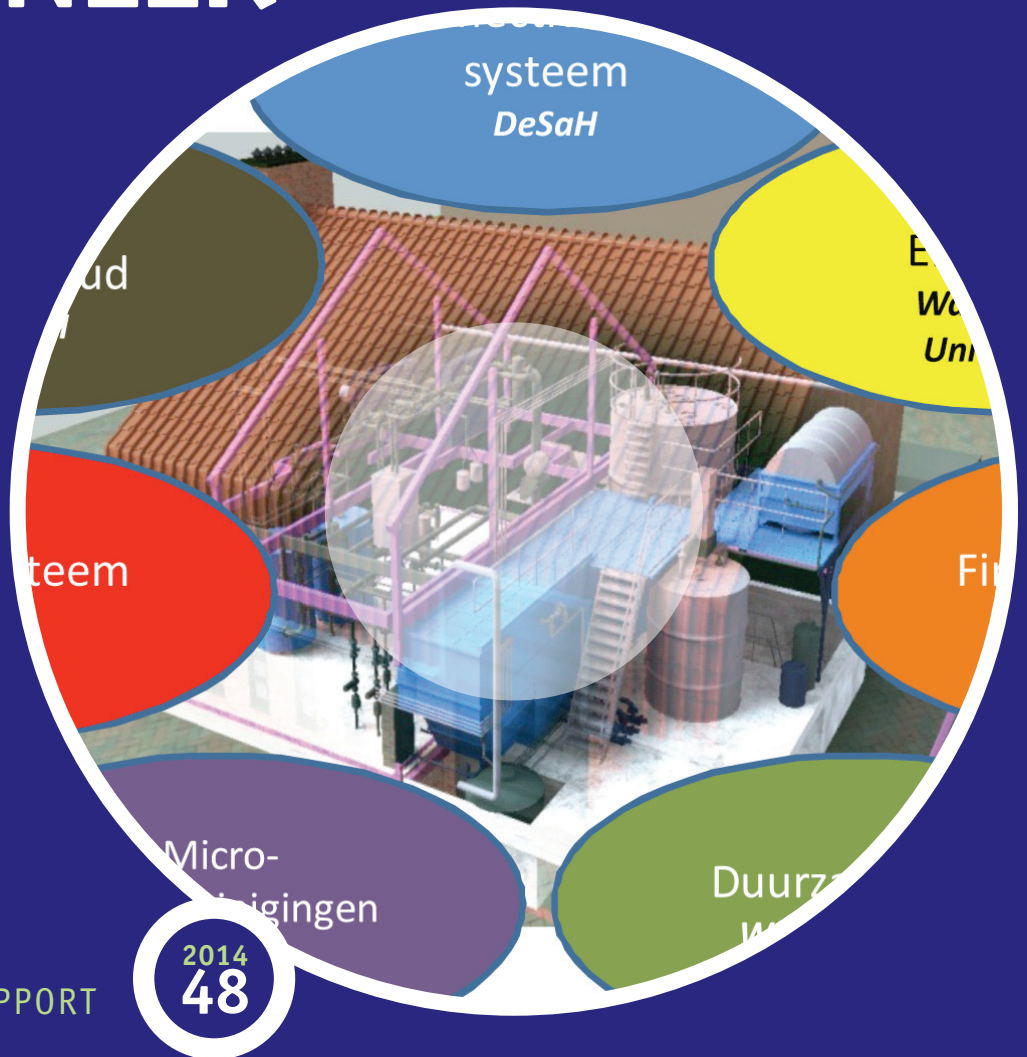


NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK, SNEEK



DEELONDERZOEKEN

NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK, SNEEK
DEELONDERZOEKEN

RAPPORT

2014

48

ISBN 978.90.5773.669.8



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 vacuum/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 onderzoeks-thema's van de STOWA.

Mede mogelijk gemaakt door:



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR R. de Graaf, A.J. van Hell

EINDREDACTIE Peter Hermans, Witteveen+Bos

MET MEDEWERKING VAN DE VOLGENDE LEDEN VAN HET EXPERTPANEL

Bert Palsma, STOWA
Sybren Gerbens, Wetterskip
Liesbeth Wiersma, DeSaH (uitdienst na 1e versie)
Brendo Meulman, DeSaH
Marcel Zandvoort, Waternet
Ruud van Dalen, Veluwe
Herman Evenblij, Groot Salland
Rien de Ridder, Zuiderzeeland
Joost Drevel, Gemeente Almere
Yuri Pelser, Woningcorporatie Ymere
Robert Kras, AA en Maas
Tony Flaming, Dommel

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2014-48
ISBN 978.90.5773.669.8

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 vrijval systemen getransporteerd en aerob 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.

December 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.

NIEUWE SANITATIE NOORDERHOEK, SNEEK

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
STOWA IN HET KORT

De deelonderzoeken zijn uitgevoerd door de volgende bedrijven en instellingen:

| | |
|---|------------|
| OVERKOEPELEND EINDRAPPORT | 1 |
| Evaluatie Nieuwe Sanitatie Waterschoon in de wijk Noorderhoek, Sneek, overkoepelende rapportage Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs Auteur: Peter Hermans, oktober 2014 | |
| BEWONERSERVARINGEN | 35 |
| 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 | 61 |
| Effectiviteit van het Decentrale Verwerkingsstelsel Waterschoon, Noorderhoek Sneek DeSaH bv Auteurs: Liesbeth Wiersma en Nico Elzinga, oktober 2014. | |
| BEHEER EN ONDERHOUD | 137 |
| 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

169

Energie-analyse Decentrale sanitatie Noorderhoek, Sneek

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

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

DUURZAAMHEIDSANALYSE

225

Onderzoek duurzaamheid nieuwe sanitatie

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs

Auteur: Inge Blom, augustus 2014.

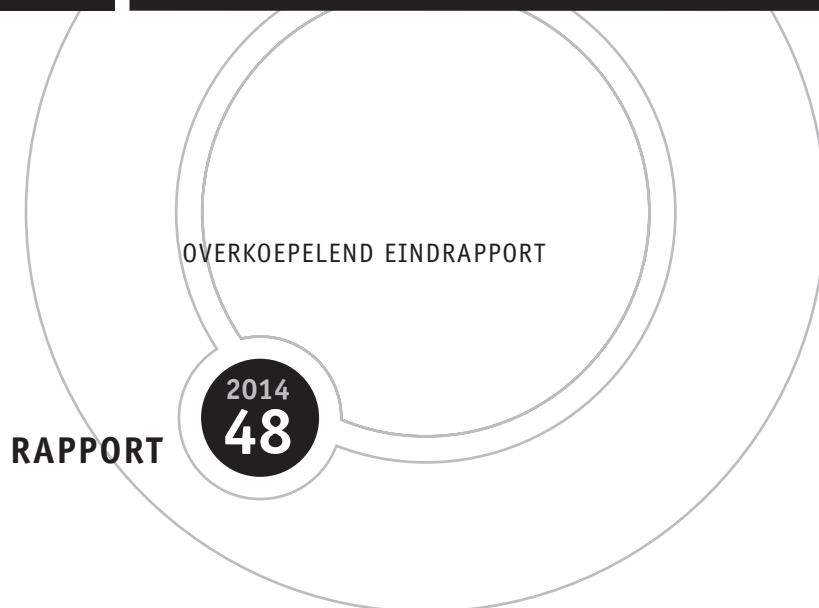
FINANCIËEL ECONOMISCHE ANALYSE

271

Financiële economische analyse (FEA) Noorderhoek Waterschoon te Sneek

RDGM en van Hell Advies

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



ISBN 978.90.5773.669.8



VOORWOORD

Dit bewonersonderzoek is uitgevoerd in opdracht van Woningstichting de Wieren en in samenwerking met DesaH BV te Sneek. We willen de volgende personen bedanken voor hun medewerking aan dit onderzoek: allereerst alle bewoners van de appartementen in Noorderhoek en de medewerkers van het verzorgingstehuis voor hun deelname aan enquêtes en interviews. Daarnaast bedanken we Liesbeth Wiersma en Brendo Meulman van DesaH BV en Aafke Postma van Woningstichting de Wieren voor de prettige samenwerking. Ania Gabrychowicz, student Urban Environmental Management aan Wageningen University en collega Astrid Hendriksen bedanken we voor al het meedenken en meewerken aan de uitvoering en analyse van de enquête.

Joeri Naus en Bas van Vliet

© Leerstoelgroep Milieubeleid, Wageningen University

Maart 2012

bas.vanvliet@wur.nl

www.enp.wur.nl

SAMENVATTING

In de Waterschoonproject te Sneek worden 230 huurwoningen gerealiseerd waarbij toiletten en keukenvermalers voor organisch afval zijn aangesloten op een vacuümsysteem en een vergistinginstallatie in de wijk. Eind 2011 zijn er 32 appartementen en een verzorgingstehuis (met onderling verschillende toiletten en vermalers) aangesloten op het vacuümsysteem.

Dit rapport presenteert de resultaten van een tevredenheidsonderzoek onder bewoners (60+ers) van het appartementen-complex en professionals werkend in het verzorgingstehuis. Het doel hiervan is om vast te stellen in hoeverre bewoners en medewerkers tevreden zijn over het gebruik van de voorzieningen en de uitvoering van het project. Met het oog op toekomstige uitbereidingen en vergelijkbare projecten elders, biedt het ook aanknopingspunten voor het verbeteren van het ontwerp, de communicatie en de organisatie omtrent het systeem.

Uit de analyse van de resultaten blijkt dat de bewoners in het algemeen tevreden zijn over het project. De meerderheid vindt het een handig en hygiënisch systeem, met name 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 de informatievoorziening is goed geregeld.

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

De grootste stoorzender is ongetwijfeld het geluid van het toilet tijdens de 'spoeling'. 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. Naast technische oplossingen kan er ook worden gedacht aan een andere manier van 'framing', bijvoorbeeld door een prominentere vergelijking te trekken met toiletten in een boot of vliegtuig.

Uit de verzamelde gegevens blijkt verder dat het voor bewoners lastig is om zich van tevoren voor te stellen hoe een dergelijk systeem in de dagelijkse praktijk werkt. Een duidelijke demonstratie ruim van tevoren is daarom aan te raden. Naast een expert kan ook een 'ervaringsdeskundige' assistentie verlenen tijdens deze demonstratie. Dit kan extra vertrouwen wekken en geeft een beter beeld van de dagelijkse praktijk.

Ook is er veel onduidelijkheid omtrent de kosten voor bewoners. Het transparanter maken en vereenvoudigen van de rekening kan een duidelijker beeld scheppen van de financiële consequenties, maar ook van de milieueffecten.

In het verzorgingstehuis staan de bewoners een stuk verder van het project af. Afgezien van de eerste schrik over het geluid en het ontbreken van een plateau, zijn der ervaringen

heel positief. Door het ontwerp is het schoonmaken makkelijk en het gebruik hygiënisch. Aansluiting op het systeem draagt bij aan een duurzame bedrijfsvoering van het verzorgingstehuis.

OVERKOEPELEND EINDRAPPORT

INHOUD

| | | |
|------------|---|----------|
| | PARTNERS WATERSCHOON | |
| | TEN GELEIDE | |
| | STOWA IN HET KORT | |
| | VOORWOORD | |
| | SAMENVATTING | |
| 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 verwerkingssysteem | 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 | 6 |
| 2.6 | Aanpak van het onderzoek | 7 |
| | 2.6.1 Deelonderzoeken | 7 |
| | 2.6.2 Referentiestelsel | 7 |
| | 2.6.3 Vergelijking en functionele eenheid | 8 |
| | 2.6.4 Rapportages | 9 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3 | ONDERZOEKSRESULTATEN | 10 |
| 3.1 | Effectiviteit van het systeem | 10 |
| 3.2 | Beheer en onderhoud | 12 |
| 3.3 | Bewonersonderzoek | 14 |
| 3.4 | Energiesysteem | 15 |
| 3.5 | Duurzaamheid | 17 |
| 3.6 | Financieel Economische Analyse | 19 |
| 4 | CONCLUSIES, LEERPUNTEN EN PERSPECTIEVEN | 22 |
| 4.1 | Conclusies | 22 |
| 4.2 | Leerpunten | 24 |
| 4.3 | Perspectieven | 25 |
| 4.3.1 | Schaalgrootte | 25 |
| 4.3.2 | Groene weide situaties of aansluiten op bestaande infrastructuur? | 26 |
| 4.3.3 | Gefaseerde bouw | 26 |
| 4.3.4 | Energiefabriek | 26 |
| 4.3.5 | Grondstoffenfabriek | 27 |
| 4.3.6 | Microverontreinigingen | 27 |
| 4.3.7 | Klimaatverandering | 27 |
| 4.4 | Nut van vervolgonderzoek | 28 |
| 4.5 | Richting en omvang van vervolgonderzoek | 28 |
| | BIJLAGE | |
| | GEIDENTIFICEERDE EN DOORGEREKENDE OPTIMALISATIES | 30 |

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.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 gaat nader in op Waterschoon en op de opzet van de deelonderzoeken. Toege-licht 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.

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.

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

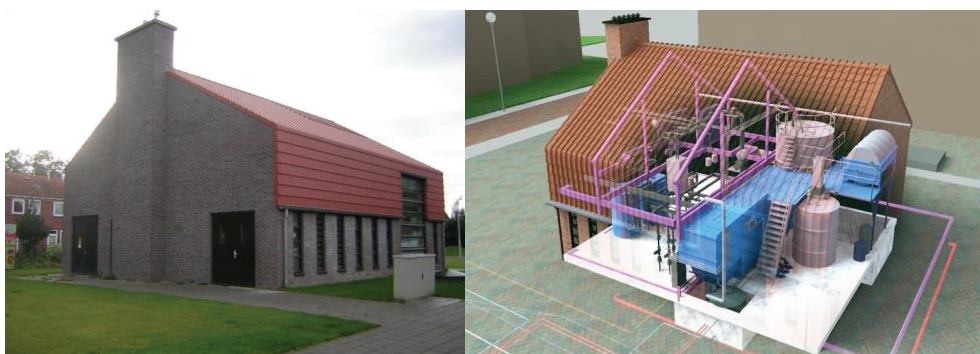
In woningbouwproject Noorderhoek in Sneek worden 282 woningen gesloopt en 232 woningen weer teruggebouwd gedurende een periode van tien jaar. Deze woningen worden allemaal aangesloten op het Waterschoon-systeem.

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 gedeponeerd 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 oppervlaktewater².

² 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.

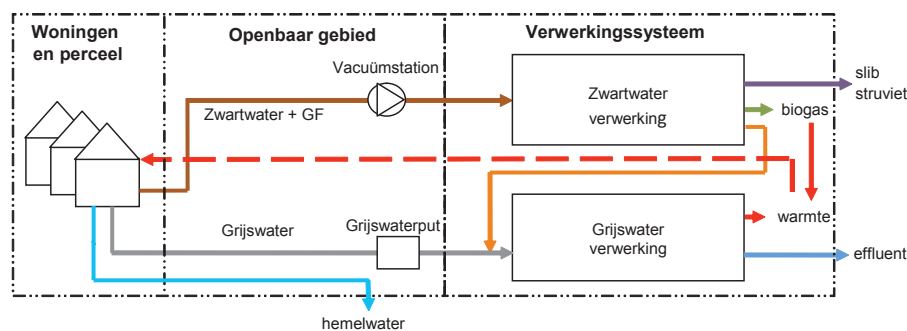
Het hemelwater in Noorderhoek wordt onbehandeld op lokaal oppervlaktewater geloosd.

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.

WARMTERUGWINNING

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 rioolgemaal.

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 gistingsproces 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

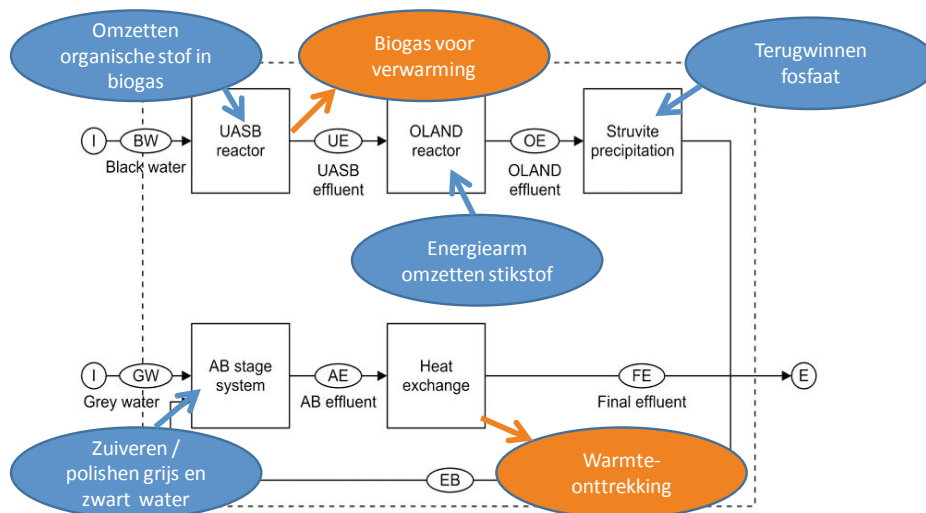
Grijswater wordt in twee stappen gezuiverd met een biologisch aëroob proces. De eerste stap, de hoogbelaste A-trap, adsorbeert colloïdaal, zwevend en in enige mate opgelost materiaal aan slibvlokken. De tweede stap, de laagbelaste B-trap, verwijdert onder inblazen van lucht (zuurstof) het resterende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

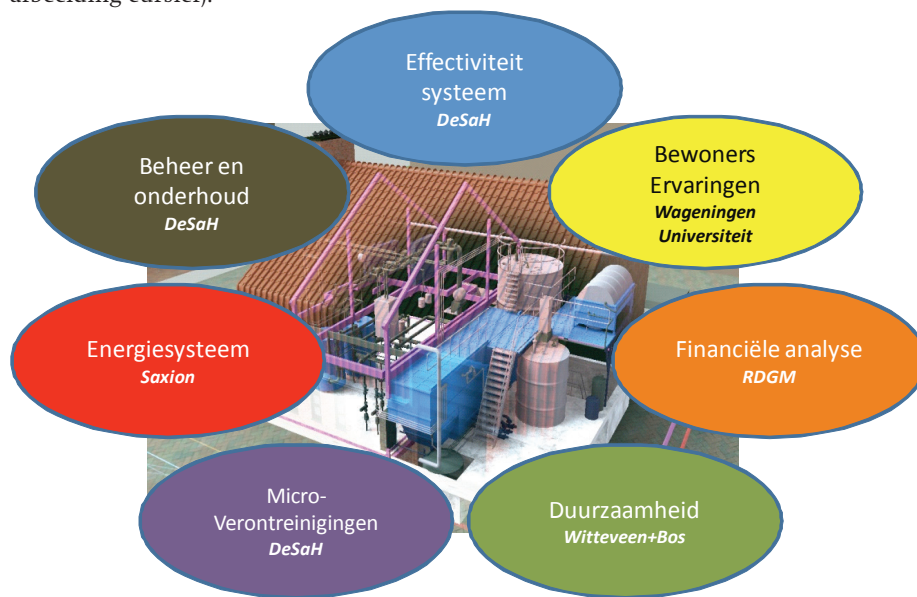
2.6 AANPAK VAN HET ONDERZOEK

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 doorgeleefd. 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 dit overkoepelende rapport en kunnen afzonderlijk worden geraadpleegd. Voor verdieping van onderzoeksopdrachten, context en resultaten wordt naar deze rapporten 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.³

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.

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 project⁴. 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').

3 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.

4 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 geëxtrapoleerde/berekende waarden zijn waarmee de vergelijking tussen het geoptimaliseerde Waterschoon en het referentiestelsel wordt gemaakt.

2.6.4 RAPPORTAGES

De resultaten van de deelonderzoeken zijn vastgelegd in afzonderlijke onderzoeksrapporten die in samenhang met ditoverkoepelend rapport gelezen kunnen worden. De resultaten van de metingen aan microverontreinigingen zijn opgenomen in het deelrapport "Effectiviteit systeem".

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.

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 pppd⁵). 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

5 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 (CZV_l) en stikstof (N_l) aan de wettelijke lozingsseisen. 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_l 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 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's⁶. 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.

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

6 Bron: Watson database, www.emissieregistratie.nl

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.⁷

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

| Parameter | Meststoffenwet | Waterschoon [#] UASB | referentie [#] |
|-----------|----------------|----------------------------------|-------------------------|
| 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 de 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.

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

⁷ Overigens: qua zware metalen is UASB slib schoner dan koemest, die wel is toegestaan voor bemesting

in het leidingstelsel en/of problemen in het zuiveringstelsel. Dit heeft zich overigens niet voorgedaan;

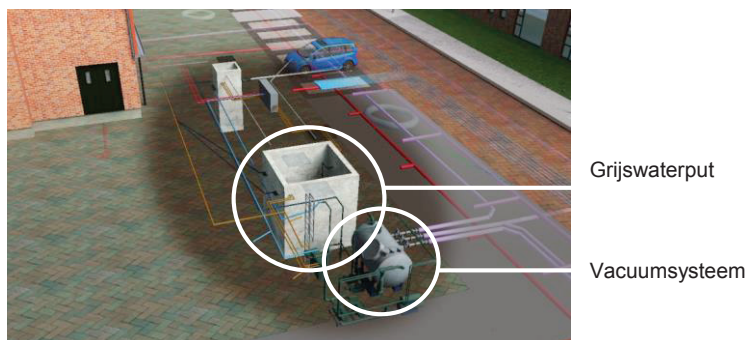
- het leegzuigen van het toilet maakt kortstondig geluid, dat harder is dan het doorspoelen van een conventioneel spoeltoilet. Om het geluid te dempen, kan het deksel van het toilet gesloten worden ten tijde van de spoeling;
- voor de adequate werking van het zuiveringsproces is uitgangspunt dat geen (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 eenrgieverbruik voor opwarming van de UASB.

Geconstateerd is dat projectontwikkelaars, architecten, installateurs en monteurs slechts zeer beperkte ervaring hebben met het ontwerp en aanleg van vacuümsystemen. 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

Vacuümrilering 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 beheersspanning. 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 uitgestigte 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 gewinning 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 energiehuis-houding. 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

ENERGIESTROMEN⁸ WATERSCHOON IN HUIDIGE EN GEOPTIMALISEERDE UITVOERING EN ENGERIESTROMEN VAN HET REFERENTIESYSTEEM

| | | Waterschoon* 79 i.e. | 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.

In het energieonderzoek is verder gezocht naar optimalisaties, die vervolgens zijn doorgerekend 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.

- 8 Om energiestromen te kunnen vergelijken, moeten alle getallen worden omgerekend in primaire energie. Voor chemische en thermische energie geldt dat 1 kWh_{ct} 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.

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 duurzaamheidsprestatie van het decentrale Nieuwe Sanitatie-systeem 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.

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; • gebruik van hulstoffen: chemicaliën |
| water en bodem | <ul style="list-style-type: none"> • 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: geluidsoverlast; • visuele hinder; • gebruiksgemak. |

In dit onderzoek zijn de ecologische aspecten gekwantificeerd met behulp van een grofmazige 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 3.5 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

| Thema | aspect | Waterschoon (1.200 ie) | Waterschoon geoptimaliseerd | 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. | 0 | 0 | 0 |
| water en bodem | watergebruik; | + | + | - |
| | effecten op waterkwaliteit; | 0 | 0 | 0 |
| | 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 zuiveringsstelsel.

In de analyse is de bijdrage van de systemen aan verschillende milieuproblemen doorgerekend tot het uiteindelijke effect op menselijke gezondheid, ecosystemen en grondstofvoorraden. 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 inza-

melsysteem, 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 jaar⁹ 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 gelijk¹⁰, 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 pilotkosten¹¹;
- 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.

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 zijn¹²:

- 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.

9 Referentiesysteem: EUR 65 per inwoner per jaar

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

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

12 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.

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.

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.

Volatilitetsberekeningen leveren geen exacte getallen, maar geven ze wel de orde grootte 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 kleinere 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 inwoners¹³. 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* aan¹⁴.

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 systeem¹⁵. 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 zijn¹⁶ en of kan worden voldaan aan lokaal toepasselijke vergunningsvoorwaarden.

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

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

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

16 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 bevat¹⁷. 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 Waterschoon¹⁸. 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 waterschoonconcept¹⁹. 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.

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 logischer-

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

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

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

wijze tot aanzienlijke kostenverhogingen. Schaafeffecten zijn relevant voor zowel het concept Waterschoon als voor conventionele zuiveringsmethoden. Op basis van de volatiliteitberekening wordt geconstateerd dat het een 'Waterschoon geoptimaliseerd' systeem van 2.400 inwoners financieel goedkoper is dan een referentie-rwzi, onder de conditie dat alle optimalisatieopties 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'²⁰. Hiermee kan de potentie van het concept indicatief worden doorerekend. Opgemerkt wordt dat in deze extrapolatie onzekerheden worden geaccepteerd²¹ 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 bouwfases 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 voedselvermaler²², 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;
- voor behandeling van de grijswaterstroom lijken andere concepten dan het toegepaste AB

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

21 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.

22 Dit wordt bij de nieuw te bouwen woningen geïmplementeerd

- systeem vooralsnog kansrijker, vooral als het relatief beperkte afvalwaterstromen betreft;
- het is aan te bevelen om de struvietreactor als opstroomstelsel 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 zuiveringssysteem 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 Oland-reactor 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 grootschalige 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 teruggevoerd 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 stevig 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

GEIDENTIFICEERDE 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+).



ISBN 978.90.5773.669.8



BEWONERSERVARINGEN

INHOUD

| | | |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | INLEIDING | 35 |
| 1.1 | Introductie | 35 |
| 1.2 | Maatschappelijk doel | 35 |
| 1.3 | Onderzoeksdoel | 36 |
| 1.4 | Opzet Onderzoek | 36 |
| 1.5 | Analyse & uitwerking van resultaten | 36 |
| 1.6 | Leeswijzer | 37 |
| 2 | GEBRUIKSERVARINGEN | 38 |
| 2.1 | Toilet | 38 |
| 2.2 | Keukenvermaler | 39 |
| 2.3 | Storingen | 39 |
| 2.4 | Spillover | 40 |
| 2.5 | Verzorgingstehuis | 40 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3 | PERCEPTIES EN REFLECTIE | 42 |
| 3.1 | Eerste reactie | 42 |
| 3.2 | Informatievoorziening | 42 |
| 3.3 | Meningen en kennis omtrent het doel van het project | 43 |
| 3.4 | Vertrouwen in betrokken partijen | 44 |
| 3.5 | Verzorgingstehuis | 44 |
| 4 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 46 |
| | REFERENTIES | 49 |
| | ENQUÊTE ONDER BEWONERS NOORDERHOEK | 50 |

1

INLEIDING

1.1 INTRODUCTIE

Het maatschappelijke debat over de noodzaak van duurzamere vormen van sanitatie loopt al een aantal decennia (Van Vliet et al, 2010; Lens et al, 2001). Het gebruik van grote hoeveelheden water voor de spoeling van het toilet en voor het transport van afvalstoffen naar waterzuiverings-installaties zorgt voor hoofdbreken, zeker gezien het inflexibele karakter van het rioleringsstelsel en de hoge mate van gewenning aan 'normale' spoeltoiletten.

Op dit moment zijn er een aantal demonstratieprojecten gaande in Nederland waarin alternatieve vormen van sanitatie worden toegepast. Een van de meest vooruitstrevende projecten is het Waterschoon project in Sneek. Hier worden 230 huurwoningen gerealiseerd (bouwproject Noorderhoek) waarbij toiletten en keukenvermalers voor organisch afval worden aangesloten op een vacuümsysteem en een vergistingsinstallatie in de wijk. Het project bouwt voort op de ervaringen van een demonstratieproject met vacuüm toiletten bij 32 woningen in Lemmerweg-Oost in Sneek.

In 2006 is in dit demonstratieproject bewonersonderzoek uitgevoerd op basis van interviews met 18 bewoners. Ondanks geluidsproblemen met de toiletten was de meerderheid van de bewoners positief over het systeem. De verwachte waterbesparing vanwege de kleinere spoelingen werd daarbij het meest genoemd. Ook voelden sommige bewoners zich bevoorrecht dat zij konden bijdragen aan een uniek milieuvriendelijk project. Vanwege de kleinschaligheid van het project en het feit dat de projectleider ook in de wijk woonde, was de communicatie en klachtenafhandeling met bewoners goed en eenvoudig te regelen (Hegger, 2007; Hegger and Van Vliet, 2010).

Het vervolgproject in de Noorderhoek is van een grotere omvang. Eind 2011 zijn er 62 woningen gerealiseerd, waaronder 30 zorgappartementen. Nieuw bewonersonderzoek is nuttig omdat de bewonersperceptie anders kan zijn dan in het eerste demonstratieproject. Dit kan te maken hebben met:

- a De grotere schaal van het project, waardoor de afstand tussen bewoners en projectorganisatie groter is.
- b De extra toepassing van keukenvermalers, naast vacuümtoiletten.
- c Een grotere diversiteit in woningtypen en leefstijlen in de 230 geplande woningen.
- d Het feit dat bewoners geen echte pioniers meer zijn.

Daarnaast kan, in tegenstelling tot het bewonersonderzoek in Lemmerweg Oost, naast een kwalitatief onderzoek in een latere fase ook een kwantitatieve analyse uitgevoerd worden. Als het project Noorderhoek met 230 woningen is opgeleverd kan kwantitatief onderzoek mogelijkheden bieden om bewonerstevredenheid uit te splitsen naar variabelen als geslacht, leeftijd, woningtype en samenstelling huishouden.

1.2 MAATSCHAPPELIJK DOEL

Kennis over de ervaringen, voorkeuren en percepties van bewoners m.b.t. het vacuümsysteem, biedt aanknopingspunten voor het verbeteren van het ontwerp, de toepassing van, en

de communicatie over het systeem. Deze inzichten zijn van belang voor het verbeteren van het systeem in de Noorderhoek, geplande voorbereidingen van dit project, en voor de implementatie van vergelijkbare projecten elders in de toekomst.

1.3 ONDERZOEKSDOEL

Het vaststellen van de mate van tevredenheid van bewoners wat betreft de uitvoering, het dagelijks gebruik, de informatievoorziening, de relatie met aanbieders, en de kosten van vacuüm toiletsystemen en keukenvermalers in de Noorderhoek te Sneek.

1.4 OPZET ONDERZOEK

In de eerste fase (oktober 2011) zijn er kwalitatieve interviews afgenomen met 5 bewoners van het appartementencomplex. Deze interviews hebben de eerste inzichten opgeleverd over hoe bewoners de vacuüm voorzieningen benoemen, gebruiken en beoordelen.

De uitkomsten van deze 5 interviews zijn gebruikt voor het opstellen van een schriftelijke enquête. Deze enquête is op 10 november 2011 voorgelegd aan 20 huishoudens binnen het appartementencomplex. Gezien het totaal aantal appartementen (32) kan er worden aangenomen dat een dergelijke omvang een representatieve indruk geeft van de gebruikservaringen en meningen van huidige bewoners omtrent het Waterschoon project. De selectie van bewoners heeft, zowel voor het eerste interview als voor de enquête, plaatsgevonden op basis van bereidwilligheid en beschikbaarheid. De bewoners hebben hiervoor antwoordbriefjes van woningstichting De Wieren kunnen invullen.

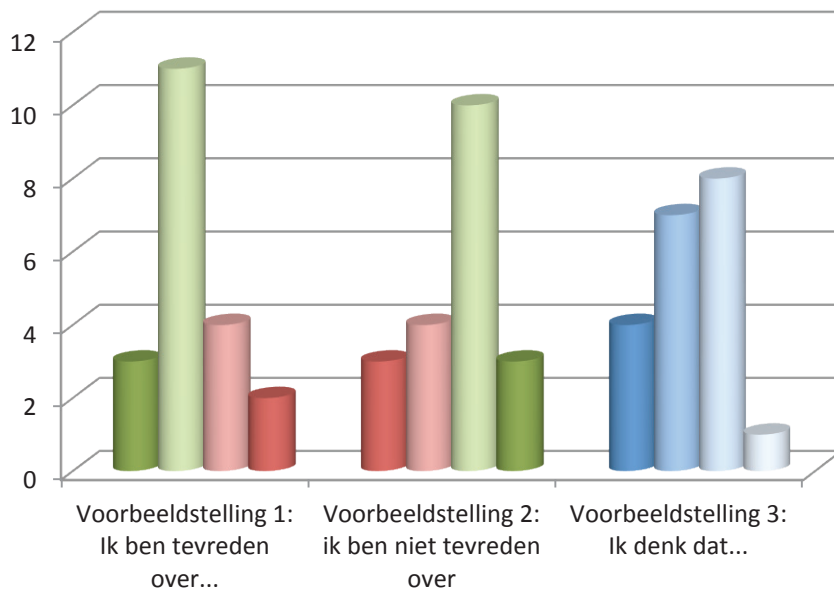
Daarnaast zijn er ook een aantal enquêtevragen (in aangepaste vorm) voorgelegd aan de locatiemanager van het verzorgingstehuis, de teamleider van de keuken van het tehuis, twee verzorgers en hun teamleider. Het betreft hier echter geen schriftelijke enquête maar een mondeling interview. Het doel van deze interviews is om te achterhalen wat de overeenkomsten en de verschillen zijn in gebruikservaringen en de organisatie omtrent het project t.o.v. het appartementencomplex.

1.5 ANALYSE & UITWERKING VAN RESULTATEN

Er is gekozen om in de enquête voornamelijk gebruik te maken van korte stellingen (zie enquête in bijlage 1). Bewoners konden bij elke stelling aangeven of ze het er *'zeer mee eens'*, *'mee eens'*, *'mee oneens'* of *'zeer mee oneens'* zijn.

De uitkomsten van de enquête zijn gepresenteerd in staafdiagrammen (Hoofdstukken 2 en 3). Dit houdt in dat bij elke stelling 4 staven horen (zie voorbeeldgrafiek hieronder); Staaf 1 correspondeert met *'zeer mee eens'*, staaf 2 met *'mee eens'*, enz. De kleur van de staaf geeft vervolgens aan of het gaat om een positieve ervaring (groen), een negatieve ervaring (rood) of een ervaring waarbij het voor ons niet duidelijk is of het een positieve of negatieve ervaring betreft (blauw). Dit is nodig omdat sommige stellingen positief geformuleerd zijn (voorbeeldstelling 1), waar andere negatieve associaties oproepen (voorbeeldstelling 2).

