waterschappen | [webpagina] 'Oppervlaktewater' | <https://unievandwaterschappen.nl/waterkwaliteit/oppervlaktewater-in-nederland/>

Unie van Waterschappen | 'WAVES Dashboard Klimaatmonitor' | <https://live-waves.databank.nl/dashboard/dashboard/klimaatmonitor/>.

Unie van Waterschappen | [ Webpagina] 'Commissie Waterketens en Emissies (CWE)' | <https://unievandwaterschappen.nl/over-de-unie/commissies-en-werkgroepen/commissie-waterketens-en-emissies-cwe/>

Unie van Waterschappen | 'Portfolio TEO met beschrijving van 13 voorbeeldprojecten' | <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten%202016/project449.003%20thermische%20energie/Portfolio%20TEO%20met%20beschrijving%20van%2013%20voorbeeldprojecten.pdf>

Unie van Waterschappen, 31 oktober 2018 | 'Waterschapsspiegel 2018'

Unie van Waterschappen, 20 oktober 2021 | 'CWE en de EFGF: voorstel voor een nauwere samenwerking' | Bijlage CWE 21-56b

Unie van Waterschappen, 17 december 2021 | 'Verslag van de vergadering van de commissie Waterketens en Emissies van 5 november 2021'

United Nations environment programme, 26 april 2022 | 'Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis' | <https://unepgrid.ch/en/resource/2022SAND>





Pagina  
113 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

Vakblad Melkveebedrijf, 25 november 2021 | [Webpagina] 'Hoe worden minerale meststoffen geproduceerd?' | <https://www.melkveebedrijf.nl/bemesting/kunstmest/hoewordenminerale-meststoffen-geproduceerd/>

Vewin, september 2022 | 'Zekerstellen van de drinkwatervoorziening op korte en lange termijn'  
Waterforum, 16 juni 2017 | [Webpagina] 'Cellulose uit CirTec-installatie Geestmerambacht direct verkoopbaar' | <https://www.waterforum.net/cellulose-uit-cirtec-installatie-geestmerambacht-direct-verkoopbaar/>

Waterwegen | [Webpagina] 'Wie zijn wij?' | <http://waterwegen.org/wie-zijn-wij/>

Waterwegen | [Webpagina] 'Energiefabriek' | <http://waterwegen.org/energiefabriek/>

Wärtsilä | 'Product guide: LNG plants – mini and small scale liquefaction technology' | <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/ogi/lng-solutions/brochure-o-ogi-lng-liquefaction.pdf>



## Afkortingen

Afkorting	Uitleg
<b>Capex</b>	Capita expenditure (investeringslasten)
<b>CoRe</b>	Concentrate, Recover and Reuse (concept om rioolwater te zuiveren tot hoogkwalitatief water en daarbij energie en grondstoffen te winnen)
<b>CZV</b>	Chemisch zuurstofverbruik (mate van hoeveelheid organisch materiaal in water)
<b>EFGF</b>	Energie- en Grondstoffenfabriek
<b>End of Waste</b>	Richtlijn 2008/98/EG betreffende afvalstoffen
<b>ESBL</b>	Erasmus Studiecentrum voor Belastingen van Lokale overheden
<b>HHNK</b>	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
<b>MKBA</b>	Maatschappelijke kosten-batenanalyse
<b>NoChamNAR</b>	Project 'Kostprijsreductie bio-energie door Chemical Free Ammonium Recovery'
<b>Opex</b>	Operational expenditure (operationele kosten)
<b>PHA bioplastic</b>	Bioplastic op basis van polyhydroxyalkanoaat
<b>PV</b>	Fotovoltaïsch paneel (zonnepaneel)
<b>REACH</b>	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (Verordening (EG) nr. 1907/2006)
<b>RHDHV</b>	Royal HaskoningDHV
<b>Rwzi</b>	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
<b>STOWA</b>	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
<b>TEA</b>	Thermische energie uit afvalwater
<b>TED</b>	Thermische energie uit drinkwater



Pagina  
115 van 116

Datum  
22 maart 2023

Registratienummer  
23.0367590

<b>TEO</b>	Thermische energie uit oppervlaktewater
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>WKK</b>	Warmtekrachtkoppeling
<b>WKO</b>	Warmte-Koude-Opslagsysteem



## Lijst geïnterviewden

<b>Naam</b>	<b>Organisatie</b>
<b>Ronald Koolen</b>	HHNK
<b>Shane Kleyhorst</b>	HHNK
<b>Bob de Boer</b>	HHNK
<b>Marieke Ritzema</b>	HHNK
<b>Cora Uijterlinde</b>	Stowa
<b>Dolce Mulders</b>	HHNK
<b>Remco Berger</b>	HHNK
<b>Reindert Jan Sellies</b>	HHNK
<b>Floor van Schie</b>	HHNK
<b>Fabian Polak</b>	HHNK
<b>Klaas Jan de Hart</b>	HHNK
<b>Gerie Bootsman</b>	HHNK
<b>Noor Ney</b>	Voormalig HHNK – nu zelfstandige
<b>Coert Petri</b>	Vallei & Veluwe
<b>Ferdinand Kiestra</b>	AA en Maas
<b>Jouke Boorsma</b>	AquaMinerals