

EVALUATIE NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK/ WATERSCHOON 2



RAPPORT

2018
63

EVALUATIE NIEUWE SANITATIE
NOORDERHOEK/WATERSCHOON 2

RAPPORT

2018

63

ISBN 978.90.5773.821.0



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR(S) Ir. J.B. (Jan) de Wit, Saxion Enschede – Energie analyse
R. de Graaf, RDGM, Management met Kleur – Financiële economische analyse
Nico Elzinga, DESAH – Effectiviteit en beheersaspecten
ir. W. Debucquoy, dr.ir. G.P. 't Lam, Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. – Duurzaamheid
Jan Rodenhuis, Ellen Stutterheim, MSc., Lotte Piekema, MSc., Partoer, consultants en onderzoekers –
Bewonerstevredenheid

EINDREDACTIE ir. P.G.B. Hermans, Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Maarten Nederlof, Waterschap Aa en Maas
Brendo Meulman, Flip Kwant, Nico Elzinga, DESAH
Ytsen Strikwerda, Elkien
Anne van Scheltinga, Gemeente S-W Fryslân
Martin Bos, Sybren Gerbens, Bonnie Bult., Wetterskip Fryslân
Marcel Zandvoort/Rob Ververs, Waternet
Grietje Zeeman, LEAF
Ad de Man Waterschapsbedrijf Limburg
Leo van Efferen, Waterschap Zuiderzeeland
Bert Palsma STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2018-63
ISBN 978.90.5773.821.0

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

NIEUWE SANITATIE, REËEL ALTERNATIEF IN BIJZONDERE SITUATIES

Afvalwater wordt in Nederland efficiënt en innovatief behandeld. Met minder energiegebruik, minder ruimtebeslag en lagere kosten wordt afvalwater steeds beter gezuiverd, ook wat betreft microverontreinigingen. Daarnaast is terugwinnen van grondstoffen een steeds belangrijker en reëler perspectief.

Het *inzamelen en transporteren* van afvalwater blijft echter steeds hetzelfde; grote hoeveelheden water worden in gemengd-vrijverval systemen getransporteerd en op grote schaal aëroob behandeld. Inzameling van dikker afvalwater, met vacuümriolering en een daaraan gekoppelde anaerobe behandeling vormt een steeds reëler alternatief. Met name op lokaties met een lage bevolkingsdichtheid of bijvoorbeeld bij gefaseerde woningbouw.

In de wijk Noorderhoek in Sneek, is een volledig nieuw concept voor de inzameling, transport en verwerking van afvalwater en groente- en fruitafval (GF) ontwikkeld, in bedrijf genomen en getest.

Dit concept, genaamd 'Waterschoon' is naast de verwerking van afvalwater en GF-afval ingericht op het maximaal (terug)winnen van energie en fosfaat en het minimaliseren van het drinkwatergebruik. Dit decentrale systeem is in 2008 ontworpen voor ruim 550 inwoners.

Bij de afronding van de evaluatie in 2014, is onderkend dat de lage belasting (79 inwoners) van het systeem de nodige vragen oproept over de representativiteit van de conclusies. Omdat in 2014 de woningmarkt weer aantrok was er zicht op het bijbouwen van woningen op korte termijn.. Omdat dit een substantiële toename van het afvalwater- en GF-aanbod als gevolg zou hebben, is besloten het monitoringstraject te verlengen. De evaluatie van de prestaties bij hogere belasting geeft een betrouwbaarder beeld over de potenties van het systeem. Ook worden de effecten van de aanpassingen die aan het systeem zijn gedaan duidelijk. Tot slot is meer inzicht ontstaan in het beheer en onderhoud over de langere termijn en het al dan niet optreden van storingen.

In dit rapport treft u de resultaten van het onderzoek aan. De resultaten zijn door de langere monitoringsperiode en een hogere belasting, concreter en beter onderbouwd dan in de rapportage uit 2014. Het Waterschoon zuiveringssysteem blijkt voor meer dan 1530 inwoners afvalwater te kunnen zuiveren. Het systeem kan, met de meest optimale energiehuishouding, tot 78kWh per inwoner per jaar leveren. Deze positieve energiebalans is ook doorslaggevend in de positieve LCA- score (beter dan de 100.000 i.e. referentie). Daarmee geeft dit rapport een update van het perspectief van deze andere manier van verzamelen, transport en behandelen van afvalwater. De kosten in een referentiesituatie zijn weliswaar hoger dan de conventionele aanpak, die referentiesituatie bestaat echter lang niet overal. In situaties waarbij bijvoorbeeld de transportafstanden van afvalwater groot zijn of nieuwbouwwijken gefaseerd worden gerealiseerd is dit concept een alternatief voor de conventionele inzameling en behandeling van afvalwater. Ook voor de verwijdering van micro-verontreinigingen in afvalwater biedt het hier onderzochte concept perspectief vanwege het geconcentreerdere afvalwater.

Oktober 2018

Joost Buntsma
Directeur STOWA

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

EVALUATIE NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK/WATERSCHOON 2

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Project Waterschoon, de achtergrond	1
	1.2 Een aanvullende evaluatie: aanleiding en doel	2
	1.3 Leeswijzer	3
2	OPZET EVALUATIE EN UITGANGSPUNTEN	4
	2.1 Evaluatie deelthema's: de onderzoekers	4
	2.2 Een representatieve evaluatieperiode	4
	2.3 Een tweede referentiesysteem	5
	2.4 De evaluatie in relatie met 2014	5
3	HOOGTEPUNTEN UIT DE DEELONDERZOEKEN	7
	3.1 Deelthema: effectiviteit van het zuiveringssysteem	7
	3.1.1 Watergebruik	7
	3.1.2 Aanpassingen aan de zuiveringsinstallatie	7
	3.1.3 Belasting en prestaties van de zuiveringsinstallatie	8
	3.2 Deelthema: beheer en onderhoud	9
	3.2.1 Inzameling in de woningen	10
	3.2.2 Transportsysteem	10
	3.2.3 Zuiveringsinstallatie	11
	3.2.4 Warmsysteem	11
	3.2.5 Leerpunten en aanbevelingen	11

3.3	Deelthema: bewonersonderzoek	12
3.4	Deelthema: energiesysteem	13
3.4.1	Methodische stappen	13
3.4.2	Belangrijkste conclusies	13
3.4.3	Bijdrage aan warmte is relatief	14
3.5	Deelthema: duurzaamheid	15
3.5.1	Methodische stappen	15
3.5.2	Belangrijkste conclusies	16
3.6	Deelthema: financieel economische analyse	17
3.6.1	Methodische stappen	17
3.6.2	Wijzigingen ten opzichte van de originele situatie	17
3.6.3	Resultaten van de financieel economische analyse	18
3.6.4	Prijsvolatiliteit	18
4	AFSLUITENDE BESCHOUWING EN PERSPECTIEVEN	19
4.1	Gevoeligheid van de bevindingen en conclusies	19
4.1.1	Aanvullende monitoring heeft geresulteerd in betrouwbare inzichten	19
4.1.2	De impact van procesoptimalisaties op de prestaties van de zuivering	19
4.2	Perspectieven	20
4.2.1	Kansen voor inpassing en kosten van het systeem.	20
4.2.2	Decentrale sanitatie faciliteert een gefaseerde bouw	21
4.2.3	De rol van decentrale processen in de Energie- en grondstoffenfabriek	21
4.2.4	Hoog geconcentreerde vuilstromen maken verwijdering van micro's makkelijker	21
4.2.5	Klimaatverandering	21
4.2.6	Een goede organisatie is een essentieel ingrediënt voor succes	21

1

INLEIDING

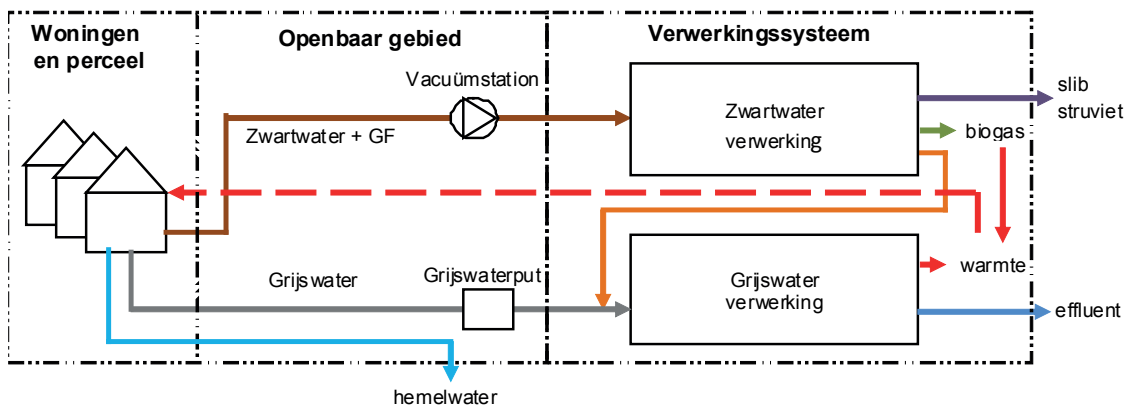
1.1 PROJECT WATERSCHOON, DE ACHTERGROND

In 2008 is in de woonwijk Noorderhoek in Sneek het project Waterschoon gestart. Noorderhoek is een woonwijk die vanaf 2008, gedurende een periode van 10 jaar wordt gerenoveerd. Dat wil zeggen dat er 282 woningen zijn gesloopt en dat er gefaseerd 232 nieuwe woningen worden gebouwd.