Verder zijn de gegevens in de staafdiagrammen weergegeven in absolute aantallen, niet in percentages. Dus, als 10 bewoners hebben aangegeven dat ze het met de stelling eens zijn, dan zal de staaf '10' aangeven bij *'mee eens'* (2^e staaf). Percentages zouden een verkeerde indruk kunnen geven, gezien de beperkte omvang van de geënquêteerde groep en het feit dat niet alle vragen door evenveel respondenten zijn ingevuld.



De geënquêteerde groep (n=20) is te klein om statistisch significante uitspraken te doen over de relatie tussen verschillende variabelen. Bij een veel grotere groep (n=100) zou dit wel mogelijk zijn geweest. Op basis van de verzamelde gegevens zijn er wel enkele aanwijzingen voor verbanden te vinden. Met behulp van SPSS konden we ondersteuning vinden voor de gevonden trends. Deze worden benoemd in de bespreking van de resultaten.

1.6 LEESWIJZER

Dit rapport is opgebouwd uit drie onderdelen.

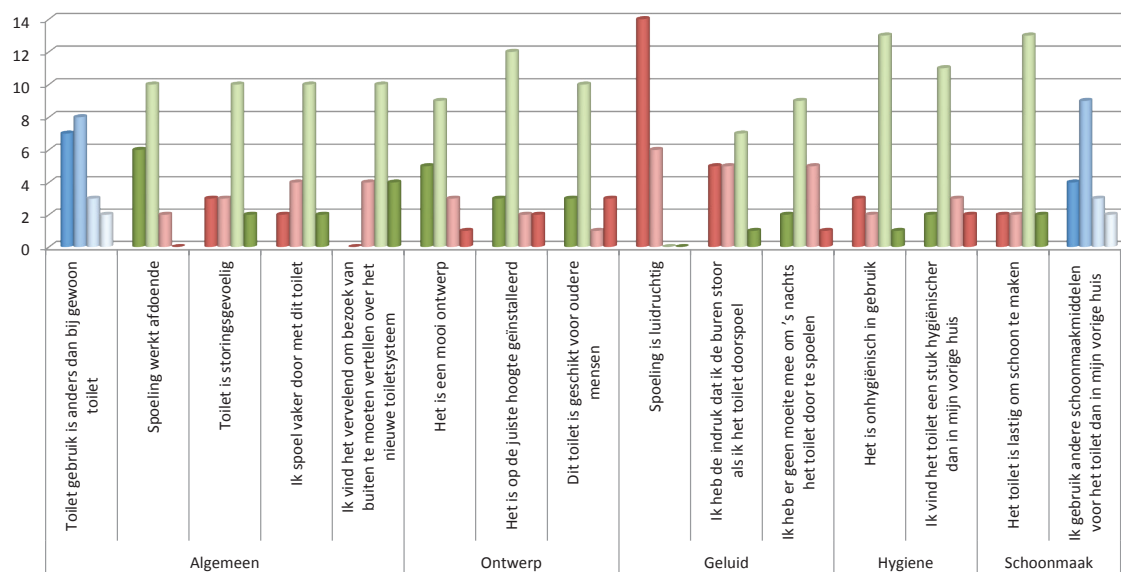
- Hoofdstuk 2 gaat in op de specifieke gebruikservaringen van de bewoners. Deze gebruikservaringen zijn verder onderverdeeld in het gebruik van het toilet en het gebruik van de vermaler. Gebruikservaringen in het verzorgingstehuis worden in een aparte sectie behandeld.
- Hoofdstuk 3 geeft de opvattingen en meningen weer over de verschillende onderdelen van het systeem. Er wordt gereflecteerd op o.a. de informatievoorziening, de milieuaspecten, de kosten, het gevoel van de bewoners bij het systeem, en hun ideeën over de toekomst. Wederom behandelen we het verzorgingstehuis in een aparte sectie.
- Hoofdstuk 4 presenteert de conclusies op basis van de vergaarde informatie en de analyse. Ook doen we aanbevelingen voor het verbeteren van het systeem in de Noorderhoek, voor de geplande voorbereidingen van het project, en voor de implementatie van dergelijke projecten elders in de toekomst.

2

GEBRUIKSERVARINGEN

2.1 TOILET

GRAFIEK 1 REACTIES VAN BEWONERS OP STELLINGEN OMTRENT HET VACUÛMTOILET; VAN "ZEER MEE EENS" (LINKS), TOT "ZEER MEE ONEENS" (RECHTS). KLEUREN WEERSPIEGELEN POSITIEVE (GROEN), NEGATIEVE (ROOD) OF ALLEEN FEITELIJKE (BLAUW) OORDELEN.



Over het geheel genomen zijn de gebruikservaringen met het vacuümtoilet positief te noemen. Dat is te zien in grafiek 1 aan de hoogte van de groene staven t.o.v. de rode staven. Hoewel het merendeel van de bewoners het gebruik van het toilet als 'anders' ervaart dan bij een 'gewoon' toilet, kan dit niet zonder meer negatief uitgelegd worden. De meerderheid vindt het toilet hygiënisch, makkelijk schoon te maken, goed ontworpen en goed geïnstalleerd. Er zijn wel een paar kanttekeningen te maken.

Overduidelijk is dat het geluid van het toilet bij de spoeling als (te) luidruchtig wordt ervaren door de bewoners. Dit is de grootste factor van ergernis, die in enkele gevallen tot flinke ontevredenheid heeft geleid. Meer dan de helft geeft ook aan bang te zijn om de burens te storen bij het doorspoelen van het toilet. In ongeveer 1/3 van de gevallen leidt dit tot een wrang gevoel. Uit de interviews blijkt dat sommigen 's nachts dan ook niet doorspoelen. Een bewoner gaf aan het geluid te dempen door een jas over het toilet te leggen tijdens de spoeling. Aan de andere kant blijkt uit de interviews dat er ook sprake is van een zekere gewenning; de meeste bewoners leren ermee leven.

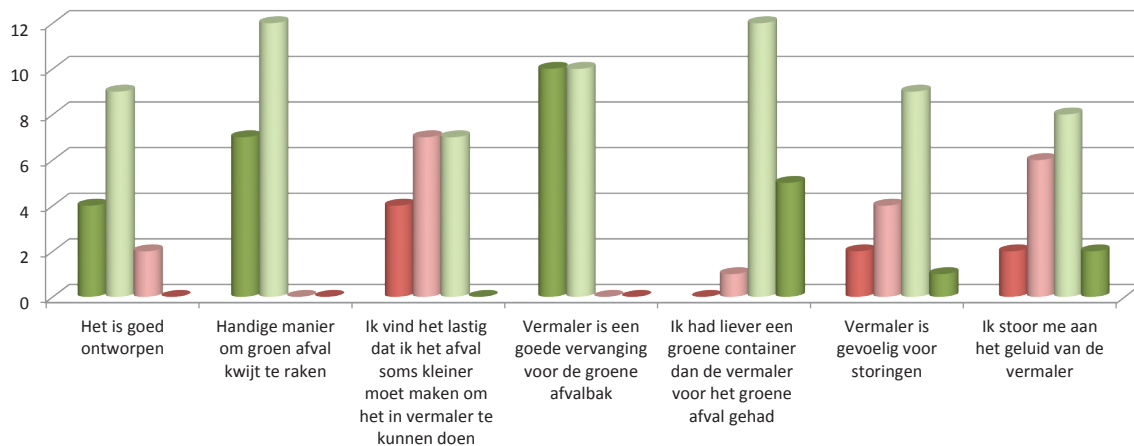
Het is opvallend dat 1/3 van de bewoners vaker doorspoelt dan bij een gewoon toilet. Het is onduidelijk waarom dit het geval is en of dit consequenties heeft voor de tevredenheid. Ondanks dat het gebruik van het toilet door de meeste mensen als hygiënisch wordt ervaren, en zelfs als hygiënischer dan een gewoon toilet, zijn er ook kritische geluiden. Uit de interviews blijkt dat dit te maken kan hebben met 1) spatten bij staand plassen, 2) de constatering dat het water bij de spoeling niet tot aan de rand reikt, en 3) dat er geen toiletblok gebruikt

mag of kan worden, wat tot een onaangename geur en wellicht tot onhygiënische situaties kan leiden.

Verder zijn er een paar bewoners die vinden dat er bij het ontwerp onvoldoende rekening is gehouden met senioren. Dit betreft met name de (installatie-)hoogte van het toilet, en in mindere mate de instructie dat men geen vochtig toilet papier mag gebruiken, en de kracht die nodig is voor het bedienen van de spoelknop.

2.2 KEUKENVERMALER

GRAFIEK 2 REACTIES VAN BEWONERS OP STELLINGEN OMTRENT DE KEUKENVERMALER. VAN "ZEER MEE EENS" (LINKS), TOT "ZEER MEE ONEENS" (RECHTS).



De vermaler is in het algemeen goed ontvangen door de bewoners. Ze vinden de vermaler een goede tot heel goede vervanger van de groene afvalbak, en zien het als een handige manier om groen afval kwijt te raken. Uit de interviews blijkt dat mensen het makkelijk vinden dat ze niet meer naar buiten hoeven om het groene afval weg te gooien, en dat de vermaler geuren voorkomt die de groene bak met zich mee kan brengen.

Maar net als bij het toilet, zijn ook hier een aantal kritische noten te kraken.

Ondanks het gemak waarmee klein groen afval door de vermaler kan worden verwerkt, levert het grotere afval meer problemen op. Meer dan de helft van de bewoners vindt het lastig dat het grote afval kleiner moet worden gemaakt alvorens het in de vermaler te stoppen. Een kwart vindt het zelfs erg vervelend. Sommigen brengen het daarom apart naar de groene container buiten het appartementencomplex of doen het in de grijze container. Er is ook een opmerking gemaakt dat visresten beter niet in de vermaler worden gedaan, omdat dit kan gaan stinken.

Verder stoort iets minder dan de helft van de respondenten zich aan het geluid bij het gebruik van de vermaler.

2.3 STORINGEN

Een derde van de bewoners vindt het toilet storingsgevoelig. Eenzelfde deel van de bewoners vindt dat ook van de vermaler. Dergelijke storingen zijn inherent aan de implementatie van een nieuw systeem. Enig begrip daarvoor lijkt wel aanwezig bij de bewoners gezien de positieve beoordeling van het systeem als geheel en de aanbeveling om het systeem elders ook toe te passen.

Uit de enquêtes en de interviews blijkt wel dat er enige irritatie is over het verhelpen van de storing door de reparateur/installateur. Er zijn gevallen waarbij de storing niet (direct)

is verholpen, het lang duurt eer de reparateur langskomt, het niet bekend is wanneer deze precies langskomt of deze zelfs helemaal niet langskomt. Desondanks kan er niet aangetoond worden dat onvrede over het verhelpen van het defect heeft geleid tot een negatieve houding t.o.v. het gehele systeem.

2.4 SPILLOVER

Spillover in deze context wil zeggen dat positieve (of negatieve) ervaringen met het toilet ook leiden tot een positieve (of negatieve) houding t.o.v. de vermaler, of vice versa. Dit is relevant omdat hieruit kan worden afgeleid 1) in hoeverre de ervaring met één onderdeel het totale beeld bepaalt, en 2) in hoeverre de bewoners het toilet en de vermaler beschouwen als onderdelen van één systeem of als afzonderlijke onderdelen.

Het blijkt bijzonder lastig om spillover te bepalen aan de hand van de verzamelde gegevens. Wel kan er op basis van het aantal negatieve reacties van elke bewoner op de individuele onderdelen vastgesteld worden dat:

- Van de 5 bewoners die verhoudingsgewijs negatief zijn over het toilet, er ook 2 negatief zijn over de vermaler (1 matig, 2 positief);
- Van de 7 bewoners die verhoudingsgewijs matig tevreden zijn over het toilet, er 2 matig tevreden zijn over de vermaler (4 positief, 1 negatief);
- Van de 6 bewoners die verhoudingsgewijs positief zijn over het toilet, er ook 5 positief zijn over de vermaler (1 matig, 0 negatief)

Er lijkt dus een licht verhoogde kans te zijn dat als iemand positief is over het toilet, dat die persoon ook positief is over de vermaler. Hetzelfde geldt voor iemand die - in verhouding tot de andere bewoners - negatief staat t.o.v. het toilet. De kans dat deze persoon ook een negatieve houding heeft t.o.v. de vermaler is groter dan bij iemand met een positieve houding. Degenen die matig tevreden zijn over het toilet, lijken de vermaler grotendeels het voordeel van de twijfel te geven.

Dit is een indicatie dat er inderdaad sprake is van enige spillover en dat de vermaler en het toilet door de meerderheid wel degelijk gezien worden als onderdeel van hetzelfde systeem. We tekenen aan dat er uitgegaan is van een situatie waarbij het toilet de dominante factor/beeldbepaler is.

2.5 VERZORGINGSTEHUIS

Het verzorgend personeel ervaart de toiletten (een iets ander model dan in het appartementencomplex) als hygiënisch en eenvoudig schoon te houden, ook omdat er geen rand is zoals bij een gewoon toilet (geen kalkaanslag, geen luchtverfrisser nodig). Wel wordt het ontbreken van een plateau als lastig ervaren, omdat het hierdoor minder eenvoudig is om ontlasting te controleren. De toiletten zijn op de juiste hoogte geïnstalleerd en makkelijk te gebruiken. De spoelknop daarentegen wordt door sommige senioren ervaren als (te) zwaar om in te drukken. Net als in het appartementencomplex zijn er ook in het verzorgingstehuis door de bewoners en personeel een aantal opmerkingen gemaakt over het geluid van het vacuumtoiletten, al zijn de ontvangen reacties hierover niet eenduidig. In het begin schrokken ze wel van dit geluid. Zeker 's nachts is het goed te horen, wat leidt tot zorgen over het wekken van bewoners. In de praktijk blijkt dit mee te vallen (oudere mensen horen vaak minder goed) en treedt er ook gewenning op. Tijdens rondleidingen worden bezoekers geattendeerd op het geluid (vergelijkbaar met toiletten in een boot of vliegtuig), waardoor het geen problemen meer oplevert.

Verder gaf de locatiemanager aan dat er zorgen waren over het gebruik van chloor bij het uitbreken van een virus in het verzorgingstehuis. Dit zou niet goed zijn voor het vergistingsproces, maar het is nodig voor het bestrijden van het virus. Vooralsnog is hier geen oplossing voor gevonden en zal chloor gewoon worden gebruikt.

De keukenvermaler in het verzorgingstehuis is speciaal ontworpen voor het verwerken van grotere hoeveelheden groen afval. Het keukenpersoneel ervaart de vermaler als een handige manier om afval te scheiden. Aan de andere kant kan het lawaai bij gebruik wel tot overlast leiden. Er is dan ook besloten om de vermaler niet aan te zetten als er bewoners of gasten in de kantine zijn. Organisch afval wordt verzameld in een emmer en periodiek in de vermaler gedaan. Alleen frituurvet en grote botten gaan er niet doorheen. Schoonmaken van de vermaler gaat makkelijk met water en eventueel wat zeepsop. Verder worden er kosten vermeden voor de ophaal van organische afval.

3

PERCEPTIES EN REFLECTIE

3.1 EERSTE REACTIE

Uit de eerste reacties van de bewoners blijkt dat het merendeel van de bewoners positieve ervaringen heeft met het systeem. 10 bewoners beschrijven het systeem in een eerste reactie als 'mooi', 'gaaf' of zelfs 'uitstekend'. 3 bewoners zijn iets gematigder, aangegeven met omschrijvingen als 'nieuw', 'apart' of 'wennen'. Dan is er ook nog een laatste groep van 4 bewoners met negatieve associaties als 'storingsgevoelig', 'lawaaï' of zelfs 'verschrikkelijk'.

Uiteraard is het beeld wat genuanceerder dan deze eerste reacties doen vermoeden. Dit blijkt bijvoorbeeld al uit de 2^e vraag waarin bewoners aangeven wat ze het meest speciaal vinden aan het systeem. Hier refereren namelijk 3 van de 4 respondenten met een negatieve eerste associatie, dat ze wel het milieu- of gemaks-voordeel ervan inzien. Toch geeft zo'n eerste reactie een goede impressie van de algemene houdingen.

3.2 INFORMATIEVOORZIENING

Bijna 3/4 van de respondenten geeft aan dat ze ruim van tevoren voor het eerst zijn geïnformeerd over het nieuwe systeem door de Wieren; ¼ zegt pas op de hoogte te zijn gebracht vlak voordat ze het appartement betrokken. De beleving van dit tijdstip (ruim of vlak van tevoren) zou consequenties kunnen hebben voor de algemene tevredenheid over de informatievoorziening, maar hier is geen bewijs voor te vinden in de verzamelde gegevens.

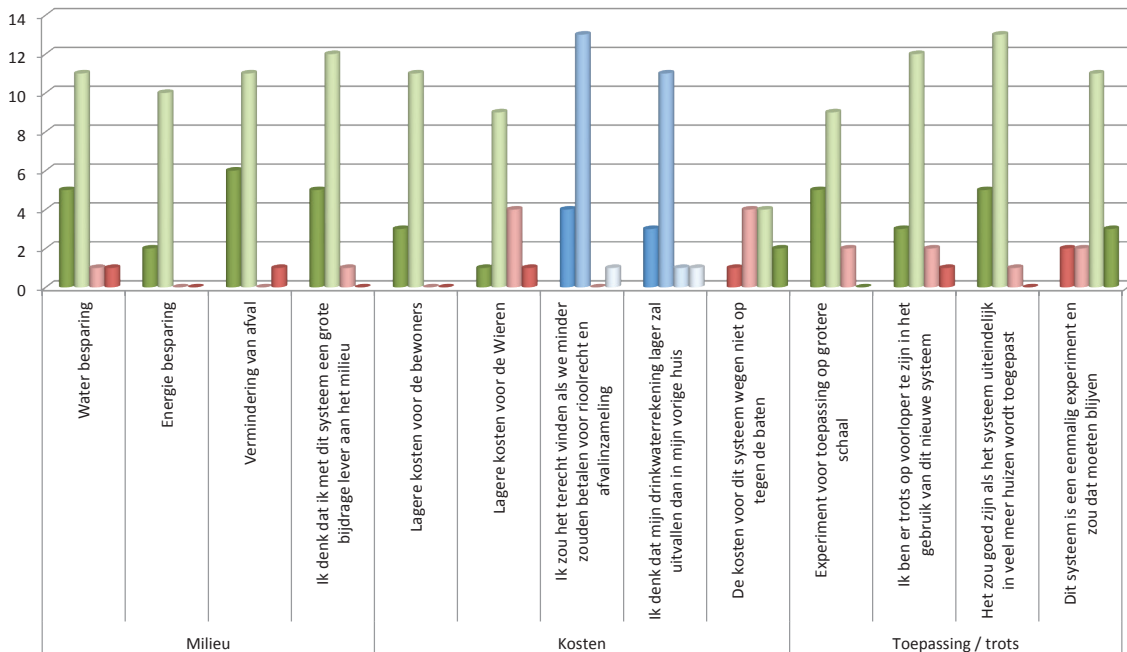
Verder is bijna van de respondenten tevreden over de demonstratie over de werking van het toilet en de vermaler. Degenen die hier niet tevreden over waren geven aan 1) de praktijk anders te ervaren dan de theorie en 2) dat het nog steeds niet helemaal duidelijk is hoe de vermaler gebruikt dient te worden (bijv. met of zonder water, met of zonder deksel). Opvallend is wel om te zien dat degenen die niet - of niet geheel - tevreden zijn met de initiële informatievoorziening wel tevreden zijn over de demonstratie. De combinatie van informatie vooraf en de demonstratie blijkt dus zijn vruchten af te werpen.

Zoals verwacht kon worden, zijn er bij de groep die niet geheel tevreden was over de informatievoorziening dan wel de demonstratie, in verhouding meer bewoners die graag meer inspraak zouden hebben gehad in het proces (3 van de 5 t.o.v. 1 van de 9 die wel tevreden waren). Het is onduidelijk waarover er meer inspraak is gewenst of op welke manier dit zou kunnen plaatsvinden. Wel is het een indicatie dat inspraak bij de planning/uitvoering een belangrijk aspect is om onvrede te voorkomen.

Verder blijkt uit de interviews (die plaatsvonden voorafgaand aan de rondleiding door het nutsgebouw) dat de bewoners al enige kennis hebben over de werking van het systeem. De meesten hebben uit bijeenkomsten van De Wieren begrepen dat het 'iets met recycling, hergebruik en energieopwekking' te maken heeft, al is het niet duidelijk hoe dat precies in zijn werk gaat. Wel is duidelijk dat 'het gebouwtje' er iets mee te maken heeft. Deze heeft dan ook een belangrijke symbolische waarde in het hele project. Het maakt zichtbaar wat normaliter onzichtbaar is voor bewoners, en het haalt dichtbij wat normaliter ver verwijderd is van hun beleving.

3.3 MENINGEN EN KENNIS OMTRENT HET DOEL VAN HET PROJECT

GRAFIEK 3 REACTIES VAN BEWONERS OP STELLINGEN OMTRENT HET DOEL VAN HET PROJECT. VAN "ZEER MEE EENS" (LINKS), TOT "ZEER MEE ONEENS" (RECHTS). KLEUREN WEERSPIEGELEN POSITIEVE (GROEN), NEGATIEVE (ROOD) OF ALLEEN FEITELIJKE (BLAUW) OORDELEN.



Uit grafiek 3 wordt duidelijk dat de bewoners inzien dat het project meerdere doelstellingen heeft (Het is wel goed om op te merken dat op de meeste stellingen positief is gereageerd, maar dan wel gematigd positief; dit kan duiden op enige twijfel of de doelen worden behaald). In termen van milieu worden zowel water besparing, energie besparing en afval vermindering gezien als belangrijke doelen. Over energie bestaat wat meer twijfel dan over de andere twee, gezien het aantal antwoorden op deze vraag (12 t.o.v. 16 en 17). Het belang van milieuwinst wordt op twee manieren onderstreept. Ten eerste vinden alle respondenten, op één na, dat ze door gebruik te maken van dit systeem inderdaad een grote bijdrage leveren aan het milieu (zie 4^e stelling in de grafiek). Een derde is het er zelfs zeer mee eens. Ten tweede, en wellicht van groter belang, refereren 11 van de 19 respondenten naar het milieu als datgene dat het meest speciaal is aan het systeem. Milieuwinst kan daarom gezien worden als een belangrijke motivatie voor bewoners om mee te werken aan een succesvolle implementatie van het systeem.

Voor de kosten geldt min of meer het zelfde. Bewoners denken unaniem dat lagere kosten voor de bewoners een belangrijke reden is voor de aanleg van het systeem. Ze denken dan ook nagenoeg allemaal dat hun drinkwater rekening lager zal uitvallen en ze zouden het terecht vinden als ze minder zouden betalen voor rioolrecht en afvalinzameling. Desondanks blijkt uit de interviews dat de bewoners weinig inzicht hebben in de werkelijke kosten. Daarbij gaf men aan dat de betalingen ingewikkeld in elkaar zitten, zeker ook in combinatie met de vloerverwarming, en dat men pas bij de eerste rekening (na een jaar) een beter overzicht verwacht.

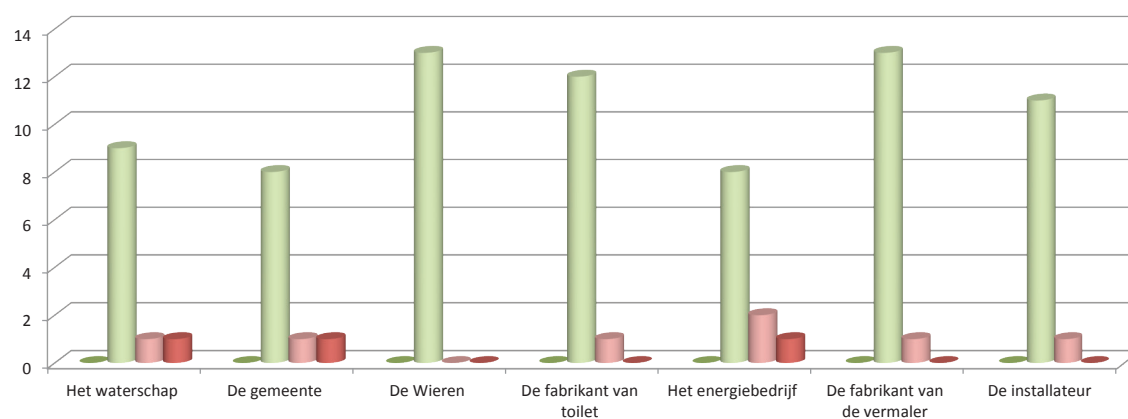
Verder is het opvallend om te zien dat er verdeeldheid heerst over de vraag of, bij wijze van eindoordeel, de kosten opwegen tegen de baten van het project. Dit kan een aantal dingen betekenen. De eerste mogelijkheid is dat men geen inzicht heeft in de kosten (en de baten) - zoals ook aangegeven door bewoners tijdens de interviews. De tweede mogelijkheid is dat de vraag simpelweg te moeilijk of te onduidelijk is. Dit is af te leiden uit het aantal ingevulde antwoorden (11) dat veel lager is dan bij andere vragen. Het lage aantal antwoorden betekent

echter niet dat de vraag helemaal onbruikbaar is. Het aantal respondenten dat de vraag heeft ingevuld heeft wel degelijk een afweging gemaakt, en deze blijkt niet eenduidig te zijn. Dit brengt ons bij de derde en vierde mogelijkheid. Mogelijkheid drie is dat bewoners inzien dat het systeem voordelen oplevert in termen van milieuwinst en (water en energie) kosten, maar dat de helft betwijfelt of dit werkelijk opweegt tegen de investeringen, de tijd, en de aanpassingen die het vergt van bewoners (en eventueel andere betrokkenen). De vierde mogelijkheid is een afweging louter op basis van financiële kosten. Het is lastig om aan te wijzen welke van deze mogelijkheden (het meest) van toepassing is. Wel kunnen we met enige zekerheid stellen dat de kosten voor de meeste bewoners niet inzichtelijk zijn en dat dit leidt tot verdeeldheid over de kosten en de baten.

De meerderheid van de bewoners ziet in dat het project dient als een experiment voor toepassing op grotere schaal. Op een enkeling na vindt ook iedereen dat het systeem dusdanig goed is, dat het op grotere schaal toegepast zou moeten worden, oftewel dat het niet bij een eenmalig experiment zou moeten blijven. Dit wordt verder onderstreept door het feit dat 15 van de 18 respondenten trots zijn om voorloper te zijn in het gebruik van dit nieuwe systeem. Dit is misschien wel de beste indicator van tevredenheid onder bewoners.

3.4 VERTROUWEN IN BETROKKEN PARTIJEN

GRAFIEK 4 REACTIES VAN BEWONERS OP STELLINGEN OMTRENT HET VERTROUWEN IN VERSCHILLENDE BETROKKEN PARTIJEN. VAN "ZEER MEE EENS" (LINKS), TOT "ZEER MEE ONEENS" (RECHTS). KLEUREN WEERSPIEGELEN POSITIEVE (GROEN), OF NEGATIEVE (ROOD) OORDELEN.



Uit Grafiek 4 blijkt dat de bewoners over het algemeen (veel) vertrouwen hebben in de benoemde betrokken partijen. Dit geldt met name voor Woningstichting De Wieren, en in iets mindere mate voor het energie bedrijf. Verder blijkt uit het geringere aantal antwoorden bij het waterschap, de gemeente en het energiebedrijf, dat deze organisaties wat verder van de bewoners afstaan. De Wieren, de fabrikanten en de installateur zijn wat meer 'tastbaar', omdat de bewoners veelal met deze organisaties contact hebben. Opvallend is verder dat de installateur er goed op staat, ondanks verschillende kleine klachten (zie 2.3). Verder geeft een aantal respondenten aan bij een defect contact op te nemen met De Wieren (die vervolgens contact opnemen met de installateur), waar anderen de installateur direct bellen. Dit duidt op enige onzekerheid over de procedure.

3.5 VERZORGINGSTEHUIS

Het personeel van het verzorgingstehuis is in een personeelsvergadering en door middel van een rondleiding in het gebouwde geïnformeerd over het systeem. Een aantal personeelsleden

is echter nieuw, waardoor zij deze kennis (deels) missen. Ze geven dan ook aan dat ze graag meer informatie zouden willen hebben, uit interesse of om de mensen erover te kunnen vertellen.

Verder vindt het personeel de onderlinge communicatie tussen de verschillende organisaties soms moeilijk. Het project wordt gezien als een grote verantwoordelijkheid voor een kleine organisatie als De Wieren. De communicatie met de installateur is wel goed; die is dag en nacht te bereiken waardoor de kleine defecten snel verholpen zijn.

Het systeem is in het verzorgingstehuis aangelegd uit overwegingen rond duurzaamheid (een belangrijk speerpunt van Zorggroep Tellens) en omdat het economisch rendabel is. Maar dat laatste geldt alleen omdat het project overheidssubsidie heeft gekregen. Het personeel in het verzorgingstehuis ziet vooral de milieuwinst, in termen van waterbesparing en energieopwekking, als een belangrijk doel. Hoeveel deze milieuwinst precies is, is voor het personeel onduidelijk.

Daarnaast is ook het mooie ontwerp van het toilet en de hygiëne van groot belang voor het positieve beeld dat er bestaat over het systeem. De vermaler is minder zichtbaar, omdat deze alleen wordt gebruikt door het keukenpersoneel, en wel op tijden dat er geen bewoners in de kantine aanwezig zijn.

Het personeel en de locatiemanager denken dat het systeem ook bij andere verzorgingstehuizen en ziekenhuizen toegepast kan worden. Het is een flinke investering, maar daar staat wel wat tegenover: Naast energie en water besparing levert de toepassing van het systeem bij het verzorgingstehuis specifieke (milieu)winst op omdat medicijnresten in afvalwater in een gesloten systeem verwerkt worden, en dus niet via de waterzuiveringsinstallaties in het oppervlaktewater terecht komen.

Net als in het appartementencomplex wordt het lawaai gezien als het belangrijkste verbeterpunt.

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De bewoners van de eerste appartement gebouwen in Noorderhoek zijn over het algemeen (gematigd) tevreden over het systeem van vacuümtoiletten en vermalers en alles wat daarbij komt kijken. Dat betekent dat het project wat de bewoners betreft goed is uitgevoerd. De meeste bewoners vinden het een innovatief, handig en hygiënisch systeem dat milieuwinst oplevert. Dit maakt de bewoners trots om er deel van uit te maken. Woningstichting De Wieren lijkt cruciaal voor het succes van het project. Deze staat dicht bij de bewoners en doet dienst als aanspreekpunt en informatieverstrekker. Verder is het nutsgebouw in het midden van de wijk is een voornaam symbool in het project. De zichtbaarheid van het gebouw is belangrijk voor de algemene beeldvorming.

Beduidend minder positief reageert men op het geluid. De grootste mate van ontevredenheid betreft het geluid van het toilet tijdens de spoeling en in mindere mate dat van de vermaler. Ook de informatievoorziening over het systeem en de kosten kan beter. Het was voor bewoners lastig om zich van tevoren voor te stellen hoe een dergelijk systeem in de praktijk werkt. Ook is er veel onduidelijkheid omtrent de kosten van het systeem voor bewoners en hoe deze zijn verrekend.

In het verzorgingstehuis staan de bewoners een stukje verder van het project af. Afgezien van de eerste schrik over het geluid en het ontbreken van een plateau, zijn de ervaringen heel positief. Het ontwerp maakt schoonmaken makkelijk en het gebruik hygiënisch. Aansluiting op het systeem draagt bovendien bij aan een duurzame bedrijfsvoering.

AANBEVELINGEN

Gezien deze bewoners percepties en ervaringen kunnen we met het oog op de geplande uitbreiding van het Waterschoon project in Sneek en mogelijke toekomstige projecten de volgende aanbevelingen doen.

Het geluid van het toilet wordt, zoals bekend, beschouwd als 'lawaaï' en kan gezien worden als de grootste stoorzender. Naast het aanbrengen van mogelijke technische oplossingen (zoals de installatie van een betere demper of betere wand/pijp isolatie) is het van belang realistische verwachtingen te scheppen. Het vacuümtoilet is een heel ander toilet dan een conventioneel toilet en vooral het geluid bij spoelen is onvergelykbaar. Het is mogelijk een duidelijkere/prominentere vergelijking te trekken met de werking (en het bijbehorende geluid) van toiletten in een boot of vliegtuig. Door dit naar de voorgrond te halen, weten (toekomstige) bewoners beter wat ze te wachten staat, ook in termen van geluid. Wellicht komt het dan ook minder als een schok op het moment dat men het toilet gaat gebruiken. Verder is beter het probleem te onderkennen dan te bagatelliseren, en duidelijk te maken dat er milieuwinst - en wellicht kostenvoordelen - tegenover staan.

Papieren informatievoorziening en presentaties werken minder goed dan een echte demonstratie. Alleen op basis van papier blijkt het nog relatief lastig voor bewoners om te bedenken hoe het eruit zien en hoe het in de praktijk werkt. Echter, ook over de demonstratie waren de bewoners niet eensgezind. Een aantal vindt de (theoretische) informatie die toen werd verstrekt, niet (volledig) overeenkomen met de praktijk. Met name over het gebruik van de

vermaler bestaat bij een aantal bewoners nogal wat onduidelijkheid. Dat heeft soms negatieve reacties tot gevolg. Wederom, duidelijke en eerlijke voorlichting is van essentieel belang. Hierbij is het aan te raden, bij uitbereiding van het systeem, een ervaringsdeskundige (lees: huidige gebruiker van het systeem) mee te nemen om de expert bij te staan tijdens de demonstratie. Het delen van gebruikservaringen uit eerste hand kan zorgen voor extra vertrouwen en laten zien dat het geen ongrijpbaar futuristisch systeem is, ondanks dat het misschien *'even wennen'* is.

Uit ons onderzoek bleek dat Woningstichting De Wieren cruciaal is voor het succes van het project. Het is een kleine organisatie die dicht bij de bewoners staat. De bewoners zijn vertrouwd met De Wieren en kunnen daar met hun problemen terecht. De Wieren is ook de belangrijkste informatieverstrekker voor de bewoners. Als een dergelijke organisatie ontbreekt of op grotere afstand staat, dan zouden interne discussies en frustraties onder bewoners bepalend kunnen worden voor hun acceptatie van het systeem. Het advies is om gebruik te blijven maken van het gestelde vertrouwen in een organisatie als De Wieren.

Het nutsgebouw in het midden van de wijk is een belangrijk symbool in het project. De zichtbaarheid van het gebouw, en alles wat erin zit, is belangrijk voor de beeldvorming van de bewoners en de bezoekers. Naast een dergelijk gebouw zijn het toilet en de vermaler de voornaamste blikvangers. Deze zijn toch wat minder indrukwekkend en maken niet direct duidelijk dat het om een gemeenschappelijk/geïntegreerd systeem gaat, waarbij hergebruik van 'afvalstoffen' plaatsvindt. Maak dus gebruik van de symbolische waarde van een dergelijk gebouw om bewoners in een vroeg stadium te enthousiasmeren. De daaruit voortkomende trots van bewoners om deel uit te maken van een dergelijk innovatief en vooral milieuvriendelijk systeem kan zorgen voor positieve houdingen en positieve publiciteit.

