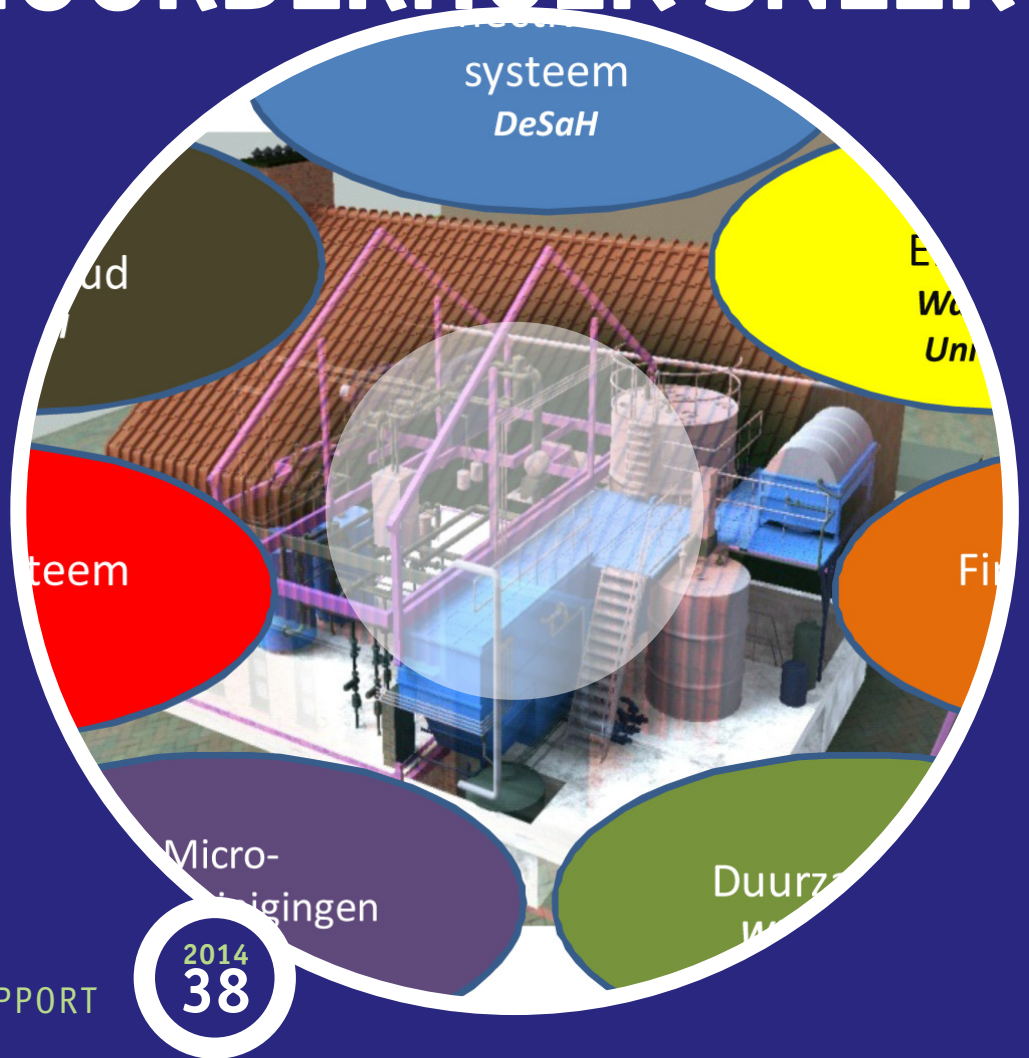


EVALUATIE NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK SNEEK



EVALUATIE NIEUWE SANITATIE
NOORDERHOEK SNEEK

RAPPORT

2014
38

ISBN 978.90.5773.656.8



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

PARTNERS WATERSCHOON



Woningstichting de Wieren is verantwoordelijk voor de projectontwikkeling van het gebied (bouw 232 woningen). Daarbij realiseert ze ook het NUTS-gebouw waarin het Waterschoon-systeem wordt geplaatst. Dit project past binnen de ambities van de Wieren om innovatieve systemen toe te passen die vervolgens op grotere schaal toegepast kunnen worden. Hiermee wil de Wieren een actieve bijdrage leveren aan een duurzame samenleving.



DeSaH BV is verantwoordelijk voor de projectcoördinatie, heeft het ontwerp van het complete zuiveringssysteem gemaakt en heeft gefaciliteerd in de subsidieaanvragen. Gedurende de looptijd van het project wordt het beheer en onderhoud door DeSaH bv uitgevoerd en wordt de wetenschappelijke evaluatie door DeSaH bv verzorgd. DeSaH bv is een jong en innovatief bedrijf met de focus op de ontwikkeling en realisatie van nieuwe duurzame sanitatieconcepten.



De gemeente Súdwest-Fryslân is eigenaar en beheerder van het vacuüm/rioolstelsel zoals dat in het openbare gebied is aangelegd. Het project Noorderhoek sluit aan bij de duurzaamheidsvisie van de gemeente Súdwest-Fryslân. De gemeente heeft de ambitie uitgesproken om Súdwest-Fryslân als proeftuin voor innovatieve projecten op de kaart te zetten. Het Waterschoon-systeem in de wijk Noorderhoek speelt in op deze ambitie. Hiermee draagt Súdwest-Fryslân op een belangrijke manier bij aan de ontwikkeling van nieuwe innovatieve en duurzame technologieën.



Wetterskip Fryslân houdt toezicht op de bouw en het beheer en levert een bijdrage aan het onderzoek van het Waterschoon-systeem in de wijk Noorderhoek. Wetterskip Fryslân wil met de deelname aan dit project innovatie en duurzaamheid bevorderen in de waterketen. Dit project biedt de mogelijkheid om ervaring op te doen en inzicht te krijgen in de kosten en het milieurendement. De ervaringen in Noorderhoek vormen daarmee een belangrijk afwegingskader voor de verdere toepassing van nieuwe sanitatie in het beheersgebied van Wetterskip Fryslân.



Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) vergaart, ontwikkelt en verspreidt kennis die nodig is om de opgaven waar waterbeheerders voor staan goed uit te voeren. Nieuwe Sanitatie is één van de onderzoeksthema's van de STOWA.

Mede mogelijk gemaakt door:



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2013-38
ISBN 978.90.5773.656.8

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

De zuivering van afvalwater wordt steeds efficiënter. Met minder energiegebruik, minder ruimtebeslag en lagere kosten wordt afvalwater steeds beter gezuiverd. Daarnaast is terugwinnen van grondstoffen een steeds belangrijker en reëler perspectief.

Toch vindt bijna alle innovatie op het gebied van afvalwaterzuivering plaats binnen hetzelfde concept van inzameling transport en behandeling van afvalwater. Hierbij worden relatief grote hoeveelheden water in veelal gemengd vrijverval systemen getransporteerd en aeroob behandeld op liefst grote schaal.

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 van de belangrijke grondstof fosfaat en het minimaliseren van drinkwatergebruik. Het decentrale systeem is in 2008 ontworpen voor ruim 550 inwoners.

Het project Waterschoon is aangelegd om de mogelijkheden van "nieuwe sanitatie" in woningen te doorgronden en de prestaties ervan te evalueren. Gedurende 2,5 jaar is het project gemonitord en bemonsterd, teneinde een goede basis te vormen voor een brede evaluatie.

Er is veel gediscussieerd en gewikt en gewogen over afbakening van systeemgrenzen en het "eerlijk" vergelijken met een conventionele inzameling en behandeling van afvalwater. Ook het perspectief op doorontwikkeling van deze pilot was hierbij een belangrijke vraag.

In dit rapport treft u de resultaten van het onderzoek aan. Wij hebben deze resultaten zo onafhankelijk mogelijk weergegeven. Toch zal er – ook na het lezen van dit rapport - veel te discussiëren over blijven. Niet alles was in droge getallen te vangen. Dit rapport is daarmee zeker niet het einde van de discussie. Het is goede weergave van de tussenstand en een stevig vertrekpunt voor verder werk en discussie.

Naar onze indruk geeft dit rapport meer dan voldoende basis voor verder onderzoek en perspectief op doorontwikkeling van het concept. De komende jaren is STOWA voornemens verder onderzoek doen naar de prestaties van dit nieuwe systeem. De unieke pilot die in Sneek Noorderhoek is gerealiseerd met inspanning van alle partners, heeft nu al veel kennis opgeleverd en zal dat de komende jaren naar verwachting blijven doen.

Oktober 2014

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 onderzoekslijnen 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 van 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 SNEEK

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	PROJECT WATERSCHOON – DOELSTELLINGEN, OPZET EN INRICHTING	3
2.1	Woningbouwproject Noorderhoek	3
2.2	Waterschoon, overzicht van het concept	3
2.3	Onderdelen van het inzamel- en verwerkingsstelsel	5
	2.3.1 Vacuümsysteem voor zwartwater en GF	5
	2.3.2 Anaërobe vergisting van zwartwater en GF	5
	2.3.3 Biologische stikstofverwijdering uit zwartwater en GF	5
	2.3.4 Chemische fosfaat- en stikstofverwijdering uit zwartwater en GF	5
	2.3.5 Zuivering van grijswater	6
2.4	Onderdelen van het energiesysteem	6
2.5	Doelstellingen van het onderzoek	7
2.6	Aanpak van het onderzoek	7
	2.6.1 Deelonderzoeken	7
	2.6.2 Referentiestelsel	8
	2.6.3 Vergelijking en functionele eenheid	9
	2.6.4 Rapportages	9

3	ONDERZOEKSRESULTATEN	11
3.1	Effectiviteit van het systeem	11
3.2	Beheer en onderhoud	13
3.3	Bewonersonderzoek	15
3.4	Energiesysteem	16
3.5	Duurzaamheid	18
3.6	Financieel Economische Analyse	21
4	CONCLUSIES, LEERPUNTEN EN PERSPECTIEVEN	24
4.1	Conclusies	24
4.2	Leerpunten	26
4.3	Perspectieven	27
	4.3.1 Schaalgrootte	27
	4.3.2 Groene weide situaties of aansluiten op bestaande infrastructuur?	28
	4.3.3 Gefaseerde bouw	28
	4.3.4 Energiefabriek	29
	4.3.5 Grondstoffenfabriek	29
	4.3.6 Microverontreinigingen	29
	4.3.7 Klimaatverandering	29
4.4	Nut van vervolgonderzoek	30
4.5	Richting en omvang van vervolgonderzoek	30
	BIJLAGEN	
1	ONDERZOEKERS DEELSTUDIES	32
2	GEÏDENTIFICEERDE EN DOORGEREKENDE OPTIMALISATIES	33

1

INLEIDING

In de wijk Noorderhoek, 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 van de belangrijke grondstof fosfaat en het minimaliseren van drinkwatergebruik. Het decentrale systeem is in 2008 ontworpen voor ruim 550 inwoners.¹

Het project Waterschoon is aangelegd om de mogelijkheden van Nieuwe Sanitatie in woningen te doorgronden en de prestaties ervan te evalueren. Gedurende 2,5 jaar is het project gemonitord en bemonsterd, teneinde een goede basis te vormen voor zes deelonderzoeken. Bij de start van het project is bovendien een bewonersonderzoek uitgevoerd, waarin de ervaringen van de gebruikers zijn geïnventariseerd.

Drie kerndoelen zijn geformuleerd bij aanvang van de onderzoeken:

- evalueer de prestaties van Waterschoon op de punten:
 - energie;
 - verwijdering en/of terugwinning van nutriënten;
 - effluentkwaliteit;
- genereer inzicht in de technische en financiële toepasbaarheid van het concept;
- bepaal hoe het concept kan worden geoptimaliseerd door opschaling, vereenvoudiging en/of verbetering.

De resultaten van de onderzoeken zijn vastgelegd in uitgebreide deelrapporten. Voor u ligt het samenvattende eindrapport dat kort de kaders van Waterschoon presenteert. Daarin wordt allereerst het project Waterschoon nader toegelicht. Vervolgens worden de resultaten van de zes deelonderzoeken samengevat en op hoofdlijnen gepresenteerd. En tot slot komen de leerpunten, en minstens zo belangrijk, perspectieven van het concept Waterschoon.

De volledige rapportages van de deelonderzoeken zijn afzonderlijk beschikbaar. Deze kunnen worden geraadpleegd voor nadere informatie over de deelonderzoeken, de onderzoeksaanpak, uitwerkingen en meer gedetailleerde conclusies.

¹ Initiatiefnemers van dit innovatieve concept zijn Woningstichting de Wieren, gemeente Súd-West Fryslân, Wetterskip Fryslân en DeSaH. Het voorliggende onderzoek is daarnaast ondersteund door STOWA.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 gaat nader in op Waterschoon en op de opzet van de deelonderzoeken. Toegelicht wordt via welke stappen de meetwaarden van Waterschoon zijn gebruikt om uitspraken te doen over verwacht toekomstig functioneren en hoe de resultaten in perspectief zijn gezet met een (conventioneel) referentiestelsel.

Hoofdstuk 3 presenteert in het kort de belangrijkste conclusies uit de zes deelonderzoeken. Voor nadere verdieping wordt verwezen naar de afzonderlijke deelrapportage.

Hoofdstuk 4 tot slot, geeft conclusies, leerpunten en perspectieven tond de toepassing van het concept Waterschoon.