In de regel zijn huishoudens in Nederland aangesloten op een centraal rioleringsstelsel. In het Waterschoon project is gedurende de renovatie van Noorderhoek een 'nieuw sanitatie' concept geïmplementeerd. Hierin zijn grijs- en zwart huishoudelijke afvalwater gescheiden. Deze twee stromen worden apart afgevoerd naar een kleinschalige decentrale waterzuivering die in de wijk ligt. Het zwartwater wordt via een waterbesparende vacuümriolering getransporteerd.

In de waterzuivering wordt het grijs afvalwater via een aerobisch zuiveringstelsel behandeld. Het zwartwater wordt via een anaerobe- en OLAND-installatie (oxygen limited autotrophic nitrification denitrification) gezuiverd en in het aerobe systeem nabehandeld. Daarnaast wordt fosfaat teruggewonnen als struviet. Het hemelwater is niet aangesloten op het inzamelstelsel en wordt direct afgevoerd naar het oppervlaktewater (Afbeelding 1.1).

AFBEELDING 1.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET WATERSCHOON PROJECT WAARIN DE WATER-, GF-, EN ENERGIESTROMEN ZIJN WEERGEVEN



Met het zwartwater wordt ook het groente- en fruitafval (GF) via een 'groente- en fruitvermaler' via het vacuümriool ingezameld en behandeld (Afbeelding 1.1).

Het sanitatieconcept in het project Waterschoon heeft in potentie meerdere voordelen ten opzichte van conventionele, centrale afvalwater- en GF verwerking. Denk hierbij aan een lager waterverbruik door de vacuümriolering (toiletspoeling met 1 liter), lager netto energieverbruik omdat energie terug wordt gewonnen (biogas en warmte), en een lagere slibproductie omdat het zwartwater en GF-afval anaeroob behandeld worden. Tot slot wordt fosfaat teruggewonnen in de vorm van struviet, dat als bodemverbeteraar kan worden gebruikt.

Bij de start van Waterschoon is besloten om het project op diverse aspecten te monitoren en te evalueren. Daartoe is van 2011 tot 2013 een studie uitgevoerd waarover in 2014 is gerapporteerd. In 2011 zijn de eerste 62 wooneenheden (bewoond door 79 bewoners) in gebruik genomen. Het project Waterschoon is geëvalueerd op de volgende onderwerpen: 1) prestaties van de zuivering, 2) beheer en onderhoud, 3) bewonerservaringen, 4) energiesysteem, 5) duurzaamheid en een 6) financieel economische analyse. De resultaten hiervan zijn in 2014 gepubliceerd in de STOWA publicatiereeks (STOWA 2014-38 Evaluatie nieuwe sanitatie Noorderhoek, Sneek).

Bij de renovatie van de wijk Noorderhoek was het oorspronkelijke plan om de gesloopte woningen snel te vervangen. Door stagnatie van de woningmarkt in de periode 2010-2014, zijn in de eerste monitoringsperiode geen nieuwe woningen bijgebouwd. Dit had tot gevolg dat de evaluatie in 2014 is gebaseerd op metingen en waarnemingen aan een onderbelast systeem (79 inwoners op een ontwerpbelasting van ongeveer 530 inwoners). Het spreekt voor zich dat de conclusies over (potentiële) prestaties van het systeem, zoals indertijd getrokken en gerapporteerd, tamelijk onnauwkeurig zijn. In 2014 is, op basis van de toen gemeten prestaties van het systeem, berekend dat de installatie in Noorderhoek voldoende capaciteit heeft om afvalwater en GF-afval van 1.200 inwoners te verwerken. Deze berekende capaciteit is in 2014 gebruikt bij de financieel-economische analyse, de energieanalyse en de duurzaamheidsanalyse om prestaties, uitgedrukt 'per inwoner per jaar' inzichtelijk te maken.

1.2 EEN AANVULLENDE EVALUATIE: AANLEIDING EN DOEL

Bij de afronding van de evaluatie in 2014, is onderkend dat de lage belasting van het systeem de nodige vragen oproept over de representativiteit van de conclusies. Omdat in 2014 de woningmarkt weer aantrok, en er zicht op was dat op relatief korte termijn woningen zouden worden bijgebouwd, met een substantiële toename van het afvalwater- en GF-aanbod als gevolg, is besloten het monitoringstraject te verlengen. De evaluatie van de prestaties bij hogere belasting geeft een betrouwbaarder beeld over de potenties van het systeem. Ook worden de effecten helder van de aanpassingen die aan het systeem zijn gedaan. En tot slot ontstaat meer inzicht in beheer en onderhoud over de langere termijn en het al dan niet optreden van storingen.

Tijdens het aanvullende monitoringstraject (2014-2017) zijn daadwerkelijk woningen bijgebouwd. Het huidige aantal inwoners, en daarmee de belasting van het systeem, is in deze periode toegenomen van 79 tot 327 personen. Ook is de diversiteit van de bewoners toegenomen: het eerste onderzoek betrof bewoners van seniorenflats en een verzorgingshuis; de uitbreiding omvat vooral eengezinswoningen. Daarmee ontstaat een representatiever beeld van potentiële gebruikers van decentrale sanitatie elders in Nederland.

Alle zes oorspronkelijke evaluaties zijn geüpdatet op basis van meetgegevens en waarnemingen. Ook is een nieuw bewonersonderzoek gehouden. Van elk van deze onderzoeken zijn afzonderlijke deelrapportages verschenen.

Het hier voorliggende rapport vat de resultaten van de deelonderzoeken op hoofdlijnen samen. Ook geeft dit rapport een update van het perspectief van decentrale sanitatie, als vorm voor de inzameling en behandeling van afvalwater op kleinere schaal.

1.3 LEESWIJZER

Als eerste wordt een toelichting gegeven op de opzet van de evaluatie, uitgangspunten en op de referentiesystemen (Hoofdstuk 2). Hierna worden de resultaten/inzichten uit de nieuwe monitoringperiode gepresenteerd (Hoofdstuk 3). Dit gebeurt per deelanalyse, achtereenvolgens 1) prestaties van de zuivering, 2) beheer en onderhoud, 3) bewonerservaringen, 4) energiesysteem, 5) duurzaamheid en een 6) financieel economische analyse. Op basis van deze nieuwe inzichten worden in Hoofdstuk 4 de conclusies van het onderzoek samengevat in ingegaan op perspectieven voor de toepassing van dit type decentrale sanitatie.

2

OPZET EVALUATIE EN UITGANGSPUNTEN

2.1 EVALUATIE DEELTHEMA'S: DE ONDERZOEKERS

De voorliggende overkoepelende rapportage is gebaseerd op de afzonderlijke onderzoeken naar deelthema's van decentrale sanitatie. Deze onderzoeken zijn door verschillende organisaties en onder hun verantwoordelijkheid, uitgevoerd, te weten:

	Deelthema	Uitgevoerd door
1	effectiviteit zuiveringssysteem	DeSaH BV
2	beheer en onderhoud	DeSaH BV
3	bewonerservaringen	Partoer Consultants en Onderzoekers
4	energiesysteem	Saxion Academie Life Science, Engineering & Design
5	duurzaamheid	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs
6	financieel economische analyse	RDGM Management met kleur

De deelrapporten zijn integraal als bijlage bij deze publicatie beschikbaar. Elk van de rapporten gaat uitgebreid in op de wijze waarop het onderzoek en de evaluatie is uitgevoerd. Alle onderzoekers, met uitzondering van Partoer, hebben in de loop van het evaluatietraject hun resultaten twee maal besproken met en éénmaal schriftelijk voorgelegd aan een begeleidingscommissie.

Waterschapsbedrijf Limburg (WBL) heeft de technische en financiële informatie aangeleverd voor een referentiesysteem, een Nereda-installatie, met een capaciteit van 30.000 i.e.

2.2 EEN REPRESENTATIEVE EVALUATIEPERIODE

De aanvullende monitoring van het project Waterschoon heeft plaatsgevonden in de periode 2014-2017. In deze periode is de belasting geleidelijk toegenomen, door het opleveren van nieuwe woningen in Noorderhoek. Omdat een toenemende belasting steeds veranderende prestaties laat zien, zijn de deelevaluaties in de regel gebaseerd op de metingen van een kortere periode, te weten februari 2016 - oktober 2017. In deze periode is het systeem namelijk belast door het huidige aantal van 327 bewoners¹.

Dat is anders voor de doorlichting van het energiesysteem, waarvoor de periode november 2016-november 2017 is gehanteerd. Hiermee is zeker gesteld dat de evaluatie alle seizoenen (zomer/winter) gebalanceerd omvat. Voor de kosten van beheer en onderhoud is teruggegrepen op de hele onderzoeksperiode vanaf 2014, omdat deze kosten niet afhangen van de (mate van) belasting van het systeem, maar wel van de intensiteit van bedrijfsvoering en het optreden van incidentele voorvallen.

In het deelrapport 'effectiviteit zuiveringssysteem' is berekend wat de maximale belastbaar-

¹ De belasting van Waterschoon wordt uitgedrukt in 'inwoners', de belasting van de referentiesystemen is i.e.. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat bij Waterschoon ook GF-afval wordt mee verwerkt.

heid van het systeem is. Deze berekening is uitgevoerd op basis van de zuiveringsprestaties over 2017.