Er is veel onduidelijkheid omtrent de kosten voor bewoners. Ondanks enige uitleg hierover door De Wieren, is het simpelweg te lastig voor bewoners om te doorgronden hoe de betaling is geregeld, en hoe de verschillende onderdelen verweven/verwerkt zijn. Zorg er dus voor dat de rekening transparant is, frequenter wordt uitgestuurd en makkelijker te begrijpen is. Verder is het goed om uit de afrekening (of uit een andere vorm van informatievoorziening) te laten blijken dat er geen aansluiting is op het riool en dat er minder groen afval afgevoerd hoeft te worden. Milieuwinst kan zichtbaar worden op de rekening en zorgen voor extra motivatie en trots bij de bewoners.

De situatie in het verzorgingstehuis ligt iets anders dan in het appartementencomplex. De bewoners in het verzorgingstehuis staan een stuk verder van het project af, ze maken geen gebruik van een vermaler en zijn over het algemeen minder in staat hun ervaringen te delen met andere betrokken actoren. In dit geval lijkt de relatie tussen DesaH BV en het management van het verzorgingstehuis dan ook van groter belang dan de relatie met de Wieren. Wel geldt ook hier dat het geluid van zowel het toilet als de vermaler in eerste instantie tot schrikreacties heeft geleid. Geluidsoverlast van de vermaler kan eenvoudig vermeden worden door er geen gebruik van te maken als er mensen in de kantine zijn. Het vermijden van medicijnresten in publiek afvalwater en de positieve 'exposure' in termen van duurzame bedrijfsvoering zorgen ervoor dat een dergelijk project zeker voor verzorgingstehuizen, ziekenhuizen, verpleeginstellingen e.d. geschikt is. Wel kan het noodzakelijke gebruik van chloor bij het uitbreken van een virus in het tehuis negatieve gevolgen hebben voor de werking van het vergisting systeem.

VERVOLGONDERZOEK

Dit eerste bewoners onderzoek betrof slechts 20 respondenten uit een geheel van 32 huishoudens. Bovendien was de hele onderzochte groep bewoners boven de 60 jaar oud. De specifieke aard van de onderzochte groep was bepalend voor de (overwegend positieve) uitkomsten van

het onderzoek. Op basis van dit onderzoek is het aannemelijk dat ook in andere senioren appartementen (*ceteris paribus*) positief gereageerd wordt op dit systeem, maar het is moeilijk te voorspellen hoe andere doelgroepen zoals gezinnen, of jongeren, zullen reageren. Ten tweede is het onduidelijk in hoeverre het oordeel over het toilet enerzijds, en de vermaler anderzijds, bepalend is voor het waardeoordeel over het systeem als geheel. Er zijn aanwijzingen dat er sprake is van enige 'spillover', (d.w.z. het oordeel over het ene onderdeel is van invloed op het oordeel over het andere), maar dit hebben we niet kunnen opmaken uit dit onderzoek. Hetzelfde geldt voor het verband tussen de oordelen over het systeem voor afvalwater en groenafval, enerzijds, en het energiesysteem anderzijds. Bij een grotere omvang van de geënquêteerde groep zijn er meer en betere mogelijkheden om statistische analyse toe te passen. Die analyse zou verbanden kunnen leggen tussen onafhankelijke variabelen zoals leeftijd, gezinssamenstelling of inkomen, en gebruik van en percepties over het systeem (de afhankelijke variabelen).

Vervolgonderzoek bij een groter aantal woningen, en van meer diverse samenstelling is dan ook noodzakelijk om de mogelijkheden voor verdere opschaling van dit sanitatiesysteem in Nederland te verkennen.

REFERENTIES

Hegger, D. (2007). Greening sanitary systems: an end-user perspective. Environmental Policy Group. Wageningen, Wageningen University (PhD thesis).

Hegger, D and B.J.M van Vliet (2010). End User Perspectives on the Transformation of Sanitary Systems. In: Van Vliet, Spaargaren and Oosterveer (eds.) Social Perspectives on the Sanitation Challenge. Dordrecht: Springer, pp. 203-216

Lens, P., G. Zeeman, et al., Eds. (2001). Decentralised Sanitation and Reuse: concepts, systems and implementation. London, IWA Publishing.

Van Vliet, B., G. Spaargaren, et al., Eds. (2010). Social Perspectives on the Sanitation Challenge. Dordrecht, Springer.

BIJLAGE 1

ENQUÊTE ONDER BEWONERS NOORDERHOEK

TEVREDENHEIDS-ONDERZOEK VACUÛMTOILET EN KEUKENVERMALER NOORDERHOEK

Geachte meneer/mevrouw,

Wij zijn Ania Gabrychowicz, Joeri Naus en Bas van Vliet van Wageningen Universiteit. In het kader van een onderzoeksproject naar sanitatie-systemen, voeren wij onderzoek uit in Noorderhoek.

In uw woning zijn een nieuw soort toilet (vacuÛmtoilet) en een vermaler voor keukenafval geïnstalleerd. Deze zijn onderdeel van een nieuw sanitatie-systeem. Door middel van deze enquête willen wij inzicht krijgen in de ervaringen en meningen van de bewoners omtrent het toilet en de vermaler. Door het invullen van deze enquête kunt u bijdragen aan eventuele verbetering van het systeem in Noorderhoek en aan de ontwikkeling van soortgelijke projecten in de toekomst.

De vragenlijst bestaat uit een aantal open vragen en een aantal meerkeuze vragen. Het invullen ervan zal ongeveer 20 minuten duren. Denk niet te lang na over uw antwoorden, we zijn vooral geïnteresseerd in uw eerste reactie. Mocht u vragen hebben, dan willen we deze bij het ophalen van de vragenlijsten graag beantwoorden. Uw gegevens worden uiteraard anoniem verwerkt.

Alvast bedankt voor uw medewerking.

Ania, Joeri & Bas

Let op: Mocht u niet aanwezig zijn ten tijde van het afgeven of ophalen van deze enquête, dan verzoeken wij u vriendelijk de vragenlijst toch in te vullen en in bijgevoegde retour-envelop naar ons op te sturen.

UW GEGEVENS

Huisnummer _____

Leeftijd: _____ jaar

Geslacht: man / vrouw

Huishouden: _____ personen

Ik woon in dit appartement sinds: _____ (maand, jaar)

1. Wat komt er het eerste in u op als u denkt aan het nieuwe systeem? (graag in één woord omschrijven)

2. Wat vindt u het meest speciale aan het systeem?

3. Stellingen: Hoe ervaart u het dagelijks gebruik van het toilet?

| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|--|---------------|----------|------------|-----------------|
| Toilet gebruik is anders dan bij gewoon toilet | | | | |
| Het toilet is lastig om schoon te maken | | | | |
| Het is een mooi ontwerp | | | | |
| Spoeling werkt afdoende | | | | |
| Het is onhygiënisch in gebruik | | | | |
| Spoeling is luidruchtig | | | | |
| Het is op de juiste hoogte geïnstalleerd | | | | |
| Toilet is storingsgevoelig | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |

4. Stellingen: Hoe ervaart u het dagelijks gebruik van de vermaler?

| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|--|---------------|----------|------------|-----------------|
| Handige manier om groen afval kwijt te raken | | | | |
| Het is goed ontworpen | | | | |
| Vermaler is gevoelig voor storingen | | | | |
| Vermaler is een goede vervanging voor de groene afvalbak | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |

5. Heeft u storing gehad aan het toilet ? Ja / Nee

Zo ja, wat voor storing ? _____

6. Heeft u storing gehad aan de vermaler? Ja / Nee

Zo ja, wat voor storing ? _____

7. Wie heeft u benaderd voor het verhelpen van de storing?

 De Wieren De installateur Feenstra Essent Anders, namelijk _____

8. Bent u tevreden over de afhandeling van de storing?

 Ja, want _____ Redelijk, want _____ Nee, want _____

9. Het systeem van vacuüm toilet en vermaler heeft tot doel:

| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|--|---------------|----------|------------|-----------------|
| Lagere kosten voor de Wieren | | | | |
| Water besparing | | | | |
| Energie besparing | | | | |
| Vermindering van afval | | | | |
| Lagere kosten voor de bewoners | | | | |
| Experiment voor toepassing op grotere schaal | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |

11. Wanneer hoorde u voor het eerst van het systeem?

- Ruim voordat ik hier kwam wonen
 Vlak voordat ik hier kwam wonen
 Op het moment dat ik hier kwam wonen

12. Van wie was de informatie afkomstig?

- De Wieren
 Energiebedrijf
 Desah
 Waterschap
 Buren
 Anders, namelijk _____

13. Was deze informatie nuttig voor u?

- Ja, want _____
 Redelijk, want _____
 Nee, want _____

14. Hebt u een demonstratie gehad van de werking van de vermaler en het toilet?

- Nee, ga naar vraag 15
 Ja, ga naar vraag 14a en b

14a. Wat vond u van het gekozen tijdstip van de demonstratie?

- de demonstratie was te vroeg
 de demonstratie was tijdig georganiseerd
 de demonstratie was te laat

14b. Was de demonstratie nuttig voor u?

Ja, want _____

Redelijk, want _____

Nee, want _____

15. Als u verbeteringen in de informatievoorziening zou willen zien, welke suggesties heeft u dan?

16. Ervaringen

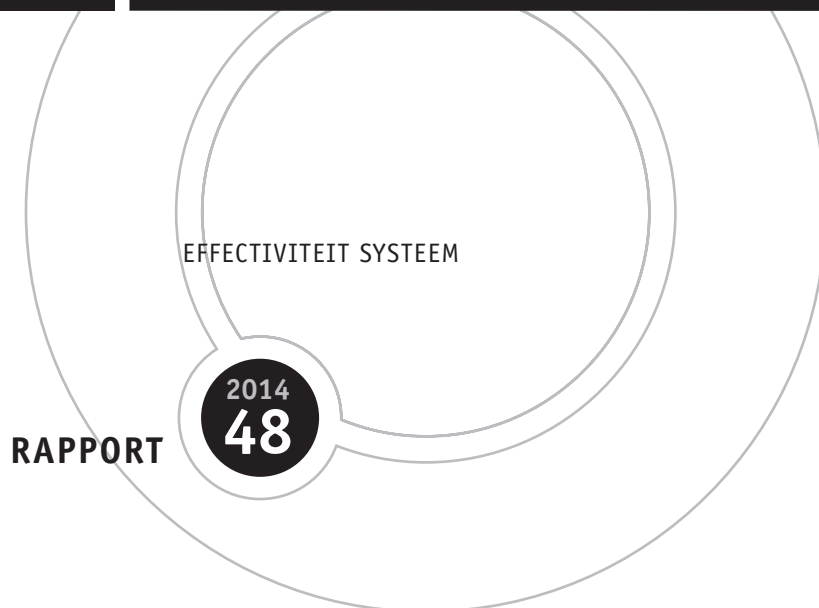
| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|---|---------------|----------|------------|-----------------|
| Ik heb de indruk dat ik de burens stoor als ik het toilet doorspoel | | | | |
| Ik had liever een groene container dan de vermaler voor het groene afval gehad | | | | |
| Ik gebruik andere schoonmaakmiddelen voor het toilet dan in mijn vorige huis | | | | |
| Ik spoel vaker door met dit toilet | | | | |
| Ik vind het lastig dat ik het afval soms kleiner moet maken om het in vermaler te kunnen doen | | | | |
| Ik denk dat ik met dit systeem een grote bijdrage lever aan het milieu | | | | |
| Ik heb er geen moeite mee om 's nachts het toilet door te spoelen | | | | |
| Dit toilet is geschikt voor oudere mensen | | | | |
| Ik vind het vervelend om bezoek van buiten te moeten vertellen over het nieuwe toiletsysteem | | | | |
| Ik stoor me aan het geluid van de vermaler | | | | |
| Ik zou het terecht vinden als we minder zouden betalen voor rioolrecht en afvalinzameling | | | | |
| Ik ben er trots op voorloper te zijn in het gebruik van dit nieuwe systeem | | | | |
| Ik vind het toilet een stuk hygiënischer dan in mijn vorige huis | | | | |
| Ik denk dat mijn drinkwaterrekening lager zal uitvallen dan in mijn vorige huis | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |

17. Stelling: Ik heb vertrouwen in de volgende organisaties als het gaat om het beheer en onderhoud van het systeem van vacuümtoilet en vermaler:

| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|------------------------------|---------------|----------|------------|-----------------|
| Het waterschap | | | | |
| De gemeente | | | | |
| De Wieren | | | | |
| De fabrikant van toilet | | | | |
| Het energiebedrijf | | | | |
| De fabrikant van de vermaler | | | | |
| De installateur | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |

18. Een aantal stellingen tot slot:

| | Zeer mee eens | Mee eens | Mee oneens | Zeer mee oneens |
|--|---------------|----------|------------|-----------------|
| Ik zou graag meer inspraak hebben gehad in de aanleg van het systeem | | | | |
| Het zou goed zijn als het systeem uiteindelijk in veel meer huizen wordt toegepast | | | | |
| Dit systeem is een eenmalig experiment en zou dat moeten blijven | | | | |
| De kosten voor dit systeem wegen niet op tegen de baten | | | | |
| Opmerkingen / aanvullingen: | | | | |



ISBN 978.90.5773.669.8



EFFECTIVITEIT SYSTEEM

INHOUD

| | | |
|----------|---|-----------|
| | SAMENVATTING | 61 |
| 1 | INLEIDING | 63 |
| | 1.1 Aanleiding | 63 |
| | 1.2 Doelstelling | 63 |
| 2 | SYSTEEMBESCHRIJVING | 65 |
| | 2.1 Situatie Noorderhoek | 65 |
| | 2.2 Keuze technieken en technologieën voor inzameling, transport en verwerking van zwart- en grijswater | 66 |
| | 2.2.1 Vacuümsysteem voor de inzameling en transport van zwartwater | 66 |
| | 2.2.2 Anaërobe vergisting van zwartwater | 67 |
| | 2.2.3 Biologische stikstofverwijdering | 67 |
| | 2.2.4 Chemische fosfaat- en stikstofverwijdering | 68 |
| | 2.2.5 AB-proces | 68 |
| | 2.3 Onderzoeksopzet | 68 |
| | 2.3.1 Verwerking van zwart- en groenwater | 69 |
| | 2.3.2 Verwerking van grijswater | 70 |
| | 2.4 Beschrijving referentie rwzi | 70 |
| 3 | DATAVERZAMELING EN ANALYSES | 72 |
| | 3.1 Monstername | 72 |
| | 3.2 Chemische analyses | 72 |
| | 3.3 Massabalansen en restproducten | 73 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4 | RESULTATEN EN DISCUSSIE | 74 |
| 4.1 | Resultaten project Waterschoon : prestaties behandeling debiet 80 ie | 74 |
| 4.1.1 | Prestaties volledig geïntegreerd systeem (scenario 2) | 74 |
| 4.2 | Prestaties Zwartwater Behandeling | 77 |
| 4.2.1 | Karakterisering zwartwater influent (incl. GF-afval) | 79 |
| 4.2.2 | Vergisting | 81 |
| 4.2.3 | OLAND-proces | 83 |
| 4.2.4 | Struvietprecipitatie | 85 |
| 4.3 | Prestaties Grijswater Behandeling | 85 |
| 4.3.1 | Kenmerken van grijswaterinfluent | 89 |
| 4.3.2 | Temperatuur grijswater | 92 |
| 4.4 | Microverontreinigingen | 93 |
| 5 | EFFECTEN VAN OPTIMALISATIES EN OPSCHALEN OP PRESTATIES BEHANDELING DEBIET 1200 IE | 99 |
| 5.1 | Systeemonderdelen Waterschoon | 99 |
| 5.1.1 | UASB | 99 |
| 5.1.2 | OLAND-proces | 104 |
| 5.1.3 | Struvietprecipitatie | 105 |
| 5.1.4 | AB systeem | 105 |
| 5.1.5 | Overige parameters | 106 |
| 5.2 | Vergelijking met gecentraliseerde rwzi | 108 |
| 6 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 110 |
| 6.1 | Conclusies | 110 |
| 6.2 | Aanbevelingen | 111 |
| 6.2.1 | Optimaliseren werking grijswatersysteem | 111 |
| 6.2.2 | Optimaliseren energieverbruik en energieproductie | 111 |
| 6.2.3 | Verbeteren stikstofverwijdering OLAND | 112 |
| 6.2.4 | Onderzoek naar de verwijdering van microverontreinigingen | 112 |
| 6.2.5 | Onderzoek naar broeikasgassen | 112 |
| 6.2.6 | Monitoring van en onderzoek naar (de effecten van) de toenemende belasting en veranderde samenstelling van nieuwe aan te sluiten eensgezinswoningen | 112 |
| 7 | REFERENTIES | 114 |
| 8 | BIJLAGEN | 117 |
| 1. | Analyse methoden | 117 |
| 2. | Samenstelling zwartwater- en grijswaterstromen | 119 |
| 3. | Ontwikkeling van het slibbed | 123 |
| 4. | Flowschema project Waterschoon | 124 |
| 5. | Berekening energieverbruik UASB | 125 |
| 6. | Achtergrondinformatie en resultaten behandelingsysteem | 127 |

SAMENVATTING

Het voorliggende deelrapport doet verslag van bevindingen (let op: enkel op gebied van de verwerking) van het project Waterschoon waar een Nieuwe Sanitatie concept is toegepast. Binnen dit concept worden afvalwaterstromen apart ingezameld. Zo wordt zwartwater (toiletwater) samen met groenwater (vermalen GF+water, groenwater) via een vacuümstelsel ingezameld en grijswater (overige huishoudelijk afvalwater) middels vrijverval.

Het inzamelen van afvalwater op deze wijze zorgt voor een waterbesparing van 30%. Het waterverbruik is, op basis van het gemiddeld verbruik en de te verwachte besparing, echter anders dan verwacht. Dit wordt veroorzaakt door er meer zwartwater en groenwater wordt geproduceerd.

Door deze wijze van inzameling kunnen alternatieve behandeltechnieken toegepast worden. Zwartwater met groenwater wordt achtereenvolgens door vergisting, een OLAND- en struviet reactor behandeld terwijl het grijswater middels een AB-reactor wordt behandeld. Binnen het project zijn deze systemen eerst onafhankelijk van elkaar gemonitord. Hierna zijn deze behandelingssystemen gekoppeld middels het behandelen van elkaars reststromen.

Ondanks dat het systeem is onderbelast door een lager aanbod aan afvalwater, veroorzaakt door een lagere woningbestand dan verwacht, blijkt dat de decentrale verwerking van zwartwater tesamen met groenwater en grijswater efficiënt en effectief verloopt.

Het geïntegreerde verwerkingssysteem behaalt effluentwaarden die ruimschoots voldoen aan de wettelijke lozingsseisen voor CZV_t en N_t . Er wordt 97% van de totale ingaande organische fractie omgezet en 96% van de totale hoeveelheid stikstof. Dit resulteert in een CZV_t concentratie van circa 80 mg/l en een N_t concentratie van circa 6 mg/l. De verwijdering van fosfaat (P_t) blijft echter achter 52%. Door het ontbreken van een actieve fosfaatverwijdering tijdens de grijswater verwerking wordt er minder fosfaat verwijderd dan verwacht.

De opbrengst aan biogas wordt, zoals verwacht, verhoogd door de covergisting van GF-afval. Berekeningen laten zien dat de biogas opbrengst, na opschaling, zelfs hoger is per i.e. dan het gecentraliseerde systeem. Er wordt, in vergelijking met een conventioneel systeem, minder slib tijdens de vergisting gevormd. De koper en zink concentraties zijn echter te hoog voor hergebruik in de landbouw. Dierlijke mest bevat echter nog hogere concentraties.

Binnen dit project is aangetoond dat warmteterugwinning uit grijswater een bijdrage kan leveren aan de warmtebalans. Voor toekomstige systemen zou het terugwinnen van warmte uit de zwartwater stroom een mogelijke uitbreiding zijn. Extrapolatie van de resultaten voor toekomstige systemen laten zien dat, de nu onderbelaste systeem onderdelen, effectiever kunnen zijn wanneer deze volledig belast worden. Het grijswater systeem zal meer slib produceren door hogere verwijdering van organisch materiaal waardoor er meer biogas geproduceerd kan worden bij de vergisting. Door de hogere slibproductie zal de fosforverwijdering uit het grijswater eveneens verbeteren.

Het OLAND proces zal efficiënter werken waardoor meer stikstof verwijderd kan worden. Door de huidige batch struviet reactor te vervangen door een continue systeem, word ver-

wacht dat de fosfaatverwijdering binnen het zwartwater systeem eveneens toe zal nemen. In de toekomst zal een hogere belasting moeten uitwijzen in welke mate de behandeling van huishoudelijk afvalwater met nieuwe sanitatie technieken efficiënter zal verlopen.

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

In de twintigste eeuw werd aangenomen dat een gecentraliseerde aanpak het meest geschikt is voor de verwerking van huishoudelijk afvalwater. Grote gecentraliseerde systemen zouden het meest betrouwbaar zijn, het eenvoudigst te beheren en relatief goedkoop zijn per inwoner (Chanan et al., 2013). Onder druk van veranderende omstandigheden (klimaat, energie, grondstoffen, vergaande verstedelijking/ontvolking van platteland, ICT revolutie, terugtrekkende overheid etc.) rijst de vraag of deze stelling nog houdbaar is. Vandaag de dag neemt de belangstelling voor nieuwe innovatieve sanitatieconcepten, gebaseerd op de scheiding van afvalwaterstromen op wijk/gebouw niveau en hun 'op maat' behandeling en hergebruik, toe. Het streven naar 'Cradle to Cradle' met daarbij de sluiting van kringlopen is daarbij een belangrijk uitgangspunt. In deze filosofie krijgt afval een nieuwe betekenis, nl. als grondstof voor de volle bron van nutriënten, energie en water. Diverse concepten, geschaard onder de term Nieuwe Sanitatie, zijn gebaseerd op dit principe. Deze zijn gericht op het herwinnen van energie en meststoffen met behoud van (milieu)hygiënische functie. Voorbeelden van deze functies worden omschreven in verscheidene rapporten die bij de STOWA zijn verschenen (STOWA rapporten 2013-21, 2013-31, 2014-10)

Het Waterschoon concept, waarvan de resultaten in deze rapportage worden beschreven, kan hieraan eveneens een bijdrage leveren. Door het afvalwater op een alternatieve manier in te zamelen worden afvalwaterstromen verkregen welke alternatieve behandeltechnieken mogelijk maken. Bij deze alternatieve technieken behoren automatisch nieuwe mogelijkheden tot het terugwinnen van grondstoffen en energie. Hierdoor past het Waterschoon project binnen de Routekaart afvalwaterketen 2030. Deze routekaart is opgesteld om technologische en niet-technologische aspecten te combineren die samen leiden tot kansrijke doorbraken met duurzame oplossingen.

Binnen het project Waterschoon wordt, in navolging van het EET-demonstratieproject, een sanitatieconcept op basis van Nieuwe Sanitatie gedemonstreerd op een schaal zoals deze tot op heden nergens anders ter wereld is gerealiseerd. Dit concept omvat de gescheiden inzameling van huishoudelijke reststromen en de decentrale verwerking. Hierbij worden energie en grondstoffen gewonnen en wordt het wooncomfort van de aangesloten bewoners verhoogd.

1.2 DOELSTELLING

Om de mogelijkheden van nieuwe sanitatie toegepast in woningen te doorgronden en de prestaties van het behandelstelsel te optimaliseren is er in de woonwijk Noorderhoek te Sneek het project "Waterschoon" gestart. Het afvalwater uit deze wijk wordt middels nieuwe sanitatie technieken ingezameld en behandeld. Aan het project is gedurende 2,5 jaren onderzoek gedaan. Daartoe zijn de volgende onderzoeksdoelen doelen opgesteld

- 1 Evalueren van de prestaties van een decentraal verwerkingsysteem op de punten:
 - Energiebalans
 - Effluentkwaliteit
- 2 Inzicht verkrijgen in de technische en financiële toepasbaarheid van het Nieuwe Sanitatie concept zoals toegepast in het project Waterschoon
- 3 Bepalen op welke wijze het concept kan worden opgeschaald, vereenvoudigd en verbeterd.

2

SYSTEEMBESCHRIJVING

2.1 SITUATIE NOORDERHOEK

In de woonwijk Noorderhoek vindt volledige herstructurering plaats. Na de sloop van 282 verouderde woningen worden 232 nieuwe woningen gebouwd welke gefaseerd over een periode van vier jaren zouden worden opgeleverd vanaf 2010. De 232 nieuwbouw woningen zouden worden aangesloten op Nieuwe Sanitatie infrastructuur waarmee het afvalwater aan de bron gescheiden wordt ingezameld en verwerkt in een compacte installatie in de wijk. De installatie is ontworpen om de totale vervuilingvracht te verwerken.

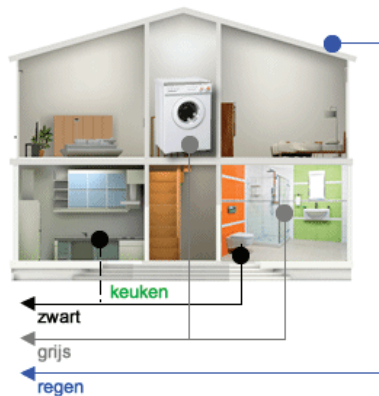
De installatie was tijdens de onderzoeksperiode onderbelast, dit werd veroorzaakt door:

- 1 vertraging van de bouwfasering. Op dit moment (mei 2014) zijn 62 wooneenheden opgeleverd en bewoond, waarvan 30 zorgappartementen voor ouderen en 32 appartementen (65+, één en twee persoons huishoudens) ;
- 2 aanmerkelijk lagere bewonersbezetting (gemiddeld 1,2 bewoner per woning) dan vooraf verwacht (landelijk gemiddelde : 2,3 inwoner per woning);
- 3 een afwijkend zwartwater/grijswater verhouding (hoger debiet zwartwater en een lager grijswater debiet dan verwacht..

Om het afwijkend aanbod afvalwater te ondervangen, zijn, waar mogelijk, aanpassingen gedaan aan het behandelingsysteem. Zo de reactor van het grijswater behandelingsysteem aangepast (verkleind) aan het lagere aanbod.

FIGUUR 1

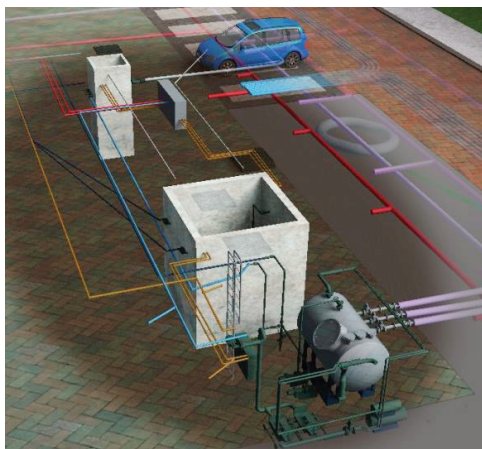
GESCHIEDEN RESTSTROMEN OP HUISHOUDNIVEAU



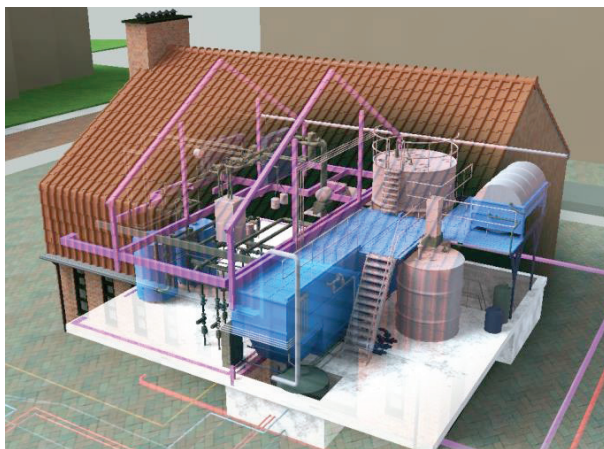
De Waterschoon installatie verwerkt drie huishoudelijke reststromen, namelijk zwartwater (afkomstig uit het toilet), grijswater (afkomstig van douche, wasmachine etc.) en groenwater (vermalen groente en fruit (GF)-afval) (Figuur 2). Zwart- en groenwater worden gecombineerd ingezameld en getransporteerd middels vacuümleidingen. De woningen zijn daarbij voorzien van vacuümtoiletten en voedselrestenvermalers met vacuümaansluiting. Grijswater wordt gescheiden ingezameld en via vrijverval riolering getransporteerd. Om een constante en regelmatige aanvoer van zowel zwart/groen- als grijswater naar de installatie (Figuur 2) zeker te

stellen, is voorzien in een vooropslag in afzonderlijke buffertanks. Tot slot wordt het hemelwater via een gescheiden riolerings-stelsel afgevoerd naar een lokaal waterlichaam.

FIGUUR 2: VOOROPSLAG ZWART- EN GRIJSWATER



FIGUUR 3: NUTSGEBOUW WAARIN DE WATERSCHOON INSTALLATIE



2.2 KEUZE TECHNIEKEN EN TECHNOLOGIEËN VOOR INZAMELING, TRANSPORT EN VERWERKING VAN ZWART- EN GRIJSWATER

2.2.1 VACUÛMSYSTEEM VOOR DE INZAMELING EN TRANSPORT VAN ZWARTWATER

Een vacuümsysteem, bestaande uit vacuümtoiletten, -station en -leidingen, is toegepast voor de inzameling en transport van zwartwater. Het vacuümsysteem gebruikt lucht in plaats van water als medium om het zwartwater te transporteren. In het (afvoer)leidingstelsel wordt een onderdruk (0.5 – 0.6 bar) in stand gehouden. Door het openen van een klep in het vacuümtoilet (Figuur 4) tijdens de spoeling wordt de inhoud van het toilet leeggezogen. Hierbij wordt een geringe hoeveelheid spoelwater (tussen de 0,8 en 2 liter per spoelbeurt) verbruikt. Vacuümtoiletten worden al geruime tijd op grote schaal toegepast in de vliegtuigbouw, scheepvaart en, zij het in mindere mate, bij diverse spoorwegmaatschappijen, en ook in onroerend goed zijn er wereldwijd vele toepassingen. Toepassing van een vacuümsysteem heeft een aantal voordelen¹ ten opzichte van conventionele spoeltoiletten en riolering, namelijk:

- *waterbesparing*; door een verminderd waterverbruik tijdens de spoeling wordt er niet enkel water bespaard, maar ook blijft de ontlasting geconcentreerd. Dit is wenselijk voor een optimale verwerking van zwartwater middels anaërobe vergisting.
- *ruimtebesparing*; de af te voeren volumes spoelwater met ontlasting zijn minder groot waardoor leidingwerk met een kleinere buisdiameter gebruikt wordt;
- *flexibel transport*; het transport is niet gebonden aan de zwaartekracht en dus is er meer vrijheid in het leidingverloop en dus in de positie van het toilet/WC-ruimte.

¹ www.quavac.com

FIGUUR 3

VACUÛMTOILET

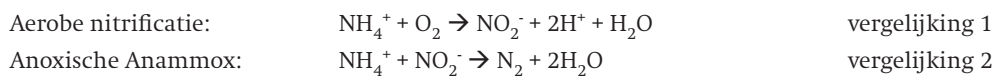


2.2.2 ANAËROBE VERGISTING VAN ZWARTWATER

Anaërobe vergisting is een biologisch proces waarbij voornamelijk organisch materiaal (uitgedrukt in CZV of BZV) wordt verwijderd. Tijdens dit proces wordt een groot deel van het organisch materiaal in afwezigheid van zuurstof omgezet in biogas, met een belangrijk aandeel daarvan methaan (60-70% CH₄). Zwartwater bevat naast ammonium vooral organisch gebonden stikstof. Dit wordt omgezet in ammonium, maar wordt verder vrijwel niet verwijderd. Ook vanuit fosfaat-houdende verbindingen komt fosfaat vrij in oplossing. Een deel hiervan zal neerslaan met aanwezige metaalionen zoals calcium, magnesium en ijzer. Een drietal producten van anaërobe vergisting zijn: biogas, een vloeibare fractie rijk aan opgeloste nutriënten (stikstof, fosfaat en kalium) en slib (vaste fractie). Anaërobe vergisting van zwartwater kan in verschillende typen reactoren en onder verschillende omstandigheden worden uitgevoerd (nat/droog, enkel/meervoudig, mesofiel/thermofiel, batch/continu, laag/hog belast). In het project Waterschoon wordt dit proces uitgevoerd in een Upflow Anaerobic Sludge Bed reactor (UASB), een systeem waarbinnen het scheiden van de vloeibare- en slibfractie continu plaatsvindt (Zeeman en Lettinga 1999). De efficiëntie van het vergistingsproces is afhankelijk van een aantal factoren waaronder de temperatuur, pH en toxiciteit (Mes et al. 2003) als ook kenmerken en concentratie van de voeding en van de fluctuaties in de samenstelling en vracht. Bij lage temperaturen verloopt het proces langzamer, wat langere verblijftijden en dus grotere reactoren noodzakelijk maakt. Een optimaal verloop van het vergistingsproces wordt vooral bepaald door een constant aanbod van voedingsstoffen, de juiste verhouding tussen organische stof en stikstof (C/N) en een afgewogen organische stofbelasting.

2.2.3 BIOLOGISCHE STIKSTOFVERWIJDERING

Voor het verwijderen van stikstof uit het effluent van de anaërobe vergisting is gekozen voor het OLAND-proces. OLAND staat voor Oxygen Limited Autotrophic Nitrification Denitrification (Kuai en Verstraete, 1998). Dit biologische proces verwijdert hoge concentraties ammonium uit stromen met een lage organische belasting. Een combinatie van aërobe en anaërobe ammoniumoxiderende bacteriën zet ammonium en nitriet direct om in onschadelijk stikstofgas (af te voeren naar omgevingslucht welke al 80% stikstof bevat) (Mulder et al. 1995, van der Graaf et al. 1995) volgens onderstaande formules (vergelijking 1 en 2).



2.2.4 CHEMISCHE FOSFAAT- EN STIKSTOFVERWIJDERING

Struvietprecipitatie wordt toegepast voor de terugwinning van nutriënten. Door toevoeging van magnesiumzout vindt een neerslagreactie plaats waarbij struviet (magnesium-ammonium-fosfaat, MAP) wordt gevormd (Liu et al., 2011; vergelijking 3).