2

PROJECT WATERSCHOON – DOELSTELLINGEN, OPZET EN INRICHTING

2.1 WONINGBOUWPROJECT NOORDERHOEK

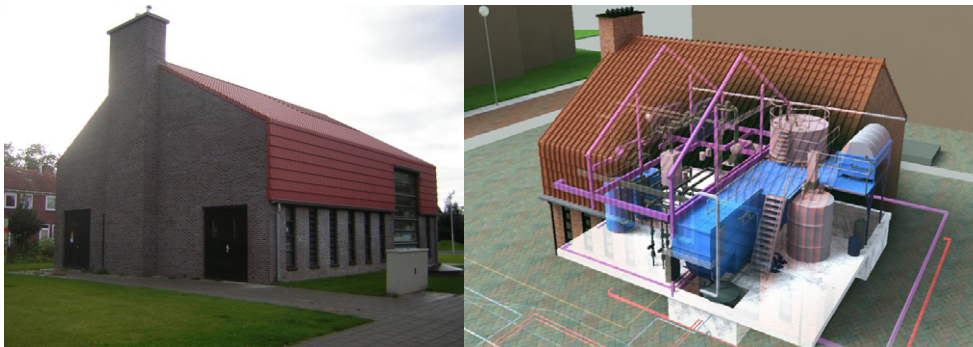
In woningbouwproject Noorderhoek in Sneek worden 282 woningen gesloopt en 232 woningen weer teruggebouwd gedurende een periode van tien jaar. Deze woningen worden allemaal aangesloten op het Waterschoon-systeem.

In 2011 zijn 62 wooneenheden (met circa 79 inwoners) in gebruik genomen, die vanaf dat moment hun waterstromen en GF-afval naar Waterschoon afvoeren.

Door de stagnatie op woningmarkt is de nieuwbouwechter ver achtergebleven bij de prognoses. De huidige bouwprognoses omvatten voor de periode 2014-2016 respectievelijk 44, 56 en 35 woningen. Het spreekt voor zich dat ook de afvalwateraanvoer is achtergebleven bij de prognoses. In de periode tot eind 2016 zal het aantal aangesloten personen toenemen van 79 tot circa 400.

2.2 WATERSCHOON, OVERZICHT VAN HET CONCEPT

Ieder huishouden produceert verschillende soorten afval, waaronder huishoudelijk afvalwater, toiletwater en groente- en fruitafval. Gewoonlijk stromen huishoudelijke afvalwater en toiletwater via het riool naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi), waar het wordt schoongemaakt. Het gezuiverde water komt vervolgens in het oppervlaktewater terecht.



Organisch afval wordt normaliter in de groene container gedeponneerd en afgevoerd. Bij Waterschoon werkt dit anders; hier wordt organisch afval samen met toiletwater (zwartwater) ingezameld via een vacuümsysteem. Het huishoudelijke afvalwater (grijswater) wordt gescheiden ingezameld. De zwartwater- en de grijswaterstroom worden apart van elkaar schoongemaakt in een lokale zuiveringsinstallatie en vervolgens geloosd op nabijgelegen oppervlaktewater¹.

¹ In verband met het experimentele karakter is het systeem ook aangesloten op de riolering. Deze aansluiting kan gebruikt worden als niet aan de lozingseisen kan worden voldaan.

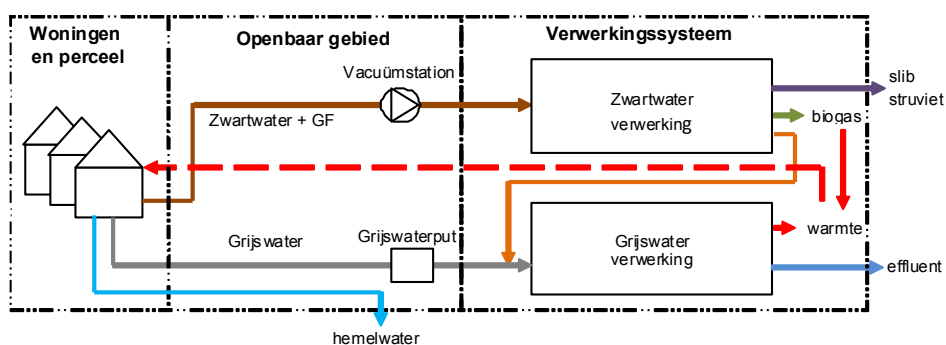
Het hemelwater in Noorderhoek wordt onbehandeld op lokaal oppervlaktewater geloosd.

Naast waterzuivering is een belangrijke functie het terugwinnen van energie uit de waterstromen in de vorm van biogas en warmte. Deze energie wordt gebruikt voor het verwarmen van de woningen. Ook wordt fosfaat teruggewonnen in de vorm van struviet, een soort kunstmest. De zuiveringsinstallatie staat in een nutsgebouw in de wijk.

Samengevat bestaat Waterschoon uit de volgende onderdelen:

- volledig zuiveren van de zwartwater (toilet) en grijswater (huishoudelijk) stromen;
- verwerken van groente- en fruitafval;
- biogasproductie uit zwartwater en GF-afval;
- warmte terugwinning uit grijswater;
- gebruik vrijgekomen energie in de vorm van warmte in woningen;
- produceren van een kunstmestvervanger (struviet).

Onderstaand schema geeft de stof- en energiestromen weer.



BIOGASPRODUCTIE

Het zwartwater en GF-afval komt terecht in de vergistingsinstallatie in het nutsgebouw. Bij vergisting komt biogas vrij dat deels wordt gebruikt voor de verwarming van de woningen en het tapwater in de wijk.

WARMTETERUGWINNING

Het grijswater, onder andere afkomstig van de wasmachine, vaatwasser, bad en douche, is - ook na transport in de riolering - nog relatief warm. Deze warmte wordt benut voor wijkverwarming.

ENERGIE- EN WATERBESPARING

Vacuümriolering vraagt energie, maar door de lokale behandeling in de wijk hoeft het afvalwater niet meer naar een centrale rioolwaterzuiveringsinstallatie te worden getransporteerd. Zo wordt bespaard op pompenergie voor het rioolemaal.

Vacuümtoiletten gebruiken per spoelbeurt één tot twee liter water, tegen al gauw 7 liter voor een conventioneel toilet. Dit resulteert in een waterbesparing van ongeveer 30 liter per persoon per dag.

2.3 ONDERDELEN VAN HET INZAMEL- EN VERWERKINGSSYSTEEM

2.3.1 VACUÛMSYSTEEM VOOR ZWARTWATER EN GF

Het zwartwater en GF wordt ingezameld en getransporteerd via een vacuümsysteem, dat bestaat uit vacuümtoiletten, een vacuümstation en vacuümleidingen. In het (afvoer)leidingstelsel wordt een onderdruk (0,5 – 0,6 bar) in stand gehouden. Door het openen van een klep in het vacuümtoilet of in de GF spoelbak wordt de inhoud ervan het systeem ingezogen. Hierbij wordt een geringe hoeveelheid spoelwater verbruikt.

Vacuümtoiletten worden al langer op grote schaal toegepast in onder meer vliegtuigen en schepen en er zijn meerdere toepassingen in treinen en gebouwen.

Het vacuümtoiletsysteem heeft de volgende voordelen ten opzichte van conventionele spoeltoiletten en riolering:

waterbesparing; door het lage watergebruik tijdens de spoeling wordt niet alleen water bespaard, ook blijft de vervuiling geconcentreerd. Dit is wenselijk voor de goede verwerking van zwartwater en GF in een anaërobe vergister;

ruimtebesparing; de volumes spoelwater met ontlasting en GF zijn minder groot waardoor leidingwerk met een kleinere buisdiameter kan worden gebruikt. Wel is een dubbel systeem nodig (een voor zwart water/GF en een voor grijs water);

flexibel transport; het transport is niet gebonden aan de zwaartekracht. Daardoor is er meer vrijheid in het leidingverloop en dus in de positie van het toilet/WC-ruimte in de woning.

2.3.2 ANAËROBE VERGISTING VAN ZWARTWATER EN GF

Anaërobe vergisting is een biologisch proces waarbij onder zuurstofloze omstandigheden voornamelijk organisch materiaal wordt omgezet in biogas, waarvan 60-70 % methaan is. Zwartwater bevat naast organisch materiaal stikstof- en fosfaatverbindingen. Deze worden respectievelijk omgezet in opgelost ammonium en opgelost fosfaat. Een deel hiervan zal neerslaan met calcium, magnesium en ijzer. In Waterschoon wordt zwart water en GF vergist in een Upflow Anaerobic Sludge Bed reactor (UASB). De efficiëntie van het gistingproces hangt onder meer samen met verblijftijd, temperatuur, zuurgraad, toxiciteit en van concentraties en samenstelling van het aangevoerde zwartwater en GF. Bij lage temperaturen verloopt het proces langzamer, en zijn langere verblijftijden en dus grotere reactoren nodig.

2.3.3 BIOLOGISCHE STIKSTOFVERWIJDERING UIT ZWARTWATER EN GF

Stikstof wordt verwijderd met het OLAND-proces (Oxygen Limited Autotrophic Nitrification Denitrification). Dit biologische proces verwijdert hoge concentraties ammonium uit stromen met een lage concentraties organische stof. Een combinatie van aërobe en anaërobe bacteriën zet ammonium en nitriet direct om in onschadelijk stikstofgas, dat wordt afgevoerd naar de lucht.

2.3.4 CHEMISCHE FOSFAAT- EN STIKSTOFVERWIJDERING UIT ZWARTWATER EN GF

De meststof fosfaat wordt teruggewonnen. Door een magnesiumzout toe te voegen aan de waterstroom ontstaat struviet (magnesium-ammonium-fosfaat), dat als kristallen neerslaat. Voor deze reactie is ook ammonium nodig. Bij een goed werkende OLAND reactor kan hieraan een tekort ontstaan. In dat geval kan kalium de plaats innemen van ammonium en ontstaat eveneens een bruikbare meststof.

2.3.5 ZUIVERING VAN GRIJSWATER

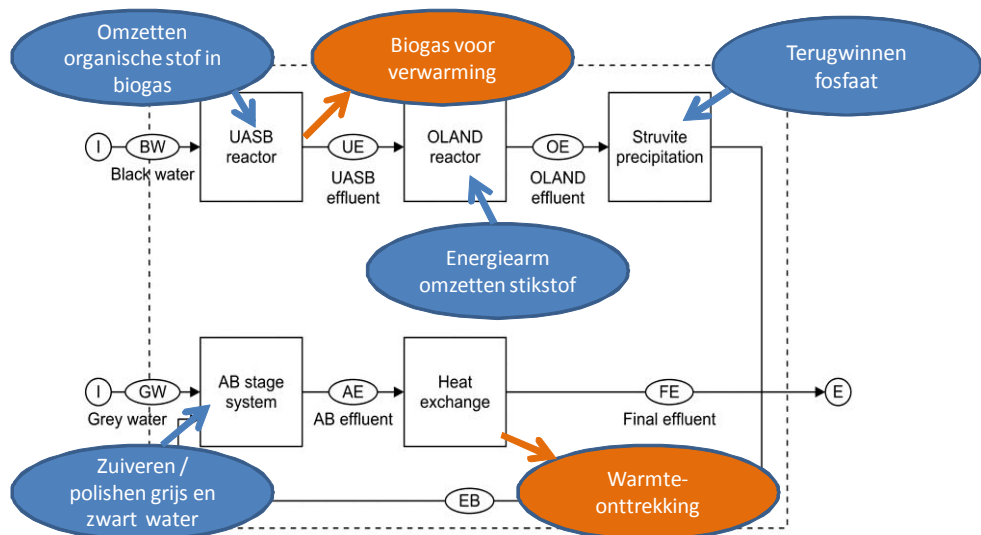
Grijswater wordt in twee stappen gezuiverd met een biologisch aëroob proces. De eerste stap, de hoogbelaste A-trap, adsorbeert colloïdaal, zwevend en in enige mate opgelost materiaal aan slibvlokken. De tweede stap, de laagbelaste B-trap, verwijdert onder inblazen van lucht (zuurstof) het resterende organische materiaal en zet ammonium om naar (hoofdzakelijk) nitraat.

2.4 ONDERDELEN VAN HET ENERGIESYSTEEM

Het zuiveringssysteem levert twee potentiële energiebronnen: het biogas en het vaak warme grijswater. Om deze energie in de vorm van warmte effectief te benutten zijn in de woningen warmtenetten aangelegd: één met hoge temperatuur, voor onder meer warm tapwater, en één met lage-temperatuur voor ruimteverwarming.

Het biogas wordt verstoekt in een CV-ketel waarbij energie wordt geleverd aan het hoge-temperatuursysteem.

De warmte uit het grijswater wordt teruggewonnen met een warmtewisselaar die dient als warmtebron voor een elektrisch aangedreven warmtepomp. Deze pomp voorziet het net van warmte van 45°C. Uit grijswater kan voldoende warmte worden gehaald voor de zomerperiode. In de winterperiode wordt aanvullend een bodembron gebruikt als warmteleverancier.



2.5 DOELSTELLINGEN VAN HET ONDERZOEK

Met Waterschoon is een uniek project op praktisch schaal gerealiseerd dat nog steeds in ontwikkeling is. Omdat het een innovatieve inrichting van de afvalwaterketen betreft, hebben de initiatiefnemers ervoor gekozen via grondig onderzoek en evaluatie de prestaties te onderzoeken. Daarvoor zijn drie doelen geformuleerd:

EVALUEER DE PRESTATIES VAN WATERSCHOON OP DE PUNTEN:

- energie;
- verwijdering en/of terugwinning van nutriënten;
- effluentkwaliteit;
- genereer inzicht in de technische en financiële toepasbaarheid van het concept;
- bepaal hoe het concept kan worden geoptimaliseerd door opschaling, vereenvoudiging en/of verbetering.