De woningen die na 2014 zijn opgeleverd, voeren afvalwater en GF-afval op dezelfde manier aan als de woningen uit het eerdere onderzoek. Anders dan in 2014 is dat deze nieuwe woningen niet zijn aangesloten op het centrale warmtesysteem.

2.3 EEN TWEDE REFERENTIESYSTEEM

In 2014 is Waterschoon ter referentie vergeleken met een conventionele afvalwaterzuivering en dito riolering, die een capaciteit heeft van 100.000 i.e..

De riolering van dit referentiesysteem bestaat uit een mix van gemengde en gescheiden riolering, een deel buitengebied (drukriolering), persleidingen en rioolgemalen. Voor de afvalwaterzuivering in de referentie bestaat uit mechanische voorzuivering (rooster, zandvang), voorbezinking en een actiefslibstelsysteem met vergaande nutriëntenverwijdering ($N_{\text{tot}}=10$ mg/l en $P_{\text{tot}}=1$ mg/l). Het geproduceerde slib wordt vergist, waarbij het biogas wordt gebruikt voor het opwekken van elektriciteit.

Voor deze aanvullende evaluatie is aanvullend een tweede referentiesysteem doorgerekend, om de resultaten van Waterschoon in een breder spectrum van (traditionele) alternatieven te plaatsen. Het tweede referentiesysteem is kleiner en heeft een ontwerpcapaciteit van 30.000 i.e. De uitvoeringsvorm is een Nereda-systeem volgens het Verdygo-concept van Waterschapsbedrijf Limburg, gericht op vergaande nutriëntenverwijdering. Ook deze referentie bestaat uit mechanische voorzuivering (roosters, zandvang) gevolgd door 2 Nereda-reactoren met elk een volume van 2.250 m³. Het systeem heeft een RWA-buffer met een volume van 2.900 m³. Het spuislib wordt verzameld en afgevoerd via een slibbuffer en mechanische slibindikking. In deze installatie wordt het slib aerob gestabiliseerd. Er is niet gerekend met aanvullende slibgisting met energierugwinning.²

Door de kleine schaal van deze referentie zijn er geen voorzieningen aanwezig in de vorm van een bedrijfsgebouw. De voor de analyses benodigde gegevens (energiegebruik, materiaalbalansen, stichtingskosten) zijn aangeleverd door Waterschapsbedrijf Limburg.

Voor de riolering naar dit systeem zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor de referentie van 100.000 i.e., omdat een installatie van deze omvang in de regel aaneengesloten bebouwing ontzorgt met een soortgelijke mix aan systemen.

2.4 DE EVALUATIE IN RELATIE MET 2014

De aanvullende monitoring is uitgevoerd om betrouwbaarder uitspraken te kunnen doen over het functioneren van de installatie, doordat het systeem hoger belast is en omdat over een langere periode gegevens beschikbaar zijn (effectiviteit zuiveringssysteem, bewonerstevredenheid, beheer en onderhoud).

De opstellers van de deelrapportages hebben als opdracht meegekregen om op basis van de nieuwe monitoringsgegevens en conform de methodiek van de eerdere evaluatie opnieuw te kijken hoe het project Waterschoon presteert, ook in perspectief van de (nu twee) referentiesystemen.

² In potentie kan dit slib elders alsnog worden vergist en energie opleveren - dit is buiten scope gebleven.

Omdat door, de hogere belasting van Waterschoon, de nieuwe meetgegevens aanmerkelijk representatiever zijn dan in 2014, zijn de conclusies in de deelrapporten en in dit hoofdrapport betrouwbaarder dan in de vorige versie. Met andere woorden: de nieuwe serie rapportages vervangt de rapportages uit 2014.

3

HOOGTEPUNTEN UIT DE DEELONDERZOEKEN

3.1 DEELTHEMA: EFFECTIVITEIT VAN HET ZUIVERINGSSYSTEEM

De prestaties van het zuiveringssysteem zijn opnieuw doorgelicht en vastgelegd in het deelrapport effectiviteit. De belangrijkste punten uit dit onderzoek worden hier samengevat.

3.1.1 WATERGEBRUIK

Het decentrale systeem kent een intrinsiek lager watergebruik door het toepassen van vacuümtoiletten. Het watergebruik voor toiletspoeling en afvoer van GF-afval bedroeg in 2017 11 L.inwoner¹.d⁻¹ (2014: 13,9 L.inwoner¹.d⁻¹). Dit is 69% minder dan het landelijk gemiddelde watergebruik voor toiletspoeling van 35 L.ie¹.d⁻¹.

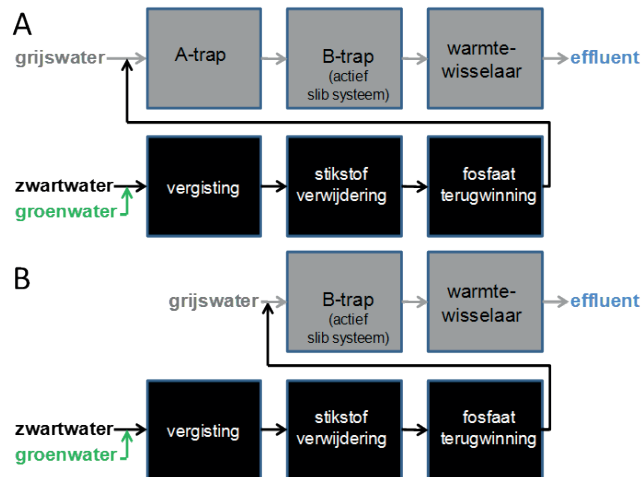
Het watergebruik voor andere doeleinden, waaronder bad, douche en waswater bedroeg in 2017 103,2 L.inwoner¹.d⁻¹, wat meer is dan het landelijk gemiddelde. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de nieuwbouw vooral gezinnen met kinderen huisvest, en dus niet 'gemiddeld' is. Voor de duurzaamheidsanalyse en de financieel-economische analyse is daarom niet uitgegaan van het werkelijke gebruik, maar van een netto waterbesparing van 21 L. inwoner¹.d⁻¹.

3.1.2 AANPASSINGEN AAN DE ZUIVERINGSINSTALLATIE

Het grijswater wordt apart van het zwartwater/GF-afval behandeld. In het oorspronkelijk ontwerp bestond de grijswaterzuivering uit een 'AB-systeem'. In de A-trap wordt via het proces van bioflocculatie voorgezuiverd en in de B-trap wordt vervolgens vergaand CZV en stikstof verwijderd. Ook wordt in de B-trap fosfaat opgenomen in het slib. Daarnaast wordt met een warmtewisselaar warmte teruggewonnen uit het effluent (Figuur 3.1-A).

In de praktijk bleek dat de A-trap onvoldoende functioneerde. Daarom is de A-trap is buiten bedrijf gesteld en wordt het grijswater direct naar de B-trap gevoerd (Figuur 3.1-B). De voorliggende evaluatie is gebaseerd op deze nieuwe bedrijfsvoering van de installatie.

AFBEELDING 3.1 OORSPRONKELIJK ZUIVERINGSPROCES (FIGUUR A, EVALUATIE 2014), EN HET HUIDIGE ZUIVERINGSPROCES (FIGUUR B, EVALUATIE 2017)



3.1.3 BELASTING EN PRESTATIES VAN DE ZUIVERINGSINSTALLATIE

HOGЕ ZUIVERINGSRENDEMENTEN WATERSCHOON

De belasting en de prestaties van de zuiveringsinstallatie zijn samengevat in Tabel 3.1 (kolom 'Waterschoon 327 ie'). De resultaten laten zien dat hoge verwijderingsrendementen worden gehaald voor CZV en N_t (respectievelijk 97% en 96%).

Ook fosfaat wordt nu voor 85% verwijderd, grotendeels in de vorm van struviet. Hiervoor wordt 25 mol $MgCl_2$.inwoner⁻¹.j⁻¹ gedoseerd. Dit is meer dan de 18 mol die werd verwacht.

Het CZV verwijderingsrendement van Waterschoon is vergelijkbaar aan prestaties van de twee referenties, ondanks dat de CZV belasting bij Waterschoon ~60% hoger is door de extra vracht die als GF-afval wordt aangeleverd. Ook de nutriëntenverwijdering door Waterschoon blijkt vergelijkbaar- of zelfs hoger - dan de referenties. In het bijzonder stikstof wordt beter verwijderd met een rendement van 94% ten opzichte van 83% (30.000 ie) en 78% (100.000 ie). Het geconcentreerd inzamelen en behandelen van stikstof (voornamelijk in zwartwater aanwezig) zal hier een belangrijke rol in spelen, alsmede het volledig afkoppelen van hemelwater in project Waterschoon.

AANZIENLIJKE OVERCAPACITEIT

Op basis van de nieuwe monitoringsdata is in het deelonderzoek 'effectiviteit zuiveringssysteem' berekend dat de maximale belastbaarheid van het systeem, zoals nu opgesteld in Sneek, overeenkomt met de afvalwater- en GF-afvalaanvoer van 1.530 inwoners. Dit is meer dan 25% hoger dan de in 2014 berekende belastbaarheid van 1.200 inwoners³.

3 Het grijswatersysteem heeft deze capaciteit niet (727 inwoners). Om het totale systeem een capaciteit te geven van 1.530 inwoners moet een extra tank worden geplaatst. De hiervoor benodigde meerkosten zijn in de financiële analyse meegeerekend als historische investering.