De precipitatie van struviet is afhankelijk van twee belangrijke factoren, deze zijn de Mg:N:P verhouding en de zuurgraad van de oplossing (Yilmazel en Demirel, 2011). Een optimaal proces wordt bereikt bij een pH tussen 8,5 en 9,5 (Battistoni et al. 1997, Le Corre et al. 2009). Indien er een (te) hoge verwijdering van stikstof wordt gerealiseerd tijdens het voorgaande OLAND-proces, zou er voor de precipitatie van ammoniumstruviet een tekort aan ammonium kunnen ontstaan. Dit kan worden opgevangen, omdat er ook kalium beschikbaar is welke de plaats van ammonium in kan nemen in de structuur van struviet. Deze verschijningsvorm wordt dan kalium-struviet (magnesium-kalium-fosfaat) genoemd (Schuiling en Andrade, 1999).

In de reactor slaat vervolgens het onoplosbare struviet in de vorm van kristallen neer. Deze kristallen worden dan door bezinking van het water afgescheiden (Lehmkuhl 1990).

2.2.5 AB-PROCES

Voor grijswater wordt een aëroob verwerkingsproces in twee trappen toegepast. De eerste, de A-trap, is gebaseerd op een combinatie van bacterievlokvorming en snelle biosorptie van colloïdaal en gesuspendeerd materiaal aan slibvlokken. Daarnaast vindt ook opname van opgelost materiaal in het slib plaats (diffusie). De tweede, B-trap, bestaat uit een actief-slib systeem, een biologische verwijderingstap waarbij onder beluchte omstandigheden het resterende organisch materiaal aanzienlijk wordt verwijderd. Het aanwezige ammonium wordt omgezet naar nitriet en nitraat via nitrificatie.

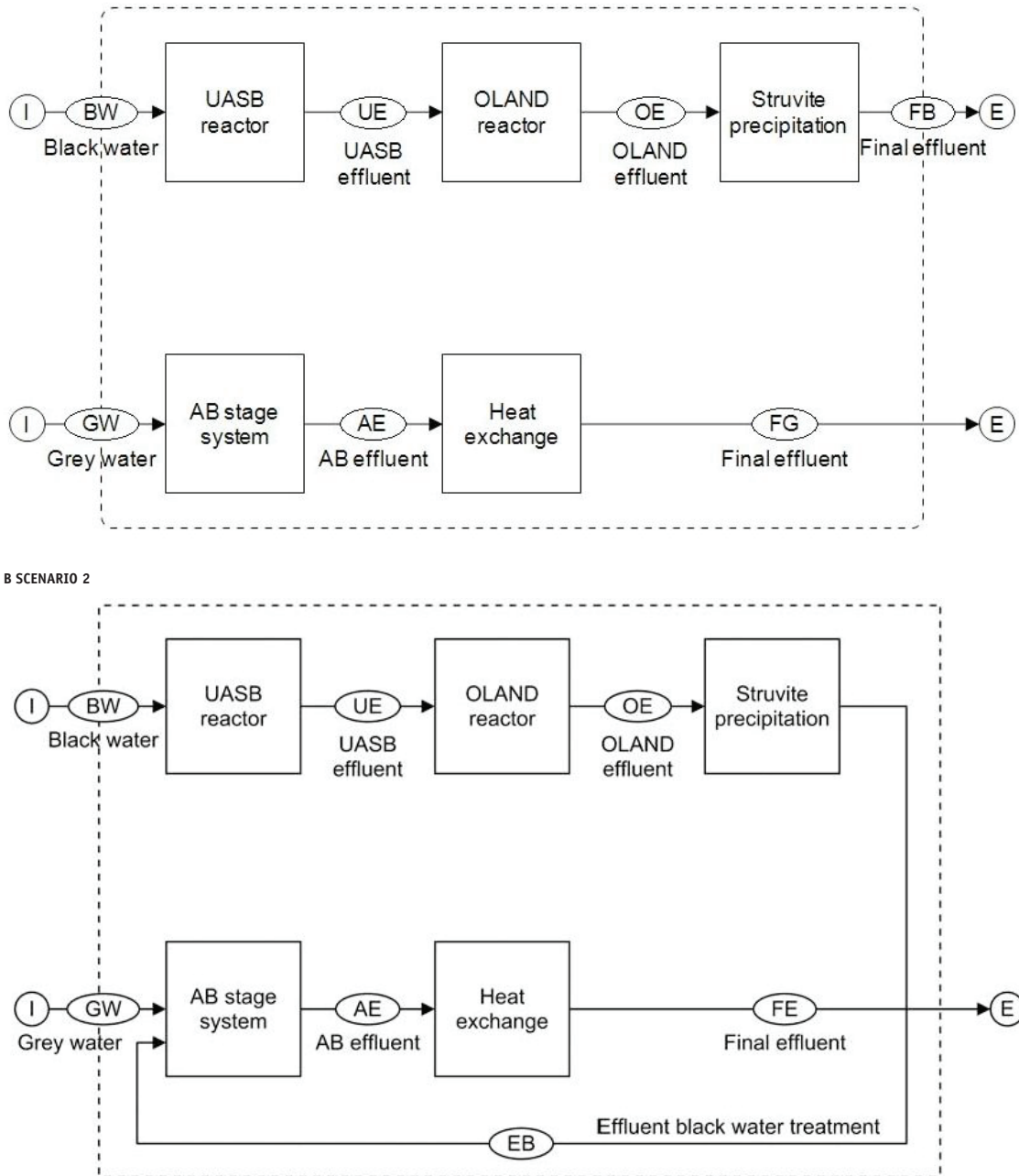
2.3 ONDERZOEKSOPZET

Er zijn twee verwerkingsscenario's gedefinieerd:

- 1 Volledig gescheiden grijs- en zwartwater (inclusief GF) verwerking.
- 2 Behandeld zwartwater (inclusief GF) effluent wordt toegevoegd aan het grijswaterinfluent.

De flowschema's voor beide scenario's staan weergegeven in 5.

FIGUUR 5 FLOWSHEMA'S VAN DE VERWERKING VOLGENS (A) SCENARIO 1 EN (B) SCENARIO 2



2.3.1 VERWERKING VAN ZWART- EN GROENWATER

Gedurende een periode van 15 maanden (okt 2012-dec 2013) is de gescheiden verwerking van de zwartwaterstroom onderzocht. Zwartwater en Groenwater worden gezamenlijk anaerob vergist in een UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed)reactor. Tijdens dit proces wordt organisch materiaal (CZV) verwijderd en biogas geproduceerd. Het nutriëntrijke effluent van de UASB wordt vervolgens verder behandeld tijdens het OLAND proces. Dit proces wordt uitgevoerd in een RBC (rotating biological contactor oftewel biorotor, figuur 6) reactor. In deze reactor zit een viertal korven van gelijke grootte elk gevuld met dragermateriaal voor nitrificerende en anammoxbacteriën. Na de stikstofverwijdering wordt fosfaat teruggewonnen door middel van struvietprecipitatie.

FIGUUR 6 BIOROTOR VOOR HET OLAND-PROCES.



2.3.2 VERWERKING VAN GRIJSWATER

Twee scenario's voor grijswaterverwerking zijn onderzocht. Scenario 1 richtte zich gedurende 3 maanden op de verwerking van alléén grijswater. Grijswater werd middels twee processtappen behandeld met behulp van een AB reactor. De eerste stap is een A-trap waarin het proces bioflocculatie wordt toegepast om organisch materiaal te concentreren. Door bezinking worden de gevormde vlokken gescheiden van het water. De tweede stap is een B-trap welke bestaat uit een actief-slib systeem. Hierin worden naast het resterende organisch materiaal ook stikstof en fosfaat op biologische wijze verwijderd. Beide trappen hebben elk een eigen slibcirculatiesysteem waarmee een deel van het slib terug in het proces wordt gebracht voor het op peil houden van de slibconcentratie.

Tijdens scenario 2 is het behandelde zwartwater gedurende 6,5 maanden bij het grijswater gevoegd. De verwerking van de gecombineerde stroom verliep vervolgens op dezelfde wijze als in scenario 1. Tot slot wordt er in beide scenario's warmte uit het grijswatereffluent teruggewonnen.

2.4 BESCHRIJVING REFERENTIE RWZI

Om de prestaties van het systeem binnen project Waterschoon te kunnen vergelijken met de huidige technologie is een referentiesysteem gekozen (bron: STOWA-27, 2011). Dit referentiesysteem vertegenwoordigt een gemiddelde RWZI binnen Nederland. De RWZI in Deventer is hiervoor uitgekozen en is onderdeel van Waterschap Groot Salland en zuivert afvalwater uit Deventer en omliggende kernen. De totale capaciteit bedraagt een debiet van 7000 m³/uur en 168.000 inwonersequivalenten (i.e. à 150 g TZV / dag). Er is geen informatie beschikbaar over de wijze waarop het influent binnen wordt gebracht. Dit zal een combinatie zijn van vrij verval en pompenergie. Op dit moment is de rwzi niet volledig belast, de gemiddelde belasting

is 126.645 i.e. (berekend op basis van i.e. à 150 g TZV / dag) en 86.026 i.e. (berekend op basis van i.e. à 54 g BZV / dag). De rwzi Deventer is een laagbelast actief slibproces waarvan zowel primair als secundair slib worden afgescheiden door middel van een voor- en nabezinktank. Het slib wordt ingedikt en vervolgens mesofiel vergist (30-35°C). Naast het slib van de eigen rwzi wordt ook het slib van de rwzi's Olst en Heino aangevoerd en eveneens vergist.

3

DATAVERZAMELING EN ANALYSES

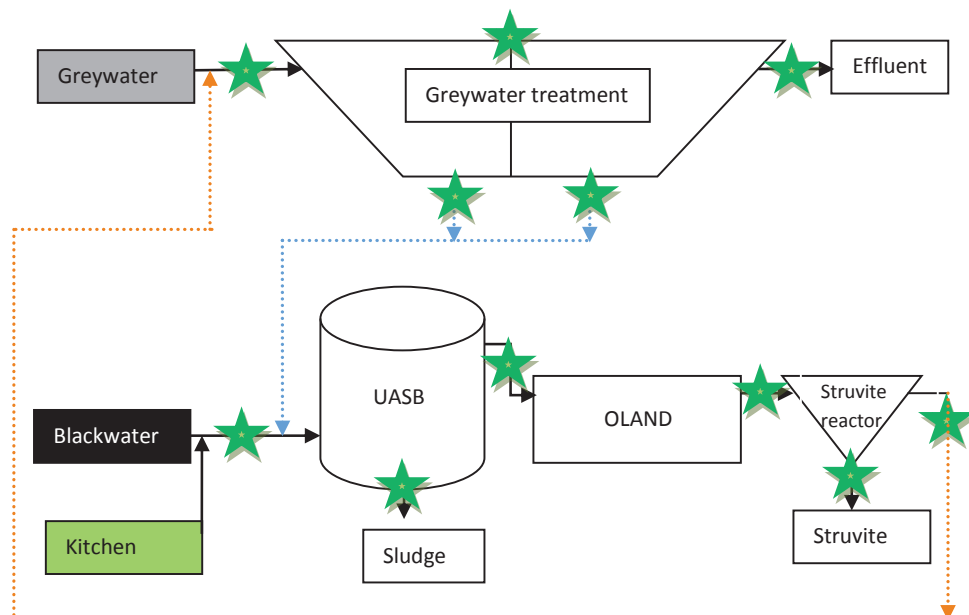
3.1 MONSTERNAME

Om inzicht te krijgen in het functioneren van het verwerkingssysteem zijn het in- en effluent van alle procesonderdelen van scenario 1 en 2 wekelijks steekmonsters genomen en geanalyseerd (zie figuur 7 voor weergave van monsterpunten). Het influent van de anaërobe vergisting is ingezameld via een kraan in de aanvoerleiding naar de UASB. Het vloeibare effluent wordt net onder de uitstroom opening bovenaan van de UASB reactor bemonsterd. De gasproductie is gemeten met een biogasgasmeter (Ritter TG20/5). Teneinde de slibproductie in de UASB te bepalen zijn er op 10 hoogten (op 0.40, 0.90, 1.40, 1.90, 2.40, 2.90, 3.40, 3.90, 4.90 en 5.40 meter) monsters genomen van het slibbed in de UASB. Het vloeibare effluent van het OLAND-proces is bemonsterd tussen de biorotor en een nabezinktank. Ook is het struviet effluent is bemonsterd aan het einde van de struvietreactor.

Monsters van het grijswater zijn genomen aan de inlaat van de A-trap. Bij de afloop van de nabezinktanks van zowel de A-trap als de B-trap is het effluent van de desbetreffende trap bemonsterd. Tot slot is ook de slibproductie van de A en B trap bepaald en is het spuislib bemonsterd.

Monstername is gestart vanaf het moment dat de processen in de UASB, de OLAND, de struvietreactor en het AB proces stabiel waren.

FIGUUR 7: SCHEMATISCHE WEERGAVE BEHANDELINGSSYSTEEM PROJECT WATERSCHOON. DE MONSTERPUNTEN ZIJN GEMERKT MET GROENE STERREN.



3.2 CHEMISCHE ANALYSES

De monsters van de in- en effluentstromen van de procesonderdelen in elk scenario zijn binnen een uur na de monstername geanalyseerd in het laboratorium van DeSaH BV in Sneek. Hierbij zijn verschillende fracties CZV onderscheiden. Deeltjes met een diameter van $d < 0.45$

μm , $0.45 < d < 4.4 \mu\text{m}$ en $d > 4.4 \mu\text{m}$ zijn volgens internationale richtlijnen beschouwd als respectievelijk opgelost, colloidaal en gesuspenderd (Wang 1994; zie voor verdere toelichting bijlage 8.1).

De concentraties van de volgende parameters voor zwartwater zijn bepaald:

- totaal en gefiltreerd chemisch zuurstof verbruik (CZV_t en CZV_f respectievelijk);
- totale concentraties stikstof (N_t) en fosfor (P_t);
- opgelost ammonium (NH₄-N), ortho-fosfaat (PO₄-P) en vetzuren (VFA);
- opgelost nitriet (NO₂-N), nitraat (NO₃-N) en magnesium (Mg) in het effluent van het OLAND-proces.

Ter voorkoming van verstoring door andere aanwezige ionen en verstorende stoffen zijn de monsters van het zwartwater, indien nodig, voorafgaand aan de analyses verdund met demi-water.

Voor de monsters van het grijswater verwerkingssysteem zijn, naast de concentraties van dezelfde parameters als voor zwartwater, ook de concentraties bepaald voor:

- colloidaal en opgelost chemisch zuurstof verbruik (CZV_c en CZV_o respectievelijk) en
- kationische, anionische en niet ionische oppervlakte-actieve stoffen.

Bovengenoemde analyses zijn uitgevoerd volgens de gestandaardiseerde methoden met behulp van DrLange® test kits (Hach-Lange) (APHA, 1998). In bijlage 8.1 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte test kits en de toegepaste verdunningsfactor.

In het laboratorium van Wetsus te Leeuwarden is de samenstelling van het biogas geanalyseerd door middel van gaschromatografie en is slib geanalyseerd op totaal en organisch gehalte zwevende stof (TSS en VSS). De concentraties van zware metalen (arsen, cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, lood en zink) in het gevormde slib tijdens de verwerking van zwartwater in de UASB en de verwerking van grijswater zijn vastgesteld door Eurofins Analytico B.V.

3.3 MASSABALANSEN EN RESTPRODUCTEN

Aan de hand van de gemeten waarden van de in- en uitgaande stromen zijn CZV_t, N_t en P_t massabalansen opgesteld voor de verschillende verwerkingsstappen van het zwartwaterverwerkingssysteem, bestaande uit het vergistingsproces, het OLAND-proces en de struvietprecipitatie alsook voor het grijswater verwerkingssysteem, het AB-systeem. Met een massabalans kan de opdeling van een ingaande stroom in verschillende substromen in kaart worden gebracht. Dit geeft inzicht in de effectiviteit van het verwerkingsproces. Zo zijn de opdelingen van de koolstofstroom (C), de stikstofstroom (N) en de fosforstroom (P) in diverse restproducten te volgen. Vervolgens kan uit de concentraties van respectievelijk C, N en P in de substromen worden opgemaakt of het verwerkingssysteem optimaal functioneert.

De verwerkingsprocessen van zwart- en grijswater resulteren in een aantal restproducten: waaronder biogas, warmte, struviet en slib. De kwantiteit en kwaliteit van deze restproducten wordt besproken. Er is op het vlak van zuiverings- en verwerkingsprestatie een vergelijking gemaakt tussen het decentrale systeem zoals toegepast in project Waterschoon ten opzichte met de conventionele gecentraliseerde rwzi's.

Tot slot wordt het decentrale verwerkingssysteem geherdefinieerd op basis van de verkregen resultaten. Deze resultaten worden geëxtrapoleerd naar een aanzienlijk groter aantal woningen om de optimale schaalgrootte te evalueren.

4

RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 RESULTATEN PROJECT WATERSCHOON : PRESTATIES BEHANDELING DEBIET 80 IE

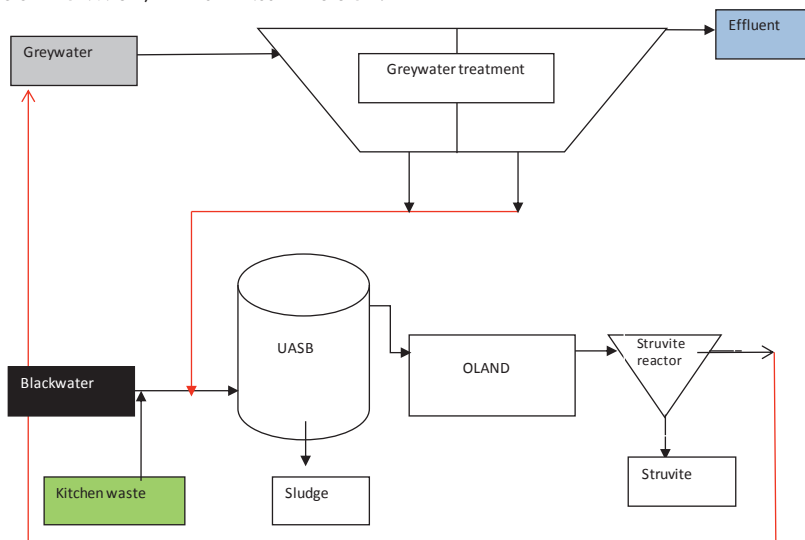
Het afvalwater behandelingssysteem is ontworpen om het afvalwater van 530 ie (232 huishoudens) te behandelen. Door verschillende factoren wordt echter het afvalwater van 79 ie behandeld wat tot gevolg heeft dat het verwerkingssysteem onderbelast is. Dit heeft consequenties op de werking van de gebruikte technologieën. De onderbelasting beïnvloedt het functioneren van de aangeschakelde technieken en daardoor onderlinge werking. De mate van onderlinge werking bepaald de kwaliteit van het effluent.

In dit hoofdstuk zal eerst de prestaties van het gehele systeem worden besproken. Hier zijn het zwartwatersysteem en grijswater systeem met elkaar geïntegreerd (scenario 2). Dit is bewerkstelligd door de uitgaande stromen bij elkaar in te brengen (zie fig 8). Daarna worden afzonderlijk het zwartwater systeem (alleen scenario 1) en het grijswater systeem besproken (scenario 1 en 2). Door de onderbelasting is de slibproductie van het grijswatersysteem minimaal. Hierdoor wordt er binnen het zwartwater behandelingssysteem geen onderscheidt gemaakt tussen scenario 1 en 2. De effecten van de onderbelasting worden bij de bespreking van de procesonderdelen zichtbaar.

4.1.1 PRESTATIES VOLLEDIG GEÏNTEGREERD SYSTEEM (SCENARIO 2)

Het geïntegreerde verwerkingssysteem bestaat het zwartwater verwerkingssysteem en het grijswater verwerkingssysteem. Door de uitgaande stromen van de individuele behandelingsystemen bij elkaar in te brengen wordt een geïntegreerd systeem verkregen. Effluent uit het grijswatersysteem wordt gemengd met het influent van het grijswater. Het slib uit het grijswatersysteem wordt tesamen het influent van het zwartwatersysteem behandeld. De rode pijlen in fig 8 geven de integratiestromen weer.

FIGUUR 8 PROCESSHEMA VAN HET GEÏNTEGREERDE AFVALWATER BEHANDELINGSSYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON. DOOR DE VRIJKOMENDE STROMEN (SLIB, EFFLUENT) VANUIT DE ZWARTWATER EN GRIJSWATER BEHANDELINGSSYSTEMEN BIJ ELKAAR IN TE BRENGEN WORDT EEN GEÏNTEGREERD SYSTEEM VERKREGEN, DEZE ZIJN IN ROOD AANGEGEVEN.



TABEL 1 KARAKTERISERING VAN DE INGAANDE EN UITGAANDE AFVALWATERSTROMEN ALSMEDE DE VERWIJDERINGSRENDEMENTEN VAN HET AFVALWATERSYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON

| Parameter | Eenheid | grijswater | Zwartwater | influent | Effluent | verwijdering |
|---------------------|---------|------------|------------|----------|----------|--------------|
| | | vracht | Vrucht | vracht | Vrucht | % |
| COD _t | gr/dag | 3554,33 | 10254,50 | 13808,83 | 389,08 | 97 |
| COD _f | gr/dag | 2997,87 | 4337,96 | 7335,83 | 400,83 | 95 |
| COD _{0.45} | gr/dag | 2005,36 | 0,00 | 2005,36 | 454,03 | |
| N _t | gr/dag | 90,30 | 1115,08 | 1205,37 | 45,25 | 96 |
| NH ₄ | gr/dag | 36,11 | 692,56 | 728,67 | 5,40 | 99 |
| NO ₃ | gr/dag | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 15,26 | |
| NO ₂ | gr/dag | 0,11 | 0,00 | 0,11 | 0,42 | |
| P _t | gr/dag | 73,53 | 120,25 | 193,78 | 91,57 | 53 |
| PO ₄ | gr/dag | 62,74 | 85,38 | 148,13 | 85,66 | 42 |
| Debiet | l/dag | 5695 | 1084 | | 6779 | |

TABEL 2 GEMIDDELTE SAMENSTELLING VAN HET EFFLUENT BINNEN HET PROJECT WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK (SCENARIO 2).

| Parameter | Eenheid | effluent | st. dev. |
|----------------------|--------------------|----------|----------|
| Debiet | l.d ⁻¹ | 6779 | |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 57,4 | 19,1 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 59,1 | 15,5 |
| CZV _{0,45} | mg.l ⁻¹ | 60,74 | 13,7 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 6,67 | 2,55 |
| NH ₄ -N | mg.l ⁻¹ | 0,80 | 0,83 |
| NO ₃ -N | mg.l ⁻¹ | 2,25 | 1,72 |
| NO ₂ -N | mg.l ⁻¹ | 0,06 | 0,14 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 13,51 | 2,46 |
| PO ₄ -P | mg.l ⁻¹ | 12,64 | 2,07 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 0,15 | 0,14 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 10,69 | 4,71 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 1,21 | 0,50 |

4.1.1.1 ZUIVERINGSRENDEMENTEN

Ondanks het niet optimaal functioneren van het OLAND-proces en het AB-systeem (zie zwartwater en grijswater systeem), worden er over het gehele verwerkingssysteem bekeken goede effluentwaarden behaald.

Er wordt 97% van de totale ingaande hoeveelheid CZV verwijderd. Dit resulteert in een concentratie lager dan 80 mg l⁻¹ in het effluent. De normen van de Europese Unie (EG, 1991) schrijven voor dat 75% van de landelijke hoeveelheid fosfaat en stikstof uit het afvalwater verwijderd moet worden. Deze doelstelling wordt voor N_t ruimschoots gehaald. Er wordt 96% van de totale hoeveelheid stikstof verwijderd waardoor de concentratie N_t in het effluent (ver) onder de lozingsnorm van grote rwzi's (10 mg l⁻¹) ligt. De verwijdering gebeurt echter vanwege de onderbelasting nog onvoldoende via de energiezuinige OLAND-reactie.

De verwijdering van fosfor (52%) blijft voorsnog achter doordat het grijswater systeem niet optimaal functioneert. De verwijdering van fosfor binnen het grijswater verwerkingssysteem voornamelijk door microbiële opname plaatsvinden. Door de minimale vorming van slib en daarmee (vrijwel) geen verwijdering van surplusslib wordt fosfor in de huidige opzet nagevoeg niet verwijderd. De verwachting is dat bij een hoger aantal aangesloten personen de slib productie aanzienlijk zal toenemen en daarmee de verwijdering van fosfaat. Uit onderzoek verricht aan de biologische behandeling van grijswater in project Lemmerweg-Oost is

gebleken dat er effluent concentraties van gemiddeld $1,7 \text{ mg P}_t \text{ l}^{-1}$ behaald kunnen worden. In elk geval is bekend uit literatuur dat lozings-eisen van $1 \text{ mg P}_t \text{ l}^{-1}$ relatief eenvoudig behaald kunnen worden middels het doseren van metaalzouten. Dit past echter niet binnen een duurzame behandelingsstrategie. De verwachting is, dat bij een hogere belasting van het behandelings-systeem, de fosfaatverwijdering via de biologische route afdoende zal zijn.

RESTSTROMEN

Struviet

Het zwartwatersysteem is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor de fosfaatverwijdering. Dit wordt veroorzaakt doordat het grijswatersysteem geen/weinig slib produceert wat vergist kan worden in het zwartwater behandelings-systeem. De verwijdering van fosfaat in het gehele behandelings-systeem is daardoor slechts 42%. Het zwartwater behandelings-systeem verwijdert echter 82% (zie paragraaf zwartwaterbehandeling). Doordat er geen ammonium beschikbaar is zal kaliumstruviet neerslaan. Kaliumstruviet slaat neer bij een hogere pH dan ammoniumstruviet. De toevoeging van magnesiumoxide als magnesiumbron zorgt voor een pH verhoging tot ca. 9-10. Uitgaande van 82% terugwinning van fosfaat in de vorm van kaliumstruviet, wordt 504 g/d geprecipiteerd. Eerste analyses laten zeer lage concentraties aan zware metalen zien. Dit betreffen echter voorlopige resultaten en zijn derhalve niet opgenomen in dit rapport.

Slib

Het is bekend dat een kleine fractie stikstof en fosfor wordt ingevangen in het slib en/of chemisch wordt gebonden. Dit suggereert dat het geproduceerde slib rijk is aan nutriënten en daarmee interessant is voor hergebruik in de landbouw. Echter, de kwaliteit van het slib met betrekking tot het gehalte zware metalen en microverontreinigingen is hiervoor bepalend. Binnen dit project zijn de concentraties van zware metalen in het in- en effluent niet bepaald. Slibmonsters afkomstig uit de UASB zijn echter wel onderzocht op zware metalen, zie tabel 3. In deze tabel staan eveneens de waarden weergegeven zoals gevonden binnen het project Lemmerweg-Oost en de waarden gevonden in zuiveringsslib (na-ingedikt, uitgegist slib) afkomstig van de gecentraliseerde rwzi (RWZI Deventer). Conform huidige Meststoffenwet overschrijden alleen koper en zink de gehanteerde normen voor hergebruik van (zuiverings-)slib als meststof in de landbouw voor het decentrale slib. Om het geheel in perspectief te plaatsen, koe-mest bevat 3,3 keer zoveel koper en 1,6 keer zo veel zink als waterschoonslib, zie bijlage 8.3.

TABEL 3 MAXIMALE GEHALTES ZWARE METALEN VOLGENS DE MESTSTOFFENWET, DE GEMETEN CONCENTRATIES IN SLIB UIT DE UASB VAN PROJECT WATERSCHOON EN LEMMERWEG-OOST. HIERBIJ ZIJN CONCENTRATIES METALEN WELKE BINNEN DE MESTSTOFFENWET VALLLEN GROEN GEMARKEERD.

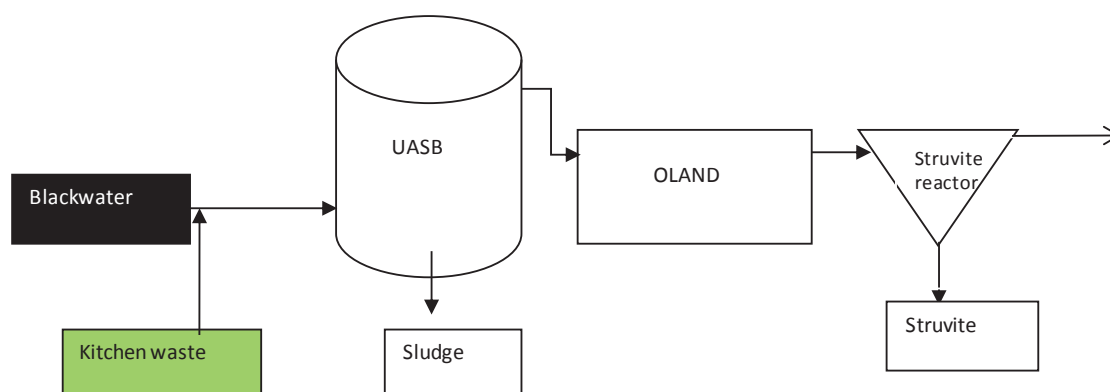
| Parameter | Eenheid | Meststoffenwet | Waterschoon Slib UASB | Lemmerweg-Oost | | Slib RWZI |
|-----------|----------|----------------|--------------------------|----------------|-------------|-----------|
| | | | | Slib UASB 1 | Slib UASB 2 | |
| DS | % | | 4.1 | 4.3 | 3.4 | |
| As | mg/kg DS | 15 | 5.7 | <10 | <10 | 16,0 |
| Cd | mg/kg DS | 1.25 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 1.28 |
| Cr | mg/kg DS | 75 | 16,4 | 15.2 | 12.5 | 37,3 |
| Cu | mg/kg DS | 75 | 267,5 | 221 | 250 | 400 |
| Hg | mg/kg DS | 0.75 | 0,58 | 0.4 | 0.4 | 1,04 |
| Ni | mg/kg DS | 30 | 15,8 | 13 | 11 | 27,5 |
| Pb | mg/kg DS | 100 | 43,0 | 13.9 | 18 | 127 |
| Zn | mg/kg DS | 300 | 975 | 813 | 890 | 1096 |

4.2 PRESTATIES ZWARTWATER BEHANDELING

Het zwartwater behandelingsysteem bestaat uit drie processen. Het ingezamelde zwartwater+groenwater wordt tesamen vergist in een UASB reactor. Deze stap zet organisch materiaal om. De volgende stap is de oland reactie (oxygen limited autotrophe nitrification and denitrification) waarbij stikstof wordt verwijderd. De laatste stap wint struviet terug door middel van precipitatie. In onderstaande hoofdstukken worden alle procesonderdelen afzonderlijk beschreven.

Het grijswatersysteem produceert een verwaarloosbare hoeveelheid slib. Hierdoor wordt er **geen** onderscheidt gemaakt tussen scenario 1 (behandeling uitsluitend zwartwater+groenwater) en scenario 2 (behandeling van zwartwater+groenwater met grijswater slib).

FIGUUR 9 SCHEMATISCHE PRESWEERGAVE VAN HET ZWARTWATER BEHANDELINGSSYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON.



TABEL 4 GEMIDDELDE CONCENTRATIES (MG.L⁻¹) VAN ORGANISCH MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET ZWARTWATEREFFLUENT BINNEN HET PROJECT WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK.

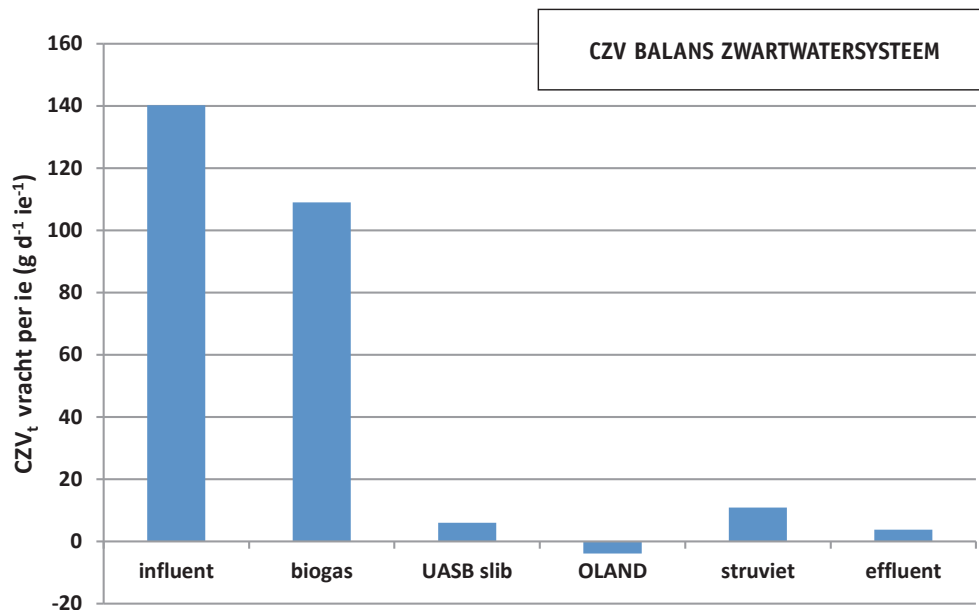
| Parameter | Eenheid | Effluent zwartwaterverwerking | % verwijdering |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| CZV _t | mg CZV _t .l ⁻¹ | 254 | 97 |
| CZV _f | mg CZV _f .l ⁻¹ | 220 | |
| CZV _{ss} * | mg CZV _{ss} .l ⁻¹ | 34 | |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 17 | |
| N _t | mg N _t .l ⁻¹ | 276 | 73 |
| NH ₄ -N | mg NH ₄ -N.l ⁻¹ | 22 | |
| NO ₃ -N | mg NO ₃ -N.l ⁻¹ | 206 | |
| NO ₂ -N | mg NO ₂ -N.l ⁻¹ | 8 | |
| P _t | mg P _t .l ⁻¹ | 20 | 82 |
| PO ₄ -P | mg PO ₄ -P.l ⁻¹ | 9 | |
| Mg | mg Mg.l ⁻¹ | 89 | |

* berekende waarde

Aan de hand van een elementenbalans kan inzicht worden verkregen waar de verschillende componenten (organisch materiaal, stikstof en fosfor) naar omgezet worden. De CZV balans voor het zwartwater verwerkingssysteem staat weergegeven in Figuur 10.