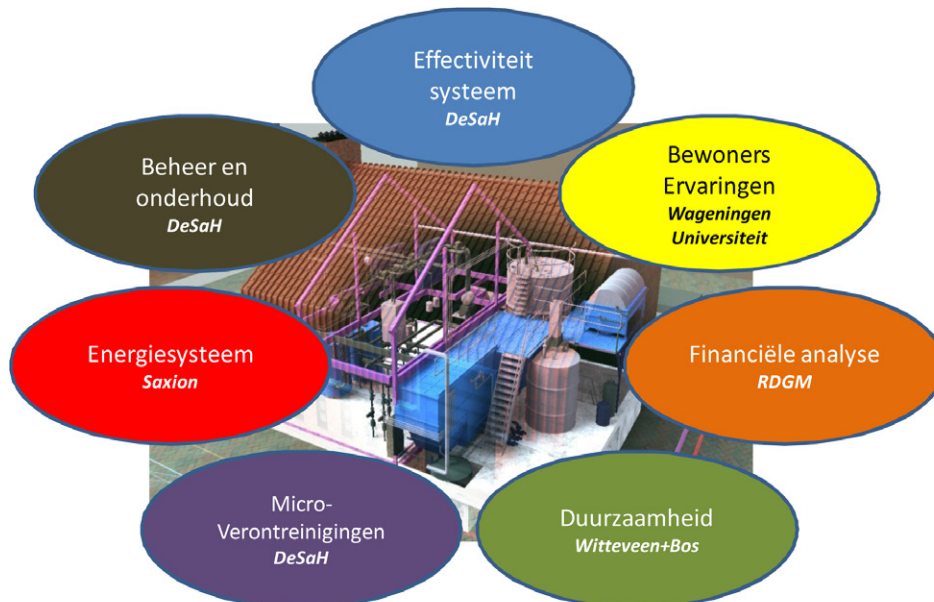
2.6 AANPAK VAN HET ONDERZOEK

Waterschoon is gedurende 2,5 jaar geobserveerd, bemonsterd en geanalyseerd. Logboeken zijn bijgehouden over onder meer het functioneren, presteren, bedrijfsvoering, onderhoud en storingen. Daarnaast is een intensief bemonsterings- en analyseprogramma doorlopen en is de bedrijfsvoering tussentijds verbeterd.

Het onderzoek is opgezet in de vorm van zeven zelfstandige deelonderzoeken waarover centraal wordt gerapporteerd.

2.6.1 DEELONDERZOEKEN

In zeven deelonderzoeken wordt het totale functioneren van het Waterschoon systeem doorgelicht. De deelonderzoeken zijn opgesteld en uitgevoerd door verschillende organisaties (in afbeelding cursief).



Tijdens de uitvoering van de onderzoeken hebben de onderzoekers onderling afstemming gezocht en gebruik gemaakt van elkaars resultaten. Daarnaast hebben zij afgestemd met externe experts ten behoeve van kwaliteitsborging.

Vijf van de zeven deelonderzoeken zijn uitgevoerd in de periode 2012-2014. Het onderzoek 'Bewonerservaringen' is in 2012 uitgevoerd, vlak nadat het systeem in gebruik is genomen. Op basis van de toen gerapporteerde gebruikerservaringen is het inzamelsysteem op enkele punten gewijzigd. Omdat sindsdien geen grote wijzigingen hebben plaatsgevonden, is geen aanvullend bewonersonderzoek uitgevoerd. Het onderzoek naar microverontreinigingen is beperkt tot het verrichten van analyses in in- en effluent van elke zuiveringsstap. Een beknopte evaluatie hiervan is opgenomen in de rapportage 'Effectiviteit systeem'.

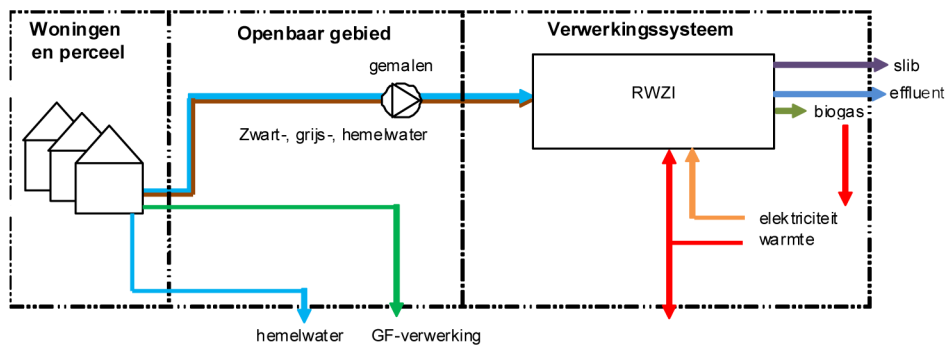
De rapportages van de deelonderzoeken maken integraal deel uit van STOWA rapport 2014.39 Voor verdieping van onderzoeksopdrachten, context en resultaten wordt naar dat rapport verwezen.

2.6.2 REFERENTIESTELSEL

Het onderzoek is gericht op het evalueren van de prestaties van Waterschoon, op de toepasbaarheid en op mogelijkheden voor optimalisatie en verbetering. Aanvullend is de wens ontstaan om deze prestaties in een perspectief te plaatsen, door te vergelijken met een referentiestelsel. Gekozen is voor een referentiestelsel dat bestaat uit de riolering en afvalwaterbehandeling van een stad van 100.000 inwoners.¹

Onderstaand schema geeft dit referentiestelsel weer. Het inzamelsysteem bestaat grotendeels uit een gemengd/verbeterd gescheiden stelsel, drukriolering in het buitengebied en persleidingen van grotere gemalen naar de rwzi.

Hemelwater wordt voor een groot deel naar de rwzi afgevoerd en voor een deel afgekoppeld.



De RWZI bestaat uit voorbezinking en een actief-slibstelsel met vergaande verwijdering van nutriënten. Het slib wordt vergist, het geproduceerde biogas wordt omgezet in elektriciteit en warmte. Alleen de warmte die het proces zelf nodig heeft, wordt effectief benut. Het groente- en fruitafval wordt samen met tuinafval via groene containers afgevoerd en gecomposteerd.

1 Data zijn ontleend aan het rioolstelsel en de rwzi in de gemeente Deventer. Dit systeem voldoet aan de randvoorwaarden, en hiervan zijn veel gegevens voorhanden. Voor de materialenstaat van de rwzi zijn gegevens van rwzi Foxhol gebruikt. De gegevens zijn genormaliseerd naar 100.000 inwoners. Voor de afvalwaterbehandeling is gesteld dat 1 v.e. gelijk is aan 1 inwoner.

2.6.3 VERGELIJKING EN FUNCTIONELE EENHEID

Om de resultaten van Waterschoon goed te kunnen vergelijken met het referentiestelsel zijn alle gegevens teruggerekend naar één functionele eenheid. Gekozen is voor de functionele eenheid 'per persoon per jaar'.

De gemeten waarden en prestaties van Waterschoon kunnen niet rechtstreeks worden vergeleken met het referentiestelsel. Door de achterblijvende woningbouw in Noorderhoek is veel minder afvalwater en GF verwerkt dan het systeem aan zou kunnen. Dit heeft onbedoelde gevolgen:

- de meetwaarden komen uit een onderbelast systeem, dat daardoor op onderdelen beter of juist slechter presteert dan een volbelast systeem;
- de resultaten rechtstreeks delen door het (lage) aantal aangesloten inwoners resulteert bij voorbaat in niet realistische waarden (bijvoorbeeld energiegebruik of kosten per aangesloten persoon per jaar).

Het is dus nodig om een betere vergelijkingsbasis te ontwikkelen. Deze is verkregen doordat de onderzoekers op basis van expert-judgement de gemeten prestaties van het onderbelaste systeem hebben vertaald naar verwachte prestaties bij een volbelast systeem. Deze vertaling is in vier stappen gemaakt:

- op basis van de meetwaarden is geconcludeerd dat de Waterschoonconfiguratie een vuillast van 1.200 personen kan behandelen. Het duurzaamheidsonderzoek, energieanalyse en de financiële analyse zijn daarom gebaseerd op deze capaciteit;
- vervolgens zijn verwachtingen uitgesproken over de zuiveringsprestaties van de installatie bij een daadwerkelijke belasting door 1.200 personen;
- met deze correcties op de meetwaarden zijn de kenmerken van Waterschoon herijkt;
- tot slot hebben de deelonderzoeken in beeld gebracht waar systeemverbeteringen kunnen worden bereikt in een volgende project ¹. Deze potentiële verbeteringen voor een systeem van 1.200 inwoners zijn de basis voor de vergelijking met het referentiestelsel gemaakt (in tabellen aangegeven als 'Waterschoon geoptimaliseerd').

2.6.4 RAPPORTAGES

De resultaten van de deelonderzoeken zijn vastgelegd in afzonderlijke onderzoeksrapporten die integraal in STOWA rapport 2014.39 zijn opgenomen. De verantwoordelijkheid voor inhoud en kwaliteit van de deelrapporten rust bij de onderzoekers, die waar nodig gebruik hebben gemaakt van een klankbord- of expertisegroep voor reflectie en kwaliteitsborging.

¹ Zie bijlage 2. De effecten van de voorgestelde optimalisaties zijn op hoofdeffecten ingeschat en verwerkt in de deelonderzoeken. Niet alle parameters behoeven herijking, omdat zij meebewegen met de daadwerkelijke belasting (bijvoorbeeld: het chemicaliëngebruik blijft per aangesloten bewoner gelijk). Voor deze parameters zijn de gemeten waarden gehanteerd.

VERGELIJKING WATERSCHOON EN HET REFERENTIESTELSEL - METINGEN, VERWACHTINGEN EN EXTRAPOLATIE

Waterschoon is een uniek concept: type riolering, type zuivering, schaalgrootte, geïntegreerde verwerking van GF, geïntegreerde energievoorziening voor de woningen. Bovendien is er sprake van een opstartperiode met een lagere belasting dan de ontwerpbelasting, en ook nog door een niet representatieve bevolkingsgroep.

Het is niet eenvoudig om een eenduidige vergelijking te maken met een referentiestelsel. Immers, in de keuze en afbakening van de referentie spelen mee type aanvoerstelsel (wel/geen hemelwater), grootte van het referentiesysteem, type technologie, alternatieven voor GF-verwerking (composteren, vergisten, verbranden), energievoorziening van de woningen en dergelijke.

Elk van de genoemde onderdelen heeft invloed op de directe vergelijking. In het kort kan de uitwerking als volgt zijn:

- hemelwaterafvoer: de referentie voert deels hemelwater aan naar de rwzi. Dit heeft invloed op kosten en op concentraties, maar ook op het behandelen van first flush water (in plaats van directe lozing op oppervlaktewater) enerzijds en het optreden van overstorten (gemengde stelsels) anderzijds;
- grootte van de referentie: de relatieve kosten nemen af bij toenemende schaalgrootte. De schaalgrootte heeft daarmee direct gevolg voor de vergelijking op kosten;
- type technologie: de keuze voor het type technologie heeft invloed op de energiehuishouding (en vergelijking) en op duurzaamheidsanalyse. Er is bovendien een relatie tussen schaalgrootte en technologiekeuze;
- GF-verwerking: in de referentie is gekozen voor compostering van GF als referentie. Keuzes voor vergisting of verbranding van GF beïnvloeden de energiebalans;
- de onderbelasting van Waterschoon vraagt correctie op (maximale) prestaties en rendementen. Het resultaat is dat meer het perspectief van het concept Waterschoon vergeleken wordt met de referentie dan het huidige functioneren.

Het spreekt voor zich dat de resultaten van de vergelijking in het perspectief van deze keuzes gezien moeten worden, daardoor ook niet absoluut zijn, en in andere afbakeningen zullen variëren. Niettemin zijn de keuzes voor systeemafbakeningen en extrapolaties van resultaten gemaakt op basis van best practices en expert kennis, en daarmee richtinggevend.

In dit rapport wordt bij elke tabel aangegeven of de gepresenteerde waarden direct gemeten zijn in het onderzoek, of dat het geëxtrapolerde/berekende waarden zijn waarmee de vergelijking tussen het geoptimaliseerde Waterschoon en het referentiestelsel wordt gemaakt.

3

ONDERZOEKSRESULTATEN

3.1 EFFECTIVITEIT VAN HET SYSTEEM

WATERVERBRUIK

Door gebruik van het vacuümsysteem voor zwartwater en GF wordt circa 25 % water bespaard (90 liter i.p.v. 120 liter pppd¹). Het gemeten watergebruik is overigens anders dan vooraf ingeschat: de zwartwaterproductie is gemiddeld bijna 5 liter pppd hoger, waarschijnlijk doordat bij de voedselvermaler meer spoelwater gebruikt wordt dan strikt nodig is. De grijswaterproductie daarentegen is lager dan verwacht, wat mogelijk samenhangt met het type bewoning (zorgcomplex en complex voor ouderen).

ZUIVERINGSPRESTATIES

De prestaties zijn samengevat weergegeven in tabel 3.1. In de kolom Waterschoon (79 i.e.) staan de *gemeten waarden*. Daarnaast bevat de tabel *verwachte en berekende waarden* bij een volle belasting met 1.200 i.e. en de prestaties van het referentiesysteem.