TABEL 3.1 ZUIVERINGSPRESTATIES VAN WATERSCHOON GEMETEN EN GEËXTRAPOLEERD, EN VAN TWEE REFERENTIE INSTALLATIES. BIJ WATERSCHOON ZIJN DE PRESTATIES UITGEDRUKT 'PER INWONER' IN PLAATS VAN 'PER IE'

Parameter	Eenheden	Waterschoon (327 inw; 2017)	Waterschoon (1.530 inw.)**	Referentie 30.000 i.e.	Referentie 100.000 i.e.*
Debiet	l.d-1.inw ⁻¹	114	114	219#	194#
<i>Influent</i>					
CZVt	gO ₂ .d ⁻¹ .inw ⁻¹	166,6	166,6	104,6	106,7
Nt	gN.d-1.inw ⁻¹	14,6	14,6	9,9	9,5
Pt	gP.d-1.inw ⁻¹	1,9	2,1	1,1	1,4
<i>Effluent</i>					
CZVt	gO ₂ .d ⁻¹ .inw ⁻¹	6,2	5,7	6,6	6,7
Nt	gN.d ⁻¹ .inw ⁻¹	0,7	0,9	1,6	2,1
Pt	gP.d ⁻¹ .inw ⁻¹	0,3	0,3	0,2	0,3
<i>Verwijderingsrendement</i>					
CZVt	%	96%	96%	94%	94%
Nt	%	96%	96%	83%	78%
Pt	%	85%	83%	83%	79%
Biogasproductie	m ³ CH ₄ .inw ⁻¹ .j ⁻¹	10,5	9,7	nee	6,1
Slibproductie	kg ds.inw ⁻¹ .j ⁻¹	3,5	9,4	17	16,7
Gebruik metaalzout	mol Mg.inw ⁻¹ .j ⁻¹	25***	25***	nee	5,6

* Informatie overgenomen uit STOWA 2014-38

** Verwachte waarde op basis van de huidige prestaties en expert views DeSaH

*** Waterschoon gebruikt een 33% MgCl₂ oplossing.

Inclusief een deel hemelwater

Het onderzoek wijst uit dat bij daadwerkelijke volle belasting met 1.530 inwoners minder biogas wordt geproduceerd dan nu gemeten. Ook neemt de slibproductie toe van 3,5 naar 9,4 kg.inw⁻¹.j⁻¹. De duurzaamheidsanalyse en de financieel-economische analyse zijn gebaseerd op het functioneren van het systeem bij deze (theoretische) volle belasting van het systeem met 1.530 inwoners.

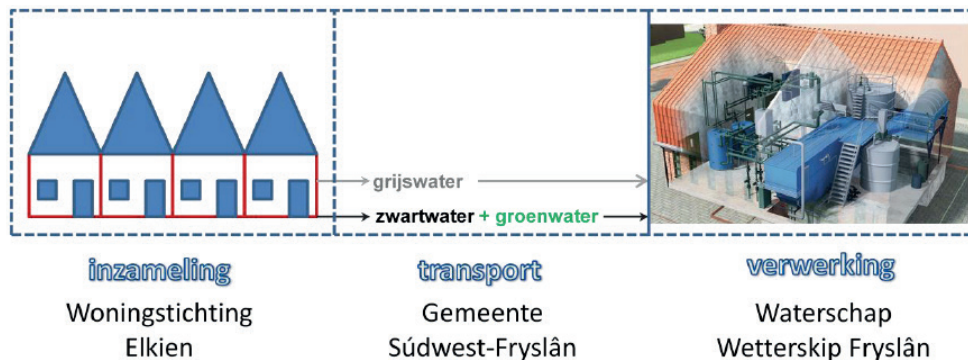
Doordat Waterschoon een volledig gescheiden rioolstelsel kent, vinden er geen overstorten van afvalwater op het oppervlaktewater plaats bij hevige regenval. Dit vermijdt emissies ter grootte van circa 2% t.o.v. de referentiesystemen.

3.2 DEELTHEMA: BEHEER EN ONDERHOUD

De aspecten rond beheer en onderhoud zijn samengebracht in het deelrapport 'Beheeraspecten project Waterschoon 2017'. De belangrijkste punten uit dit onderzoek worden hier samengevat.

Het beheer en onderhoud van Waterschoon wordt uitgevoerd in opdracht van drie afzonderlijke partijen, te weten Woningstichting Elken (inzameling in de woningen), gemeente Súdwest-Fryslân (transport woningen naar zuiveringsinstallatie) en Wetterskip Fryslân (afvalwater- en GF-afvalzuivering). Naast de waterbehandeling kent Waterschoon ook een warmtesysteem, dat in opdracht van de Woningstichting wordt beheerd door een marktpartij.

AFBEELDING 3.2 ORGANISATIE VAN HET BEHEER EN ONDERHOUD



In het navolgende wordt per 'blok' uit afbeelding 3.2 stilgestaan bij beheeraspecten. Omdat storingsen in zekere mate onafhankelijk zijn van de belasting van het systeem, is in deze deel-evaluatie gekeken naar alle aspecten in de periode 2014-heden.

Bij de bespreking van beheer en onderhoud wordt onderscheid gemaakt tussen preventief en correctief onderhoud. Correctief onderhoud is in deze definitie het onderhoud dat wordt gepleegd om een storing te verhelpen.

3.2.1 INZAMELING IN DE WONINGEN

In de praktijk treden storingsen op bij de vacuümtoiletten en de groente- en fruitvermalers. Dit is in 2017 het geval bij 2% van de toiletten en 11% van de groente- en fruitvermalers. Nadere analyse van de storingsen laat zien dat onjuist gebruik de voornaamste oorzaak hiervan is. Het bewonerstevredenheidonderzoek bevestigt deze hypothese: de bewoners hebben behoefte aan duidelijke informatie over het gehele systeem (incl. gebruik en nut). Als gevolg hiervan kunnen geen harde conclusies worden getrokken over de robuustheid van de geïnstalleerde componenten binnen de wooneenheden. Wel wijzen de resultaten erop dat de groente- en fruitvermaler storingsgevoeliger is dan het vacuümtoilet.

3.2.2 TRANSPORTSYSTEEM

Het inzamel- en transportsysteem wordt preventief onderhouden. Niettemin is er een aantal storingsen geweest, en dan typisch bij de afvoerpompen van het vacuümsysteem.

Om deze storingsen in aantal te reduceren, wordt sinds 2014 de vacuümtank regelmatig gereinigd. Daarbij worden regelmatig grove delen gevonden, zoals schroeven, stukjes gipsplaat enz. Dit betekent dat - net zoals in 2014 geconstateerd - aanvullende informatievoorziening voor en goede voorlichting aan de bewoners belangrijk is ter voorkoming van storingsen. Uit deze observatie blijkt dat het vacuümsysteem kwetsbaarder is dan een regulier riolerings-systeem.

Het transportsysteem kende in 2017 8 storingsen die voornamelijk te maken hadden met vervuiling van sensoren, pompen en mixer. Eén storing die bij 8 bewoners problemen veroorzaakte, was gerelateerd aan een verstopping net buiten één van de appartementen. Het blijkt een jaarlijks terugkerend probleem dat mogelijk wordt veroorzaakt door een verzakking of een constructiefout.

Sinds 2014 is een aantal installatietechnische wijzigingen doorgevoerd aan het inzamel- en transportsysteem. Zo is ventilatie geplaatst in de ruimte waar het vacuümsysteem is opgesteld

en zijn de vacuümpompen vervangen voor een zwaarder model, zodat er in de toekomst extra woningen kunnen worden aangesloten.

3.2.3 ZUIVERINGSINSTALLATIE

De zuiveringsinstallatie heeft in de onderzoeksperiode goed gepresteerd, met prima zuiveringsrendementen (zie paragraaf 3.1). In de onderzoeksperiode traden verschillende storingen op, waarvan een aantal in de vorm van verstoppingen van leidingen. In het bijzonder worden vermeld de storingen (door verstoppingen) aan de struvietreactor. Om het aantal verstoppingen te verminderen, is de dosering van magnesiumoxide vervangen door dosering van magnesiumchloride. Daarnaast waren er meerdere storingen bij de warmtewisselaar en de CV-ketel. Overige storingen aan het behandelingssysteem zijn minder structureel en meer beheer gericht, waaronder verstoring van de loogtoevoer of het opraken van de magnesiumvoorraad. Voor adequaat beheer heeft de installatie Waterschoon – in deze experimentele bezetting - een bezetting van ongeveer 0,4 fte nodig.

Er is een aantal installatietechnische wijzigingen doorgevoerd aan het zuiveringssysteem. Zo is de ruimteventilatie vergroot en is een extra H₂S-sensor geplaatst.

Tijdens de monitoringsperiode is een calamiteit aan de OLAND reactor opgetreden, met als gevolg een langdurige verstoring van het zuiveringsproces. Door de software aan te passen is herhaling van deze verstoring uitgesloten.

3.2.4 WARMTESYSTEEM

Het warmtesysteem bestaat onder meer uit de biogasketel en de warmtepomp. Beide hebben periodiek slecht gefunctioneerd. De storingen aan de biogasketel zijn voornamelijk veroorzaakt door condensatie van water in de gasleiding, met storingen van de ketel als gevolg. In totaal is deze storing vijf keer opgetreden waardoor er in totaal gedurende 3 maanden biogas is afgelaten naar de omgeving (emissie van biogas, uitblijven warmteproductie). Het leidingwerk naar de CV-ketel is inmiddels aangepast en storingen aan de cv-ketel zijn nadien uitgebleven.