FIGUUR 10

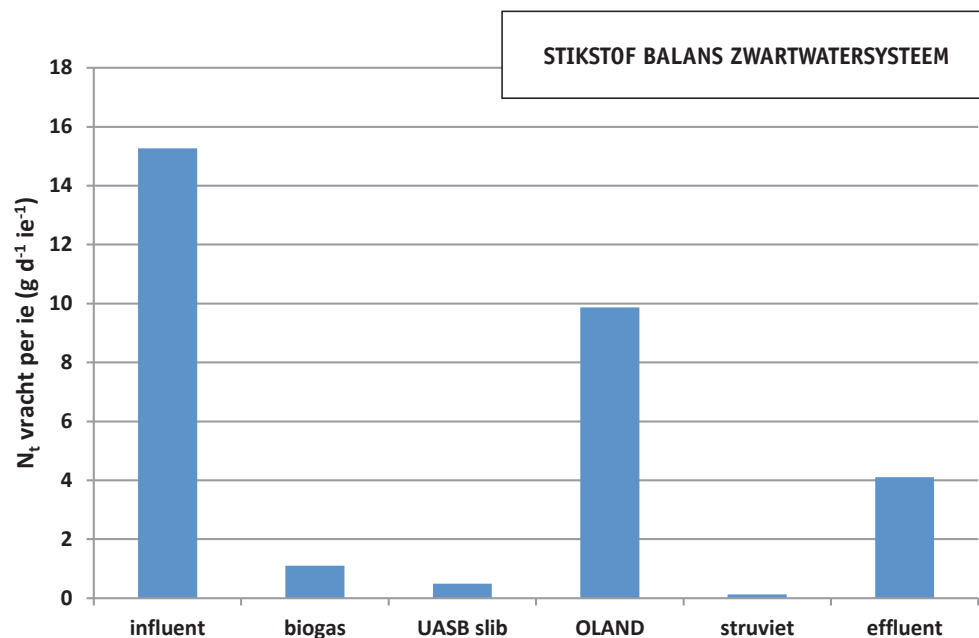
CZV_T MASSABALANS OVER DE GEHELE ZWARTWATER VERWERKINGSSYSTEEM, WEERGEGEVEN IN VRACHTEN PER IE.



Het grootste deel van de totale ingaande hoeveelheid CZV, 78%, is omgezet naar biogas (methaan, CH_4). Ook wordt er CZV verwijderd tijdens de struviet reactie. Daarbij verlaat een zeer klein deel van het gevormde methaan de UASB in oplossing met het UASB effluent. Deze hoeveelheid is kleiner dan 1% (uitgaande van een oplosbaarheid van $17 mg CH_4 l^{-1}$ bij een temperatuur van $35 ^\circ C$ (Lide, 2004).

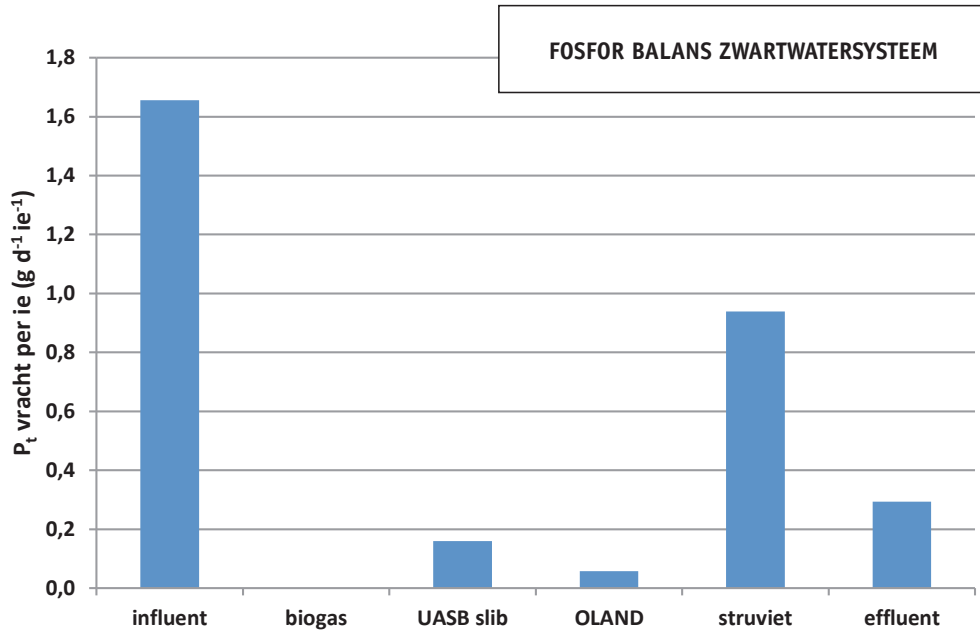
FIGUUR 11

N_T MASSABALANS OVER DE GEHELE ZWARTWATER VERWERKINGSSYSTEEM,



Het overgrote deel aan stikstof verwijderd met behulp van de OLAND reactie (figuur 11). Er wordt gemiddeld 70% verwijderd. Zie hoofdstuk 4.2.3 voor een uitgebreide beschrijving van de stikstofverwijdering.

FIGUUR 12

P_T MASSABALANS OVER DE GEHELE ZWARTWATER VERWERKINGSSYSTEEM, WEERGEGEVEN IN VRACHTEN PER IE.

Met behulp van struvietprecipitatie wordt 76% van de totale hoeveelheid fosfor herwonnen. Een kleine 10% wordt via het UASB slib verwijderd. Zie hoofdstuk 4.2.4 voor een uitgebreide beschrijving van de fosforverwijdering mbv struviet precipitatie.

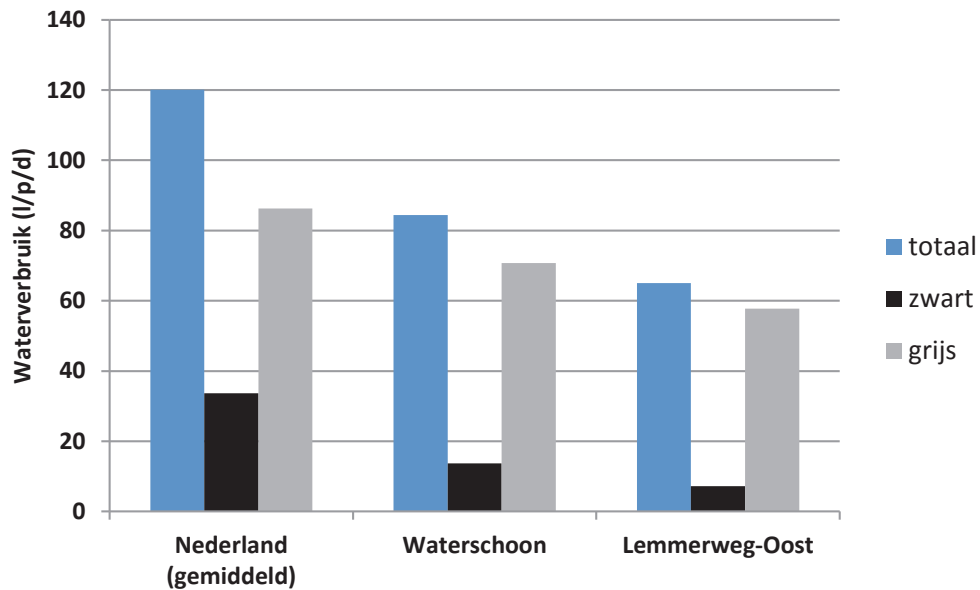
4.2.1 KARAKTERISERING ZWARTWATER INFLUENT (INCL. GF-AFVAL)

4.2.1.1 WATERVERBRUIK

Door de toepassing van het vacuümsysteem voor de inzameling en transport van zwart- en groenwater daalt het waterverbruik van de bewoners in de wijk. In Figuur 13 is het gemiddelde Nederlandse waterverbruik per persoon en het waterverbruik weergegeven voor zowel het project Waterschoon, als het project Lemmerweg-Oost. Uit het onderzoek 'Watergebruik thuis 2010' dat is uitgevoerd door TNS NIPO (Foekema et. al. 2011) in opdracht van de Vereniging van waterbedrijven in Nederland (Vewin) blijkt dat er gemiddeld ca. 120 liter water per persoon per dag wordt verbruikt, waarvan ca. 85 liter grijswater. Een conventioneel spoeltoilet wordt doorgespoeld met gemiddeld 7 liter water terwijl een vacuümtoilet, in dit project, slechts 1 liter water per spoelbeurt verbruikt. Bij toepassing van vacuümtoiletten wordt dan per spoelbeurt 6 liter water bespaard. Uitgaande van gemiddeld 5 toiletbezoeken per persoon per dag, dan resulteert dit in 30 liter waterbesparing per persoon per dag.

FIGUUR 13

GEMIDDELD WATERVERBRUIK PER PERSOON PER DAG .



Hoewel er een duidelijke waterbesparing is waar te nemen (30%), blijkt het waterverbruik door de bewoners binnen project Waterschoon anders dan verwacht op basis van gemiddeld Nederlands verbruik. Op basis van de waterbesparing door toepassing van vacuümtoiletten en gemeten waterverbruik binnen project Lemmerweg-Oost, werd een gemiddelde zwartwater productie van ca. 9 liter verwacht². Er wordt echter per persoon gemiddeld 13,7 liter zwartwater geproduceerd. De bewoners van het appartementencomplex (65+) en het verzorgingstehuis (85+) zijn vooral ouderen. Deze bewonerssamenstelling vertegenwoordigt geen representatieve afspiegeling van een gemiddelde woonwijk. Het waargenomen verschil kan niet alleen verklaard worden door het relatief hogere watergebruik voor het doorspoelen van het toilet door ouderen (55+) zoals aangegeven in het onderzoek van TNS-NIPO. Uit interviews met de bewoners is gebleken dat er vermenging met grijswater plaatsvindt door bijvoorbeeld het doorspoelen van dweilwater. Bovendien blijkt men veel water te verbruiken door verkeerd gebruik van de voedselrestenvermaler.

4.2.1.2 ZWARTWATER EN GF

De gemiddelde samenstelling van het zwartwater gemengd met water vermalen GF afval staat weergegeven in Tabel 5 en wordt vergeleken met waarden verkregen uit eerdere studies van Kujawa-Roeleveld et al. (2006), De Graaff (2010) en demonstratieproject Lemmerweg-Oost. De CZV_t concentratie van zwartwater (9,5 g/l) is ongeveer een factor 20 hoger dan de gemiddelde concentratie CZV_t van het stedelijk rwzi influent in Nederland (490 mg/l, CBS-Statline, 2012). De gemiddelde concentratie van het influent van rwzi Deventer (referentiesysteem) is 647 mg l⁻¹.

² Inclusief water voor spoeling van de voedselrestenvermaler.

TABEL 5 GEMIDDELTE SAMENSTELLING EN DEBIET VAN ZWARTWATERINFLUENT BINNEN HET PROJECT WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK, VERGELEKEN MET WAARDEN UIT EERDERE STUDIES.

| Parameter | Eenheid | Waterschoon, Sneek* | Kujawa- Roeleveld et al. 2006 | De Graaff 2010** | | Lemmerweg-Oost, Sneek*** | | |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------|-------|--------------------------|-----------|-----------|
| | | | | 1 | 2 | Config. 1 | Config. 2 | Config. 3 |
| | | | | | | | | |
| Debiet | l.d^{-1} | 1084 | - | - | - | 505 | 561 | 681 |
| Productie zwartwater | $\text{l.p}^{-1}.\text{d}^{-1}$ | 13,7 | - | - | - | 6,3 | 7,0 | 8,5 |
| CZV_t | $\text{g CZV}_t.\text{l}^{-1}$ | 9,5 | 9,5 - 12,3 | 9,8 | 7,7 | 11,7 | 10,9 | 10,5 |
| CZV_f | g.l^{-1} | 4,0 | 0,5 - 1,9 | 4,7 | 2,8 | 2,6 | 2,7 | 3,7 |
| CZV_{SS}^{****} | g.l^{-1} | 5,5 | 7,0 - 9,6 | 5,1 | 4,9 | 9,1 | 8,2 | 6,8 |
| Vetzuren | g.l^{-1} | 1,2 | 0,5 - 1,9 | 1,5 | 1,2 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| N_t | gN.l^{-1} | 1,0 | 1,0 - 1,4 | 1,9 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ | gN.l^{-1} | 0,64 | 0,6 - 1,0 | 1,4 | 0,85 | 0,78 | 0,79 | 0,86 |
| P_t | gP.l^{-1} | 0,11 | 0,09 - 0,14 | 0,22 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,15 |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ | gP.l^{-1} | 0,08 | 0,03 - 0,06 | 0,079 | 0,054 | 0,05 | 0,06 | 0,09 |

* inclusief GF-afval

** zwartwaterinfluent is grof gefilterd alvorens de concentraties zijn bepaald

*** de verwerking van zwartwater heeft plaatsgevonden volgens 3 verschillende configuraties, variërend in bedrijfsvoering van de UASB-reactor

**** berekende waarde

Gedurende de eerste 5 maanden van de onderzoeksperiode is er een grotere spreiding van de CZV concentratie in het influent waar te nemen (zie bijlage 8.6: figuur 1). Vanaf circa maart 2013 wordt deze minder. Dit valt samen met het verwijderen van de ophoping van vaste delen in de vacuümtank.

Omstreeks half februari 2013 werd er ophoping van vaste delen in de vacuümtank geconstateerd. De hoeveelheid vaste stof dat verwijderd is uit de vacuümtank wordt geschat op $1,5 \text{ m}^3$. Deze had een CZV_t concentratie van circa 250 g l^{-1} . Hieruit volgt dat er in totaal 375 kg CZV is geaccumuleerd in de vacuümtank. Over de periode dat de woningen bewoond zijn, zou dit een verhoging van de CZV_t concentratie van het zwartwater van circa $0,5 \text{ g CZV}_t \text{ l}^{-1}$ hebben gegeven wat neerkomt op een toename van circa 5%. Om te voorkomen dat deze verstopping zich weer kan voordoen is de verblijftijd in de buffertank verlaagd van twee dagen naar een halve dag.

4.2.2 VERGISTING

De procesomstandigheden van de anaerobe vergisting van zwartwater in combinatie met groenwater staan vermeld in (bijlage 8.6). De gemiddelde CZV_t vracht in het influent bedraagt 11080 g d^{-1} . Gedurende het vergistingsproces wordt 10193 g d^{-1} verwijderd. Dit geeft een verwijderingrendement van 92% bij een HRT van 34 dagen. Dit is in lijn met de behaalde rendementen binnen het project de Lemmerweg-Oost (83-92%, HRT van 7 dagen). Ook Lettinga et al. (1993) hebben rendementen van 90-93% verkregen.

Tabel 6 presenteert de gemiddelde effluent kwaliteit van de UASB. De concentratie CZV_t in het UASB effluent is relatief laag (gemiddeld 719 mg.l^{-1}). De voornaamste bijdrage van CZV_t in het effluent is in de vorm van colloïdaal en opgelost CZV (tezamen is dat CZV_f 83%). Slechts 16% van de totale hoeveelheid CZV in het effluent bestaat uit deeltjes (CZV_{SS}). De CZV_{SS} verwijdering geeft aan hoeveel onopgelost materiaal gehydrolyseerd is en/of is ingevangen in het slibbed. De gemiddelde concentratie vetzuren in het UASB effluent is 82 mg.l^{-1} .

TABEL 6

GEMIDDELDE SAMENSTELLING UASB EFFLUENT.

| Parameter | Eenheid | Waterschoon, Sneek* | Lemmerweg-Oost, Sneek** | | |
|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| | | | Config. 1 | Config. 2 | Config. 3 |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 720 | 1000 | 1100 | 1800 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 600 | 800 | 800 | 1200 |
| CZV _{SS} *** | mg.l ⁻¹ | 120 | 170 | 280 | 600 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 80 | 180 | 200 | 250 |
| N _t | mgN.l ⁻¹ | 960 | 1200 | 1200 | 1300 |
| NH ₄ -N | mgN.l ⁻¹ | 820 | 1000 | 1000 | 1000 |
| P _t | mgP.l ⁻¹ | 86 | 97 | 110 | 100 |
| PO ₄ -P | mgP.l ⁻¹ | 76 | 71 | 79 | 88 |

* inclusief GF-afval

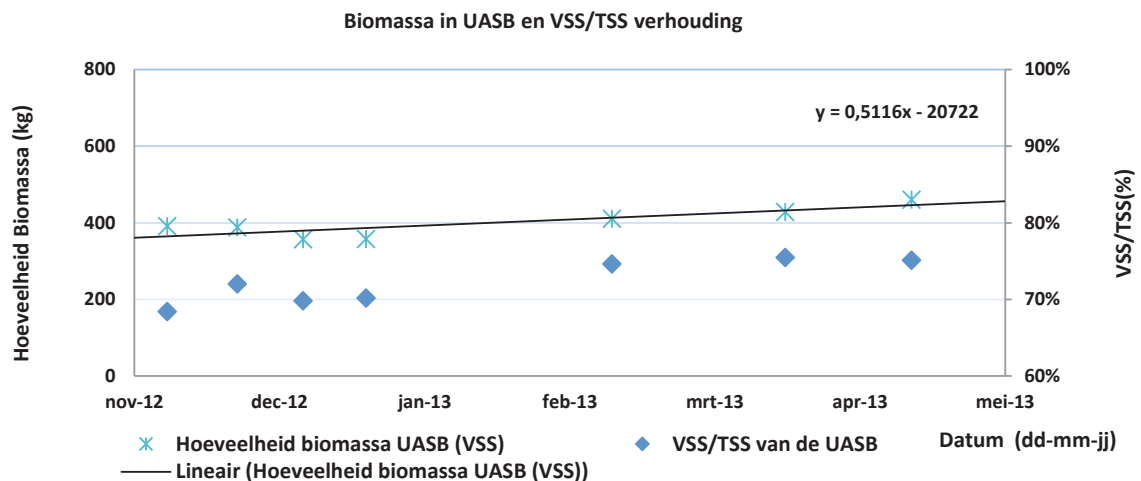
** de verwerking van zwartwater heeft plaatsgevonden volgens 3 verschillende configuraties, variërend in bedrijfsvoering van de UASB-reactor

*** berekende waarde

ONTWIKKELING VAN HET SLIBBED

Op basis van concentratiebepalingen op verschillende hoogten in de UASB is de slibproductie gemeten. Dit staat weergegeven in de grafieken te vinden in bijlage 8.3 De slibproductie omvat zowel de groei van biomassa als de accumulatie van gesuspendeerd materiaal in het slibbed waardoor de totale concentratie slib in de UASB toeneemt. De slibproductie kan worden weergegeven als percentage van de totaal ingebrachte hoeveelheid organisch materiaal. Uit Figuur 14 is af te lezen dat de productie van slib minimaal is (gemiddeld 512 g VSS d⁻¹). Dit komt overeen met een lage slibaangroei van 0,071 g CZV-VSS per gram CZV influent, zijnde 7,1%. Globaal wordt aangenomen dat dit bij anaerobe vergisting 10% bedraagt (Wilkie 2005). Binnen het project Lemmerweg-Oost is 8-12 % slibgroei berekend bij een HRT van respectievelijk 25 en 4 dagen.

FIGUUR 14 SLIBGROEI EN RATIO VSS/TSS.



BIOGASPRODUCTIE

Temperatuur en hydraulische verblijftijd (HRT) zijn belangrijke factoren in het anaërobie vergistingsproces. Hoe hoger de temperatuur en hoe langer de HRT, hoe hoger de omzettinggraad. Daarnaast zijn factoren als slibleeftijd (SRT), ammonia gehalte belangrijk. De methanogenese geeft informatie over hoeveel CZV_t van het influent wordt omgezet in methaan. Deze wordt berekend door de hoeveelheid geproduceerd methaan te delen door de hoeveelheid

methaan die er maximaal geproduceerd kan worden uit de omgezette vracht CZV. In een optimale situatie kan 1 kg CZV maximaal omgezet worden naar 350 liter methaan. Per dag wordt gemiddeld 4877 liter biogas geproduceerd. De samenstelling van het geproduceerde biogas is op verschillende momenten vastgesteld (Tabel). Het aandeel methaan hierin is gemiddeld 61,8 %. Op basis hier van is de methanogenese berekend; deze is 85,8%

Dat geeft een methaanproductie van gemiddeld 38 liter per bewoner per dag. Dit is een verdubbeling ten opzichte van de productie in de Lemmerweg-Oost en kan verklaard worden door de toevoeging van GF-afval aan het zwartwater.

TABEL 7 SAMENSTELLING VAN HET BIOGAS.

| Parameter (%) | 28-11-2012 | 20-12-2012 | 16-04-2013 | Gemiddeld |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|
| CO ₂ | 36,0 | 36,1 | 35,1 | 35,7 |
| CH ₄ | 61,5 | 61,4 | 62,4 | 61,8 |
| H ₂ | 0,25 | 0,26 | | |
| H ₂ S | 0,81 | 0,84 | | |
| N ₂ | <1,5 | <1,5 | <1,5 | <1,5 |
| O ₂ | <0,75 | <0,75 | <0,75 | <0,75 |

4.2.3 OLAND-PROCES

Het OLAND proces is het gecombineerde partiële nitrificatie-anammox proces voor de verwijdering van ammonium (NH₄-N) uit reststromen met een lage CZV_t/N_t ratio. Het UASB effluent wordt, naast de hoge ammoniumconcentratie, gekenmerkt door een verhouding van CZV_t/N_t van gemiddeld 0,75. Behalve stikstof wordt er ook een deel van het organische materiaal en fosfaat verwijderd. In bijlage 8.6: tabel 4 staan de procesparameters weergegeven.

TABEL 8 GEMIDDELTE CONCENTRATIES (MG.L-1) VAN ORGANISCH MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET EFFLUENT VAN HET OLAND-PROCES EN IN DE REACTOR.

| Parameter | Eenheid | Effluent OLAND |
|---------------------------------|---|----------------|
| CZV _t | mg CZV _t .l ⁻¹ | 991 |
| CZV _f | mg CZV _f .l ⁻¹ | 235 |
| CZV _{ss} * | mg CZV _{ss} .l ⁻¹ | 756 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 39 |
| N _t | mg N _t .l ⁻¹ | 285 |
| NH ₄ -N | mg NH ₄ -N.l ⁻¹ | 29 |
| NO ₃ -N | mg NO ₃ -N.l ⁻¹ | 181 |
| NO ₂ -N | mg NO ₂ -N.l ⁻¹ | 12 |
| P _t | mg P _t .l ⁻¹ | 83 |
| PO ₄ -P | mg P PO ₄ -P.l ⁻¹ | 65 |
| K | mg K.l ⁻¹ | 420 |
| Mg | mg Mg.l ⁻¹ | 59 |
| op 25% van reactorvolume | | |
| NH ₄ -N | mg NH ₄ -N.l ⁻¹ | 71 |
| NO ₃ -N | mg NO ₃ -N.l ⁻¹ | 97 |
| NO ₂ -N | mg NO ₂ -N.l ⁻¹ | 3 |

* berekende waarde

VERWIJDERING VAN ORGANISCH MATERIAAL

In het effluent van het OLAND-proces is een gemiddelde CZV_t concentratie van 991 mg CZV_t l⁻¹ gemeten (Tabel). Dat is hoger dan de concentratie in het UASB-effluent (deze is gelijk aan het

OLAND-influent) en geeft een negatief verwijderingrendement (-37%). In eerste instantie is dit tegengesteld aan de verwachting. Door de aanwezigheid van verschillende bacteriën in de OLAND reactor wordt juist verwacht dat er meerdere processen verantwoordelijk zijn voor een verwijdering van CZV: heterotrofe denitrificatie, aerob omzetten van CZV naar CO₂ en CZV opgenomen voor de groei van biomassa. Uit Tabel is af te lezen dat het UASB-effluent met name opgelost CZV bevat en maar weinig CZV in gesuspendeerde vorm. In het OLAND-effluent is dit juist andersom (Tabel 8). Dit kan betekenen dat slibdeeltjes die gevormd worden in de OLAND-reactor met het effluent mee uitspoelen. Het punt waar het effluent bemonsterd wordt, ligt voor een nabezinker. Daarom is het aannemelijk dat deze deeltjes nog aanwezig zijn in de genomen monsters en dus een verhoging van CZV_t laten zien.

VERWIJDERING VAN STIKSTOF

Met de huidige opstelling wordt er een N_t verwijdering van 70% gehaald, resulterend in gemiddeld 285 mg N_t l⁻¹ in het OLAND effluent (Tabel en Figuur). Door Vlaeminck et al. (2009) is een vergelijkbaar resultaat verkregen (76% verwijdering, gemiddeld 302,2 mg N_t l⁻¹ in het OLAND effluent) op laboratoriumschaal. Het stikstof in het effluent binnen project Waterschoon bestaat uit nitriet, nitraat, ammonium, organische gebonden stikstof en gesuspendeerd slib. De aanwezigheid van gesuspendeerd slib in het effluent monster resulteert niet alleen in een verhoging van de CZV_t, maar gezien de ratio CZV:N:P van 100:5:1 in biomassa, ook in een kleine verhoging van N_t en P_t. Indien voor de relatief hoge uitspoeling van gesuspendeerde slibdeeltjes gecorrigeerd wordt, dan resulteert dat in een ietwat hogere verwijdering van N_t door het OLAND-proces dan de gemeten 70%.

Ammonium wordt vrijwel geheel verwijderd (gem. 29 mg.l⁻¹ in het OLAND effluent), maar er wordt relatief veel nitraat gevormd (gemiddeld 181 mg.l⁻¹ in het effluent). Dit is ca. 19% van de totale hoeveelheid stikstof in het effluent en ca. 22% van de hoeveelheid ammonium stikstof in het OLAND influent. Hoewel er bij anammox omzetting ook altijd een kleine hoeveelheid nitraat geproduceerd wordt. Dit is gemiddeld tussen de 6 en 12% van de ingaande ammonium concentratie.

Nitraat kan geproduceerd worden door nitriet te oxideren. Bij een overmaat aan zuurstof vindt er nitriet oxidatie plaats (Laanbroek en Gerards, 1993) met als gevolg een relatief hoge nitraat-concentratie in het effluent (Figuur) en nauwelijks ammonium en nitriet.

Om een beter beeld te krijgen van wat er in de reactor gebeurt, zijn ammonium, nitriet en nitraat metingen gedaan op 25% van reactorvolume. Deze gemiddelde waarden staan eveneens weergegeven in Tabel . Met name in de eerste 25% vindt slibgroei plaats. Ammonium wordt daar voor het overgrote deel omgezet en verwijderd. Rekening houdend met de CZV_t/N_t verhouding die nodig is voor heterotrofe denitrificatie (2,5; Seyfried et al. (2001)) kan worden afgeleid dat de gemeten stikstofverwijdering niet enkel aan heterotrofe denitrificatie gekoppeld kan worden. Het grootste deel van de omzettingsactiviteit komt door autotrofe denitrificatie. Daarnaast is er ook in de eerste 25% al relatief veel nitraat geproduceerd. In de resterende 75% wordt de rest van het ammonium omgezet naar nitraat. Het is mogelijk dat de huidige stikstof belasting limiterend is voor de aangroei van biofilm op het dragermateriaal waardoor deze niet dik genoeg is. In het binnenste van de biofilm is zuurstofbeperking nodig, terwijl aan de buitenzijde van de biofilm zuurstof aanwezig is voor het omzetten van ammonium naar nitriet. Door de beperkte dikte van de biofilm kan er te veel zuurstof van buiten naar binnen doordringen. De biofilm moet dik genoeg zijn om zuurstof penetratie te voorkomen. Dan kan een hoger zuurstofgehalte aan de buitenkant worden gepermitteerd. Dit impliceert dat het OLAND-proces is onderbelast. Dat geldt reeds voor de eerste 25% van de reactor en daarmee zeker voor de reactor als geheel. Tot slot is de pH gemeten na de eerste

25% (gem. 7,5) alsook van het OLAND-effluent (gem. 6,5). In het effluent wordt dus een veel lagere pH gemeten als gevolg van de nitrificatie van ammonium naar nitraat. Bij een goed belast systeem zou er geen verlaging op mogen treden. Bij een optimale stikstofbelasting en activiteit van autotrofe denitrificerende bacteriën over de gehele reactor blijft er altijd een klein beetje ammonium en nitriet over. Dat is momenteel niet het geval. Dit pleit eveneens voor een hogere belasting van het proces. Verderop in paragraaf 4.5.2 wordt berekend hoe hoog de belasting zou kunnen zijn.

4.2.4 STRUVIETPRECIPITATIE

Struviet wordt gevormd uit magnesium, ammonium en fosfaat in de molverhouding 1:1:1. Daarom is het wenselijk dat deze componenten in deze zelfde verhouding aanwezig zijn in het OLAND effluent. Uit Tabel is af te lezen dat er gemiddeld 29 mg l⁻¹ ammonium-N in het OLAND effluent aanwezig is voor de precipitatie van ammoniumstruviet. Voor het neerslaan van 65 mg l⁻¹ PO₄-P (gemiddelde fosfaatconcentratie in het effluent binnen dezelfde periode) is ongeveer 12,2 mg NH₄-N l⁻¹ benodigd. Omdat er ook kalium (gem. 420 mg K l⁻¹) aanwezig is in het OLAND effluent is het aannemelijk dat er (ook) magnesium-kalium-fosfaat is gevormd. Er is een P_t verwijderingspercentage van 76% behaald, resulterend in gemiddeld 20 mg P_t l⁻¹ in het effluent.

Zoals in paragraaf 4.2.3 staat beschreven heeft het OLAND effluent een pH van gemiddeld 6,5. De toevoeging van magnesiumoxide als magnesiumbron verhoogt de pH tot ca. 9-10. Kaliumstruviet slaat neer bij een hogere pH dan ammoniumstruviet. Een nog hogere pH (dan 9-10) zou dus een verbeterde neerslag van kaliumstruviet geven.

Bij een optimale belasting van de OLAND-reactor zal er een lagere concentratie nitraat en hogere concentratie ammonium in het effluent aanwezig zijn. Dit zal een hogere pH tot gevolg hebben. Bovendien is er in een dergelijke situatie meer ammonium beschikbaar voor de vorming van ammoniumstruviet. De pH zal in dit geval minder ver omhoog gebracht hoeven te worden om het precipitatieproces op gang te brengen in vergelijking met de vorming van kaliumstruviet.

Tijdens de struvietprecipitatie wordt een klein deel van het organisch materiaal verwijderd. Een gemiddelde CZV_t concentratie van 254 mg l⁻¹ is gemeten in het effluent van de struvietreactor, wat 74% verwijdering geeft ten opzicht van de ingaande stroom. Slechts een klein aandeel van de CZV_t concentratie in het effluent bestaat uit gesuspendeerd materiaal. Monsters van het influent van de struviet reactor worden echter vóór een nabezinktank genomen. Het is daarom aannemelijk dat op zijn minst een deel van het gesuspendeerd en colloïdaal CZV door middel van bezinking in deze nabezinktank zijn verwijderd nog voordat het de struvietreactor in gaat. Hierdoor zal het CZV verwijderingsrendement van de struvietreactor lager zal liggen. Helaas is de vloeistofstroom na de nabezinker niet nogmaals bemonsterd, om dit te bevestigen. Het kan ook zijn dat een klein deel van het gesuspendeerd en colloïdaal CZV is ingevangen in het struvietkristal en door middel van bezinking van struviet zijn verwijderd.

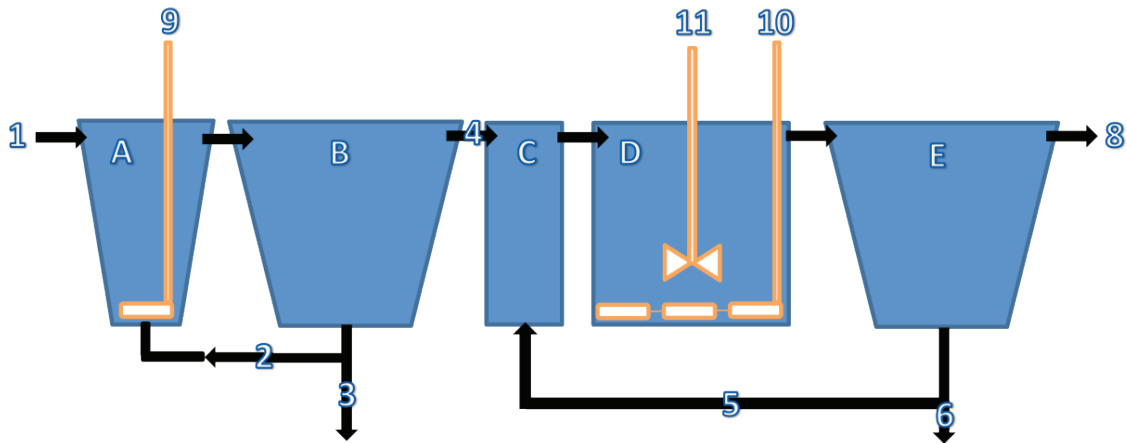
4.3 PRESTATIES GRIJSWATER BEHANDELING

Het grijswater behandelingsstelsel bestaat uit twee behandelstappen. In de eerste stap wordt middels bioflocculatie een deel van de organische fractie verwijderd. De tweede stap bestaat uit een biologische verwijderingsstap waarbij de resterende nutriënten en organisch materiaal worden verwijderd (zie figuur 12).

Binnen de resultaten van het grijswatersysteem wordt onderscheidt gemaakt tussen scenario 1

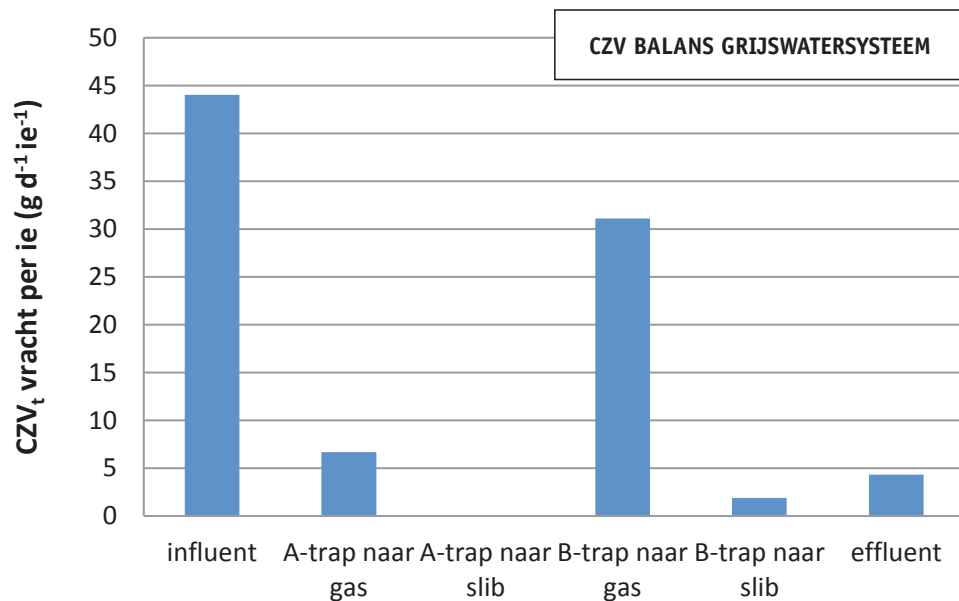
(behandeling uitsluitend grijswater) en scenario 2 (behandeling van grijswater met effluent zwartwater systeem). De procesparameters van de verwerking in de A- en de B-trap van beide scenario's staan vermeld in bijlage 8.6

FIGUUR 15 SCHEMATISCH WEERGAVE VAN DE (GRIJSWATER)VERWERKING: A-TRAP (A) MET NABEZINKER (B), BIO-P (C), B-TRAP (D) MET NABEZINKER (E), INFLUENT GRIJSWATER IN SCENARIO 1 EN GEMENGD INFLUENT IN SCENARIO 2 (1), RECIRCULATIE SLIB A-TRAP (2) EN B-TRAP (5), SURPLUSSLIB A-TRAP (3) EN SURPLUSSLIB B-TRAP (6), EFFLUENT A-TRAP (4) EN EFFLUENT B-TRAP (8), BELUCHTERS (9 EN 10) EN ROERDER (11).