TABEL 3.1 BELASTING EN EMISSIES WATERSCHOON EN REFERENTIE (MEETWAARDEN)

Parameter	Eenheid	Waterschoon [#] (79 i.e.)	Waterschoon [@] (1.200 i.e.)	referentie [#]
Debiet	l.d ⁻¹ .ie ⁻¹	86	82	194*
Influent				
CZV _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	174,8	174,8	106,7
N _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	15,3	15,3	9,5
P _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	2,5	2,5	1,4
Effluent				
CZV _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	4,9	4,9	6,7
N _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	0,6	0,6	2,1
P _t	g.d ⁻¹ .ie ⁻¹	1,2	0,1	0,3
Verwijderingsrendement				
CZV _t	%	97	97	94
N _t	%	96	96	79
P _t	%	53	95	77
Biogasproductie	m ³ CH ₄ .ie ⁻¹ .j ⁻¹	13,8	12,2	6,1
Slibproductie	kg ds.ie ⁻¹ .j ⁻¹	4,2**	9,2	16,7
Gebruik metaal(Me)zout ⁺	mol Me.ie ⁻¹ .j ⁻¹	4,0	18,0	5,6

[#] Daadwerkelijke meetwaarden aan Waterschoon respectievelijk rwzi Deventer;

[@] Verwachte waarden bij volle belasting op basis van extrapolatie en expert judgement;

* inclusief regenwater - bij DWA nominaal ca 120 lpppd;

** zonder grijswaterslib. Door onderbelasting van het systeem is nagenoeg geen slib geproduceerd in het grijswatersysteem.

⁺ Waterschoon gebruikt magnesiumzout, de referentie ijzerzout

1 pppd = per person per dag

De tabel toont de belasting en restemissies in grammen per inwoner per dag. Bij de interpretatie ervan moet rekening worden gehouden met de volgende kenmerken van Waterschoon:

- Waterschoon verwerkt naast afvalwater ook GF-afval. Restemissies gelijk aan die van de referentie (in grammen pppd) betekenen daarom een hoger zuiveringsrendement;
- restemissies uit Waterschoonsystemen worden in de regel op kleinere en lokale oppervlaktewateren geloosd in of nabij woonwijken, dit in tegenstelling tot effluent van de referentie. Er kunnen geen algemene uitspraken worden gedaan over de mate waarin de restemissies van bijvoorbeeld nutriënten en pathogenen acceptabel zijn voor het ontvangende oppervlaktewater. Locatiespecifieke kenmerken als grootte, aard en context van het ontvangende oppervlaktewater en de omvang van de emissie zijn daarin leidend.

Geconcludeerd wordt dat zwartwater, inclusief GF-afval, en grijswater uitstekend decentraal gezuiverd kunnen worden. Het effluent voldoet voor organische stof (CZV₁) en stikstof (N_t) aan de wettelijke lozings-eisen. Het zuiveringsrendement voor organische stof is 97 %. Tijdens de gisting wordt 78 % van de organische stof omgezet naar biogas en 7 % naar slib.

NUTRIËNTENVERWIJDERING

Stikstof wordt nu voor 96 % verwijderd, waardoor het effluent circa 7 mg N_t l⁻¹ bevat.

De verwijdering van fosfor is, met 53 %, beperkt. De verwijdering in het zwartwatersysteem is hoog, maar het rendement van het grijswatersysteem laag. Dit wordt toegeschreven aan de geringe productie van slib in het grijswatersysteem, veroorzaakt door de lage belasting van het systeem. Hierdoor wordt de opname van fosfaat in slib verminderd.

Bij volledige belasting van het systeem wordt deze beperkende oorzaak weggenomen en neemt de fosfaatverwijdering toe.

Op dit moment wordt 35 % van het aangevoerde fosfor effectief als struviet vastgelegd (56% van het fosfor in het zwartwatersysteem).

VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN

Een aantal malen zijn monsters genomen om een indicatie te krijgen van de verwijdering van medicijnen in het zwartwater en grijswatersysteem. Van de 8 stoffen die gemeten zijn in het zwartwatersysteem worden er 5 met zeer hoog rendement verwijderd (>95-99,9%), 1 met hoog rendement (87%) en twee met lagere rendementen (respectievelijk 68 en 16%). Deze rendementen zijn in het algemeen significant hoger dan verwijdering in rwzi's¹. Dit is conform verwachting gezien de anaërobe afbraakroute in Waterschoon tegen een aërobe route in rwzi's. In het grijswater zijn 12 andere stoffen gemeten. Daarvan worden er 7 voor meer dan 95% verwijderd, 4 stoffen tussen 65 en 82% en een stof geheel niet. Door het ontbreken van referentiegegevens kon een vergelijking met de prestaties in een rwzi voor deze stoffen niet worden gemaakt.

De concentraties aan microverontreinigingen in Waterschooninfluent zijn hoger dan bij de referentie. Dit is het gecombineerde gevolg van een lager waterverbruik en mogelijk een hoger medicijngebruik door de a-typische bewonersgroep.

1 Bron: Watson database, www.emissieregistratie.nl

BIOGAS

Waterschoon levert bij volle belasting ruim twee keer zo veel biogas per inwoner als de referentie (12,2 tegen 6,1 m³ methaan per inwoner per jaar). Dat is om twee redenen logisch. In Waterschoon wordt ook groente- en fruitafval vergist en ook wordt het zwarte water direct in een UASB reactor verwerkt.

Waarschijnlijk zal de biogasproductie bij een volledige belasting van het systeem met 1.200 inwoners nog toenemen als er meer grijswaterslib wordt vergist.

SLIBPRODUCTIE

De slibproductie van het systeem, gemeten in de proefperiode, is zeer laag en bedraagt slechts 4,2 kg ds per inwoner per jaar (referentie: 16,7 kg ds per inwoner per jaar). Door de onderbelasting is de gemeten waarde niet representatief. Berekend is dat de slibproductie bij volledige belasting circa 9,2 kg ds per inwoner per jaar zal bedragen.

SLIBKWALITEIT

Het slib van Waterschoon bevat lagere zware-metaalconcentraties dan het slib van de referentie (tabel 3.2). Toch kan het niet worden afgezet in de landbouw, omdat de concentraties voor zink en koper hoger zijn dan de meststoffenwet toestaat.¹

TABEL 3.2 ZWARE METALEN IN SLIB EN NORMEN VOLGENS DE MESTSTOFFENWET (MG/KG DS)

Parameter	Meststoffenwet	Waterschoon	referentie
		UASB	
As	15	5,7	16,0
Cd	1,25	0,8	1,3
Cr	75	16	37
Cu	75	268	400
Hg	0,75	0,6	1,0
Ni	30	16	28
Pb	100	43	127
Zn	300	975	1.096

Metingen aan Waterschoon (alleen zwartwater slib) respectievelijk rwzi Deventer;

3.2 BEHEER EN ONDERHOUD

ORGANISATIE

Het beheer en onderhoud van Waterschoon is in handen van drie partijen: Woningstichting de Wieren beheert installaties binnen de woning en de perceelgrens, gemeente Súdwest Fryslân beheert de installatie in openbaar terrein en DeSaH beheert e verwerkingsinstallatie. In de praktijk hebben de woningstichting en de gemeente de activiteiten uitbesteed aan derden.

Bij de ingebruikname van het project heeft zich een aantal storingen voorgedaan, die voortkomen uit fouten bij de aanleg. Na correctie daarvan draait het systeem nagenoeg feilloos.

1 Overigens: qua zware metalen is UASB slib schoner dan koemest, die wel is toegestaan voor bemesting

De opgedane ervaringen leiden in elk geval tot de volgende aanbevelingen:

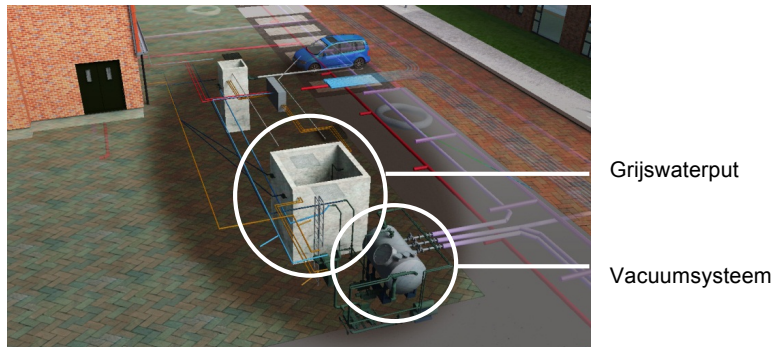
- goede informatievoorziening voor (toekomstige) bewoners is essentieel voor het verkrijgen van draagvlak en voor correct gebruik van het vacuümtoilet en de voedselvermaler. Voorlichtingsbijeenkomsten spelen hierin een belangrijke rol;
- het leegzuigen van het vacuümtoilet gaat snel en krachtig. Als voorwerpen worden meegezogen die per ongeluk in de toiletpot zijn gevallen, kan dat resulteren in verstoppingen in het leidingstelsel en/of problemen in het zuiveringssysteem. Dit heeft zich overigens niet voorgedaan;
- het leegzuigen van het toilet maakt kortstondig geluid, dat harder is dan het doorspoelen van een conventioneel spoeltoilet. Om het geluid te dempen, kan het deksel van het toilet gesloten worden ten tijde van de spoeling;
- voor de adequate werking van het zuiveringsproces is uitgangspunt dat geen (i) grote hoeveelheid water (bv dweilwater) door het toilet worden gespoeld, (ii) vochtig toiletpapier worden gebruikt en (iii) schoonmaakmiddelen worden gebruikt die chloor of bleek bevatten. Overigens is niet onderzocht hoe kwetsbaar het systeem is voor de lozing van (beperkte hoeveelheden) van deze middelen;
- de voedselvermaler maakt een hard geluid. Door een geluiddempende dop te plaatsen tijdens het gebruik vermindert de geluidsdruk;
- alle biologisch afbreekbare keukenafval mag via de vermaler geloosd worden. Naast voedselresten zijn dat koffiefilters, visgraten, eierschalen en oude bloemen. Extreem vezelrijk materiaal, als hele stengels prei of asperges, moet vooraf in kleinere stukken worden gesneden;
- geadviseerd wordt zo weinig mogelijk water te gebruiken bij het gebruik van de vermaler om verdunning van de stroom zwartwater/GF tegen te gaan. Dit verbetert de werking van het systeem en verlaagt het energieverbruik voor opwarming van de UASB.

Geconstateerd is dat projectontwikkelaars, architecten, installateurs en monteurs slechts zeer beperkte ervaring hebben met het ontwerp en aanleg van vacuümssystemen. Dit behoeft aandacht bij de technische uitvoering en de installatie. Het is daarom belangrijk dat deze partijen nauw samenwerken met de leveranciers van deze onderdelen. Denk daarbij aan goede functionele omschrijvingen voor het programma van eisen of bestek, type leidingwerk, specificaties en installatievoorschriften, loop van de leidingen door het gebouw, de geluidswerende isolatie, de wijze van bevestiging van de leidingen ter voorkoming van resonantie en de benodigde vacuümdruk.

INZAMELING EN TRANSPORT

Vacuümriolering is wezenlijk anders dan standaard riolering: het bevat meer mechanische onderdelen, heeft kleinere diameters, heeft afsluiters bij de appartementencomplexen en heeft in de openbare ruimte een vacuümstation en een grijswater(buffer)put. Afbeelding 3.1 geeft een indruk van de bufferputten voor grijs- en zwartwater binnen Waterschoon.

AFBEELDING 3.1 VACUÛMRIOLERING EN BUFFERPUTTEN



Tijdens het onderzoek zijn de leidingen vrij gebleven van verstoppingen. Wel is door ophoping van slibben en vetten een buffertank verstopt geweest. Dit is structureel verholpen door de tank aan te passen.

Na ingebruikname zijn er technische storingen geweest aan de voedselvermaler het gevolg van fouten bij de aanleg. Door structurele aanpassingen zijn deze verholpen. Alle kritische onderdelen van het systeem zijn dubbel uitgevoerd, zodat bij storing de functionaliteit gewaarborgd is.

Een bijzonder aandachtspunt is dat voor het periodiek reinigen van de riolering het vacuüm tijdelijk moet worden opgeheven. Dit vraagt nauwkeurige afstemming met de bewoners.

ZUIVERINGSSYSTEEM

Tijdens het onderzoek is het zuiveringssysteem relatief intensief bediend en beheerd, wat ook hoort bij onderzoek. In een reguliere beheerssituatie zal het systeem minder vaak bezocht en bemonsterd worden. Per saldo betekent dat een afname van de beheerinspanning. Daar staat tegenover dat in een volbelaste situatie de bedrijfstijd van de verschillende onderdelen zal toenemen en ook dat dan vaker slib zal moeten worden afgevoerd. Voorzien wordt dat in de toekomst het uitgediste slib wordt afgevoerd naar en verwerkt wordt in de reguliere slibverwerking van een rwzi.

In een reguliere bedrijfsvoeringssituatie is naar verwachting beheer op MBO+ niveau nodig met een tijdbesteding van naar verwachting 0,25 FTE, exclusief tijd die nodig is voor het uitvoeren van wateranalyses (een keer per twee weken nemen van watermonsters).

Tot eind 2013 hebben zich enkele kleinere storingen voorgedaan. Het merendeel van de storingen betrof hoog-niveaumeldingen of overstromingen van installatieonderdelen. Met relatief eenvoudige ingrepen of procesinstellingen zijn de oorzaken van deze storingen weggenomen. Het optreden van deze storingen heeft aanvullend inzicht opgeleverd en is vertaald in aanbevelingen voor toekomstige procesontwerpen.

3.3 BEWONERSONDERZOEK

In 2012, direct na de ingebruikname van Waterschoon, is een tevredenheidsonderzoek uitgevoerd onder de bewoners (60+-ers) van het appartementencomplex en de professionals die in het verzorgingshuis werken. Het doel was om vast te stellen in hoeverre de bewoners tevreden zijn over het gebruik van de voorzieningen en de uitvoering van het project.