De warmtewisselaar is over een zeer lange periode (4 maanden in 2017) inactief geweest door een storing in de regeling. In deze periode is geen warmte teruggewonnen uit het grijswater. Dit onderstreept het belang van zorgvuldige bewaking, bedrijfsvoering, en bijsturing van de installatie. De warmtepomp is nu zo ingeregeld dat het overgrote deel van de warmte wordt aangeleverd door de bodembron in plaats van warmte uit het veel warmere grijswater. Beide langdurige storingen zijn te wijten aan het niet ingrijpen door de installateur verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van het warmte systeem.

3.2.5 LEERPUNTEN EN AANBEVELINGEN

Het deelrapport beheer en onderhoud eindigt met concrete leerpunten en aanbevelingen. Deze zijn gedeeltelijk operationeel-technisch van aard (bijvoorbeeld: plaatsen voorziening opvang grove delen voor de zwartwater afvoerpompen, helder krijgen waarom warmtewisselaar geen vrijgavesignaal krijgt, aanleggen spoeloptie leiding vergister naar biorotor) en deels organisatorisch van aard.

Met betrekking tot het laatste wordt stilgestaan bij de versnippering van het beheer (dat daarenboven deels aan derden wordt uitbesteed) en de onduidelijkheid die daardoor ontstaat over de afbakening van taken en verantwoordelijkheden van alle betrokken partijen. Dit moet

eenduidiger geregeld worden. Daarnaast wordt aanbevolen om meer inzicht te genereren in de oorzaken en oplossingen van storingsmelding binnen de woningen. Er moet meer worden samengewerkt met leveranciers van vacuümtoiletten en groente- en fruitvermalers om storingen te bespreken. Tot slot wordt erop gewezen dat betere instructies nodig zijn voor de inwoners over het gebruik van vacuümtoilet en groente- en fruitvermalers.

3.3 DEELTHEMA: BEWONERSONDERZOEK

Partoer Consultants en Onderzoekers heeft in 2017 in opdracht van Woningbouwcorporatie Elkien en Wetterskip Fryslân de bewonerstevredenheid van het project Waterschoon onderzocht. De belangrijkste punten uit dit onderzoek worden hier samengevat.

In 2012 is, direct na de ingebruikname van Waterschoon, een eerste tevredenheidsonderzoek uitgevoerd onder de bewoners. Hieruit werd geconcludeerd dat de bewoners overwegend tevreden zijn over het systeem: het wordt beschouwd als handig en hygiënisch. Ook bleek dat de woningstichting een grote rol speelt in de tevredenheid van de bewoners, als aanspreek- en informatiepunt¹.

In 2017 is een hernieuwd onderzoek uitgevoerd. Nog steeds blijken de bewoners over het algemeen tevreden. Het systeem wordt als nieuw ervaren, en een aantal bewoners moet er aan wennen (vacuümriolering, groente- en fruitvermaler). De demonstratie- en informatievoorziening wordt daarom als prettig ervaren. Over het algemeen geven de bewoners aan dat ze er ook trots op zijn dat ze in de eerste wijk met een dergelijk zuiveringssysteem wonen.

AFBEELDING 3.3 WOORDENWOLK (UITKOMSTEN VRAAG: WAT KOMT ER HET EERSTE IN U OP ALS U DENKT AAN HET (NIEUWE) SYSTEEM?)



De bewoners geven wel aan dat informatievoorziening en juiste voorlichting over het gebruik van het systeem belangrijk is voor een comfortabel gebruik. Een aantal van de respondenten heeft aangegeven meer behoefte te hebben aan informatie en voorlichting.

Meer behoefte aan voorlichting volgt niet alleen vanuit de bewoners, dit is ook aangegeven vanuit het deelthema beheer en onderhoud. Niet om het gebruiksgemak te vergroten, maar om misbruik van het vacuümriool door oneigenlijke toepassingen te voorkomen.

3.4 DEELTHEMA: ENERGIESYSTEEM

Saxion Academie Life Science, Engineering & Design heeft het energiesysteem van het project Waterschoon doorgelicht. De belangrijkste punten uit dit onderzoek worden hier samengevat.

3.4.1 METHODISCHE STAPPEN

Bij het opstellen van de energieanalyse zijn de ruwe meetgegevens in een twee stappen bewerkt, voordat conclusies zijn getrokken. Deze stappen omvatten: 1. Het lineair opschalen van de gemeten prestaties (belasting door 327 inwoners) naar de theoretische capaciteit van 1.530 inwoners en 2. Het elimineren van twee evidente fouten in de bedrijfsvoering (aflaten biogas en onnodige verwarming van het zuiveringshuis).

3.4.2 BELANGRIJKSTE CONCLUSIES

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

- de energieprestatie van het zuiveringssysteem is verbeterd;
- er zijn problemen met de nuttige inzet van het geproduceerde biogas en het effluent als potentiële warmtebronnen voor het warmtenet. In 2017 is veel extra energie verbruikt voor het warm houden van het zuiveringsgebouw;
- de nadelige effecten hiervan en het niet nuttig inzetten van het geproduceerde biogas zijn buiten beschouwing gelaten. Dit verbetert sterk de resulterende energieprestatie;
- door verkeerde instellingen in het besturingssysteem van het warmtesysteem wordt de warmte in het grijswater niet maximaal gebruikt. De periode juni – november 2017 is als maatvoerend aangehouden, weliswaar was er toen sprake van een hogere warmteterugwinning dan gemiddeld over 2017 maar nog verre van optimaal. Hier liggen mogelijkheden tot verbetering
- de energieprestatie van Waterschoon, na opschaling 1.530 inwoners, is beter dan die van de twee referentiezoueringen. Randvoorwaarde is dat gebruik gemaakt wordt van de aanwezige warmtepomp;
- de warmtepomp vervult een cruciale rol in het bereiken van een goede energieprestatie. Zonder warmtepomp presteren de referenties beter;
- het onttrekken van warmte aan de zuivering blijkt belangrijk voor de energieprestatie van de zuivering. Om daadwerkelijk bij te dragen aan duurzaamheid is het belangrijk dat deze warmte nuttig wordt gebruikt. Daarnaast gebruikt de warmtepomp energie uit de ondergrond (de bodembron). De hieraan onttrokken warmte wordt de facto niet toegerekend aan het zuiveringssysteem;
- verdergaande verbeteringen - ten opzichte van de huidige installatie opgeschaald naar 1.530 inwoners - zullen moeten komen van herontwerp en procesinnovatie, waarvoor in het deelrapport enkele aanbevelingen zijn gegeven.

De voortgezette monitoring van project Waterschoon scherpt de inzichten over het energiegebruik aan. Door de hogere belasting in 2017, ten opzichte van 2014, is het specifieke energieverbruik gedaald. Dit was voorspeld. Waar in 2014 het gemeten verbruik met $-838 \text{ kWh}_p \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ zo'n 9 keer hoger was dan bij de referentie, is dat in 2017 met $-67 \text{ kWh}_p \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ zelfs iets lager dan de 100.000 i.e. referentie. Hierbij wordt opgemerkt dat het energiegebruik van Waterschoon is gebaseerd op storingsvrije bedrijfsvoering. Dit is relevant. Zonder correctie van de opgetreden verstoringen is het gemeten energieverbruik van Waterschoon $-332,3 \text{ kWh}_p \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$.

Het belang van een robuust systeem, goede bedrijfsvoering en een lage storingsgraad wordt hiermee onderstreept.

TABEL 3.2 ENERGIESTROMEN⁴ ALS PRIMAIRE ENERGIE, ZOALS GEMETEN IN 2017 BIJ HET WATERSCHOON PROJECT, GEËXTRAPOLEERD NAAR EEN BELASTING VAN 1.530 INWONERS EN DE TWEE REFERENTIES). BIJ NOORDERHOEK DIENT IN PLAATS VAN I.E. GELEZEN TE WORDEN: INWONER

		Waterschoon		Referentie	
		327 inw - 2017	1.530 ie	30.000 i.e.	100.000 i.e.
Aanmaak Water en Transport	kWh _p /ie/jaar	-35	-35	-58	-58
Warmtebehoefte zuivering	kWh _p /ie/jaar	-126,5	-126,5	0	-6
Dieselgebruik WKK	kWh _p /ie/jaar	0	0	0	-3
Warmteproductie warmtepomp	kWh _p /ie/jaar	271,2	176,7	0	0
Elektriciteitsbehoefte warmtepomp	kWh _p /ie/jaar	-103	-67,3	0	0
Warmtelevering uit biogas	kWh _p /ie/jaar	149,9	149,9	0	6
Elektriciteit zuivering	kWh _p /ie/jaar	-152	-72,25	-52,5	-75
Elektriciteitsproductie (WKK)	kWh _p /ie/jaar	0	0	0	61
Energie transport afvalwater	kWh _p /ie/jaar	-72	-72	-13	-13
Totaal primair	kWh _p /ie/jaar	-67	-46	-123	-88

De hogere belasting verbetert het energiegebruik door de lagere warmte- en elektriciteitsbehoefte van de zuivering. Daar staat tegenover dat de warmteproductie van de warmtepomp in de onderzoeksperiode met 271,2 kWh_p.inw⁻¹.j⁻¹ lager is dan in 2014 (was 477 kWh_p.inw⁻¹.j⁻¹).