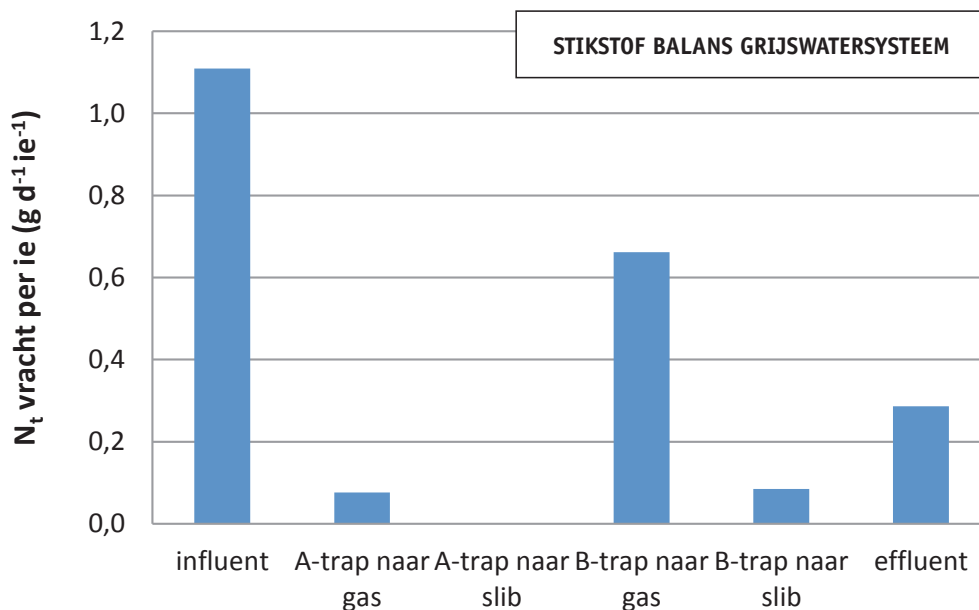
MASSABALANSEN SCENARIO 2

FIGUUR 16 CZV_t MASSABALANS VAN HET GRIJSWATER VERWERKINGSSYSTEEM, SENARIO 2



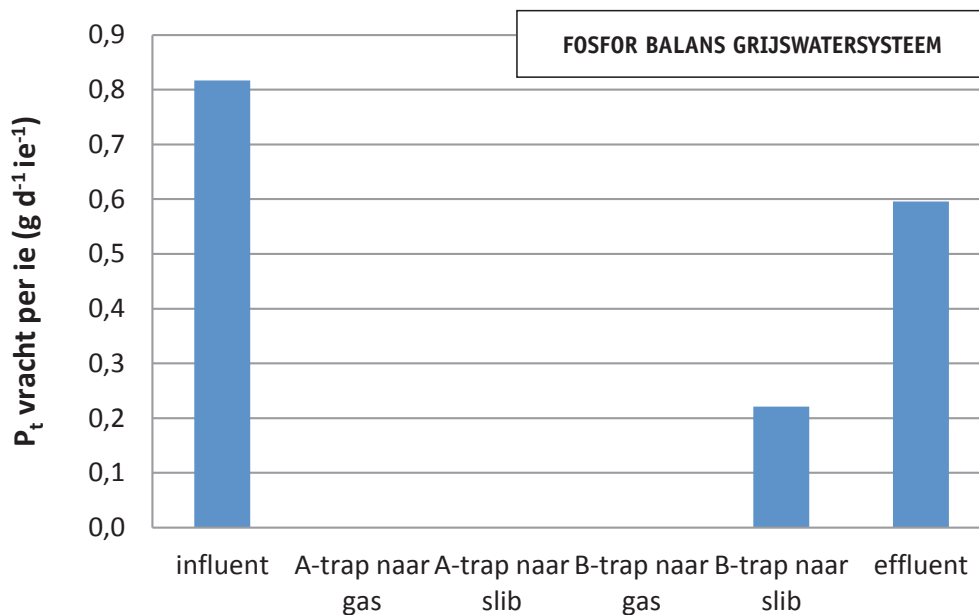
In de A-trap wordt een 15% van het organische materiaal verwijderd terwijl er geen surplus slib wordt gevormd. De B-trap verwijderd 89% van het ingaande CZV. Hierbij wordt weinig slib geproduceerd.

FIGUUR 17

 N_T MASSABALANS OVER VAN HET GRIJSWATER VERWERKINGSSYSTEEM, SCENARIO 2

De stikstofverwijdering in de A-trap is minimaal (7%). Daarbij wordt er nauwelijks stikstof via slib verwijderd. De B-trap laat echter een verwijdering zien van 60% in scenario 2. Daarbij wordt ook stikstof slib geproduceerd hetzij minimaal.

FIGUUR 18

 P_T MASSABALANS OVER VAN HET GRIJSWATER VERWERKINGSSYSTEEM, SCENARIO 2

De verwijdering van fosfor vindt alleen plaats via het B-trap slib binnen het grijswatersysteem. Het meeste fosfor wordt niet verwijderd.

TABEL 9

GEMIDDELDE SAMENSTELLING VAN HET EFFLUENT BINNEN HET PROJECT WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK (SCENARIO 2).

| Parameter | Eenheid | effluent | st. dev. | % verwijdering |
|----------------------|--------------------|----------|----------|----------------|
| Debiet | L.d ⁻¹ | 6779 | | |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 57,4 | 19,1 | 97 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 59,1 | 15,5 | 95 |
| CZV _{SS} * | mg.l ⁻¹ | - | - | |
| CZV _c * | mg.l ⁻¹ | - | - | |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 60,74 | 13,7 | |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 6,67 | 2,55 | 96 |
| NH ₄ -N | mg.l ⁻¹ | 0,80 | 0,83 | 99 |
| NO ₃ -N | mg.l ⁻¹ | 2,25 | 1,72 | |
| NO ₂ -N | mg.l ⁻¹ | 0,06 | 0,14 | |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 13,51 | 2,46 | 52 |
| PO ₄ -P | mg.l ⁻¹ | 12,64 | 2,07 | 42 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 0,15 | 0,14 | |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 10,69 | 4,71 | |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 1,21 | 0,50 | |

* berekende waarden

TABEL 10

GEMIDDELDE CONCENTRATIES (MG.L⁻¹) VAN ORGANISCH MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET GRIJSWATEREFFLUENT (SCENARIO 1) BINNEN HET PROJECT WATERSCHOON IN DE WIJK NOORDERHOEK.

| Parameter | Eenheid | Effluent | |
|----------------------|--------------------|-------------|----------------|
| | | Waterschoon | Lemmerweg-Oost |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 62,2 | 108 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 63,2 | 92,7 |
| CZV _{SS} * | mg.l ⁻¹ | - | 15,3 |
| CZV _c * | mg.l ⁻¹ | - | 26,8 |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 50,5 | 65,9 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 4,17 | 9,09 |
| NH ₄ -N | mg.l ⁻¹ | 1,04 | 0,87 |
| NO ₃ -N | mg.l ⁻¹ | 0 | 0,6 |
| NO ₂ -N | mg.l ⁻¹ | 0 | 0,07 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 8,66 | 1,7 |
| PO ₄ -P | mg.l ⁻¹ | 7,89 | 1,18 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 0,19 | 0,22 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 1,88 | 6,64 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 0,72 | 2,26 |

* berekende waarden

TABEL 11 CONCENTRATIES STIKSTOF GEMETEN IN HET IN- EN EFFLUENT VAN DE A-TRAP EN DE B-TRAP VOOR BEIDE SCENARIO'S ALS OOK DE CZV:N-VERHOUDING IN HET INFLUENT.

| Parameter | Eenheid | Scenario 1 | | | Scenario2 | | |
|---|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Influent A | Influent B | Effluent B | Influent A | Influent B | Effluent B |
| $N_{t \text{ ongefiterd}}$ | mg .l ⁻¹ | 16,16 | 15,06 | 4,17 | 19,65 | 17,03 | 6,67 |
| $N_{t \text{ gefilterd}}$ | mg .l ⁻¹ | 14,30 | 12,18 | 3,88 | 11,50 | 9,57 | 5,76 |
| $N_{\text{anorganisch}}^*$ | mg .l ⁻¹ | 6,48 | 5,08 | 1,04 | 2,97 | 1,67 | 3,11 |
| $NH_4\text{-N}$ | mg.l ⁻¹ | 6,46 | 5,06 | 1,04 | 2,27 | 1,48 | 0,80 |
| $NO_3\text{-N}$ | mg.l ⁻¹ | 0,00 | 0 | 0 | 0,65 | 0,13 | 2,25 |
| $NO_2\text{-N}$ | mg.l ⁻¹ | 0,02 | 0,02 | 0 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| $N_{\text{organisch, opgelost + colloïdaal}}^*$ | mg.l ⁻¹ | 7,82 | 7,1 | 2,84 | 8,53 | 7,9 | 2,65 |
| Ratio CZV _t : N_t | | 39,4 | 36,1 | | 26,9 | 26,3 | |

* berekende waarden

4.3.1 KENMERKEN VAN GRIJSWATERINFLUENT

De gemiddelde samenstelling van het grijswater voor beide scenario's staat weergegeven in Tabel . Scenario 1, enkel gescheiden grijswater, laat een vergelijkbare concentratie CZV_t met andere studies uitgevoerd in landen met een soortgelijk klimaat en overeenkomstige gebruiken (422 – 640 mg l⁻¹; Nolde 2005, Palmquist en Hanaeus 2005, Elmitwalli en Otterpohl 2007, Hernández Leal et al. 2007) De totale concentratie organisch materiaal in het grijswater in Waterschoon was 636 mg CZV_t l⁻¹, waarvan ca. 55% in opgeloste vorm aanwezig is en waarvan ca. 16% en 29% uit respectievelijk gesuspendeerd en colloïdaal materiaal bestaat. De totale CZV concentratie gemeten het grijswater afkomstig uit de woonwijk Lemmerweg-Oost was echter meer geconcentreerd , namelijk 853 mg l⁻¹. Hoewel daar ook een relatief grote fractie opgelost (56%) en een relatief kleine fractie gesuspendeerd (21%) is waargenomen. Het lagere verbruik van grijswater door de bewoners binnen het project Lemmerweg-Oost, namelijk ca. 65 l p⁻¹ d⁻¹ ten opzichte van het gemiddelde grijswaterverbruik in Nederland 86,3 l p⁻¹ d⁻¹ (Foekema en Van Thiel, 2011); het benodigde water voor toiletpoeling niet meegerekend) en daarmee de mindere mate van verdunning kan een verklaring zijn voor de hogere CZV concentraties gemeten binnen dat project in vergelijking met andere studies.

Oppervlakteactieve stoffen worden op grote schaal gebruikt in persoonlijke verzorgingsmiddelen en huishoudelijke producten. De gemeten concentraties kationische (0,4 en 0,72 mg l⁻¹), anionische (59,73 en 43,7 mg l⁻¹) en niet-ionische (4,84 en 3,45 mg l⁻¹) oppervlakteactieve stoffen komen overeen met waarden gevonden door Hernández Leal et al. (2007).

TABEL 12

GEMIDDELDE CONCENTRATIES VAN ORGANISCH MATERIAAL, NUTRIËNTEN EN OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN IN HET INFLUENT VAN HET GRIJSWATERVERWERKINGSSYSTEEM IN PROJECT WATERSCHOON VOOR (SCENARIO 1) EN NA (SCENARIO 2) DE TOEVOEGING VAN ZWARTWATEREFFLUENT. VOOR ENKELE PARAMETERS WORDEN ZOWEL DE DAADWERKELIJK GEMETEN ALS DE (THEORETISCH) BEREKENDE WAARDEN WEERGEGEVEN.

| Parameter | Eenheid | Waterschoon | | | Hernández Leal et al (2007) |
|------------------------|--------------------|-------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | | Scenario 1 | Scenario 2 (gemeten) | Scenario 2 (theoretisch) | |
| Debiet | l.d^{-1} | 5589 | 6779 | | |
| CZV_t | mg.l^{-1} | 636 | 527,9 | 564,9 | 724 |
| CZV_f | mg.l^{-1} | 536,4 | 334,2 | 477,4 | |
| CZV_{SS}^* | mg.l^{-1} | 99,6 | 193,7 | 87,5 | 249 |
| CZV_c^* | mg.l^{-1} | 185,5 | 115,1 | - | 180 |
| CZV_o | mg.l^{-1} | 350,9 | 219,1 | - | 279 |
| N_t | mg.l^{-1} | 16,16 | 19,65 | 57,53 | 26,3 |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ | mg.l^{-1} | 6,46 | 2,27 | 8,90 | 2,7 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ | mg.l^{-1} | 0,00 | 0,65 | 32,88 | 0,77 |
| $\text{NO}_2\text{-N}$ | mg.l^{-1} | 0,02 | 0,05 | 1,34 | 0,84 |
| P_t | mg.l^{-1} | 13,16 | 17,1 | 14,08 | 7,2 |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ | mg.l^{-1} | 11,23 | 10,4 | 10,72 | 2,36 |
| Cationic surfactans | mg.l^{-1} | 0,40 | 0,72 | - | 1,7 |
| Anion surfactans | mg.l^{-1} | 59,73 | 43,7 | - | 41,1 |
| Non-ionic surfactans | mg.l^{-1} | 4,84 | 3,25 | - | 11,3 |

* berekende waarden

In scenario 2 wordt er zwartwatereffluent toegevoegd aan het grijswaterinfluent (bijgemengd in de grijswater(buffer)put). Opvallend is dat er geen verhoging van nitraat in het grijswater wordt waargenomen, terwijl er een theoretische concentratie van ca. 32,9 $\text{mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ verwacht was, berekend op basis van 206 $\text{mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$ in zwartwatereffluent en 0,0 mg.l^{-1} in grijswaterinfluent (gemeten in scenario 1) en gemiddeld debiet van de totale gemengde waterstroom van 6779 l.d^{-1} . Dit verschil is mogelijk te verklaren door zuurstofloze omstandigheden in de grijswaterput en de aanwezigheid van makkelijk opneembaar CZV waardoor er denitrificatie plaats kan vinden. Het verschil is zowel in warme als in koude perioden waargenomen.

PRESTATIE VAN DE A-TRAP

In Figuur bijlage 8.6 staat het verloop van de CZV_t concentratie weergegeven. Tijdens de eerste, hoogbelaste stap, (organische belasting, scenario 1: 8,37 $\text{g CZV g MLSS}^{-1} \text{d}^{-1}$) wordt er slechts een verwijderingrendement van 15% CZV bereikt. Er wordt geen surplusslib gevormd. Een verklaring voor dit laatste zou de zeer lange verblijftijd in de nabezinker van de A-trap (ca. 25 uren) kunnen zijn. Mogelijk vindt er hydrolyse plaats van het gevormde surplusslib dat vervolgens wordt omgezet naar CO_2 . Er wordt echter geen verhoging van het CZV_f waargenomen. Daarnaast is het zeer goed mogelijk dat het slib in de nabezinktank dermate inklinkt dat er kanaalvorming ontstaat en de slibdeeltjes niet gesuspendeerd zijn in de recirculatiestroom waardoor deze niet in de A-trap terecht komen. Om kanaalvorming in de nabezinktank te voorkomen wordt het slib licht geroerd (sinds april 2013) door periodiek lucht in te blazen op de bodem van de nabezinktank.

In tegenstelling tot scenario 1 is het slibgehalte in scenario 2 in de A-trap toegenomen (van gemiddeld 1,9 g l^{-1} naar 4,1 g l^{-1}). De slibverblijftijd in de nabezinktank is verkort door de rondpomp frequentie te verhogen. Daarmee kan het verhoogde slibgehalte deels worden verklaard.

Ook is de belasting gehalveerd. De slibbelasting bedraagt volgens ontwerprichtlijnen 2 – 5 kg BZV kg ds⁻¹ d⁻¹. Uitgaande van een CZV:BZV ratio van 2:1, komt dit neer op 4-10 g CZV g ds⁻¹ d⁻¹. Deze aanpassingen hebben desondanks niet in geresulteerd in een hoger verwijderingrendement van organisch materiaal (15%) in de A-trap. Dit kan wederom het gevolg zijn van de nog steeds lange verblijftijd in de nabezinktank (ca. 20 uren). Over de gehele diepte van de nabezinker blijkt zuurstof (> 1 mg O₂ l⁻¹) aanwezig. Waarschijnlijk is er sprake van mineralisatie. Ruim een derde van de totale hoeveelheid CZV in het gemengde influent (scenario 2) bestaat uit gesuspendeerd en ca. 22% uit colloïdaal materiaal. Dit suggereert een potentie van bijna 60% CZV verwijdering als gevolg van bioflocculatie en adsorptie van gesuspendeerd en colloïdaal materiaal.

Enkel door bezinking zou in scenario 2 al zo'n 30% verwijderd kunnen worden in de A-trap. De verwijdering van stikstof in de A-trap in beide scenario's was minimaal, 7% en 14% in scenario 1 en 2 respectievelijk (Figuur 16). In het influent zijn stikstofverbindingen voor een groot deel als organisch gebonden stikstof aanwezig (Tabel 9 en 10). Verwijdering hiervan zal met name moeten plaatsvinden via het invangen van deeltjes en de groei en metabolisme van micro-organismen. Op deze wijze wordt stikstof vastgelegd in slib om via spuislib te worden afgevoerd. Echter, aangezien deze wijze van verwijdering in de A-trap niet goed functioneert, kan dit een verklaring zijn voor de lage rendementen voor stikstof in de A-trap.

Er is op basis van zowel CZV_t als N_t aangetoond dat de A-trap niet goed functioneert. Het is daarom op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk om aan te geven via welke route de fosfaatverwijdering heeft plaatsgevonden en wat hieraan de bijdrage van bio-P is.

PRESTATIE VAN DE B-TRAP

In vergelijking met de hoge organische belasting van het systeem in de A-trap, is de B-trap lager belast, 0,47 g CZV g MLSS⁻¹ d⁻¹ en 0,38 g CZV g MLSS⁻¹ d⁻¹ in scenario 1 en 2 respectievelijk. Bij deze belasting wordt slechts een achtste deel van het totale reactorvolume gebruikt. In de actieve zone bedraagt de slibconcentratie 3 tot 4 g MLSS l⁻¹. Daarom is het niet gewenst om de slibconcentratie te verhogen. Wel is het mogelijk om extra reactorvolume te gaan gebruiken. De nabezinktank van de B-trap is, in tegenstelling tot de beluchte zone, niet gecompartmenteerd. De volledige omvang is in gebruik, wat net als in de nabezinker van de A-trap een lange verblijftijd (26-32 uren) tot gevolg heeft. Er is vrijwel geen slibproductie, desondanks wordt in beide scenario's een hoog CZV_t verwijderingrendement (89% en 87%) behaald. Bovendien laat het effluent van de B-trap een heel constante CZV_t concentratie zien (Figuur). Door toevoeging van zwartwater effluent treedt er een verlaging op van de CZV:N verhouding, maar deze is nog steeds erg hoog (CZV:N >26, Tabel).

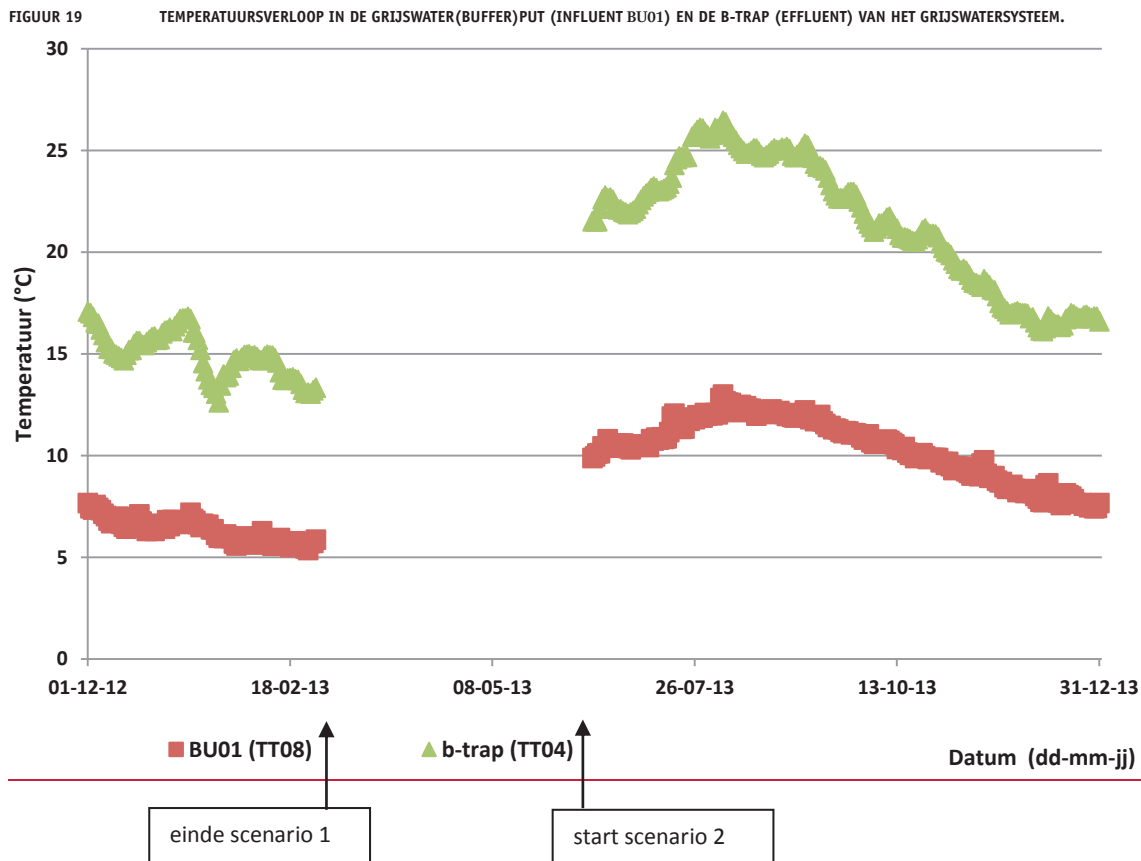
Voor de stikstofverwijdering wordt er in de B-trap, welke functioneert als een actief-slibstelsysteem, uitgegaan van 3 processen: vrijmaken van de in organische verbindingen aanwezige stikstof naar ammonium, nitrificatie en denitrificatie. Daarnaast is er stikstof nodig voor de groei en het metabolisme van micro-organismen en wordt het als organisch gebonden stikstof in het slib vastgelegd. Zo'n 20-40 % van het stikstof (Stowa, 2007-24) kan hierdoor worden afgevoerd met het spuislib. De slibgroei in deze verwerkingsstap is echter erg laag. In beide scenario's bevat het B-trap influent, evenals het A-trap influent, relatief veel organisch stikstof (Tabel). De vraag is wat hiermee gebeurt, gezien er lage concentraties in het effluent van de B-trap zijn gemeten. En een groot deel van de totale hoeveelheid stikstof in het B-trap influent wel is verwijderd, 73% in scenario 1 en 60% in scenario 2. Doordat de B-trap ten opzichte van de A-trap intensiever wordt belucht in combinatie met een langere verblijftijd, is

het mogelijk dat er tijdens deze tweede verwerkingsstap mogelijk hydrolyse van organisch stikstof en vervolgens nitrificatie optreedt. Verwijdering zou dan via denitrificatie plaats moeten vinden. De hoge CZV:N-verhouding maakt heterotrofe denitrificatie mogelijk waarbij er wel een anoxische zone in het verwerkingssysteem aanwezig moet zijn waar denitrificatie plaatsvindt. In de nabezinker van de B-trap is op verschillende hoogtes de concentratie aan zuurstof gemeten, hieruit volgde dat er geen sprake is van lage zuurstofconcentraties in de nabezinktank. Een andere mogelijkheid kan de selector (aangegeven met "C" in Figuur) zijn. De lage recirculatiefactor van slibretour maakt echter een grote mate van verwijdering van stikstof op deze wijze niet mogelijk. Kortom het verwijderingsmechanisme van stikstof is niet in het geheel duidelijk alhoewel wel vastgesteld kan worden dat de effluentkwaliteit voor wat betreft stikstof ver onder de lozingsnorm voor grote RWZI's, te weten 10 mg N l^{-1} ligt.

Er vindt geen actieve verwijdering van fosfaat plaats in de huidige opzet. Het fosfaat zou verwijderd moeten worden door het spuien van slib dat relatief hoge concentraties aan fosfaat bevat. Als bovenstaand beschreven is er echter geen sprake van spuislib en daarmee wordt het fosfaat niet uit het systeem onttrokken. Gezien de hoge verhouding van CZV:P zou er door middel van biologische fosfaataccumulatie een hoge verwijdering van fosfaat moeten kunnen optreden. De hoge verhouding van CZV:P wordt echter ondermeer veroorzaakt door het slecht presteren van de A-trap. Bij verbetering hiervan zal er sprake gaan zijn van een lagere CZV:P concentratie en bestaat de mogelijkheid dat makkelijk afbreekbaar CZV de limiterende factor gaat zijn. Mocht hier echter sprake van zijn dan kan de fosfaatconcentratie middels het doseren van ijzerzouten verlaagd worden tot het gewenst niveau.

4.3.2 TEMPERATUUR GRIJSWATER

Grijswater is afkomstig van bronnen als de douche, vaatwasser, wasmachine etc. Deze bronnen verwarmen het water. Het is de verwachting dat het grijswater met een relatief hoge temperatuur de huishoudens verlaat, deze zou zelfs boven de $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kunnen liggen. Theoretisch gezien zou er dus geen warmte nodig moeten zijn om warmte uit het grijswater terug te winnen. Met behulp van een warmtewisselaar wordt er warmte uit het grijswatereffluent gewonnen. Het voordeel van terugwinnen van warmte uit verwerkt grijswater is onder andere dat het water schoner is waardoor het mogelijk wordt om, in plaats van terug te koelen tot circa 10 graden, zelfs tot 6 graden kan worden teruggekoeld. Figuur 19 laat zien dat het grijswaterinfluent, ondanks de warmtetoevoeging door de huishoudens, ver is teruggekoeld. Opvallend is de temperatuur in de winter die duidelijk daalt tot circa 5 graden. Dit in tegenstelling tot de verwachte "grondtemperatuur" van circa 10-12 graden. Vervolgens blijkt dat het grijswaterverwerkingssysteem een warmte-input geeft, waardoor de temperatuur van het grijswater toeneemt.



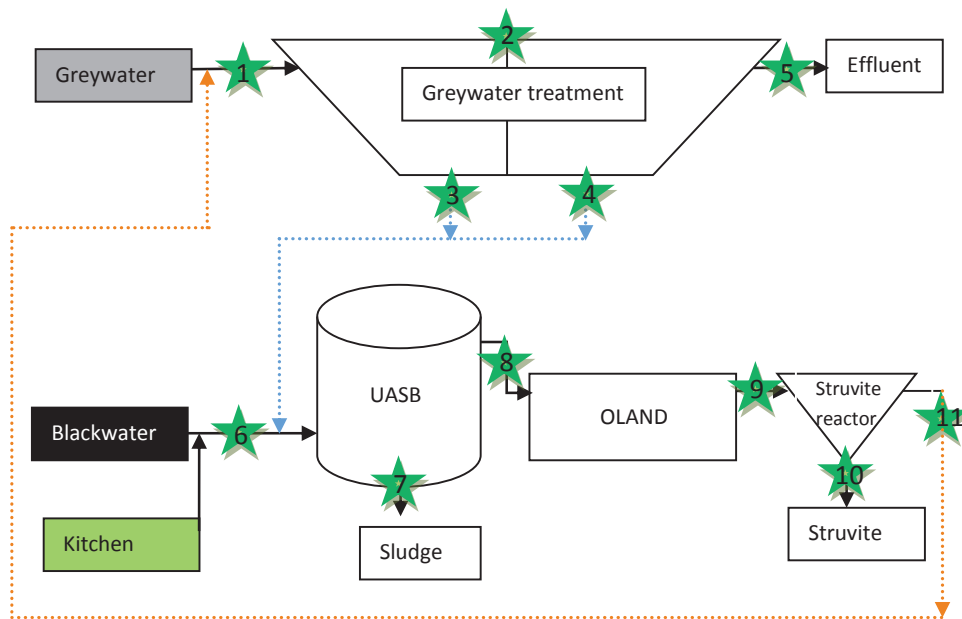
4.4 MICROVERONTREINIGINGEN

Naast het verwijderen van organische stoffen en nutriënten binnen project Waterschoon is gemonitord welke microverontreinigingen zich in het afvalwater bevinden. Middels de voorgeschreven medicamenten en middels uitgebreide analyses is er een beeld gegenereerd van niet alleen de hoeveelheid microverontreinigingen maar ook de diversiteit aan microverontreinigingen. Het bleek dat de microverontreinigingen die op basis van de voorgeschreven recepten verwacht werden daadwerkelijk aangetroffen werden. Daarnaast is gekeken naar de afbraak van deze verontreinigingen in het innovatieve behandelingssysteem. Tot op heden zijn nog niet alle monsters geanalyseerd. De onderstaande resultaten geven een indicatie van de totale dataset welke op een later tijdstip bekend zullen worden gemaakt.

MATERIAAL METHODEN

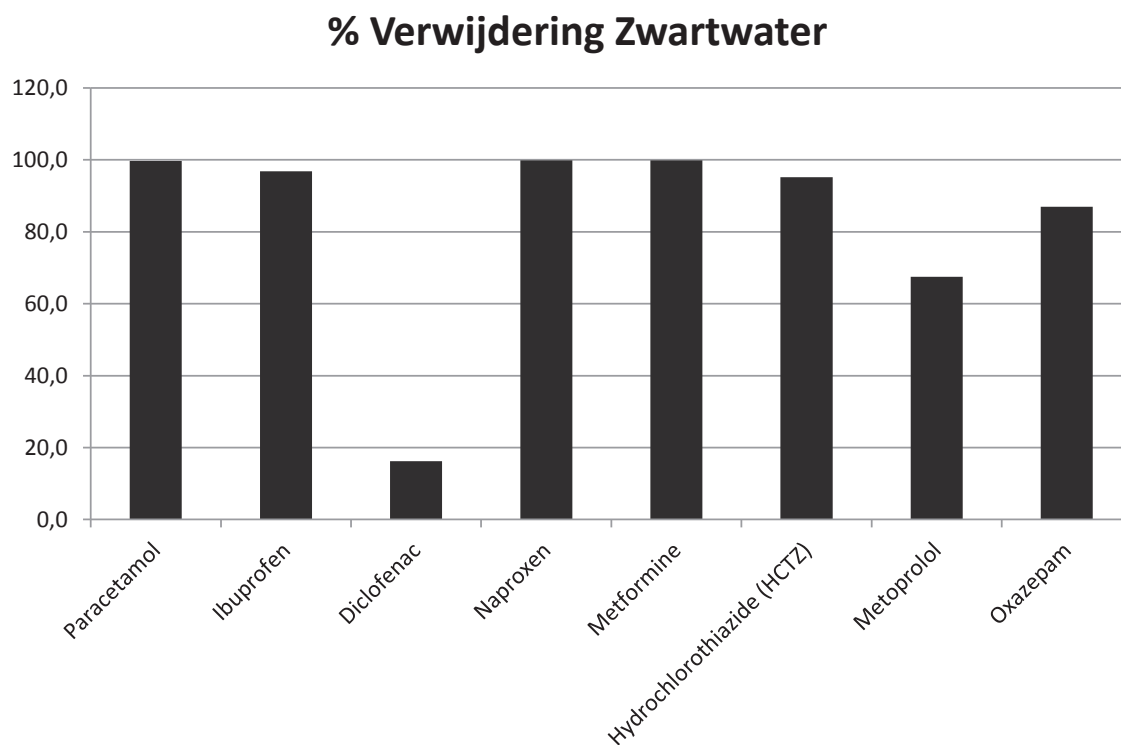
Van het grijswater systeem (monsterpunten 1 t/m5) en het zwartwater systeem (monsterpunt 6 t/m 11) zijn monsters voor analyse genomen (zie fig 1). Per monsterpunt zijn er 15 monsters in quadrupel genomen. De monsters zijn genomen in glazen monsterflessen met schroefdeksels van polypropyleen en opgeslagen bij -20°C tot verdere analyse. De monsterperiodes betreffen de reeds omgeschreven scenario 1 (grijswater- en zwartwater systeem individueel werkend) en scenario 2 (grijswater- en waterwater systeem geïntegreerd). Analyse van zowel de grijswater- als zwartwater monsters is uitgevoerd door Wetsus. De analyse mogelijkheden binnen Wetsus zijn bepalend voor het spectrum aan microverontreinigingen dat gedetecteerd kan worden. Hierbij is gebruik gemaakt van anonieme voorgeschreven geneesmiddel gegevens, verstrekt door de apotheek, van de bewoners uit het verzorgingsthuis.

FIGUUR 20 SCHEMATISCH OVERZICHT VAN DE MONSTERPUNTEN IN HET AFVALWATER BEHANDELINGSYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON. IN DIT OVERZICHT BEHOREN MONSTERPUNTEN 1 T/M 5 TOT HET GRIJSWATERSYSTEEM EN 6 T/M 11 TOT HET ZWARTWATERSYSTEEM. DEZE MONSTERPUNTEN ZIJN GEBRUIKT VOOR HET INZAMELEN VAN MONSTERS VOOR ANALYSE OP MICROVERONTREINIGING.