Het onderzoek laat zien dat de bewoners in het algemeen tevreden zijn over het project. De meerderheid vindt het een handig en hygiënisch systeem, vooral de vermaler als vervanger van de groene container. Ze zijn er trots op deel uit te maken van het project en hun bijdrage te leveren aan een beter milieu. Ook het vertrouwen in de betrokken actoren is groot en men vindt de informatievoorziening goed geregeld.

Woningstichting de Wieren lijkt cruciaal voor het succes van het project. De woningstichting staat dicht bij de bewoners en doet dienst als aanspreekpunt en informatieverstrekker. Het nutsgebouw midden in de wijk is een belangrijk symbool van het project. De zichtbaarheid van het gebouw is belangrijk voor de algemene beeldvorming. Het is daarom goed om gebruik te maken van de symbolische waarde van dit gebouw om bewoners, bezoekers en media in een vroeg stadium te enthousiasmeren.

Het geluid van het vacuümtoilet tijdens de ‘spoeling’ is een aandachtspunt. Hoewel er sprake is van enige gewenning bij de bewoners, is het toch belangrijk het probleem te onderkennen en er extra aandacht aan te besteden. Middels enkele technische aanpassingen kan het geluid worden gereduceerd. Dit zal binnen de nog te bouwen woningen ook worden doorgevoerd. Naast technische oplossingen kan ook worden gedacht aan een andere manier van ‘framing’, bijvoorbeeld door een prominenter vergelijking te maken met toiletten in een boot of vliegtuig.

Verder blijkt het voor bewoners lastig om zich van te voren voor te stellen hoe zo’n systeem in de dagelijkse praktijk werkt. Daarom is een demonstratie, ruim van te voren, aan te raden. Aan zo’n demonstratie kunnen naast experts ook ervaringsdeskundigen deelnemen.

Tot slot ervaren de bewoners veel onduidelijkheid over de kosten. Een transparantere en eenvoudiger rekening kan een duidelijker beeld scheppen van de financiële consequenties, maar ook van de milieueffecten.

In het verzorgingshuis staan de bewoners verder van het project af. Afgezien van het geluid bij de spoeling en het ontbreken van een plateau, zijn de ervaringen heel positief. Door het ontwerp is het schoonmaken gemakkelijker en het gebruik hygiënisch. Aansluiting op het systeem draagt bij aan een duurzamer bedrijfsvoering van het verzorgingshuis.

3.4 ENERGIESYSTEEM

Een van de doelen van Waterschoon is het leveren van een bijdrage aan de lokale energiehuishouding. Op basis van de meetgegevens is een gedetailleerde energiebalans opgesteld waarbij per deelproces de vraag en aanbod van warmte of elektrische energie in beeld is gebracht. Tabel 3.3 toont de energievragers (negatief getal) en energieproducenten (positief getal) in het systeem.

De tabel laat zien dat Waterschoon nu, bij een belasting van 79 i.e., in vergelijking met de referentiesituatie tienmaal meer energie gebruikt. Er is sprake van een hoog primair energiegebruik, vooral door het zeer hoge elektriciteitsgebruik van de waterbehandeling (780 kWh_p/i.e./jaar). Dit hoge energiegebruik wordt grotendeels verklaard door de onderbelasting van het systeem, waardoor het ‘vaste energiegebruik’ toegerekend wordt aan een relatief klein aantal aangesloten lozers.

Ook het energiegebruik van de vacuümriolering is relatief hoog; een factor 7 hoger dan het energiegebruik van conventionele riolering.

Omdat de referentie-rwzi biogas omzet in elektrische energie, voorziet deze grotendeels in de eigen energiebehoefte. Bij de productie van deze elektriciteit komt veel warmte vrij, die slechts gedeeltelijk nuttig kan worden gebruikt. Het overschot aan warmte wordt vernietigd.

TABEL 3.3

ENERGIESTROMEN¹ WATERSCHOON IN HUIDIGE EN GEOPTIMALISEERDE UITVOERING EN ENGERIESTROMEN VAN HET REFERENTIESYSTEEM

		Waterschoon* 79 i	Waterschoon** geoptimaliseerd	Referentie
Drinkwaterproductie en -levering	kWh _p /i.e./jaar	-35	-35	-58
Warmtebehoefte zuivering	kWh _p /i.e./jaar	-277	-50	-6
Dieselgebruik WKK	kWh _p /i.e./jaar	0	0	-3
Warmteproductie warmtepomp	kWh _p /i.e./jaar	477	477	0
Elektriciteitsbehoefte warmtepomp	kWh _p /i.e./jaar	-264	-264	0
Warmtelevering uit biogas [#]	kWh _p /i.e./jaar	133	148	6
Elektriciteit zuivering	kWh _p /i.e./jaar	-781	-52	-75
Elektriciteitsproductie (WKK)	kWh _p /i.e./jaar	0	0	61
Energie transport afvalwater	kWh _p /i.e./jaar	-92	-40	-13
Totaal primair		-838	184	-88

* meetwaarden in onderzoek bij belasting van 79 inwoners

** verwachtingen en extrapolatie, na optimalisatie en bij belasting van 1.200 inwoners

[#] Meetwaarden aan rwzi Deventer en meetwaarden aan de riolering Deventer (energiegebruik). Het biogas (60,6 kWh/i.e./jaar) wordt volledig omgezet in warmte (30,3 kWh/i.e./jaar) en elektriciteit (24,2 kWh/i.e./jaar) in een WKK. Het warmte overschot (30,3 - 5,5 = 24,8 kWh/i.e./jaar) wordt vernietigd en draagt dus niet bij aan de energieproductie van de RWZI. De warmtelevering is daarom gelijk gesteld aan de warmtevraag.

Er zijn mogelijkheden om de energieprestaties van het systeem sterk te verbeteren. Ten eerste zijn er kansen om het elektriciteitsgebruik van behandelingssysteem bij een volgende uitvoering sterk te verminderen. Dit moet onder meer worden bereikt door het toepassen van een betere besturing.

Ten tweede kan het energiesysteem verder worden geoptimaliseerd door beter om te gaan met beschikbare warmte. Daarbij gaat de aandacht uit naar een betere isolatie van warme reactoren en effectievere warmteterugwinning binnen het proces.

Ten derde moet het energiegebruik van de vacuümriolering en de voedselvermalers worden geoptimaliseerd.

Deze potentiële effecten zijn verwerkt in tabel 3.3., Waterschoon geoptimaliseerd.

Overigens wordt opgemerkt dat ook zonder optimalisatieacties het relatieve energieverbruik afneemt als de installatie volbelast wordt.

- 1 Om energiestromen te kunnen vergelijken, moeten alle getallen worden omgerekend in primaire energie. Voor chemische en thermische energie geldt dat 1 kWh_{c,t} gelijk is aan 1 kWh_p (primaire energie). Voor elektrische energie geldt dat 2,5 kWh_p (primaire energie) nodig is om 1 kWh_e (elektrisch) op te wekken nodig is. In tabel 3.3 zijn alle energiestromen al omgerekend naar primaire energie.

In het energieonderzoek is verder gezocht naar optimalisaties, die vervolgens zijn doorge-rekend op energetische consequenties. Daaruit blijkt dat het in principe mogelijk is om te komen tot een energieleverend systeem. Onder de condities van volle belasting van het systeem (1.200 i.e.), doorvoeren en verzilveren van alle hiervoor genoemde optimalisaties en het volledig terugwinnen en benutten van warmte uit grijswater resulteert naar verwachting in een netto energieopbrengst van 184 kWh_p/i.e.jaar. Dit is vooral te danken aan het nuttig gebruik van warmte uit het grijs water effluent middels warmtepompen en door de hogere biogasproductie dan in de referentie. De balans verbetert verder als groene stroom wordt ingezet.

In nieuwe situaties kunnen verdere optimalisaties worden gevonden. Bijvoorbeeld als biogas wordt ingezet als kookgas terwijl warmte uit het grijswater wordt gebruikt voor opwarming van het zuiveringssysteem. De verwarming van de woningen vervalt dan, met als voordeel dat geen warmtenet aangelegd hoeft te worden. Wel is dan een gasdistributienet nodig.

Een warmtenet is wel nodig als warmte uit effluent van het grijswater wordt benut voor de verwarming van woningen. De elektrische aandrijving van de warmtepomp vraagt weliswaar 264 kWh_p per inwoner per jaar, maar hij levert bijna 477 kWh_p per inwoner per jaar op in de vorm van warmte.

Bij de referentieinstallatie is het uitgangspunt dat het overschot aan warmte niet nuttig kan worden afgezet (behalve voor verwarming van eigen gisting en eigen bedrijfsgebouwen). Het is natuurlijk wel mogelijk om in woningen zelf warmte terug te winnen, bijvoorbeeld via een decentrale douche-wtw in combinatie met een warmtepomp. Daarmee kunnen de energetische prestaties van centrale en decentrale systemen verder verbeterd worden. In de huidige situatie van Waterschoon koelt afvalwater zover af in de riolering, dat een douche WTW geen nadelige invloed heeft op het zuiveringsresultaat.

3.5 DUURZAAMHEID

De duurzaamheidprestatie van het decentrale Nieuwe Sanitatiesysteem en een geoptimaliseerde variant hiervan zijn beoordeeld ten opzichte van het referentiesysteem in een vergelijkende analyse. De beoordeelde thema's zijn ontleend aan de Aanpak Duurzaam GWW en omvatten de elementen in tabel 3.4. Daarin is per thema aangegeven welke aspecten zijn beoordeeld. De beoordeling is deels kwantitatief en deels kwalitatief.

In dit onderzoek zijn de ecologische aspecten gekwantificeerd met behulp van een grofmatige levenscyclusanalyse (LCA). De daarvoor benodigde informatie voor energie en klimaat is ontleend aan het energieonderzoek. De invoer voor materialen en grondstoffen zijn ontleend aan materialenstaten. De andere onderdelen zijn op basis van expert judgement kwalitatief beoordeeld. In de duurzaamheidsanalyse is geëxtrapoleerd naar een basissituatie waarin 1.200 inwoners (zouden zijn) aangesloten. Daarnaast is de geoptimaliseerde variant van het systeem met een capaciteit van 1.200 inwoners geanalyseerd.

TABEL 3.4 BEOORDELINGSKADER DUURZAAMHEIDPRESTATIE

thema	Aspecten
energie en klimaat	<ul style="list-style-type: none"> - uitputting van fossiele grondstoffen - CO₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar: <ul style="list-style-type: none"> - 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;
water en bodem	<ul style="list-style-type: none"> - gebruik van hulstoffen: chemicaliën - watergebruik; - effecten op waterkwaliteit; - effecten op waterkwantiteit.
natuur en ruimte	<ul style="list-style-type: none"> - landschappelijke waarden; - ruimtebeslag.
leefomgeving	<ul style="list-style-type: none"> - gezondheid: geluidoverlast; - visuele hinder; - gebruiksgemak.

Tabel 3.5 bevat een overzicht van de beoordeelde duurzaamheidsthema's en de deelaspecten binnen de thema's. De beoordelingen + en - betekenen respectievelijk beter en slechter, 0 is neutraal.

TABEL 3.5 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDASPECTEN

		Waterschoon (1.200 ie)	Waterschoon	Referentie
energie en klimaat	- uitputting van fossiele grondstoffen;	+	++	-
	- CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar.	-	++	+
materialen en grondstoffen	- milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar;	-	-	+
	- kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen;	0	0	0
	- gebruik van hulpstoffen: chemicaliën;			
	- terugwinnen grondstoffen: fosfaat.	+	+	-
water en bodem	- watergebruik;	0	0	0
	- effecten op waterkwaliteit;	+	+	-
	- effecten op waterkwantiteit.	0	0	0
natuur en ruimte	- landschappelijke waarden;	0	0	0
	- ruimtebeslag.	+	+	-
leefomgeving	- gezondheid:			
	- geluidoverlast binnenshuis;	-	-	+
	- geluidoverlast buitenshuis;	0	0	0
	- visuele hinder;	0	0	0
	- gebruiksgemak.	-	-	+

Het overzicht toont dat het referentiestelsel op evenveel aspecten beter scoort als het decentrale systeem, zonder de aspecten ten opzicht van elkaar te wegen. De optimalisatie van het decentrale systeem zorgt ervoor dat enkele aspecten die al positief waren ten opzichte van de centrale rwzi nog positiever worden. Er is geen weging toegepast omdat de aspecten op basis van uiteenlopende informatie is beoordeeld, zowel kwantitatief als kwalitatief. Voorafgaand aan het onderzoek zijn geen specifieke doelen vastgesteld met betrekking tot de duurzaamheidsthema's.

Voor de duurzaamheidsthema's Energie en klimaat, Materialen en grondstoffen en Water en bodem is een levenscyclusanalyse uitgevoerd. Daarin is Waterschoon vergeleken met het referentiesysteem gedurende een levensduur van 50 jaar. De analyse omvat de aanleg en sloop van het systeem, beheer en onderhoud en exploitatie. Exploitatie houdt in het jaarlijkse energiegebruik en -opwekking, drinkwatergebruik en het gebruik van chemicaliën voor de vacuümriolering en het zuiveringssysteem.

In de analyse is de bijdrage van de systemen aan verschillende milieuproblemen doorgerekend tot het uiteindelijke effect op menselijke gezondheid, ecosystemen en grondstofvoorraad. In de berekening vindt een weging plaats van de ernst van milieuproblemen ten opzicht van elkaar. De resultaten worden uitgedrukt in punten (Pt), waarbij geldt dat een lagere score minder impact veroorzaakt dan een hoge score. Het huidige Waterschoon maar wel volbelast met 1.200 i.e., scoort circa 10 % hoger dan het referentiestelsel. Het geoptimaliseerde Waterschoon toont dat milieueffecten worden vermeden en scoort daardoor veel beter dan de referentie.