Kijkend naar de referentiesystemen, zien we dat de Nereda (30.000 ie) 35 kWh_p.inw⁻¹.j⁻¹ meer verbruikt dan het actief slibstelsysteem (100.000 ie). Dit is conform verwachting, Weliswaar is de Nereda energiezuiniger in de beluchting voor nitrificatie en CZV-verwijdering (elektriciteitsverbruik), tegelijkertijd wordt in de Nereda slib aeroob gestabiliseerd en wordt op locatie geen biogas gewonnen.

Het aanvullend onderzoek bevestigt dat het Waterschoon systeem door de hogere belasting een gunstiger energiegebruik heeft, en onder voorwaarde van / in combinatie met een goede bedrijfsvoering een competitief- of zelfs lager energieverbruik kan hebben dan beide referenties.

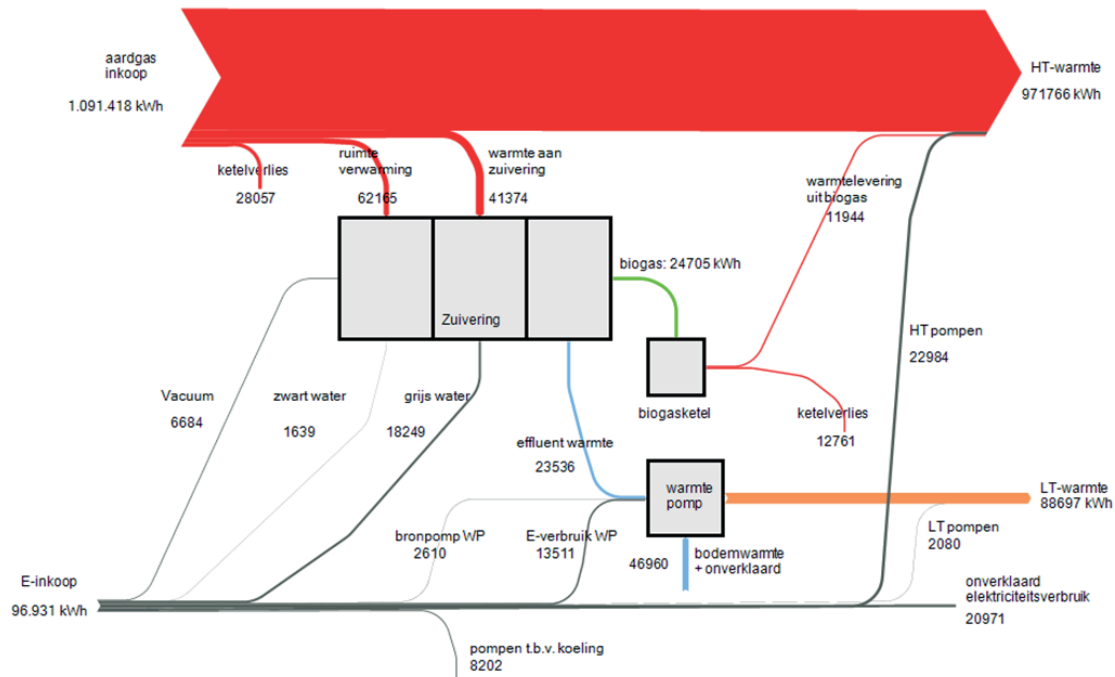
3.4.3 BIJDRAGE AAN WARMTE IS RELATIEF

Het deelrapport toont een totale warmtebalans van het systeem Waterschoon, inclusief warmtelevering aan de woningen. Het warmtesysteem, en met name de rood gekleurde HT-warmte (Hoge Temperatuur), domineert sterk het beeld terwijl dit geen relatie met de prestatie van de zuivering heeft. Toch is deze relevant omdat het een goed beeld geeft van de energiestromen en duurzaamheid van de combinatie zuivering en warmtenet.

Hierbij wordt opgemerkt dat de totale warmtelevering naar de woningen beduidend hoger is dan men zou verwachten. Dit kan meerdere oorzaken hebben, waaronder grote mate van warmteverlies in het warmtenet of een hoger warmteverbruik van de verzorgingsflat/appartementen, als ook reeds in 2014 aangegeven. Indien de appartementen volgens de in 2017 geldende norm van EPC 0,4 gebouwd zouden zijn dan werd het gemiddelde warmteverbruik (referentie https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Appartementencomplex_referentiewoning.pdf), bijna 250% minder dan de huidige warmtelevering. Het effect van de geleverde warmte vanuit de zuivering zal dan ook fors toenemen.

4 Om de energiestromen met elkaar te kunnen vergelijken, zijn ze gepresenteerd als primaire energie. Hierom is -net zoals in 2014- chemische en thermische energie gelijkgesteld aan primaire energie. In het geval van elektrische energie geldt dat 2,5 kWh_p (primaire energie) nodig is om 1 kWh_e (elektrisch) op te wekken. Voor meer informatie, zie STOWA rapportage (2014-38).

AFBEELDING 3.4 OVERZICHT VAN DE ENERGIESTROMEN WATERSCHOON IN RELATIE TOT ENERGIESTROOM WONINGEN



3.5 DEELTHEMA: DUURZAAMHEID

De belangrijkste punten van de duurzaamheidsanalyse worden hier samengevat.

3.5.1 METHODISCHE STAPPEN

De duurzaamheidsanalyse is uitgevoerd als een levenscyclusanalyse (LCA) met behulp van SimaPro^{®5}. Hierbij is de duurzaamheid vastgesteld aan de hand van 5 verschillende thema's: Energie en Klimaat, Materialen en Grondstoffen, Water en Bodem, Natuur en Ruimte, en de Leefomgeving. Binnen elk van deze thema's zijn de in Tabel 3.3 genoemde criteria gebruikt. Deze criteria zijn zowel kwantitatief als kwalitatief. De methodiek, criteria en modellen worden uitgebreid behandeld in het hieraan gekoppelde deelrapport.

TABEL 3.3 BEOORDELINGSKADER DUURZAAMHEIDPRESTATIE

Thema	Aspecten
energie en klimaat	<ul style="list-style-type: none"> uitputting van fossiele grondstoffen CO₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar - energiegebruik aanleg systeem; - ingekochte energie gebruik zuiveringssysteem; - opgewekte energie gebruik zuiveringssysteem; - transportafstanden beheer en onderhoud; - energiegebruik sloop systeem.
materialen en grondstoffen	<ul style="list-style-type: none"> milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar: <ul style="list-style-type: none"> - materiaalgebruik ontwerp, hoeveelheid en kwaliteit; - materiaalgebruik beheer en onderhoud. kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen gebruik van hulstoffen: chemicaliën terugwinnen grondstoffen: fosfaat

- 5 In de duurzaamheidsanalyse is gebruik gemaakt van de ReCiPe (2016 v1.0) methode i.c.m. de EconInvent database versie 3.3. In de oorspronkelijke duurzaamheidsanalyse in 2014 is gebruikt gemaakt van ReCiPe 2008 (v.1.11). Door deze actualisering in methodiek kunnen resultaten verschillen t.o.v. 2014. Voor verdere informatie over de methodieken, zie deelrapportage: 'Waterschoon Sneek: Actualisering duurzaamheidsanalyse'.

Thema	Aspecten
water en bodem	watergebruik; effecten op waterkwaliteit effecten op waterkwantiteit
natuur en ruimte	landschappelijke waarden ruimtebeslag
leefomgeving	gezondheid: geluidoverlast visuele hinder gebruiksgemak

In de herevaluatie is het 100.000 i.e. systeem ongewijzigd gebleven. De referentie Verdygo Nereda is qua structuur op dezelfde manier verwerkt als de referentie van 100.000 i.e.

3.5.2 BELANGRIJKSTE CONCLUSIES

Tabel 3.4 vat de uitkomsten van de LCA samen. Hieruit blijkt dat Waterschoon (doorgerekend op 1.530 inwoners) vergelijkbaar scoort aan de referenties. Hierbinnen valt positief op dat Waterschoon beter scoort op het watergebruik. Dit illustreert dat waterbesparende maatregelen, zoals bijvoorbeeld vacuümtoiletten, leiden tot een duurzamer waterproductie.

Daarnaast scoort het project Waterschoon ten opzichte van de referenties beduidend beter op het gebruik van fossiele grondstoffen ('uitputting van fossiele grondstoffen'). Dit onder de aanname dat Waterschoon storingsvrij functioneert, zoals is uitgelegd bij de resultaten van de energieanalyse. Binnen deze aanname is de fossiele grondstofvraag lager dan bij beide referenties, door warmteterugwinning en door effectief gebruik van biogas. Specifiek op dit punt scoort de Nereda-installatie, conform verwachting, minder goed. Dit komt omdat energie wordt gebruikt voor slibstabilisatie en omdat er op locatie geen energie (in de vorm van biogas) terug wordt gewonnen.