VOORLOPIGE RESULTATEN

FIGUUR 21 VERWIJDERINGSRENDEMENTEN VAN SPECIFIEKE GENEESMIDDELEN BINNEN HET ZWARTWATER SYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON.

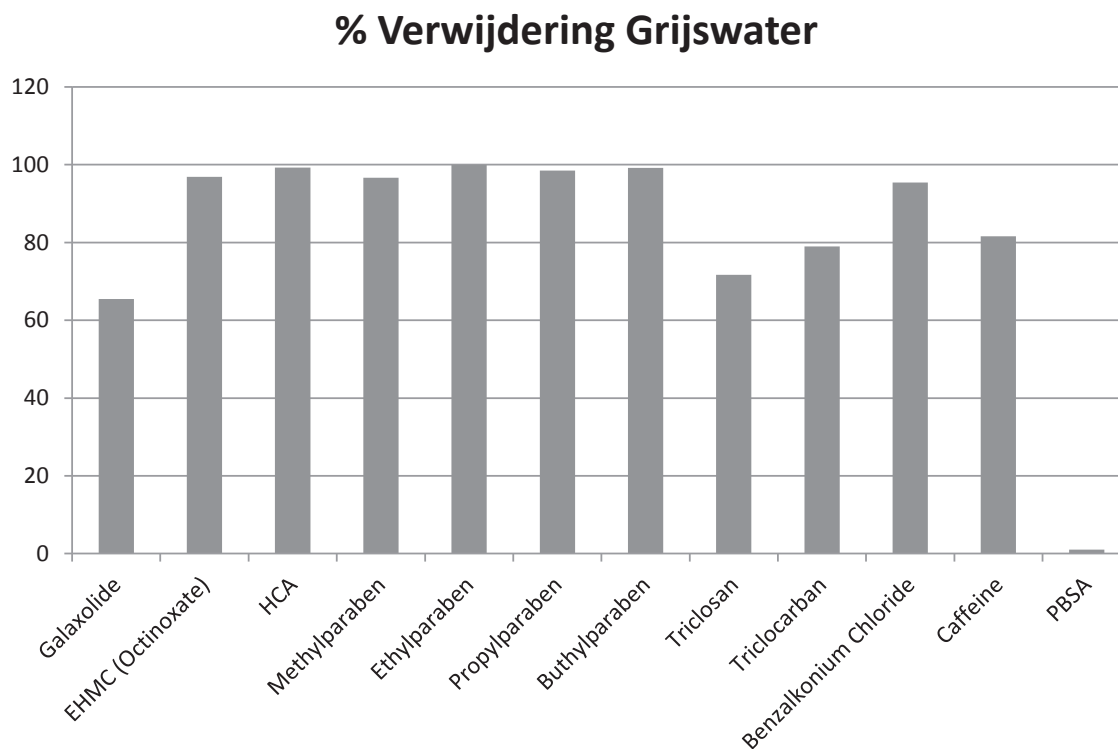


TABEL 13 RESULTATEN ANALYSE ZWARTWATER MONSTERS PROJECT WATERSCHOON. WEERGEGEVEN ZIJN CONCENTRATIES MICROVERONTREINIGINGEN IN HET INFLUENT EN EFFLUENT.

| Stof | Zwartwater | | | | |
|----------------------------|------------------|---------------|-------|---------------|-------|
| | verwijdering (%) | influent ug/l | sd | effluent ug/l | sd |
| Paracetamol* | 99,7 | 2730,1 | 508,5 | 0,30 | 0,58 |
| Ibuprofen | 96,8 | 85,6 | 30,3 | 2,72 | 2,36 |
| Diclofenac | 16,2 | 4,7 | 2,8 | 3,93 | 2,02 |
| Naproxen | 99,9 | 362,0 | 209,0 | 0,37 | 0,27 |
| Metformine* | 99,9 | 4286,5 | 395,9 | 4,64 | 1,81 |
| Hydrochlorothiazide (HCTZ) | 95,2 | 493,1 | 59,4 | 23,56 | 1,50 |
| Metoprolol | 67,5 | 357,0 | 56,3 | 116,01 | 15,75 |
| Oxazepam | 87,0 | 24,7 | 7,7 | 3,21 | 0,71 |

*analyses uitgevoerd t/m OLAND-reactor

FIGUUR 22 VERWIJDERINGSRENDEMENTEN VAN SPECIFIEKE MICROVERONTREINIGINGEN BINNEN HET GRIJSWATER SYSTEEM VAN PROJECT WATERSCHOON.



TABEL 14 RESULTATEN ANALYSE GRIJSWATER MONSTERS PROJECT WATERSCHOON. WEERGEGEVEN ZIJN CONCENTRATIES MICROVERONTREINIGINGEN IN HET INFLUENT EN EFFLUENT.

| Grijswater | | | | | |
|-----------------------|------------------|---------------|--------|---------------|--------|
| stof | verwijdering (%) | influent ug/l | sd | effluent ug/l | sd |
| Galaxolide | 65,4 | 12,45 | 4,36 | 4,30 | 2,66 |
| EHMC (Octinoxate) | 96,9 | 13,44 | 3,13 | 0,42 | 0,40 |
| HCA | 99,3 | 12,99 | 3,99 | 0,09 | 0,08 |
| Methylparaben | 96,7 | 4,39 | 1,25 | 0,15 | 0,12 |
| Ethylparaben | 99,9 | 1,55 | 0,54 | 0,00 | 0,00 |
| Propylparaben | 98,5 | 2,07 | 0,74 | 0,03 | 0,02 |
| Butylparaben | 99,2 | 0,32 | 0,14 | 0,00 | 0,00 |
| Triclosan | 71,7 | 20,51 | 7,01 | 5,80 | 1,68 |
| Triclocarban | 79,0 | 4,10 | 0,66 | 0,86 | 0,24 |
| Benzalkonium Chloride | 95,5 | 10,04 | 3,87 | 0,46 | 0,12 |
| Caffeine | 81,6 | 1174,52 | 237,47 | 216,09 | 205,43 |
| PBSA | 1,0 | 1,57 | 0,92 | 1,55 | 0,65 |

TABEL 15

RWZI INFLUENT EN EFFLUENT GEGEVENS VANUIT DE WATSON DATABASE (WWW.EMMISSIEREGISTRATIE.NL). VERZAMELDE GEGEVENS 2009-2012 VOOR ONDERSTAANDE COMPONENTEN, BETREFT GEMIDDELTE WAARDEN.

| RWZI (Watson database) | | | |
|----------------------------|------------------|---------------|---------------|
| Stof | verwijdering (%) | influent ug/l | effluent ug/l |
| Paracetamol | 100,0 | 69,0 | 0,00 |
| Ibuprofen | 97,3 | 8,4 | 0,23 |
| Diclofenac | 24,1 | 0,6 | 0,44 |
| Naproxen | 93,7 | 8,6 | 0,54 |
| Metformine | 98,0 | 729,9 | 14,42 |
| Hydrochlorothiazide (HCTZ) | 24,0 | 2,0 | 1,52 |
| Metoprolol | 33,3 | 4,2 | 2,80 |
| Oxazepam | 25,5 | 1,1 | 0,82 |
| Triclosan | | | 0,1 |

DISCUSSIE

Binnen het project Waterschoon is gekeken naar de aanwezigheid en de welke route verschillende microverontreinigingen binnen project Waterschoon doorlopen. Doordat nog niet alle monsters zijn geanalyseerd is de dataset tot op heden beperkt. De verkregen data is dan ook niets meer of minder dan een indicatie van de gehele nog te verwerven dataset.

In het hoofdstuk verwerkingsstelsel is aangetoond dat het zwartwater zeer geconcentreerd is. Dit is niet alleen zichtbaar in de verhoogde CZVt, Nt en Pt concentraties maar ook in de concentraties microverontreinigingen. Vergeleken met RWZI influent data (tabel 14)¹ bevat zwartwater van project Waterschoon tussen 6 (metformine) en ruim 300 keer (Hydrochlorothiazide (HCTZ)) hogere concentraties microverontreinigingen. Echter, de gemiddelde leeftijd van de bewoners binnen project waterschoon ligt boven de 65. Daarvan is ruim 40% woonachtig in een verzorgingstehuis. Hierdoor zullen de concentraties microverontreinigingen verschillen van zwartwater ingezameld uit een gemiddelde woonwijk. De concentraties microverontreinigingen zullen echter aanzienlijk hoger zijn dan regulier ingezameld afvalwater.

Wanneer verwijderingsrendementen worden vergeleken dan valt op dat de rendementen sterk verschillen per stof. Gemiddeld 65% van de totaalvracht wordt binnen reguliere RWZI's verwijderd². De verwijderingsrendementen binnen reguliere zuiveringen verschillen en sturende factoren zijn nog onvoldoende onderzocht. Dit komt ook tot uiting in de Watson database aangezien sommige zuiveringen geen verwijdering laten zien terwijl andere zuiveringen wel microverontreinigingen verwijderen¹. Tabel 3 bevat gegevens vanuit de Watson database, hierbij is geen onderscheidt gemaakt tussen de zuiveringen. De gemiddelde zuiveringsprestaties van reguliere RWZI's worden vergeleken met de zuiveringsprestaties van project waterschoon. Hierbij laten de eerste resultaten zien dat binnen het waterschoonproject dat microverontreinigingen met een hoger rendement worden verwijderd. Een uitzondering hierop is diclofenac, het verwijderingspercentage van de reguliere zuivering is hoger dan binnen project waterschoon.

Gegevens omtrent microverontreinigingen binnen grijswater zijn minder beschikbaar. De concentraties van microverontreinigingen binnen grijswater zijn lager dan in zwartwater. Daarbij zijn de effecten van microverontreinigingen in grijswater relatief onbekend. Langzaam begint hier verandering in te komen maar voorsnog ligt de focus van onderzoek vaak

1 www.emmissieregistratie.nl (Watson database, influent/effluent gegevens RWZI's 2009-2012) .

op microverontreinigingen in zwartwater. Het is echter aannemelijk dat de concentraties microverontreinigingen binnen grijswater hoger zijn dan binnen regulier ingezameld afvalwater door de afwezigheid van zwartwater, regenwater en infiltratiewater.

De verwijderingsrendementen van het grijswatersysteem zullen echter overeenkomstig zijn met een reguliere zuivering. Binnen project waterschoon heeft het grijswatersysteem gefunctioneerd als een regulier actief slib systeem. Resultaten van het grijswatersysteem laten zowel hoge als zeer lage verwijderingsrendementen zien. Dit valt binnen de verwachting en is verschillend per stof.

AANBEVELINGEN

Het zwartwatersysteem laat vooralsnog hoge verwijderingrendementen zien voor de meeste gemeten microverontreinigingen. Grijswater laat eveneens hoge verwijderingen zien al zijn hier de verschillen groter per stof. De werking van het zwartwater-en grijswater systeem is fundamenteel verschillend. De verwachting is dat het integreren van de verwerkingsystemen additionele verwijdering laat zien. Daarentegen kan het ook zo zijn dat de microverontreinigingen van het ene systeem ophoopt in het andere systeem. Dit heeft gevolgen voor de herbruikbaarheid van de verschillende stromen (slib, struviet) en dient onderzocht te worden. Het aantal aansluitingen op het systeem van Noorderhoek dient vergroot te worden. Hierdoor kan er data worden verkregen welke representatief is voor gemiddeld huishoudelijk afvalwater ingezameld met nieuwe sanitatie technieken. Het gebruik van specifieke medicatie binnen het verzorgingstehuis almede de hoge gemiddelde leeftijd van de huidige populatie genereert afvalwater van een zeer specifieke doelgroep. De verwachting is dat zowel de verhouding als samenstelling microverontreinigingen wijzigt wanneer een representatieve populatie wordt aangesloten.

Aangezien de ingezamelde afvalwaterstromen geconcentreerder zijn en een kleiner debiet hebben dan regulier ingezameld afvalwater, dient het tot aanbeveling om onderzoek te doen naar verwijderingstechnieken. De verwachting is dat binnen het project Waterschoon het verwijderen van microverontreinigingen efficiënter en daardoor goedkoper kan in vergelijking met reguliere zuiveringen.

Binnen project Waterschoon is gekeken naar specifieke stoffen. Het is bekend dat vele humane geneesmiddelen effecten laten zien in het milieu. Echter, de synergistische effecten van de aanwezige microverontreinigingen en de afbraakproducten bepalen de uiteindelijke toxiciteit³. Hierbij kunnen mengsel interacties significante effecten veroorzaken. Het is daarom aan te raden om ecotoxiciteits assays uit te voeren om de werkelijke toxiciteit van het effluent te bepalen.

2 Stowa 2011 c Inventarisatie van emissie uit zorginstellingen ZORG, deel C. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort. STOWA rapport 2011-02

3 STOWA 2013-06, KWR 2013-006. Humane geneesmiddelen in de waterketen ISBN 978.90.5773.605.6

5

EFFECTEN VAN OPTIMALISATIES EN OPSCHALEN OP PRESTATIES BEHANDELING DEBIET 1200 IE

De onderbelasting van het huidige systeem heeft tot gevolg dat verschillende onderdelen (bijvoorbeeld OLAND en grijswatersysteem) niet optimaal werken. Hierdoor wordt er geen optimaal rendement gehaald en is het verwijdering rendement lager dan mogelijk. In dit hoofdstuk wordt de potentie van het systeem kenbaar gemaakt door met praktijkgegevens en literatuurgegevens te rekenen bij een juiste belasting.

Bij de opschaling is rekening gehouden met het correcte gebruik van het systeem. Hierdoor ontstaat een langere verblijftijd dan berekend doordat er minder water wordt verbruikt. Het is gebleken dat bewoners bij het gebruik van de voedselvermaler teveel spoelwater gebruiken. Dit resulteert in een lagere concentratie afvalwater en een hoger energieverbruik.

Inmiddels is er een nieuw type struvietreactor beschikbaar met een hoger verwijderingsrendement en een lager energieverbruik. Deze reactor zal in de opschaling meegenomen worden. Per stap in het verwerkingsproces wordt berekend hoeveel personen er op aangesloten kunnen worden om vervolgens een vergelijking te kunnen maken met een gecentraliseerde rwzi.

5.1 SYSTEEMONDERDELEN WATERSCHOON

5.1.1 UASB

Voor de prestatie van de UASB wordt verwezen naar paragraaf 4.2.2. Volgende gegevens komen daarin naar voren:

- 1 De vracht CZV_t in het influent is $11080 \text{ g CZV d}^{-1}$
- 2 De vracht CZV_t in het effluent is 840 g CZV d^{-1}
- 3 Per dag wordt er 4877 liter biogas geproduceerd, hiervan is 61,8% methaan (CH_4); dit komt neer op 3013 l methaan geproduceerd per dag. Er van uitgaande dat 0,35 l CH_4 bevat 1 gram CZV, dan wordt er dus per dag 8608 g CZV omgezet naar biogas.
- 4 De slibproductie bedraagt 0,51 kg VSS per dag (zie Figuur in paragraaf 4.2.2). Er van uitgaande dat 1 gram VSS, 1,42 gram CZV bevat, dan wordt er per dag 727 gram CZV omgezet naar het slib in de UASB reactor.
 - a. (Door toevoeging van grijswaterslib zal de relatieve slibgroei niet toenemen aangezien de gemeten CZV concentratie overeenkomt met zwartwater. De absolute slibgroei zal wel toenemen opdat er per dag 1,6 l/ie met 12,5 g CZV/l wordt toegevoegd. Bij een slibgroei van 0,129 g CZV-VSS per gram CZV heeft dit 942 g CZV-VSS/j*ie wat overeenkomt met 670 g VSS/ie*j (1 gram VSS komt overeen met 1,4 g CZV). Toevoeging van grijswaterslib zorgt voor een toename van circa 0,7 kg droge stof/j*ie.)

De methanogenese is berekend (paragraaf 4.2.2) en is erg hoog; 85,8% van het CZV in het influent is omgezet naar biogas, als zijnde CH_4 .

Met behulp van de onderstaande formule is de huidige SRT berekend:

$$SRT_{UASB} = \text{vaste delen}_{\text{reactor}} / (\text{vaste delen}_{\text{effl}} + \text{vaste delen}_{\text{verwijderd}}) \quad \text{vergelijking 5}$$

SRT_{UASB} = slibverblijftijd in de UASB reactor
 $\text{vaste delen}_{\text{reactor}}$ = de hoeveelheid VSS in de reactor (g VSS)
 $\text{vaste delen}_{\text{effl}}$ = de hoeveelheid VSS in het effluent (g VSS d⁻¹)
 $\text{vaste delen}_{\text{verwijderd}}$ = de hoeveelheid VSS in handmatig verwijderd slib (g VSS d⁻¹)

| Parameter | Eenheid | UASB reactor |
|--|-----------------------|--------------|
| $\text{vaste delen}_{\text{reactor}}$ | g VSS | 400 000 |
| $\text{vaste delen}_{\text{effl}}$ | g VSS d ⁻¹ | 87,79 |
| $\text{vaste delen}_{\text{verwijderd}}$ | g VSS d ⁻¹ | 0 |

Een zeer lange SRT van 4556 dagen is binnen de huidige studie bereikt. Vanwege deze lange SRT is de hydrolyse van ingaand gesuspendeerd materiaal eveneens hoog.

De mate van hydrolyse is bepaald met de volgende formule (Halalsheh et al., 2005):

$$\text{hydrolyse} = (CZV_{CH_4} + CZV_{\text{opgelost, effl}} - CZV_{\text{opgelost, infl}}) / (CZV_{\text{total, infl}} - CZV_{\text{opgelost, infl}}) \quad \text{vergelijking 6}$$

CZV_{CH_4} = de hoeveelheid methaan geproduceerd
 $CZV_{\text{opgelost, effl}}$ = de hoeveelheid opgelost CZV in het effluent
 $CZV_{\text{opgelost, infl}}$ = de hoeveelheid opgelost CZV in het influent
 $CZV_{\text{total, infl}}$ = de totale hoeveelheid CZV in het influent
 (Allen uitgedrukt in g CZV)

De berekende hydrolyse is 83,4%.

De huidige (gemiddelde) slibconcentratie in de UASB kan worden berekend op basis van de slibmonster die op de verschillende hoogten in de reactor zijn genomen. De concentratie VSS is op elke 50 cm bepaald. Het slibbed in de reactor reikt tot 2,5 meter (onderstaande figuur), met een gemiddelde concentratie VSS van 22 g l⁻¹. Bekeken over de gehele reactor komt dit neer op een lage gemiddelde slibconcentratie van 9,17 g VSS l⁻¹, zijnde 13,02 g CZV l⁻¹.

Voor het bepalen van de hydraulische verblijftijd wordt onderstaande formule gebruikt (Zee-man en Lettinga, 1999):

$$HRT = \left(C * \frac{SS}{X} \right) * R * (1 - H) * SRT \quad \text{vergelijking 6}$$

HRT = hydraulische verblijftijd, (dagen)
 C = concentratie in influent (g CZV l⁻¹)
 SS = $CZV_{ss} / CZV_{\text{influent}}$
 X = slib concentratie in anaërobe reactor (CZV); 1 g VSS=1,42 g CZV
 R = fractie droge stof verwijderd
 H = fractie gehydrolyseerd droge stof
 SRT = slibverblijftijd (dagen)

TABEL 16 WAARDEN VOOR DE VARIABELEN VOOR VERGELIJKING 4.

| Parameter | Eenheid | Beschrijving | Waarde |
|-----------|-----------------------|--|--------|
| SRT | d | bij temperatuur 35 °C | >100 |
| C | g CZV l ⁻¹ | CZV _t in het influent | 11,08 |
| SS | - | CZV _{SS} /CZV _t influent | 0,6 |
| X | g CZV l ⁻¹ | Gemiddelde slibconcentratie in de UASB | 13,02 |
| R | - | Verwijderde fractie CZV _{SS} | 0,98 |
| H | - | Hydrolyse | 0,834 |
| HRT | d | Hydraulische verblijftijd | 34,1 |

Enkele variabelen in Tabel 16 zijn afhankelijk van de specifieke karakteristieken van het afvalwater, de toegepaste technologieën en/of worden beïnvloed door verschillen in bedrijfsvoering. De hydraulische verblijftijd, de slibverblijftijd en de slibconcentratie kunnen worden aangepast. Deze kunnen dan berekend en geoptimaliseerd worden.

Gebaseerd op de SRT en de huidige slibconcentratie in de UASB kan de HRT berekend worden met behulp van vergelijking 4. Het verband staat weergegeven in 17.

TABEL 17 VERBAND TUSSEN HRT, SRT EN DE SLIBCONCENTRATIE.

| Slibconcentratie g CZV l ⁻¹ | HRT | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| | SRT = 25d | SRT = 40d | SRT = 50d | SRT = 75d | SRT = 100d | SRT = 125d | SRT = 150d |
| | d | d | d | D | d | d | d |
| 13,02 | 2,08 | 3,32 | 4,15 | 6,23 | 8,31 | 10,38 | 12,46 |
| 23 | 1,18 | 1,88 | 2,35 | 3,53 | 4,70 | 5,88 | 7,05 |
| 31 | 0,87 | 1,40 | 1,74 | 2,62 | 3,49 | 4,36 | 5,23 |
| 39 | 0,69 | 1,11 | 1,39 | 2,08 | 2,77 | 3,47 | 4,16 |
| 47 | 0,58 | 0,92 | 1,15 | 1,73 | 2,30 | 2,88 | 3,45 |
| 54 | 0,50 | 0,80 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 3,00 |
| 62 | 0,44 | 0,70 | 0,87 | 1,31 | 1,74 | 2,18 | 2,62 |
| 70 | 0,39 | 0,62 | 0,77 | 1,16 | 1,54 | 1,93 | 2,32 |

Er bestaat een relatie tussen de temperatuur waarop de UASB wordt bedreven en de slibverblijftijd. Deze staat weergegeven in Tabel . Hoe lager de temperatuur, hoe langer de SRT moet zijn om een goede hydrolyse mogelijk te maken.

TABEL 18 SLIBLEEF TIJDEN BIJ VERSCHILLENDE TEMPERATUREN (ZEEMAN & LETTINGA, 1999).

| Temperatuur (°C) | Slibverblijftijd, (SRT in dagen) |
|------------------|----------------------------------|
| <15 | >100 |
| 20 | 70 |
| 30 | 40 |

Met de huidige temperatuur van 35 °C is een SRT van minder dan 40 dagen voldoende. Bij een SRT van 40 dagen en met de huidige slibconcentratie, dan zou de HRT 3,32 dagen kunnen zijn. De maximale hoeveelheid zwartwater wat dan verwerkt kan worden wordt $34,1 / 3,2 = 10,3$ keer zoveel dan momenteel verwerkt wordt. Dit komt dan neer op $79 * 10,6$ is circa 811 bewoners.

De UASB is 6 meter hoog. Bij een maximale hoogte van het slibbed op 75% van het totale

volume van de UASB (De Graaff et al., 2010), komt dit neer op 4,2 meter. Als wordt aangenomen dat er met een slibconcentratie van 40 g VSS l⁻¹ (Lemmerweg-Oost) en een slibbed van 4,2 meter kan de maximale slibconcentratie in de UASB berekend worden op 28 g VSS l⁻¹ (39,76 g CZV l⁻¹). Zoals waargenomen bij project Lemmerweg-Oost, is er bij deze waarden nog een goede scheiding van het slibbed en de vloeibare fractie. Hiermee kan het ontwerp van de UASB worden geoptimaliseerd. Bij een SRT van wederom 40 dagen en zojuist berekende slibconcentratie, kan de HRT circa 1,11 dagen zijn. Dit betekent dat er dan circa 2427 bewoners aangesloten kunnen worden. Om echter voldoende ruimte in de UASB te hebben voor slib en biogas buffering, zal er in de verdere berekeningen uitgegaan worden van 1200 personen, een HRT van 2 dagen en een SRT van 75 dagen.

Behalve de organische belasting zijn er ook hydraulische grenzen. De opstroomsnelheden van vloeistof en gas zijn in deze aangepaste situatie dan 2,4 m d⁻¹ en 10,5 m d⁻¹ respectievelijk.

METHAANPRODUCTIE BIJ HOGERE BELASTING (1200 PERSONEN)

Hydrolyse is de beperkende factor in het vergistingsproces (Zeeman en Lettinga, 1999). De hydrolysesnelheid kan geschat worden middels volgende formule (Zeeman en Sanders, 2001; Batstone, 2006)

$$dF_{degr}/dt = -k_h * F_{degr} \quad \text{vergelijking 7}$$

Uitgaande van een slibbed van een CSTR, kan volgende formule worden afgeleid:

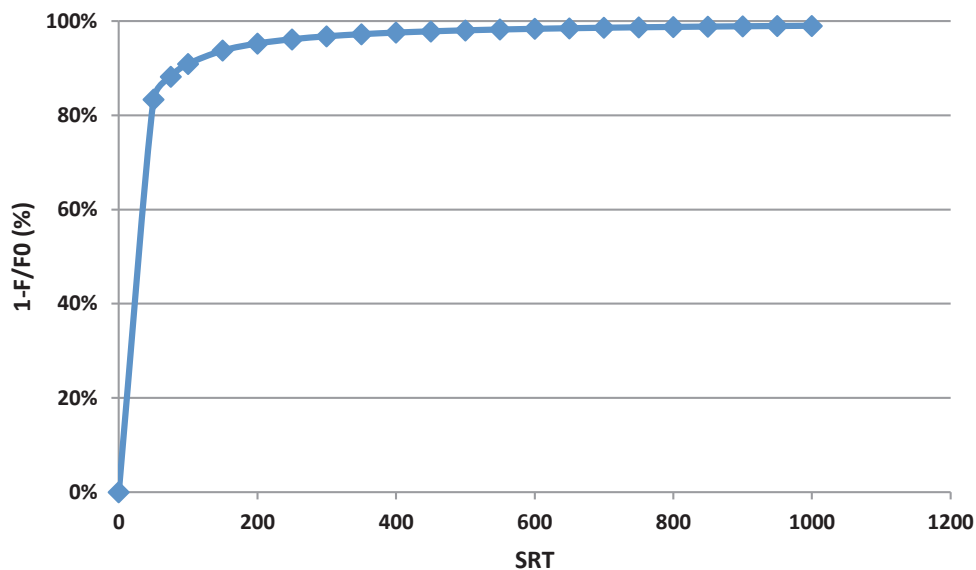
$$F_{degr} / F_{degr,0} = 1 / (1 + k_h * STR) \quad \text{vergelijking 8}$$

Hierin is F_{degr} de hoeveelheid biologisch afbreekbaar gesuspendeerd materiaal in het slubbed, $F_{degr,0}$ de hoeveelheid biologisch afbreekbaar gesuspendeerd materiaal in het influent en k_h de hydrolyse constante.

$1 - F_{degr} / F_{degr,0}$ is representatief voor de hydrolyse van gesuspendeerd materiaal en daarmee voor de stabilisatie van het slib.

Zoals hierboven is berekend, is er een zeer lange SRT van 4556 dagen bereikt in de huidige situatie. Een lagere SRT (75 dagen) betekent een kortere HRT (ca. 2,08 dagen; zoals hierboven is berekend). Dit kan ten koste gaan van de stabilisatie van het slib alsook van de biogasproductie. Dit kan geïllustreerd worden door middel van het een hypothetisch verband tussen de stabilisatie van het slib als functie van de SRT (23).

FIGUUR 23

STABILISATIE VAN HET SLIBBED, WEERGEGEVEN DOOR $1-F/F_0$ ALS FUNCTIE VAN SRT (VERGELIJKING 8, K_H IS $0,1 D^{-1}$)

Hydrolyse is 83,4% bij een “oneindig” grote SRT. Aangenomen wordt dat dit gelijk is aan de maximale afbreekbaarheid. Bij een SRT van 75 dagen resulteert in een afname van de hydrolyse van 12% ($1-F/F_0$ neemt af van 100% naar 88%). Dit resulteert in een hydrolyse van 73,4%. Van het gesuspendeerd materiaal wordt 14,6% niet gehydrolyseerd en dus niet omgezet naar methaan. Op de totale methaanproductie is dit een reductie van 13% (19).

TABEL 19

OVERZICHT METHAANPRODUCTIE IN DE HUIDIGE SITUATIE EN BIJ BEZETTING VAN 1200 PERSONEN

| Parameter | Eenheid | Huidige situatie (79 personen) | Bij 1200 personen |
|-------------------------|--|-----------------------------------|-------------------|
| HRT | Dagen | 34 | 2 |
| CZV_t verwijderd | % | 92 | 92 |
| CZV_t vracht influent | $kg d^{-1}$ | 11 | 168 |
| Methaangehalte | % | 61,8 | 61,8 |
| Methaanproductie | liters $CH_4 d^{-1}$ | 3013 | 39817 |
| Methaanproductie | liters $CH_4 kg CZV_{aanvoer}^{-1} d^{-1}$ | 272 | 237 |

Binnen het onderzoek aan de Lemmerweg-Oost in Sneek is anaërobe vergisting van zwartwater gedurende vier jaar getest in vier verschillende configuraties, verschillend in de bedrijfsvoering van de UASB-reactor. Een drastische verlaging van de HRT van 27 en 22 dagen naar 3,6 dagen en een verhoging van de belasting heeft nauwelijks geleid tot een verslechtering van het opvangen van gesuspendeerd organisch materiaal. Wel is een afname van de methanogenese waargenomen, van 62,6 % naar 51,8%. Een verkorting van de HRT zou hiervoor een verklaring kunnen zijn. Toch heeft de kortere HRT niet geleid tot een hogere concentratie vetzuren in het effluent of een substantiële verhoging van het CZV_t in het effluent. Daarmee is er geen indicatie dat een slechtere biologische activiteit de oorzaak is van de lagere methanogenese. Deze redenering bevestigt de veronderstelling dat het handmatig verwijderen van gesuspendeerd organisch materiaal een rol speelt. Dit materiaal is aan het vergistingsproces onttrokken en was daarmee niet meer beschikbaar voor omzetting naar biogas. Het is van belang om op te merken dat in de Lemmerweg-Oost geen GF-afval aan het zwartwater is toegevoegd. De toevoeging van GF-afval verhoogde de methanogenese, zoals binnen het huidige project Waterschoon wordt waargenomen.

SLIBGROEI

Bovenstaand is uitgebreid toegelicht dat een lagere SRT zal resulteren in een lagere hydrolyse en een reductie van de totale methaanproductie. Omdat hydrolyse vrijwel altijd beperkende factor is, kan worden verondersteld dat de daarop volgende processen vrijwel geen beperkingen ondervinden. Om die reden wordt aangenomen dat effluentkwaliteit niet verminderd. Een afname van de hydrolyse resulteert in een hogere omzetting naar slib of meer uitspoeling van slib via het effluent. Met de hypothese dat de effluentkwaliteit gelijk blijft, vindt er dus een hogere slibgroei plaats. Wat niet wordt gehydrolyseerd, wordt nu extra omgezet naar slib.

CZV_{SS} in het influent bedraagt $5458 \text{ mg CZV}_{SS} \text{ l}^{-1}$. In de huidige situatie wordt hiervan 83,4 % gehydrolyseerd, zijnde $4552 \text{ mg CZV}_{\text{gehydr}} \text{ l}^{-1}$. In de nieuwe situatie (1200 personen), wordt er 73,4% gehydrolyseerd, zijnde $4006 \text{ mg CZV}_{\text{gehydr}} \text{ l}^{-1}$. Oftewel, er wordt $545,8 \text{ mg CZV l}^{-1}$ extra slib geproduceerd. Dit komt overeen met $0,058 \text{ g CZV-VSS g CZV}^{-1}$.

In de huidige situatie is de slibgroei 512 g VSS d^{-1} , overeenkomend met $0,071 \text{ g CZV-VSS g CZV}^{-1}$ (zijnde 7,1%). De totale slibgroei in de nieuwe situatie komt dan neer op $0,129 \text{ g CZV-VSS g CZV}^{-1}$, zijnde 12,9%.

Eerder is aangegeven dat de maximale hoeveelheid VSS in de reactor 28 g VSS l^{-1} bedraagt. Dit komt neer op in totaal 1036 kg VSS (bij een reactorinhoud van 37 m^3). De hoeveelheid VSS in het effluent bedraagt $87,79 \text{ g VSS d}^{-1}$. Met behulp van vergelijking 5 wordt berekend dat er bij een SRT van 75 dagen, per dag ca. $13,7 \text{ kg VSS}$ verwijderd moet worden. Uitgaande van een concentratie van 40 g VSS l^{-1} , komt dit overeen met ca. $340 \text{ l}_{\text{gemengd slib}} \text{ d}^{-1}$. Een tankauto van 30 m^3 kan dan eens per 87 dagen komen legen. In dat geval moet er in een slibbufferopslag van minimaal 30 m^3 worden voorzien.

5.1.2 OLAND-PROCES

In paragraaf 4.2.3 wordt de werking van het OLAND-proces beschreven. Het grootste deel van de N_t in het influent bestaat uit NH_4 .

- 1 De vracht N_t in het influent is $1113 \text{ g N}_t \text{ d}^{-1}$. Het grootste aandeel hierin bestaat uit ammonium; $893 \text{ g NH}_4\text{-N d}^{-1}$
- 2 De vracht N_t in het effluent is $334 \text{ g N}_t \text{ d}^{-1}$. Dit bestaat uit nitriet, nitraat, ammonium, organisch gebonden stikstof en gesuspendeerd slib.
- 3 Er van uitgaande dat slibproductie verwaarloosbaar is en de productie N_2O wordt niet waargenomen, dan kan worden aangenomen dat de het verschil tussen N_t concentratie in het influent en effluent volledig wordt omgezet naar N_2 gas. Dit betekent dan dat 779 g N d^{-1} wordt omgezet naar stikstofgas.

Bij een stikstofvracht in het influent van 1113 g d^{-1} resulteert dit in de huidige belasting van $0,35 \text{ g N d}^{-1}$ per liter reactorinhoud. In paragraaf 4.2.3 staat beschreven dat slechts in de eerste 25% van de reactor ammonium wordt omgezet naar stikstofgas. Dit komt neer op een effectieve reactorinhoud van 800 liter, en daarmee dus een belasting van $1,39 \text{ g N l}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Pynaert et al. (2004) heeft een sterke toename van het N verwijderingrendement (tot 88%) waargenomen door de belasting te verhogen van $0,96 \text{ g N l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ naar $2,04 \text{ g N l}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Binnen het project Lemmerweg-Oost zijn er verwijderingrendementen van 73% en 70% behaald bij een belasting van $4,56 \text{ g N l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en $3,48 \text{ g N l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ respectievelijk 6. Op basis van de literatuur en de bevindingen binnen Lemmerweg-Oost kan de belasting in project Waterschoon ongeveer 1,5 tot 3,3 keer hoger zijn dan de belasting waarop tijdens de testperiode geopereerd is. Wanneer er

bovendien een gelijke mate van omzetting plaatsvindt over de gehele reactor, zou de maximale belasting zelfs circa 6 tot 13 maal zo hoog kunnen zijn. Dit komt neer op 474 tot 1027 personen die op de OLAND-reactor aangesloten kunnen worden.