Waterschoon heeft voordelen rond inpassing in woonwijken, de zichtbaarheid van het systeem en de positieve verhalen die bewoners daarover kunnen vertellen. Omdat Waterschoon op kleinere schaal opereert, is er relatief veel materiaal nodig voor de aanleg en relatief veel energie om afvalstromen te transporteren en zuiveren. Waterschoon heeft kortom niet de schaalvoordelen van de referentie, ondanks dat de referentie een veel uitgebreider riolerings- en transportnetwerk heeft. Daarom scoort de referentie in de levenscyclusanalyse beter op materiaalgebonden milieueffecten. Waterschoon in geoptimaliseerde variant geeft weliswaar een kleine verbetering, maar de conclusies blijven hetzelfde.

De grofmazige levenscyclusanalyse laat zien dat het chemicaliëngebruik in het zuiveringsproces een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de negatieve milieueffecten. Het produceren van struviet daarentegen heeft een positief effect. Dit geldt ook voor de referentie. Voor verdere verduurzaming van zuiveringsprocessen kan dit een aandachtspunt zijn.

Voor zowel Waterschoon als de referentie geldt dat een groot deel van de negatieve impact is terug te leiden tot het energiegebruik voor het zuiveringsproces. De resultaten op het gebied van energie en klimaat zijn erg afhankelijk van de aannames over de bestemming van teruggewonnen en opgewekte energie, welke systemen worden ingezet om deze energie weer nuttig te gebruiken en welke kwaliteit energie wordt ingekocht. Als de referentie en Waterschoon (zonder optimalisatie) beide groene energie zouden gebruiken kantelt de uitkomst van de LCA ten faveure van Waterschoon. De geoptimaliseerde variant van waterschoon scoort duidelijk beter dan de referentie, zeker bij inkoop van groene energie.

Per saldo is de conclusie dat in de huidige vorm Waterschoon marginaal minder goed scoort dan de referentie. Optimaliseren van Waterschoon, en dan vooral op het vlak van energie, verbetert het systeem vooral op die vlakken waar het toch al beter was dan de referentie. Waar Waterschoon slechter scoort dan de referentie, blijft dat zo, ook na optimalisaties.

Het verminderen van milieu-impact kan het best worden gestuurd naar de herkomst van de elektriciteit (groene stroom) en de manier waarop opgewekte en teruggewonnen energie wordt ingezet (optimaliseren). Daarnaast is het terugdringen van het (primaire) materiaalgebruik een aandachtspunt. Alle nu gebruikte materialen zijn goed recyclebaar, maar aanvullend kan worden overwogen de riolerings- en zuiveringssystemen zelf ook van gerecycled of hergebruikt materiaal te bouwen.

3.6 FINANCIEEL ECONOMISCHE ANALYSE

De financieel economische analyse heeft zich gericht op vier onderdelen: de historische kosten voor Waterschoon zoals het gerealiseerd is, de geprojecteerde kosten als het systeem opnieuw zou worden aangelegd, de operationele besparingen ten opzichte van de referentie en de prijsvolatiliteit.

Het kostenoverzicht is samengevat in tabel 3.6.

DE HISTORISCHE KOSTEN VAN WATERSCHOON

De historische kosten zijn gebaseerd op de werkelijke kosten, maar geschoond voor de posten die typisch samenhangen met een pilotproject (bijvoorbeeld kosten voor inregelen, doorvoeren verbeteringen, analysekosten die normale monitoring overstijgen etc.).

De historische investeringen bedragen EUR 1,96 miljoen, waarvan 22 % is besteed aan het inzamelsysteem, 13 % aan de woningen en 65 % aan de zuivering. De investeringen zijn gericht op een installatie voor ruim 550 inwoners waar 1200 inwoners op kunnen worden aangesloten. Bij de huidige lage belasting met 79 inwoners zijn de relatieve kosten logischerwijze hoog.

Op basis van de huidige belasting bedragen de kosten circa EUR 1.900 per inwoner per jaar¹ waarvan EUR 220 voor inzameling, EUR 100 voor de woningen en EUR 1.615 voor de waterzuivering. De besparingen op drinkwater, energie en GF inzameling bedragen EUR 40 per persoon per jaar.

Het ligt voor de hand om de historische kosten ook door te rekenen voor het geval de installatie voor circa 90 % belast zou zijn, ofwel door 1.080 inwoners. De kosten voor de inzameling en maatregelen in de woningen blijven relatief gelijk², maar de kosten voor de zuiveringsinstallatie dalen naar EUR 120 per persoon per jaar. De totale kosten, na aftrek van besparingen op energie, drinkwater en GF afvoer, belopen in dat geval EUR 400 per persoon per jaar.

WAT KOST WATERSCHOON ALS HET NOGMAALS WORDT GEREALISEERD?

De onderzoeken hebben een groot aantal leerpunten en optimalisatiemogelijkheden opgeleverd, die bij een volgende versie van Waterschoon kunnen worden verzilverd, waaronder:

- kleiner uitvoeren van het grijswaterriool;
- prijs voedselvermalers en vacuümtoiletten zijn ontdaan van eenmalige pilotkosten³;
- soberder zuiveringsgebouw;
- diverse optimalisaties in het zuiveringssysteem, technisch en technologisch, bovendien ontdaan van onderzoeks- en pilotonderdelen;
- besparingen op herontwerpkosten;
- goedkopere materialen;
- vacuümstation geïntegreerd in het zuiveringsgebouw;
- goedkoper type vacuümpomp;
- meer warmte-opbrengsten en daadwerkelijke afzet door optimalisaties in het zuiveringssysteem.

1 Referentiesysteem: EUR 65 per inwoner per jaar

2 Immers: meer inwoners is meer woningen met woningspecifieke maatregelen en een groter inzamelsysteem. De zuiveringsinstallatie wordt over meer inwoners gedeeld.

3 Verwacht wordt dat bij grootschalige aanleg eenheidsprijzen voor vermalers en sanitair 60 % dalen.

De optimalisaties en potentiële besparingen zijn gebaseerd op expert-judgement van de onderzoekers. Een aantal van de besparingen komt volledig beschikbaar als er sprake is van min of meer seriematige realisatie van Waterschoon-systemen.

Daarnaast zal de omvang van de besparingen toenemen, onder meer door het effectiever terugwinnen van warmte. De besparingen voor de gebruikers zijn¹:

- door warmteterugwinning is minder aardgas nodig voor verwarming van woningen. Dit levert per inwoner EUR 28 per persoon per jaar op;
- de waterbesparing levert EUR 12 per persoon per jaar op;
- de vermeden inzameling en verwerking van GF levert EUR 14 per inwoner per jaar op.

VERGELIJKING MET HET REFERENTIESYSTEEM

Tabel 3.6 toont de kosten voor Waterschoon in vergelijking met de referentie. De kosten voor het referentiesysteem zijn gebaseerd op de Benchmark Zuiveringsbeheer (Unie van Waterschappen) en op aanlegkosten voor riolering conform de Leidraad Riolering.

TABEL 3.6 KOSTENVERGELIJKING WATERSCHOON EN REFERENTIE, EURO PER INWONER PER JAAR

	Waterschoon (79 ie)	Waterschoon Geoptimaliseerd	Referentie
inzameling	220	18	18
meerkosten sanitair	100	22	-
waterzuivering	1.615	97	47
warmte en GF	-28	-52	-
drinkwater	-12	-12	-
saldo	1.895	73	65

De tabel toont dat het vergaand optimaliseren van het Waterschoon concept, op een schaal van 1.200 inwoners, de kosten sterk kan reduceren.

ONZEKERHEIDSMARGE

De projectie van de kosten bij het geoptimaliseerde systeem is uiteraard omgeven met een aantal onzekerheden. Onderstaande tabel geeft voor een aantal belangrijke aannames weer welke onzekerheidsmarge hoort bij deze aannamen.

TABEL 3.7 EFFECT VAN AANNAMES EN ONZEKERHEDEN

aanname	onzekerheid	Effect EUR pppj
Prijs nieuw sanitair is 40 % van kosten Waterschoon	Prijs nieuw sanitair is 50 % van kosten Waterschoon	+5,00
Afschrijving maatregelen in de woning is 30 jaar	Afschrijving is langer / korter	+/-5,00
Beheer vraagt 0,25 FTE	Er is 0,4 FTE benodigd aan beheer	+7,00
Elektriciteitstarief gebaseerd op grootverbruikerscontract	Geen grootverbruikerscontract	+20,00
Besparingen op GF berekend op EUR 14 pppj	Besparingen vallen tegen of mee	+/-7,00

De onzekerheden kunnen zowel positief als negatief uitvallen. Daardoor kunnen de effecten niet zonder meer worden opgeteld.

1 De meerkosten voor de installatie en de minderkosten voor GF inzameling landen bij de respectievelijke beheerders, de besparingen op drinkwater en energie landen bij de bewoners.

PRIJSVOLATILITEIT

Het is statistisch mogelijk om een inschatting te maken van de kosten bij opschaling of afschaling van het systeem. De volatiliteit is bepaald vanuit het startpunt van 'Waterschoon geoptimaliseerd'.

Vanuit dat startpunt is berekend dat een installatie voor 600 inwoners resulteert in een prijspeil van EUR 114 per persoon per jaar (+58 %). Bij opschaling tot 2400 inwoners dalen de kosten fors met 49 % tot ongeveer EUR 36 per persoon per jaar.

Volatiliteitsberekeningen leveren geen exacte getallen, maar geven ze wel de ordegrrootte van verandering in de prijs weer. In ieder geval wijzen deze berekeningen uit dat Waterschoon in deze configuratie goedkoper wordt, als er wordt opgeschaald en duurder als er een kleiner installatie wordt aangelegd.

De volatiliteitsberekening omvat de effecten van het op- of afschalen van een gegeven type installatie. Het is niet goed mogelijk om hiermee bijvoorbeeld de effecten van een systeem op schaal van 25.000 inwoners door te rekenen: bij dergelijke grote schaalverschillen zouden andere systeemkeuzes, bouwmethoden en materialen in beeld, evenals andere keuzes voor warmteterugwinning en distributie, logistiek en dergelijke.

Een dergelijke herdefinitie van het systeem is geen onderdeel geweest van het onderzoek.

4

CONCLUSIES, LEERPUNTEN EN PERSPECTIEVEN

4.1 CONCLUSIES

Gedurende bijna 3 jaar is Waterschoon grondig gemonitord en geëvalueerd op veel aspecten. Dit onderzoek heeft veel kennis opgeleverd over de prestaties en potenties van het systeem, evenals inzicht in optimalisatieopties.

Door de achterblijvende ontwikkelingen in de woningbouw is de aanvoer van afvalwater sterk achtergebleven bij de ontwerpcapaciteit van Waterschoon. Omdat dit de resultaten van het onderzoek kan vertekenen zijn naast meetgegevens ook *verwachte en deels berekende* kentallen en gegevens gepresenteerd voor de installatie als volbelast door 1.200 inwoners¹. Hierdoor kan eenvoudiger een vergelijking worden gemaakt met het referentiesysteem: een conventioneel systeem van riolering en afvalwaterzuivering.

Daarnaast is in de deelonderzoeken het systeem ‘Waterschoon geoptimaliseerd’ doorgerekend. Dit is een volbelast systeem van 1.200 i.e. waarin alle aanbevelingen voor een volgende versie zijn doorverwerkt. Deze variant geeft daarmee de *potentie* aan².

Het systeem Waterschoon **presteert uitstekend** en is in staat om huishoudelijke afvalwaterstromen, aangevuld met GF-afval, met een hoog rendement te zuiveren. De restemissies uit het systeem, uitgedrukt als vrachten in gram per inwoner per dag, zijn voor organische stof en stikstof bij de huidige belasting lager dan bij een referentie-rwzi. Voor fosfaat zijn de restemissies nog hoger dan wenselijk door de huidige onderbelasting van het systeem³. Het systeem is zuiveringstechnisch een prima alternatief voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater gecombineerd met GF.

Doordat Waterschoon geconcentreerde afvalwaterstromen verwerkt, worden de restlozingen minder verdund dan in een conventionele rwzi met als gevolg dat bij gelijke zuiveringsrendementen de effluentconcentraties hoger zijn. Waterschoonsystemen lozen bijna per definitie op lokaal oppervlaktewater in de wijk en hebben daarmee ook locatiespecifieke effecten. Van geval tot geval zal moeten worden beoordeeld of de lokale restemissies acceptabel zijn⁴ en of kan worden voldaan aan lokaal toepasselijke vergunningsvoorwaarden.

1 Dit is de theoretische capaciteit van de zuiveringsinstallatie als gebouwd in Noorderhoek.

2 Waterschoon geoptimaliseerd kent nog een groot aantal aannames, die door vervolgonderzoek of nadere verdieping nog gevalideerd moeten worden.

3 Dit zou kunnen worden opgevangen door dosering van beperkte hoeveelheden chemicaliën totdat de belasting van het systeem hoog genoeg is.

4 Restemissies organische stof, nutriënten en pathogenen moeten worden beoordeeld op lokale functies van het ontvangende water.

Het systeem produceert minder slib dan een conventionele rwzi, dat bovendien minder zware metalen bevat⁵. Niettemin zijn de gehalten koper en zink hoger dan de normen in de mestwetgeving, waardoor het slib niet in de landbouw kan worden afgezet. Overigens is UASB slib qua zware metalen schoner dan koemest.