TABEL 3.4 SAMENVATTING VAN DE DUURZAAMHEIDSANALYSE (MIDPOINT ANALYSE)

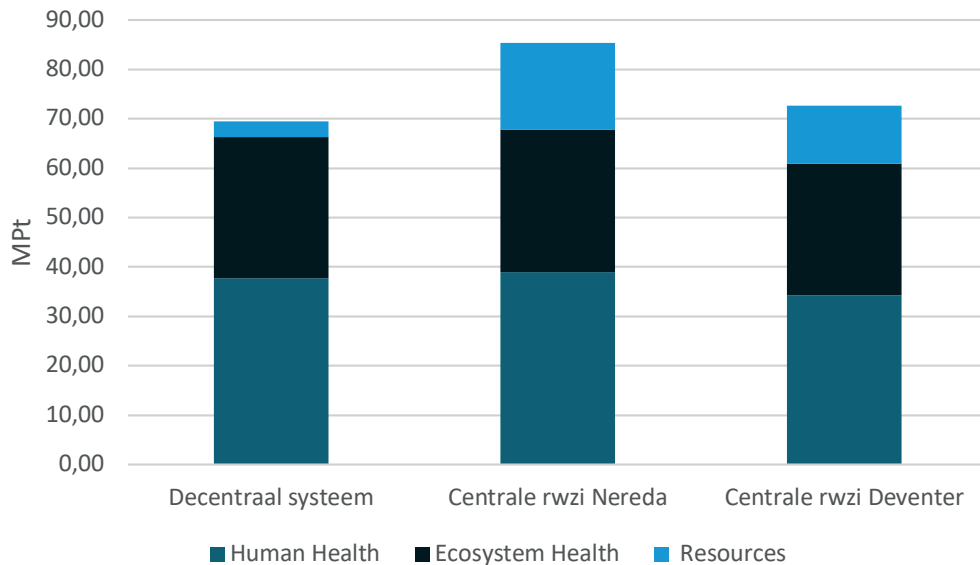
Thema	Aspect	Centrale RWZI		Decentraal systeem
		30.000 i.e.	100.000 i.e.	1.530 inw.
energie en klimaat	uitputting van fossiele grondstoffen;	-	0	+
	CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar.	-	0	0
materialen en grondstoffen	milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar;	-	+	-
	kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen;	0	0	0
	gebruik van hulpstoffen: chemicaliën;	+	0	0
	terugwinnen grondstoffen: fosfaat ⁶ .	0	0	0
water en bodem	watergebruik;	0	0	+
	effecten op waterkwaliteit;	0	0	0
	effecten op waterkwantiteit.	0	0	0
natuur en ruimte	landschappelijke waarden;	0	0	0
	ruimtebeslag.	-	0	+
leefomgeving	gezondheid:			
	geluidoverlast binnenshuis;	+	+	-/+
	geluidoverlast buitenshuis;	0	0	0
	visuele hinder;	0	0	0
	gebruiksgemak.	+	+	-/+

De beoordeling '-/+' geeft aan dat door bewoners zeer verschillend wordt gedacht over geluidsoverlast en gebruiksgemak.

6 In de decentrale zuivering is fosfaat terugwinning een intrinsiek onderdeel; waar het bij een centrale zuivering optioneel plaats vindt.

Deze trend blijkt ook uit de Endpoint analyse. Met een aangenomen levensduur van 50 jaar, zijn de milieueffecten geprognosticeerd. Hieruit blijkt dat qua milieueffecten het decentrale systeem 5% beter scoort dan de 100.000 i.e. referentie⁷.

AFBEELDING 3.5 RESULTATEN VAN DE ENDPOINT ANALYSE (GENORMALISEERD NAAR 100.000 I.E. EN 50 JAAR)



Anderzijds scoort Waterschoon wisselend op enkele criteria binnen het thema 'leefomgeving' (Tabel 3.4). Met name over het gebruiksgemak en geluidsoverlast binnenshuis, als gerapporteerd in het bewonersonderzoek, wordt zeer wisselend gedacht. De mate waarin dit in de praktijk wordt ervaren, is nader geduid in het bewonersonderzoek.

Het beeld is na de monitoringsperiode 2017 niet wezenlijk anders dan in 2014. Kijkend naar de Endpoint Analyse scoort Waterschoon iets beter dan de centrale (100.000 ie) referentie. Op basis van de midpoint analyse zijn er geen substantiële verschillen tussen de systemen, en kunnen ze als vergelijkbaar worden geduid. Randvoorwaarde is dat het decentrale systeem storingsvrij draait.

3.6 DEELTHEMA: FINANCIËEL ECONOMISCHE ANALYSE

3.6.1 METHODISCHE STAPPEN

De Financieel Economisch Analyse is tot stand gekomen op basis van de gemeten verbruiken, en gemaakte kosten. In de analyse zijn de kosten uitgedrukt per inwoner per jaar (EUR.ie¹.j). Hierin is uitgegaan van het maximaal aantal inwoners (1.530 inwoners), zoals vastgesteld op basis van de prestaties van de zuivering.

3.6.2 WIJZIGINGEN TEN OPZICHTE VAN DE ORIGINELE SITUATIE

Naast een toename in maximale belasting ten opzichte van de originele studie in 2014, zijn er ook installatietechnische aanpassingen gedaan (paragraaf 3.1). Deze kosten zijn meegenomen als investeringskosten en worden via de afschrijving van de installatie verdisconteerd.

⁷ Ter referentie: de 5% betere score t.o.v. de referentie komt overeen met 18 km minder autorijden per inwoner per jaar.

Beheer en Onderhoud kosten zijn integraal meegenomen als operationele aspecten. Wat betreft de besparingen komende uit biogas, is uitgegaan van een vermeden aardgasverbruik van $20 \text{ m}^3 \text{ inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$.

Om de kosten te vergelijken met de gerapporteerde kosten in 2014, zijn deze originele waarden gecorrigeerd voor een belasting van 1.530 inwoners.

3.6.3 RESULTATEN VAN DE FINANCIËEL ECONOMISCHE ANALYSE

Tabel 3.5 toont dat de totale kosten voor Waterschoon $\sim 89 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}$ bedragen. Dit is $7 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ hoger dan in 2014 becijferd (was: $82 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$).

Alhoewel de maximale belastbaarheid is toegenomen, dalen de kosten per inwoner niet. Dit heeft meerdere oorzaken. Zo zijn aanvullende investeringen gedaan zijn in de afgelopen jaren in de vorm van o.a. een ventilatiesysteem en andere pompen (zie paragraaf 3.2.). Daarnaast is vastgesteld dat het grijswatersysteem moet worden uitgebreid om tot een totale belasting van 1.530 inwoners te kunnen verwerken. Daarnaast nemen de onderhoudskosten toe. De operationele-, en exploitatiekosten zijn dan ook ~ 2 keer duurder bij de Waterschoon zuivering, ten opzichte van de centrale referenties.

TABEL 3.5 KOSTENVERGELIJKING WAARBIJ DE KOSTEN VAN DE WATERSCHOONZUIVERING 'PER INWONER' ZIJN GESPECIFICEERD, 'PER INWONERS EQUIVALENT'

		Waterschoon 1.530 inw	Referentie 30.000 ie	Referentie 100.000 ie
TOTAAL	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	89	64	63
Afschrijving inzamelsysteem	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	15	15	15
Afschrijving riolering	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	22	0	0
Onderhoud/exploitatie binnenhuisriolering	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	5	1	1
Afschrijving, onderhoud en exploitatie zuivering	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	83	48	47
Besparingen	EUR.ie ⁻¹ .j ⁻¹	-35	0	0

De kostenanalyse toont dat Waterschoon ruim $30 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ duurder is dan de centrale referenties.⁸

3.6.4 PRIJSVOLATILITEIT

Als aanvullende analyse is beschouwd wat er met de kosten per inwoner/jaar zou gebeuren als de capaciteit van de zuivering zou worden veranderd. Een halvering van de capaciteit zou resulteren in een kostenverhoging van 41%. Wanneer er een echter een verdubbeling van de capaciteit (en het aantal aangesloten bewoners) mogelijk zou zijn, dan dalen de kosten met 36% tot ongeveer $56 \text{ EUR} \cdot \text{ie}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Het waterschoon systeem met een capaciteit van ca. 3000 bewoners is dan competitief met de referentiesystemen met capaciteiten van 30.000 en 100.000 bewoners.

⁸ Het deelrapport FEA noemt nog twee aandachtspunten: het hanteren van lange-termijn onderhoudskosten resulteert in een verdere kostenstijging van Waterschoon van $5,32 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ en het toerekenen van energie tot $2,18 \text{ EUR} \cdot \text{inw}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$.

4

AFSLUITENDE BESCHOUWING EN PERSPECTIEVEN

In deze vervolgstudie is gedurende periode 2014-2017 project Waterschoon intensief gemonitord, met als oogmerk betrouwbaarder gegevens te krijgen over het functioneren dan in 2014 (door de nu hogere belasting). Op basis van de hieruit verworven inzichten zijn de zes deelonderzoeken Waterschoon herijkt in de vorm van *updates*. Met de constatering dat de belasting van het project Waterschoon daadwerkelijk veel hoger is dan in de voorafgaande evaluatie, mag ook geconstateerd worden dat de bevindingen die nu naar voren komen beter en betrouwbaarder zijn. Met andere woorden: de conclusies zoals getrokken in 2014 worden overschreven door de inzichten die nu zijn verkregen.

Deze overkoepelende notitie geeft de meest in het oog springende conclusies uit de deelrapporten. De lezers wordt van harte aanbevolen om voor verdieping en details terug te grijpen op de deelrapporten zelf.