In de afgelopen drie jaren heeft het systeem technisch goed en nagenoeg storingsvrij gefunctioneerd, behoudens een beperkt aantal aanloopproblemen met de voedselvermaler en een enkele storing aan het vacuümsysteem. Er is sprake van een - tot dusver - robuuste installatie. De monitoringsperiode tot nu toe is relatief kort. Een goede evaluatie van het beheer en onderhoud vergt normaliter een langere onderzoekstermijn.

Energetisch presteert de referentie-rwzi bijna een factor 10 beter dan het huidige onderbelaste Waterschoon⁶. De achterblijvende prestatie van Waterschoon komt deels door de onderbelasting, deels door de systeemkeuze voor grijswaterbehandeling en deels door sub-optimaal gebruik van warmte. Het onderzoek heeft een groot aantal aanbevelingen opgeleverd om de energiehuishouding in een volgende uitvoering te verbeteren. Berekend is dat het concept "Waterschoon geoptimaliseerd" geen energievrager meer is (nu: consumptie 838 kWh_p per persoon per jaar) maar een netto energieleverancier wordt (productie 184 kWh_p per persoon per jaar).

De **duurzaamheidsanalyse** heeft het systeem deels kwalitatief en deels kwantitatief beoordeeld. De levenscyclus analyse (LCA), die de levenscyclus van de systemen over een periode van 50 jaar uitdrukt in punten, concludeert dat de referentie beter scoort dan de met 1.200 inwoners belaste maar nog niet geoptimaliseerde Waterschoon. Het gebruik van grijze energie is doorslaggevend in deze uitkomst. Als zowel waterschoon als het referentiesysteem worden doorgerekend op 100 % windenergie, dan kantelt het beeld. Als energiebesparing wordt doorgevoerd in zowel Waterschoon als een conventionele rwzi dan liggen de resultaten van de LCA dicht bij elkaar en zijn beide systemen vergelijkbaar duurzaam. Het referentiesysteem scoort beter op materiaalgebruik, ondanks de langere transportafstand van afvalwater, omdat hier duidelijk een effect van schaalgrootte optreedt.

Echter, het geoptimaliseerde Waterschoon systeem scoort beter dan de referentie-rwzi in de end-point analyse.

Op het vlak van **kosten** scoort het niet geoptimaliseerde Waterschoon niet gunstig. Het huidige decentrale systeem is een factor 6 duurder dan het grootschalige systeem, ook als de bestaande zuiveringsinstallatie vol belast wordt (1.200 i.e.).

De analyse wijst uit dat in potentie substantiële besparingen mogelijk zijn, door een nieuw Waterschoon anders en soberder uit te voeren, door kostendalingen van sanitair en voedselvermalers, door gebruik te maken van herhalings-effecten in het waterschoonconcept⁷. Daarnaast zal minder maatwerk en ontwikkeling nodig zijn. Geconcludeerd wordt dat ook als de nu al ingeschatte potentiële besparingen bij nieuwe projecten allemaal worden verzilverd, de kosten dalen tot ongeveer het niveau van een centrale rwzi.

5 Waterschoon kent geen industriële en bedrijfsmatige emissies, en ook geen toestroom uit diffuse bronnen via hemelwateraanvoer.

6 Energievraag Waterschoon (79 i.e.): 838 kWh_p/i.e.jaar, conventionele rwzi 88 kWh_p/i.e.jaar.

7 Niet alle besparingen zullen overigens in het eerstvolgende project kunnen worden verzilverd.

Een **volatiliteitsberekening** laat zien dat het vergroten van de schaal leidt tot bijna een halvering van de relatieve kosten (euro per inwoner per jaar). Schaalverkleining leidt logischerwijze tot aanzienlijke kostenverhogingen. Schaalearbeiden zijn relevant voor zowel het concept Waterschoon als voor conventionele zuiveringsmethoden. Op basis van de volatiliteitsberekening wordt geconstateerd dat het een ‘Waterschoon geoptimaliseerd’ systeem van 2.400 inwoners financieel goedkoper is dan een referentie-rwzi, onder de conditie dat alle optimalisatie-opties ten volle worden benut.

De combinatie van een berekende belastbaarheid van het huidige Waterschoon-systeem en het doorvoeren van alle voorgestelde optimalisaties, leidt tot een concept ‘Waterschoon 1.200 geoptimaliseerd’¹. Hiermee kan de potentie van het concept indicatief worden doorgerekend. Opgemerkt wordt dat in deze extrapolatie onzekerheden worden geaccepteerd² en dat de werking en effectiviteit van de voorgestelde optimalisaties niet in de praktijk is geverifieerd.

De deelonderzoeken hebben waardevolle voorstellen voor **optimalisaties** opgeleverd, die doorgevoerd zouden kunnen worden in een volgend ‘Waterschoon’ project. De optimalisaties betreffen onder meer ontwerp, uitvoering, systeemkeuzes en materiaalgebruik. In bijlage 2 zijn de optimalisaties opgenomen. In de doorrekening van ‘Waterschoon geoptimaliseerd’ zijn de effecten ervan reeds ingeschat en verwerkt.

4.2 LEERPUNTEN

Het onderzoek heeft waardevolle informatie opgeleverd over nagenoeg alle aspecten van het project Waterschoon. De grondige analyse van het presteren van Waterschoon heeft de basis gelegd voor het daadwerkelijk functioneren en is daarmee een uitstekend platform gebleken om aanbevelingen voor leer- en verbeterpunten te formuleren. Deze punten kunnen worden verzilverd in volgende projecten voor Nieuwe Sanitatie. De leerpunten in de eerste fase van Waterschoon kunnen worden meegenomen in de volgende bouwfasen van Waterschoon of in andere en nieuwe soortgelijke sanitatieconcepten.

Leerpunten met betrekking tot het concept zijn onder meer:

- energiebesparing kan worden bereikt door minder water te gebruiken bij de voedselvermaler³, door warmtewisseling toe te passen tussen effluent en influent van de zwartwaterstroom of door het toepassen van warmtewisselaars in douches, door anders te isoleren en door een ander type struvietreactor toe te passen;
- warmtenetten leveren een aanzienlijk energieverlies op. Dit kan worden beperkt door ze toe te passen in bijvoorbeeld hoogbouw, of door niet alle woningen die op Waterschoon zijn aangesloten ook op een warmtenet aan te sluiten. Dat laatste is mogelijk omdat ook bij ‘Waterschoon geoptimaliseerd’ de energieproductie in de waterzuivering niet voldoende is om de warmtebehoefte van alle woningen te dekken;
- de kosten voor verwerking van GF in Waterschoon kunnen niet zonder meer worden gedekt door besparingen op GF inzameling en verwerking en de door GF gegenereerde energieopbrengst. Substantiële besparingen op inzameling van GF worden alleen bereikt als het aantal ledigingen van GFT-containers per jaar drastisch afneemt, en eventueel een alternatieve inzamelingsmethodiek wordt gekozen voor het tuinafval;

1 Dit concept zou kunnen staan bij een volgende versie van het zuiveringsconcept. Niet alle voorgestelde optimalisaties zijn in Noorderhoek door te voeren.

2 Voorbeeld: berekend is dat de huidige installatie een capaciteit heeft van 1.200 inwoners. Als die in de praktijk groter of kleiner is, heeft dat direct invloed op de resultaten.

3 Dit wordt bij de nieuw te bouwen woningen geïmplementeerd

- voor behandeling van de grijswaterstroom lijken andere concepten dan het toegepaste AB systeem vooralsnog kansrijker, vooral als het relatief beperkte afvalwaterstromen betreft;
- het is aan te bevelen om de struvietreactor als opstroomsysteem uit te voeren in plaats van batchreactor. Een opstroomreactor vraagt minder energie en behaalt mogelijk hogere rendementen. Lopend lange termijnonderzoek zal moeten uitwijzen of calciumfosfaatprecipitatie in de UASB een vervanger voor de struvietreactor kan vormen;
- het inzamelsysteem voor grijswater kan kleiner worden uitgevoerd. Dit levert een kostenvoordeel (minder materiaalgebruik) en een energievoordeel op (minder afkoeling in het systeem, daardoor meer warmteterugwinning);
- het begrenzen van het watergebruik bij de voedselvermaler is wenselijk. Het vraagt weliswaar een complexere installatie (besturing en kleppen), maar daar staan voordelen tegenover als waterbesparing, energiebesparing, behandeling van geconcentreerdere stromen en daardoor mogelijk hogere zuiveringsrendementen;
- als meer seriematig geproduceerde installatieonderdelen kunnen worden toegepast zullen de eenheidsprijzen dalen. De nu toegepaste voedselvermalers en het zuiveringsstelsel zelf zijn prototypes;
- in de huidige onderbelaste situatie kan energie worden bespaard door de zwartwaterinstallatie bij een lagere temperatuur te bedienen dan de ontwerp temperatuur van 37 graden. Daarmee kan nog steeds een afdoende zuiveringsrendement worden bereikt, maar tegen een lagere energie-inbreng;
- het vacuümsysteem vraagt relatief veel energie. Het verdient de aandacht om alternatieven hiervoor te zoeken, dan wel om het systeem te verbeteren op dit vlak.

4.3 PERSPECTIEVEN

De onderzoeken hebben de prestaties van Waterschoon doorgelicht, aanbevelingen voor optimalisaties opgeleverd en deze doorgerekend in het concept 'Waterschoon geoptimaliseerd'. Daarnaast zijn de resultaten vergeleken met een grootschalig gangbaar referentiesysteem van 100.000 i.e.

Geconstateerd is dat het systeem Waterschoon belangrijke leerpunten heeft opgeleverd en zich in een belangrijke (nog steile) leercurve bevindt.

Ook de context van de (traditionele) afvalwaterbehandeling is volop in beweging. Energiefabrieken worden gebouwd, de focus ligt al op de terugwinning van meststoffen en andere grondstoffen, verwijdering van microverontreinigingen heeft politieke aandacht. Tevens heeft het KNMI onlangs vier nieuwe klimaatscenario's gepresenteerd. Het ligt dan ook voor de hand om de toepassing van decentrale sanitatie op deze ontwikkelingen tegen het licht te houden, en om na te gaan waar de kansrijke perspectieven liggen.

4.3.1 SCHAALGROOTTE

Als onderdeel van de financieel-economische analyse is een volatiliteitsberekening uitgevoerd. Deze laat zien dat de kosten sterk afhangen van de grootte van het systeem. Geconstateerd wordt dat een geoptimaliseerd Waterschoon op een schaal van 1.200 i.e. (daadwerkelijke belasting) qua kosten in de orde-grootte ligt van een referentiestelsel. Bij verdubbeling van de capaciteit naar 2400 bewoners nemen de kosten af met circa 50 % en lijkt het systeem prijstechnisch voordeliger dan de referentie. Bij een schaal van 600 i.e. nemen de kosten met circa 50 % toe, en worden ze veel hoger dan de referentie.

Met deze exercitie is inzicht gegeven in het vermoedelijke kostenpeil en de effecten van schaalgrootte van Waterschoon.

Waar in de praktijk keuzes worden gemaakt over de meest geschikte manier van afvalwater inzameling en -behandeling, zal altijd sprake zijn van projectspecifieke alternatievenafwegingen. Het voorliggende onderzoek geeft effectief houvast om het Waterschoon concept in deze afwegingen te beoordelen.

4.3.2 GROENE WEIDE SITUATIES OF AANSLUITEN OP BESTAANDE INFRASTRUCTUUR?

In Nederland is het grootste deel van de bebouwing aangesloten op de riolering. In de praktijk vallen vraagstukken over sanitatie en zuivering dan ook zelden in de categorie 'groene weide'. Hiervan is wel sprake bij bijvoorbeeld grootschalige stadsvernieuwing.

Het uitgevoerde onderzoek geeft de nodige handvatten voor het beoordelen van potenties voor Waterschoon in groene weide situaties.

Als er sprake is van het aansluiten van bestaande woningen, dan moet rekening worden gehouden met substantiële extra kosten voor het vervangen van huisleidingen en sanitair door vacuümriolering -voorzieningen in de woningen zelf. Ter referentie: elke EUR 1.000 meerkosten per woning resulteren in een prijsverhoging van circa EUR 17 per i.e. jaar (bij afschrijving over 30 jaar).

Nieuwbouwprojecten

In nieuwbouwwijken en renovatiewijken waar bouwkundige aanpassingen (groot onderhoud) en riooltechnische aanpassingen (vervanging riool) tegelijkertijd aan de orde zijn, bieden een goede basis om aan alternatief inzamel- en zuiveringssysteem te overwegen. Implementatie van het Waterschoon concept kan dan worden aangegrepen om de bestaande rwzi te ontlasten en daarmee ruimte te creëren voor andere ontwikkelingen (of om bestaande volbelasting te verminderen).

Aantrekkelijke niches kunnen worden gevonden in situaties met relatief lange transportsystemen (afgelegen dorpen), wijken met een hoge bewoningsdichtheid, korte leidingen c.q. hoge warmte-inhoud (flatgebouwen, ziekenhuizen) of nieuwbouw/renovatieprojecten. Ook afgelegen recreatievoorzieningen bieden kansen, zeker als de warmte goed benut kan worden (bijvoorbeeld voor een zwembad).

Daarnaast kan in het bijzonder gewezen worden op zorgcomplexen en ziekenhuizen. Niet alleen vragen deze in de regel om veel warmte, ook wordt uit dit soort complexen relatief veel geneesmiddelen met het afvalwater afgevoerd. In geconcentreerde waterstromen zijn deze gemakkelijker te verwijderen dan uit stromen met gecombineerde rwa afvoer.