4.1 GEVOELIGHEID VAN DE BEVINDINGEN EN CONCLUSIES

4.1.1 AANVULLENDE MONITORING HEEFT GERESULTEERD IN BETROUWBARE INZICHTEN

In de afgelopen meetperiode is het aantal woningen, en daarmee gebruikers, van het Waterschoon systeem met een factor 4 toegenomen. Daarnaast is de soort bewoning meer heterogeen. Dit heeft ertoe geleid dat de decentrale zuivering niet alleen meer dan 5 jaar in bedrijf is, maar ook dat de prestaties onder sterk veranderende omstandigheden zijn gevolgd.

De aanleiding van deze aanvullende studie was de lage belasting in 2014, die resulteerde in een hoge onzekerheid. Zo was de theoretische opschalingsfactor in 2014 erg hoog, namelijk $1.200/79 = 15$. Anno 2017 is deze gereduceerd tot $1.530/327 = 5$. Hiermee kunnen we concluderen dat de 2^{de} monitoringsstudie heeft geleid tot meer betrouwbare conclusies. Daarnaast heeft deze aanvullende studie ook geleid tot nieuwe inzichten in bijvoorbeeld energiesysteem, en beheer en onderhoud.

4.1.2 DE IMPACT VAN PROCESOPTIMALISATIES OP DE PRESTATIES VAN DE ZUIVERING

Uit de deelrapportage 'Prestaties van het systeem' blijkt dat een hogere belasting, in combinatie met een optimalisatie van het systeem (van AB-systeem, naar een enkeltraps systeem met daarbij een uitbreiding van de aeratietank) resulteert in een hogere maximale belasting; namelijk 1.530 inwoners.

Analoog hieraan is in de Energierapportage een horizon geschetst waarin de impact van procesoptimalisaties op het specifiek energieverbruik wordt beschouwd. In dit 'ideale'

scenario zijn mogelijke optimalisatiekansen meegenomen. Denk hierbij aan verminderd energieverbruik door opgeschaalde vacuümsystemen, en betere groente- en fruitvermalers; een lagere warmtevraag van de zuivering door toepassing van warmtewisselaars, en een lager elektriciteitsgebruik bij de waterbehandeling, het niet optreden van storingen en het maximaal benutten van biogas.

Wanneer deze meest optimale energiehuishouding daadwerkelijk wordt gerealiseerd, dan verandert het systeem van energievragers naar netto energieleverancier (maximaal 78 kWh_p/inwoner/jaar). Een positieve energiebalans heeft grote impact op de duurzaamheid, en kosten van de zuivering. Uit de duurzaamheidsanalyse blijkt dat de LCA score in dat geval beduidend positiever is dan de twee referenties. Uit de endpoint analyse blijkt namelijk dat een geoptimaliseerd energiesysteem bijvoorbeeld resulteert in een 5% betere score ten opzichte van de 100.000 i.e referentie.

Vanzelfsprekend heeft deze verschuiving in energiegebruik ook invloed op het kostenniveau. Dit kan niet in directe euro's worden uitgedrukt, omdat de investeringskosten voor deze optimalisaties (extra kosten of mogelijk besparingen) niet in beeld zijn gebracht.

Lettend op de prijswolatiliteit (Paragraaf 3.6) blijkt dat naar verwachting een verdubbeling van de capaciteit, een grote impact heeft op de kosten. Vanuit deze gedachte is het ook belangrijk om tot een maximaal efficiënt en innovatief systeem te komen, met tevens een hoge robuustheid en lage beheer- en onderhoudskosten.

4.2 PERSPECTIEVEN

De oorspronkelijke rapportage (STOWA 2014-38) bevat een uitgebreide uiteenzetting van de perspectieven voor een decentrale zuivering. Deze perspectieven richten zich op schaalgrootte (investeringen worden substantieel lager bij schaalverdubbeling), inpassing in bestaande gebieden om bestaande rwzi's te ontlasten, niches in situaties met relatief dure transportsystemen (lange persleidingen) of locaties waar warmte goed en voortdurend kan worden benut (ziekenhuizen, recreatie, parken, zwembaden. Ook wordt ingegaan op het terugwinnen van energie en grondstoffen en op het verwijderen van microverontreinigingen. De perspectieven voor toepassing worden met deze evaluatie bevestigd en versterkt.

4.2.1 KANSEN VOOR INPASSING EN KOSTEN VAN HET SYSTEEM.

De aanvullende monitoringperiode en de update van de deelonderzoeken, hebben nader licht geworpen op prestaties en kunnen van Waterschoon. De perspectieven als in 2014 geschetst, zijn onveranderd. Zo blijkt uit de aanvullende monitoringsstudie dat het decentrale systeem nog steeds duurder is dan een centraal systeem, en dat schaalvergroting leidt tot een verlaging van de kosten.

Daarnaast werd in 2014 geconcludeerd dat het aanpassen van bestaande infrastructuur voor een nieuw systeem niet aantrekkelijk lijkt. Daarentegen zijn er wel specifieke situaties waar het Waterschoon concept gedeeltelijk, of zelfs in zijn geheel, kan worden geïmplementeerd. Dit geldt in het bijzonder voor meer afgelegen gebieden die lastig aan te sluiten zijn op het centrale rioleringsnetwerk.

4.2.2 DECENTRALE SANITATIE FACILITEERT EEN GEFASEERDE BOUW

In 2014 is geconcludeerd dat het Waterschoon concept zich prima leent voor een gefaseerde bouw. Omdat de aanleg van het rioleringsstelsel simultaan met de bouw van nieuwbouwhuizen gaat, zullen de investering dus ook gefaseerd plaatsvinden. Kanttekening hierbij is wel dat de OLAND reactor, en de struvietreactor bij onderbelasting minder goed presteren.

4.2.3 DE ROL VAN DECENTRALE PROCESSEN IN DE ENERGIE- EN GRONDSTOFFENFABRIEK

Sinds 2014 is het 'energie- en grondstoffenthema' verder ontwikkeld, en anno 2018 speelt het een centrale rol in de 'waterschapswereld'. Binnen de transitieagenda 'Nederland Circulair 2050' hebben de waterschappen een centrale plaats met de productie van duurzame energie, en grondstoffen zoals bijvoorbeeld cellulose en struviet. Daarnaast zijn in de afgelopen jaren projecten uitgevoerd om de productie van bulk commodity's zoals biopolymeren zoals bioplastics, en 'Alginate Like Exopolymers' te produceren/extraheren uit afvalwater.

Decentrale waterzuivering volgens het Waterschoon proces sluit hier enerzijds naadloos op aan. Zo worden de vuilvrachten geconcentreerd aangevoerd naar de zuivering, waarmee productie van biogas en struviet efficiënt en vergaand plaats vindt. Het terugwinnen van grondstoffen is vanuit de circulaire gedachte logisch. Aandachtspunt is de toepassing van de teruggewonnen grondstoffen in de productieketen(s). Naarmate de schaal kleiner is, wordt de logistiek complexer en nemen de kosten toe. Toepassing van de teruggewonnen grondstoffen op lokaal niveau zou hier een antwoord op kunnen zijn.

4.2.4 HOOG GECONCENTREERDE VUILSTROMEN MAKEN VERWIJDERING VAN MICRO'S MAKKELIJKER

Een groot voordeel van de Waterschoon zuivering is dat de vuilvracht in een compacte stroom met hoge concentraties wordt aangeleverd, zonder verdunning van veel toilet- of hemelwater. Hiermee zijn ook de concentraties microverontreinigingen hoger. Dit biedt in potentie kansen om microverontreinigingen adequaat te verwijderen.

4.2.5 KLIMAATVERANDERING

In de oorspronkelijke rapportage (2014-38) was reeds benoemd dat door klimaatverandering warme zomers, en heviger regengebuien zullen optreden. Dit was geconcludeerd op basis van de 4 klimaatscenario's die zijn geschetst door het KNMI.

Anno 2018 blijkt dat het decentrale Waterschoon concept op deze heviger, en veranderende omstandigheden is voorbereid. Omdat het hemelwater is ontkoppeld van de grijs- en zwartwater aanvoer, vinden er namelijk geen piekbelastingen, en daaraan gekoppeld langdurige overstorten plaats. Bij wateroverlast of 'water op straat' is het betreffende water dus geen gemengd afvalwater, maar uitsluitend hemelwater.

4.2.6 EEN GOEDE ORGANISATIE IS EEN ESSENTIEEL INGREDIËNT VOOR SUCCES

Naast de hierboven genoemde perspectieven blijkt uit de aanvullende monitoring dat het systeem voor wat betreft energiehuishouding niet optimaal heeft gepresteerd. Dit is grotendeels het gevolg van calamiteiten en storingen, die niet altijd adequaat zijn opgelost, en van het gevoerde beheer. Uiteraard heeft dit invloed op de kosten en duurzaamheid. Met name de rolopvatting en afbakening van taken en verantwoordelijkheden van stakeholders (gemeente, waterschap, woningbouwstichting, onderhouds-contractor etc.) speelt hierbij een rol. In de experimentele setting van Waterschoon is dit onderdeel van de opgedane ervaring en onvermijdelijk bij het zoeken naar andere concepten van inzameling en verwerking van

afvalwater. Volwaardige aandacht voor de integrale prestaties van het systeem, met adequate interventies bij bedrijfsvoering en storingen, is een randvoorwaarde voor goede prestaties.

In de organisatie, realisatie en bedrijfsvoering van nieuwe concepten moet goed worden nagedacht over het verdelen van de verantwoordelijkheden en ook de invulling hiervan. Het verantwoordelijk maken van één stakeholder voor de integrale bedrijfsvoering, inclusief oplossen van storingen en calamiteiten verdient sterke aanbeveling.