4.3.3 GEFASEERDE BOUW

Een onderscheidend voordeel van decentrale sanitatie boven een centraal systeem is de mogelijkheid voor modulair en gefaseerd bouwen. Vooral de infrastructuur kan gefaseerd worden aangelegd waardoor de investeringen meelopen met de bouw. Daarnaast kan de behandelingsinstallatie deels gefaseerd worden bedreven. Zo kan de UASB in de aanloopfase bij lagere temperaturen werken, wat leidt tot energiebesparing. Daar staat tegenover dat een Olandreactor en fosfaatverwijdering bij onderbelasting ondermaats presteren.

4.3.4 ENERGIEFABRIEK

De afgelopen jaren zijn op centraal niveau stappen gezet om rwzi's energetisch neutraal te maken, dan wel het energiegebruik te minimaliseren. Het onderdeel energie in deze studie heeft aangetoond dat het decentrale systeem energiezuiniger is dan het centrale systeem, omdat hierin de energieopbrengst van de GF vergisting wordt meegenomen. Voor beide systemen geldt dat er nog mogelijkheden zijn om te verbeteren op het vlak van energie. De aan energie gekoppelde duurzaamheidsparagraaf laat zien dat het overschakelen op groene wind-energie gunstig uitpakt voor het decentrale systeem.

4.3.5 GRONDSTOFFENFABRIEK

De noodzaak voor het terugwinnen van fosfaat zal de komende decennia naar verwachting alleen maar toenemen. Het project Waterschoon is hierop al ingericht, zij het dat de resultaten door onderbelasting nog achter lopen. Het proces van struvietvorming is ook op groot-schalige rwzi's goed toepasbaar (onder meer net ingevoerd in Amsterdam). Weliswaar zijn op de huidige rwzi's de stromen iets minder geconcentreerd door toepassing in een deelstroom, door het schaalgrootte-effect en door logistieke voordelen zal fosfaatterugwinning effectief kunnen plaatsvinden. Daarnaast zou momenteel ongeveer de helft van het fosfaat terugge-wonnen kunnen worden uit zuiveringsslib, als deze via de SNB-route verloopt (verbranding bij SNB, fosfaatwinning uit de assen elders).

4.3.6 MICROVERONTREINIGINGEN

Het lozen van microverontreinigingen met het effluent van rwzi's krijgt steeds meer aandacht. In het verleden heeft de Unie van Waterschappen berekend dat het verwijderen van 70 % van deze stoffen op alle rwzi's ongeveer EUR 35 per inwoner per jaar extra kost (behandeling van de droogweer-waterstroom).

Bij Waterschoon kunnen microverontreinigingen uit een geconcentreerdere waterstroom verwijderd worden. Enerzijds omdat per persoon minder water wordt gebruikt, anderzijds omdat er geen regen- en rioolvreemd water in het systeem komt. Deze kleinere stroom zal tot kostenbesparingen leiden (kleinere reactor, uitgedrukt per aangesloten persoon). Tegelijkertijd zal er veelal sprake zijn van kleinschaliger installaties, waardoor de eenheidsprijzen voor de reactoren hoger zijn. Per saldo wordt verwacht dat nieuwe sanitatie pas tot kostenbesparing op dit onderdeel zal kunnen leiden bij een voldoende grote schaalgrootte.

4.3.7 KLIMAATVERANDERING

Het KNMI heeft vier klimaatscenario's gepresenteerd, die alle uitgaan van warmere zomers en heviger regenbuien. Vooral die laatste hebben effect op de waterketen, voor zoverre hemelwater wordt afgevoerd naar zuiveringssystemen.

Het decentrale systeem is ongevoelig voor veranderingen in neerslag, omdat deze per definitie is afgekoppeld. Voor centrale systemen geldt dat niet. Heviger regenbuien zullen leiden tot een groter aantal of langduriger overstorten en regen gemengd met afvalwater op straat - tenzij wordt ingezet op verder afkoppelen.

De verwachting is dat alle nieuwbouwwijken of grootschalige reconstructies in de praktijk samengaan met massale afkoppeling van hemelwater – ook van bestaande stelsels. Dit betekent in de praktijk dat ook het conventionele systeem op termijn minder gevoelig zal worden voor piekbuien.

4.4 NUT VAN VERVOLGONDERZOEK

Is het nuttig en nodig om vervolgonderzoek te doen in Noorderhoek, en wat zou dat opleveren?

Het onderzoek heeft in de afgelopen periode veel nuttige informatie opgeleverd over prestaties van het systeem, over verbeterkansen en verbeterpotentieel. Het systeem Waterschoon bevindt zich (nog) in het steile gedeelte van de leercurve over ontwikkeling, gebruik, inrichting en prestaties van dit soort systemen.

Belangrijk is te constateren dat de conclusies gebaseerd zijn op deugdelijk onderzoek, gecombineerd met interpretatie van de onderzoeksgegevens op basis van expert judgement. Vervolgens is een extrapolatie gemaakt van de gemeten prestaties naar verwachte prestaties bij volle belasting. Daarnaast zijn verwachtingen uitgesproken over potentiële verbeterpunten. Daarmee is een goede vergelijkingsbasis ontstaan, maar uiteraard ook een onnauwkeurigheid geïntroduceerd, die in de praktijk gevalideerd moet worden.

In 2014 en 2015 bouwt woningbouwvereniging de Wieren honderd tot honderdvijftig nieuwe woningen in Noorderhoek die worden aangesloten op het systeem. Hierdoor neemt niet alleen de belasting van het systeem toe met enkele honderden vervuilingseenheden, ook zal vermoedelijk de samenstelling en omvang van de afvalwaterstromen wijzigen; naast de bestaande bejaardenwoningen en het zorgcomplex worden nu gezinswoningen aangesloten.

Deze aanstaande relatief grote veranderingen in Noorderhoek, scheppen de mogelijkheid om met relatief beperkte inspanningen een belangrijke validatie te vinden in de voorliggende deelonderzoeken en om de aanzienlijke potentie van een aanvullend deel van de leercurve te verzilveren. Het onderzoek zou gericht moeten zijn op monitoren van het systeem bij veranderende belasting en bij mogelijke ingrepen en procesverbeteringen. De resultaten hiervan geven over enkele jaren een validatie of bijstelling van de nu getrokken conclusies, en leveren daarmee een steviger fundament voor de beoordeling van Waterschoon.

Om die reden ligt het voor de hand om vervolgonderzoek uit te voeren.

4.5 RICHTING EN OMVANG VAN VERVOLGONDERZOEK

Voorgesteld wordt om op de volgende onderdelen een voortgezet onderzoek uit te voeren:

MONITORING PRESTATIES

Voorgesteld wordt om het monitoringsprogramma met zeker twee jaar te continueren (belasting, zuiveringsresultaten, energiebalansen, slibproductie), omdat de wijzigende belastingen beduidend meer zicht geven op de prestaties, potenties en randvoorwaarden. Daarmee wordt ook het zicht op verdere toepasbaarheid, al dan niet in geoptimaliseerde configuraties, verkregen.

BEHEER EN ONDERHOUD

Daarnaast verdient het aanbeveling om ook het vastleggen van beheer- en onderhoudsgegevens in logboeken meerjarig door te zetten. De installatie is inmiddels enkele jaren oud, waardoor behoefte aan beheer en onderhoud mogelijk toeneemt. Een belangrijk aspect daarbij is bijvoorbeeld het onderhoud aan vacuümriolering waarbij de functionaliteit in tact blijft.

Gezien de verandering van bevolkingssamenstelling zal inzichtelijk worden wat hiervan de effecten zijn.

AANPASSING BEDRIJFSVOERING

Geconstateerd is dat de UASB is overgedimensioneerd en mogelijk bij lagere temperaturen nog steeds goede prestaties zal leveren. Het bedrijven bij lagere temperaturen resulteert betekent dat er meer warmte overblijft voor levering aan de woningen. Deze optimalisatie kan goed worden doorgevoerd en worden gemonitord.

MICROVERONTREINIGINGEN

Decentrale systemen zijn in principe zeer geschikt voor het verwijderen van microverontreinigingen omdat de waterstromen relatief klein zijn. Daar staat tegenover dat systemen voor bijvoorbeeld geavanceerde oxidatie op kleine schaal relatief duur zijn.

Met behulp van de al verrichtte bemonsteringen en analyses kan met een beperkte deskstudie worden nagegaan of een dergelijke nabehandeling economisch perspectiefvol is, waarbij als referentie een grootschaliger rwzi wordt meegenomen evenals bijvoorbeeld de resultaten van het SLIK/Pills onderzoek.

OPTIMALISATIE SYSTEEM

Het onderzoek heeft geleid tot een groot aantal aanbevelingen voor systeemoptimalisaties, zowel op het vlak van inzameling (wel/geen GF, kleiner grijswatersysteem), behandeling (geen AB-systeem), energiesysteem (gebruik van zwart water warmtewisselaar, gebruik van douche WTW) en constatering over kostenbesparingen. Het verdient de aanbeveling om op basis van een deskstudie een nader herontwerp te maken, en dit te toetsen aan de bevindingen van het voorliggende onderzoek. Daarmee kunnen de conclusies nader worden gesubstantieerd.

SCHAALGROOTTE

In het voorliggende onderzoek is als referentiekader gekozen voor een conventioneel systeem met een schaalgrootte van 100.000 v.e. Van twee zijden vraagt dit nadere beschouwing: referentiesystemen van een kleinere schaal gebruiken andere technieken (meestal: geen slibgisting en elektriciteitsproductie), Waterschoonconcepten op grotere schaal zullen in de regel ook anders worden ingericht en gebouwd (andere technologieën, bouwmethoden en materialen). Dit roept de vraag op of een vergelijking van andere schaalgrootten de conclusies substantieel zouden wijzigen.

In dat kader levert een deskstudie waarin een projectie wordt gemaakt van het Waterschoonconcept naar 5.000 en 20.000 inwoners en een vergelijking met een referentie van dezelfde schaal (of een vermeden uitbreiding van die schaal bij een centrale rwzi) relevante informatie op over de financiële kaders en toepasbaarheid.

BIJLAGE 1

ONDERZOEKERS DEELSTUDIES

De deelonderzoeken zijn uitgevoerd door de volgende bedrijven en instellingen:

BEWONERSERVARINGEN

Over Spoelen en Vermalen. Bewonersonderzoek naar percepties en gebruikerservaringen van het project Waterschoon in Sneek.

Wageningen University, Leerstoelgroep Milieubeleid.

Auteurs: Joeri Naus en Bas van Vliet, maart 2012.

EFFECTIVITEIT SYSTEEM

Effectiviteit van het Decentrale Verwerkingsysteem Waterschoon, Noorderhoek Sneek DeSaH bv.

Auteurs: Liesbeth Wiersma en Nico Elzinga, oktober 2014.

BEHEER EN ONDERHOUD

Evaluatie beheer en onderhoud Waterschoon, Noorderhoek Sneek

DeSaH bv.

Auteurs: Liesbeth Wiersma en Brendo Meulman, oktober 2014.

MICROVERONTREINIGINGEN

Onderdeel geworden van “Effectiviteit systeem”

DeSaH bv.

Auteur: Nico Elzinga, oktober 2014.

ENERGIESYSTEEM

Energie-analyse Decentrale sanitatie Noorderhoek, Sneek

Saxion, Academie Life Science, Engineering & Design, Opleiding Werktuigbouwkunde

Auteurs: Ralph Lindeboom en Jan de Wit, oktober 2014.

DUURZAAMHEIDSANALYSE

Onderzoek duurzaamheid nieuwe sanitatie

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs

Auteur: Inge Blom, augustus 2014.

FINANCIËEL ECONOMISCHE ANALYSE

Financiële economische analyse (FEA) Noorderhoek Waterschoon te Sneek

RDGM en van Hell Advies

Auteurs: Rob de Graaf en Aart van Hell, oktober 2014.

OVERKOEPELEND EINDRAPPORT

Evaluatie Nieuwe Sanitatie Waterschoon in de wijk Noorderhoek, Sneek, overkoepelende rapportage

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs

Auteur: Peter Hermans, oktober 2014

Deze rapporten zijn integraal opgenomen in STOWA rapport 2014.39

BIJLAGE 2

GEÏDENTIFICEERDE EN DOORGEREKENDE OPTIMALISATIES

Per deelonderzoek zijn er optimalisaties voor Waterschoon voorgesteld, die hieronder zijn weergegeven. Onderstaand is weergegeven welke optimalisaties dit betreft. De effecten van deze voorgestelde optimalisaties zijn meegenomen en doorgerekend in alle deelonderzoeken, en daarmee in beeld gebracht in alle rapportages.

EFFECTIVITEIT:

aantal maximaal aan te sluiten personen berekend op 1.200;
vergisten grijswaterslib;
opstroom reactor voor struviet;
verbeteren grijswatersysteem, waaronder reduceren beluchtingenergie en hogere slibproductie.

ENERGIE:

(betere) isolatie vergister en OLAND;
warmteterugwinning uit effluent OLAND;
minder waterverbruik voedselvermaler (enkel energetisch effect bepaald).

FINANCIEEL ECONOMISCHE ANALYSE:

dimensies grijswaterriool;
kostenreductie zuiveringsinstallatie van 35 %;
kostenreductie woningonderdelen van 60 %;
ander type vacuüminstallatie;
onderdelen voor transport van afvalwater onderbrengen in gebouw van zuiveringsinstallatie;
grijswaterbehandeling ondergronds opstellen waardoor gebouw kleiner kan worden;
soberder gebouw.

BEHEER EN ONDERHOUD:

terugbrengen Beheer en Onderhoud naar 6 uur per week + uitbesteden analyses;
ander opleidingsniveau beheerder (MBO+).