5.1.3 STRUVIETPRECIPITATIE

Het toegepaste systeem is een batchproces, waarvan de cyclus circa een uur duurt. Bij de huidige belasting en instellingen staat het proces 5 maal per dag aan. Met enkele aanpassingen aan de instellingen (toevoeging van magnesium, roer- en bezinktijd en vloeistofniveau kan een reststroom afkomstig van circa 1200 personen verwerkt worden. Met deze aanpassingen zouden er aaneensluitend batchprocessen uitgevoerd worden. Daarom is het mogelijk interessant om een continu systeem toe te passen.

Een continu struviet reactor heeft verschillende voordelen ten opzichte van een batch systeem. Zo is bijvoorbeeld mogelijk om grote struviet kristallen (> 3 mm) van een goede kwaliteit gemakkelijk te oogsten. Het ontwerp van de continu reactor is gebaseerd op het scheiden van de kristallen op basis van grootte door het toepassen van verschillende stroomsnelheden; onderin hoge stroomsnelheden en hoger in de reactor lage stroomsnelheden. Door deze verschillen slaan grote kristallen onderin de reactor neer en zitten de kleine kristallen hoger in de reactor. De struviet kristallen blijven in de reactor totdat de gewenste of de maximaal haalbare omvang hebben bereikt. In een nabezinker kunnen fijne deeltjes uit de waterfractie neerslaan wat zorgt voor een constante kwaliteit.

5.1.4 AB SYSTEEM

Op basis van de samenstelling van het grijswater en het debiet per persoon wordt een doorkijk gemaakt naar het maximale aantal personen dat op de huidige installatie kan worden aangesloten. Aangezien de resultaten van de A-trap niet representatief zijn wordt ervoor gekozen om de doorkijk op de volgende twee manieren vorm te geven:

- 1 Actief-slibstelsysteem bestaande uit een selector en aërobe stap.
- 2 AB-systeem

ACTIEF-SLIBSYSTEEM

Op basis van de huidige resultaten kan berekend worden dat het aantal personen dat kan worden aangesloten minimaal met een factor 8 verhoogd kan worden, dit komt neer op $79 \times 8 =$ circa 600 personen. De organische slibbelasting blijft bij dit aantal aangesloten personen gelijk aan de reeds onderzochte. De nabezinktank zal een verblijftijd krijgen van circa 7 uur en een opstroomsnelheid van 2 m h^{-1} . Hiermee wordt een installatie verkregen die vergelijkbaar is met andere actief-slibsystemen die gekenmerkt worden door een hoge CZV:N en CZV:P verhoudingen.

AB-SYSTEEM

Op basis van eerder behaalde resultaten aan de Lemmerweg-Oost en bij andere AB-systemen kan verwacht worden dat de A-trap een CZV_t -verwijdering van circa 45% bereikt. Op basis van een organische stofbelasting van $6 \text{ g CZV}_t / \text{g TSS} \cdot \text{d}$ en een slibconcentratie van 4 g TSS l^{-1} kan er maximaal $2200 \text{ liter reactor} \cdot 4 \text{ g TSS/L} \cdot 6 \text{ g CZV} / \text{g TSS} \cdot \text{d} = 52800 \text{ g CZV} \cdot \text{d}$ worden verwerkt. Dit komt neer op 1173 personen bij een CZV_t vracht van $45 \text{ g ie}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Bij een verwijderingrendement van 45% betreft de CZV_t vracht per persoon aan de B-trap $24,75 \text{ g CZV}_t / \text{ie} \cdot \text{d}$. Totale reactorvolume van de B-trap betreft 18 m^3 . Bij een slibconcentratie van 4 g TSS / L en een slibbelasting van $0,5 \text{ g CZV} / \text{g TSS} \cdot \text{d}$ kan er maximaal $18000 \text{ liter reactor} \cdot 4 \text{ g TSS/L} \cdot 0,5 \text{ g CZV} / \text{g TSS} \cdot \text{d} = 36000 \text{ g CZV} \cdot \text{d}$ worden verwerkt. Dit komt neer op 1450 personen. De relatief hoge organische stofbelasting blijft mogelijk vanwege de hoge verhouding van

CZV:N en CZV:P. Op basis van de resultaten aan de Lemmerweg-Oost wordt er in de A-trap 46% stikstof en 42% fosfaat verwijderd wat resulteert in een CZV:N verhouding van 22 en een CZV:P verhouding van 29 in de B-trap. Overigens heeft het influent van de A-trap bij project Lemmerweg-Oost wel een beduidend hogere CZV_t concentratie dan bij project Waterschoon wat te verklaren valt door het bijmengen van zwartwater effluent en de afbraak van nitraat als eerder beschreven.

De relatief hoge organische stofbelasting van 0,5 g CZV / g MLSS*d zorgt voor hoge slibgroei en een lage slibleeftijd. Een slibleeftijd van 2 dagen is echter reeds voldoende voor nitrificatie bij een temperatuur van minimaal 15 graden. Door de relatief hoge slibgroei zal een groot deel van het fosfaat via het gevormde slib worden verwijderd. Mocht dit niet afdoende zijn om de lozings-eisen te behalen kan er een metaalzout gedoseerd worden. Dit komt bij $85L * 0,7 \text{ mg P/L} / 36 \text{ mmol/mg} * 3$ (molverhouding) neer op 5 mmol per dag per ie aan metaalzo ut en 1,8 mol metaalzout per ie per jaar.

5.1.5 OVERIGE PARAMETERS

ENERGIEVERBRUIK

Vacuümstation

Voor het creëren van vacuüm en voor de aanvoer van zwartwater (incl. GF-afval) naar het verwerkingsysteem verbruikt het vacuümstation in de huidige situatie in totaal $32,1 \text{ kWh}_{\text{elekt}}$ (115,6 MJ) per dag. Er vanuit gaande dat de kwantiteit en de samenstelling geproduceerde zwartwater en GF-afval per persoon gelijk blijft, zal het verbruik energieverbruik van het vacuümstation per persoon eveneens gelijk blijven in het geval dat er 1200 personen zijn aangesloten.

UASB

Er is energie nodig om het vergistingsproces op gang te houden. Deze energie wordt gebruikt om (i) het influent op te warmen (P opwarmen) en (ii) de gehele UASB-inhoud op temperatuur te houden (P verlies). De energie nodig voor de opwarming van het influent is afhankelijk van het debiet, het verschil tussen de temperatuur van het influent en de procestemperatuur en de warmte coëfficiënt.

Voor het op temperatuur houden van de UASB zijn de isolatiewaarde van de reactor, de oppervlakte van de reactorwand en het verschil tussen de procestemperatuur en de omgevingstemperatuur van belang. De warmte-afgifte (P verlies) blijft gelijk, ongeacht het debiet.

In de huidige situatie is er in totaal $0,194 \text{ GJ}$ ($54 \text{ kWh}_{\text{th}}$) per dag nodig. Bij 1200 personen is de totale energievraag van de UASB $1,739 \text{ GJ}$ ($483 \text{ kWh}_{\text{th}}$) per dag. De uitgebreide berekening is terug te vinden in bijlage 8.6

Het energieverbruik van de aanvoerpompen zijn meegenomen bij het verbruik van het vacuümstation. Er is geen elektrische energie benodigd voor de UASB.

OLAND (biorotor)

Door het draaien van de biorotor wordt er als het ware zuurstof in het systeem geslagen, maar ook het waterniveau is van invloed op de hoeveelheid zuurstof. In de huidige situatie draait de biorotor continu bij 20 Hz (ca. 1,5 rpm). Hiervoor wordt per dag $13 \text{ kWh}_{\text{elektr}}$ (46,8 MJ) verbruikt. Indien er een reststroom afkomstig van 1200 personen verwerkt wordt, moet de biorotor continu draaien bij 50 Hz, met een verbruik van $15 \text{ kWh}_{\text{elektr}}$ (54 MJ) per dag. Bij deze draaisnelheid (4 rpm) wordt er voldoende zuurstof in het systeem gebracht. Indien

nodig kan bovendien het waterniveau worden aangepast om zo de contacttijd met de lucht te vergroten.

Struvietreactor

Het verbruik van de struvietreactor omvat met name de energie die benodigd is voor het roerwerk en in mindere mate voor de doseerpomp (voor de toevoeging van magnesium). Bij 1,5 draaiuren, in de huidige situatie, wordt 4 kWh_{elektr} (14,4 MJ) per dag verbruikt. Indien 1200 personen zijn aangesloten, zal het aantal draaiuren toenemen, maar het verbruik per draaiuur blijft gelijk. En dus blijft het verbruik per persoon gelijk (18 kWh/ie/jaar).

Grijswatersysteem

In de huidige opstelling verbruikt het grijswatersysteem 12,2 kWh/ie/jaar. Er wordt verwacht dat er bij het geoptimaliseerde systeem circa 25% aan energie kan worden bespaard. Dit komt door het vervallen van de eerste behandelingstrap. Hierdoor zal het energieverbruik dalen tot 9.4 kWh/ie/jaar. Verdere energiebesparingen kunnen gehaald worden uit schaalvergrotingen.

WARMTERUGWINNING

In de huidige situatie wordt er gemiddeld per dag 44,5 kWh_{th} (160,2 MJ) warmte teruggewonnen. Dit komt overeen met 6,56 kWh_{th} (23,6 MJ) per m³ grijswater. In de nieuwe situatie wanneer 1200 personen aangesloten zijn, is de transportafstand van de woningen naar de grijswaterput langer. Onderweg zal er meer afkoeling plaatsvinden. Momenteel wordt in de put een watertemperatuur van < 6 °C gemeten in geval van een buitentemperatuur van < 0 °C (zie paragraaf 4.4.3), terwijl grondwatertemperatuur nooit lager dan 10 °C zou moeten zijn. In de grijswaterput vindt er dus een extra afkoeling plaats, bijvoorbeeld doordat er koude lucht over het water blaast. Door het grotere volume van de grijswaterstroom zal de afkoeling in de grijswaterput minder zijn en de temperatuur van het grijswaterinfluent gemiddeld dus iets hoger dan nu het geval is. Daarentegen zal de opwarming tijdens de verwerking weer lager zijn. Voorlopig wordt aangenomen dat het aantal terug te koelen graden per volume-eenheid gelijk blijft, en daarmee dus ook het aantal kWh_{th} per m³ per dag.

CHEMICALIËNVERBRUIK

Natronloog

Enkel tijdens de opstart van het OLAND proces is er natronloog gebruikt, gemiddeld 100 gram per dag., gedurende een periode van circa 3 maanden. Voor het in bedrijf houden van het proces is vervolgens geen natronloog meer nodig. Dit geldt ook voor het in bedrijf houden van het proces in de situatie waarbij 1200 personen zijn aangesloten.

Magnesiumoxide

Op basis van een molverhouding Mg:P van 1,5:1 en de gemeten concentraties in het influent van het precipitatieproces (65 mg PO₄-P l⁻¹ en 59 mg Mg l⁻¹) is er in de huidige situatie 32 mg MgO l⁻¹ benodigd. Bij een debiet van 1084 l d⁻¹ is dit ca. 35 gram per 79 personen, zijnde 0,4 gram MgO per persoon (komt overeen met 4 mol Magnesium per jaar). Uitgaande van gelijkblijvende vrachten zal de benodigde hoeveelheid MgO in de nieuwe situatie (1200 personen) per persoon niet veranderen.

Echter, wanneer het fosfor vanuit het grijswatersysteem wordt meegeteld dan dient er meer MgO gedoseerd te worden (18 mol Mg/ie per jaar, 95% P-verwijdering, worst case scenario benadering).

5.2 VERGELIJKING MET GECENTRALISEERDE RWZI

Er is berekend dat op het decentrale verwerkingssysteem, zoals nu is toegepast binnen project Waterschoon, 1200 personen aangesloten kunnen worden (uitgaande van gelijkblijvende hoeveelheden afvalwater, met dezelfde karakteristieken en dus vuilvrachten). Deze situatie wordt vergeleken met een gecentraliseerde rwzi (20). Omdat de schaal van het centrale systeem niet gelijk is aan het decentrale systeem, zijn alle getallen teruggerekend naar een individuele vuillast, inwonersequivalent, om een meer eerlijke vergelijking te kunnen maken.

TABEL 20 OVERZICHT WATERSCHOON (BIJ 1200 PERSONEN) EN GECENTRALISEERDE RWZI.

| Parameter | Eenheid | Waterschoon (1200 personen) | Gecentraliseerde rwzi | |
|-----------------------|---|-----------------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | Op basis van TZV* | Op basis van BZV* |
| Debiet | $\text{l.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 85,8 | 194 | 285 |
| Influent | | | | |
| CZV _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 174,8 | 106,7 | 157,0 |
| N _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 15,3 | 9,5 | 14,0 |
| P _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 2,5 | 1,4 | 2,0 |
| Emissies | | | | |
| CZV _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 4,9 | 6,7 | 9,8 |
| N _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 0,6 | 2,1 | 3,0 |
| P _t | $\text{g.d}^{-1}.\text{ie}^{-1}$ | 1,2 | 0,3 | 0,5 |
| Verwijderingrendement | | | | |
| CZV _t | % | 97 | 94 | |
| N _t | % | 96 | 79 | |
| P _t | % | 53 | 77 | |
| Biogasproductie | $\text{m}^3 \text{CH}_4.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$ | 13,9 | 6,1 | 9,0 |
| Warmteterugwinning | $\text{kWh}_{\text{th}}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$ | 293 | - | - |
| Slibproductie | $\text{kg ds}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$ | 8,5** | 16,7 | 24,6 |
| Metaalzout | $\text{mol Fe}.\text{ie}^{-1}.\text{j}^{-1}$ | 0 | 5,6 | 8,2 |

* i.e. à 150 gram TZV en à 54 gram BZV

** waarvan grijswaterslib niet meegenomen, dus alleen binnen de zwartwaterverwerking; berekend op basis van 12,9% slibgroei van het inkomende CZV, influent vracht per i.e. per jaar en een VSS/TSS –ratio van 0,7

Door de inzameling van geconcentreerd zwartwater (incl. GF-afval) is het debiet lager en daarmee de vrachten in het influent binnen Waterschoon hoger ten opzichte een gecentraliseerde rwzi. Toch zijn de concentraties in het te lozen effluent, met uitzondering van P_t erg laag. Uit Tabel is af te lezen dat het Waterschoon-effluent voldoet aan de wettelijke lozingseisen (op basis van concentraties) voor wat betreft CZV_t en N_t. Wanneer het volume van water wel in beschouwing wordt genomen, zijn de effluentconcentraties laag en presteert het decentrale systeem voor deze parameters beter dan het gecentraliseerde systeem. Dit houdt in dat de impact op het ontvangende watersysteem lager is. Namelijk, niet enkel de concentratie in mg l^{-1} maar ook het volume van het te lozen effluent is bepalend voor de totale hoeveelheid verontreinigingen die uiteindelijk geloosd wordt. Deze resultaten pleiten dan ook voor het uitdrukken van de lozingseisen in vrachten (g d^{-1}).

De verwijdering van P_t in het decentrale systeem is bij de huidige wijze van verwerking middels het grijswatersysteem niet voldoende. Essentieel hierbij is dat er geen actieve fosfaatverwijdering heeft plaatsgevonden tijdens de grijswaterverwerking. Dit biedt daarom wel mogelijkheden voor optimalisatie van het verwerkingsproces ter bevordering van de effluentkwaliteit met betrekking tot de fosfaatconcentratie. Zo kan door een verbeterde werking van het AB systeem een hogere verwijdering van fosfor via het slib worden behaald. Daarbij

moet ook de vraag gesteld worden of er toevoeging benodigd is van bijvoorbeeld ijzerzouten of calcium om de huidige normen te behalen. Bekend is dat door toevoegen van metaalzouten de lozingsis behaald kan worden. Dit lukt met rioolwater, dus zeker ook met meer geconcentreerd zwart- en grijswater.

De emissie van nutriënten door zuiveringen beïnvloedt de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewaterstelsel. De impact van de lozing hangt onder andere af van het type watersysteem, het volume, de ecologische doelen en nutriëntnormen etc. Zojuist is besproken dat de belasting van de lozing (uitgedrukt in $g\ d^{-1}$) uit het nieuwe sanitatie systeem vele malen lager is dan die van een conventionele rwzi. Verschillende watertypen bieden verschillende mogelijkheden om verschillen in belasting op te vangen. Voor de lozing vanuit een gecentraliseerde rwzi zal bijvoorbeeld een groter oppervlaktewater nodig zijn. Bovendien heeft het nieuwe sanitatie systeem niet te maken met seizoensfluctuaties in afvoeren en vrachten zoals dat bij een gecentraliseerde rwzi vaak wel het geval is, omdat daar ook hemelwater wordt behandeld.

Vergisting van geconcentreerd zwartwater + GF-afval middels in een UASB-reactor biedt een efficiënte verwerking van deze stroom, resulterend in een hoge biogasopbrengst. In vergelijking met de gecentraliseerde rwzi produceert het decentrale systeem significant meer biogas per i.e. Dit verschil is deels te verklaren door de toegepaste technologie. In het gecentraliseerde systeem wordt eerst een groot deel van het organisch materiaal omgezet naar CO_2 en warmte tijdens de aerobe zuivering terwijl in het decentrale systeem directe CH_4 productie plaatsvindt. Daarnaast resulteert de toevoeging van GF-afval aan zwartwater in een toename van de CZV_t vracht en verhoogde methanogenese en daarmee het omzettingsrendement met een hogere CH_4 productie als gevolg.

Eenzijds is de biogasproductie per i.e. hoger in het decentrale systeem ten opzichte van het gecentraliseerde systeem, anderzijds is ook de slibproductie per i.e. significant lager. Hierbij is het belangrijk om volgende twee zaken op te merken. Ten eerste bestaat de slibproductie, zoals berekend voor het decentrale systeem, enkel uit UASB slib. Zoals eerder besproken functioneert het AB-systeem niet naar behoren. Er wordt vrijwel geen grijswater surplus-slib geproduceerd en dit is daarom niet meegenomen in de berekening. Ten tweede vindt er in het decentrale systeem (nog) geen terugvoer van grijswaterslib naar de UASB plaats terwijl er op de gecentraliseerde rwzi wel een recycling naar de vergister wordt toegepast. Indien er tijdens de grijswaterverwerking in het decentrale systeem wel surplus-slib zou worden geproduceerd dan is een dergelijke recycling ook te realiseren. Als gevolg hiervan zal de hoeveelheid UASB slib toenemen. De mate waarin dit gebeurt, zal verder onderzocht moeten worden.

In het decentrale systeem wordt er energie uit het grijze water teruggewonnen. In totaal komt dit op $198\ kWh_{th}\ i.e.^{-1}\ jaar^{-1}$ uit. Dit geeft een positieve impuls aan de warmtebalans van het systeem. Op de gecentraliseerde rwzi wordt geen warmte teruggewonnen, het grootste deel van de warmte gaat verloren.

6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 CONCLUSIES

In het project Waterschoon is een sanitatieconcept op basis van Nieuwe Sanitatie gerealiseerd. Het concept omvat de gescheiden inzameling van grijs- en zwartwater met de decentrale, geïntegreerde verwerking in de woonwijk Noorderhoek te Sneek. Tezamen met zwartwater wordt vermalen GF-afval ingezameld. Dit rapport geeft een evaluatie van de werking van het verwerkingssysteem binnen dit concept. Om inzicht te krijgen in de toepasbaarheid is het functioneren van de afzonderlijke technologieën is besproken, de prestaties van de volledig gescheiden grijs- en zwartwaterverwerking alsook de prestatie van het geïntegreerde verwerkingssysteem.

Dit onderzoek laat zien dat de decentrale verwerking zwartwater (incl. GF-afval) en grijswater goed mogelijk is. Over het geïntegreerde verwerkingssysteem worden zeer goede effluent waarden behaald voor CZV_t en N_t waarmee ruimschoots wordt voldaan aan de wettelijke lozings-eisen voor deze parameters. In de huidige situatie wordt 97% van de totale ingaande hoeveelheid organisch materiaal (CZV) verwijderd, waarvan tijdens de vergisting 78% wordt omgezet naar biogas en slechts 4% naar slib. Uiteindelijk resulteert dit in een CZV_t -conc. in het effluent van lager dan 80 mg l^{-1} . Daarnaast wordt er 96% van de totale hoeveelheid stikstof verwijderd waardoor de concentratie stikstof totaal in het effluent op ca. 6 mg l^{-1} uitkomt. Enkel de verwijdering van fosfaat (52%) blijft vooralsnog achter. De oorzaak hiervan kan onder andere gevonden worden in het ontbreken van een actieve fosfaatverwijdering tijdens de grijswaterverwerking, vanwege een onderbelasting van het systeem.

Door de toepassing van het vacuümsysteem voor de inzameling en het transport van zwart- en groenwater, is er een aanzienlijke waterbesparing van 30% gerealiseerd. Het waterverbruik door de bewoners binnen het project Waterschoon blijkt anders dan verwacht op basis van gemiddeld Nederlands verbruik en een berekende, verwachte besparing als gevolg van het lagere waterverbruik van de vacuümtoiletten. Per i.e. wordt er gemiddeld bijna 5 liter zwartwater (incl. GF-afval) meer geproduceerd dan verwacht. Het totale aanbod uit het huidige woningbestand is echter met 62 aangesloten woningen veel lager dan de oorspronkelijk beoogde 232 woningen, waardoor het verwerkingssysteem niet optimaal wordt belast. Ondanks enkele aanpassingen blijft het systeem onderbelast wat resulteert in het niet optimaal functioneren van alle afzonderlijke technologieën, met name het AB-systeem. Vandaar bijvoorbeeld ook de lage fosfaatverwijdering. De fosfaatverwijdering in het grijswater verwerkingssysteem is gering vanwege de minimale slib productie. Wanneer dit toeneemt, zal de P_t concentratie in het effluent afnemen. Bij uitbreiding van het aantal aangesloten woningen zal dit verbeteren.

Vergeleken met een gecentraliseerde rwzi presteert het decentrale systeem beter op het gebied van verwijderingrendementen en emissies, met uitzondering van fosfaat. Ook wordt er op het decentrale systeem geen metaalzouten en/of flocculant gebruikt. Daarnaast levert het nieuwe sanitatie systeem, meer biogas per i.e. dan het gecentraliseerde systeem. De covergis-

ting van GF-afval heeft een positief effect op de biogasproductie. Bovendien blijkt de slibproductie, ondanks de toevoeging van GF-afval, significant lager ten opzichte van gecentraliseerd systeem. Het slib afkomstig uit de UASB reactor als ook het zuiveringsslib geproduceerd op een gecentraliseerde rwzi komen momenteel beide niet in aanmerking voor hergebruik in de landbouw. Echter, in vergelijking met zuiveringsslib is UASB slib relatief schoon. Zuiveringsslib van de gecentraliseerde rwzi bevat voor bijna alle zware metalen te hoge concentraties, het UASB slib bevat daarentegen enkel teveel koper en zink voor hergebruik. Echter, de wetgeving staat wel gebruik van koemest toe. De concentraties zink en koper hierin zijn echter hoger dan waterschoonslib.

6.2 AANBEVELINGEN

Bij de herdefinitie van het verwerkingssysteem zijn de behaalde meetgegevens en resultaten geëxtrapoleerd. De consequentie hiervan is een bepaalde mate van onnauwkeurigheid. Om de conclusies van dit rapport te kunnen staven en de bevindingen te valideren, is het van belang om bij een grotere belasting van het systeem aanvullend onderzoek te verrichten.

Er is gebleken dat, mede door de onderbelasting, bepaalde technologieën minder effectief functioneren. Bij verder onderzoek kan worden aangetoond of het daadwerkelijk mogelijk is om nog betere resultaten te behalen. Hierbij gaat het onder andere over de werking van het grijswatersysteem (met name de A-trap), de fosfaatverwijdering, energiezuinige stikstofverwijdering met de OLAND en de energiebalans. Onderstaand een overzicht:

6.2.1 OPTIMALISEREN WERKING GRIJSWATERSYSTEEM

- Door het verhogen van de belasting door het aansluiten van meer woningen op het zuiveringssysteem kan de productie van surplusslib binnen het grijswatersysteem worden verhoogd. Het verwerkingsysteem van grijswater biedt de mogelijkheid om het organisch materiaal van het grijswater te concentreren, daarbij stikstof en fosfaat in te vangen en middels bezinking te verwijderen. Er is bij de huidige belasting te weinig slibproductie waardoor er nagenoeg geen fosfaat verwijderd wordt.

6.2.2 OPTIMALISEREN ENERGIEVERBRUIK EN ENERGIEPRODUCTIE

- Verdere integratie van het grijs- en zwartwatersysteem door de toevoeging van grijswaterslib aan het vergistingsproces van zwartwater. Grijswater bevat een deel van de vracht aan organisch materiaal in huishoudelijke afvalwater waaruit energie terug gewonnen kan worden. Voorlopige resultaten laten zien dat de toevoeging van grijswaterslib tijdens de vergisting van zwartwater de methaan opbrengst verhoogt (Tervahauta, persoonlijke mededeling). Uit deze resultaten blijkt ook dat de toevoeging van een extra organische fractie de methanogenese met 5% verhoogd. Door de co-verwerking van grijswaterslib tezamen met zwartwater zijn de prestatie en de effluent kwaliteit van de UASB reactor niet verslechterd. Er zijn echter wel hogere concentraties aan zware metalen in het UASB-slib gevonden. Dit kan, enerzijds consequenties hebben voor de toepassingsmogelijkheden van slib als meststof in de landbouw. Anderzijds, kan er de vraag gesteld worden of deze verslechtering van de slibkwaliteit daadwerkelijk als hinderlijk moet worden beschouwd gezien het hergebruik van UASB slib momenteel in Nederland niet is toegestaan.
- Het zwartwater is aanzienlijk meer verdund dan op voorhand aangenomen. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door een hoger waterverbruik door de voedselrestenvermalen en het doorspoelen van dweilwater e.d. door het toilet. Gevolg is een verhoogde energieconsumptie voor het opwarmen van de vergister. Daarom dient er enerzijds meer/wederom

voorlichting aan de bewoners gegeven te worden betreffende het gebruik van de voorzieningen in de woning en dient er anderzijds gekeken te worden in hoeverre de UASB reactor op lagere temperaturen bedreven kan worden. Ook kan bij het aansluiten van meer eengezinswoningen gekeken worden of deze verdunning ook in deze nieuwe woningen plaatsvindt of dat dit een gegeven is.

- De temperatuur waarop de vergister wordt bedreven zou verlaagd kunnen worden. Door het verlagen van de procestemperatuur zullen de daarop volgende processen ook bij een lagere temperatuur dienen te werken. Voor het OLAND-proces zou dit problematisch kunnen worden. In deze situatie wordt daarom voorgesteld de OLAND reactor van isolatie te voorzien. Aanbevolen wordt om tijdens een verlenging van het onderzoek te kijken naar het effect van de temperatuursverlaging in combinatie met de hogere belasting op het functioneren van de vergister (slibproductie, verwijderingrendementen, biogasproductie).
- Temperatuur zwartwaterinfluent. Om te bepalen hoeveel energie er benodigd is voor verwarming zwartwater dient de temperatuur van het inkomende zwartwater gemonitord te kunnen worden. Hier is een temperatuuropnemer in de vacuümtank voor nodig.
- Temperatuur grijswaterinfluent. Uit de temperatuurmetingen van het grijswater in de grijswaterput is gebleken dat gedurende lage buitentemperaturen het grijswater afkoelt tot temperaturen beneden de 6 °C. Onduidelijk is of de voornaamste afkoeling reeds in het riool plaatsvindt of gedurende de opslagtijd in de grijswaterput. Om dit inzichtelijk te maken is een mobiele temperatuuropnemer nodig die op verschillende plaatsen in het grijswaterriool kan worden gebracht.

6.2.3 VERBETEREN STIKSTOFVERWIJDERING OLAND

- Ondanks de zeer hoge stikstofverwijdering over het gehele systeem is de verwijdering middels het OLAND-proces nog niet optimaal. De oorzaak hiervoor wordt gezocht in te hoge zuurstofconcentraties in de reactor. De hoge zuurstofconcentraties worden veroorzaakt voor de te lage belasting. De verwachting is dat door de hogere belasting de prestaties zullen verbeteren aangezien de zuurstofvraag dan zal toenemen.

6.2.4 ONDERZOEK NAAR DE VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN

- Binnen het huidige onderzoekstraject wordt door het deelonderzoek “microverontreinigingen” in kaart gebracht welke microverontreinigingen in het afvalwater aanwezig zijn. De toxische effecten van deze stoffen beginnen langzaam duidelijk te worden en op politiek vlak is er aandacht naar de verwijdering van microverontreinigingen. Uitbreiding van het onderzoek naar de verwijdering van deze verontreinigingen biedt een uitgelezen kans om hierop in te haken.
Om de effectiviteit van de verwijdering goed te kunnen bepalen zullen echter effectbepalingen (ecotoxiciteit assay's) uitgevoerd moeten worden.

6.2.5 ONDERZOEK NAAR BROEIKASGASSEN

Om een goede duurzaamheidsanalyse te kunnen doen, moet ook gekeken worden naar emissies van broeikasgassen. Naast eventuele lekkages van methaan tijdens het zuiveringsproces, zal er ook met name gekeken moeten worden naar de lachgasemissies die vrijkomen bij het OLAND proces.

6.2.6 MONITORING VAN EN ONDERZOEK NAAR (DE EFFECTEN VAN) DE TOENEMENDE BELASTING EN VERANDERDE SAMENSTELLING VAN NIEUWE AAN TE SLUITEN EENSGEZINSWONINGEN

Het is de bedoeling om aanvullend op de reeds aangesloten woningen, 100 eengezinswoningen aan te sluiten. De verwachting is dat door de toenemende belasting het verwerkingssys-

teem beter zal gaan functioneren. Door de aansluiting van deze eensgezinswoningen zal de samenstelling van het afvalwater zal veranderen. Dit zal waardevolle informatie opleveren voor de doorvertaling van dit systeem naar nieuwbouwwijken en de grootschalige zuivering van huishoudelijk afvalwater.

7

REFERENTIES

Akanyeti, I., Temmink, H., Remy, M., Zwijnenburg, A. (2010). Feasibility of bioflocculation in a high loaded membrane reactor for improved energy recovery from sewage. *Water Science and Technology*, 61, 1433-1439.

APHA (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. (L.S. Clesceri, A.E. Greenberg and A.D.Eaton, Eds.) American Public Health Association, Washington.

Batstone, 2006

Battistoni, P., Fava, G., Pavan, P., Musaco, A. and Cecchi, F. (1997). Phosphate removal in real anaerobic liquors by struvite crystallization without addition of chemicals: preliminary results. *Water Research*, 31, 2925-2929.

CBS-Statline, 2012. Zuivering van stedelijk afvalwater; per provincie en stroomgebiedsdistrict. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/default.aspx?DM=SLNL&PA=7477&D1=0%2c12%2c24-28%2c42-46%2c60%2c69%2c79-80&D2=0&D3=a&HDR=G1%2cT&STB=G2&VW=T> (bezoekt op 31/03/2014)

CBS-Statline (2013). Zuivering van stedelijk afvalwater; afzet van zuiveringsslib. <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70156ned&LA=NL>. (bezoekt op 31/03/2014).

Chanan et al., 2013

le Corre, K.S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P. and Parsons, S.A. (2009). Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39, 433-477.

Duin, O. (2011). AB systeem rwzi Dokhaven, Rotterdam. Presentatie symposium specialistendag voorbehandelingstechnieken.

Europese Gemeenschappen (1991) Richtlijn 91/271/EEG van de Raad van Europese Gemeenschappen van 21 mei 1991 inzake de Behandeling van Stedelijk Afvalwater. Publicatieblad EG L135.

Foekema, H., van Thiel, L. (2011). Waterverbruik thuis 2010. C7455, 28 januari 2011, TNS-NIPO.

van der Graaf, A.A., Mulder, A. Bruijn, P. de, Jetten M.S.M., Robertsen L.A. , Kuenen J.G. (1995). Anaerobic ammonium oxidation is a biologically mediated process. *Applied Environmental Microbiology*, 61, 1246-1250.

Kuai, L. and Verstraete, W. (1998) Ammonium Removal by the Oxygen-Limited Autotrophic Nitrification-Denitrification System. *Applied and Environmental Microbiology*, Nov. 1998, p. 4500-4506

K. Kujawa-Roeleveld*, T. Elmitwalli** and G. Zeeman (2006) Enhanced primary treatment of concentrated black water and kitchen residues within DESAR concept using two types of anaerobic digesters *Water Science & Technology* Vol 53 No 9 pp 159-168

Mes, T.Z.D., Stams, A.J.M., Reith, J.H. & Zeeman, G. (2003). Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes. In: *Bio-methane and bio-hydrogen*. Edited by Reith, J.H., Wijffels, R.H. and Barten, H. Dutch Biological Hydrogen Foundation.

Mulder, A., van der Graaf, A.A., Robertson, L.A. & Kuenen, J.G. (1995) Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbiology Ecology*, 16, 177-184.

Laanbroek, H. & Gerards, S. (1993) Competition for limiting amounts of oxygen between *Nitrosomonas europaea* and *Nitrobacter winogradskyi* grown in mixed continuous cultures. *Archives of Microbiology*, 159, 453-459.

Lettinga et al 1993

Lehmkuhl, J. 1990. Verfahren für die ammonium-elimination. *Wasser, Luft und Boden*, nummer 11-12: 46-48.

Lide, D.R. Ed. (2004) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 85th ed. Florida: CRC Press.

Liu et al., 2011

Ohlinger, K.N., Young, T.M., Schroeder, E.D. (1998) Predicting struvite formation in digestion. *Water Research*, 32, 3607-3614.

Pynaert, K., Smets, B.F. Beheydt, D. & Verstraete, W. (2004) Start-up of Autotrophic Nitrogen Removal Reactors via Sequential Biocatalyst Addition. *Environmental science & technology*, 38, 1228-1235.

Schuilting, R.D. & Andrade, A. (1999). Recovery of struvite from calf manure. *Environmental Technology*, 20, 765-768.

Seyfried, C.F., Hippen, A., Helmer, C., Kunst S., Rosenwinkel, K. -H. (2001). One-stage deammonification: nitrogen elimination at low costs. *Water Science and Technology: Water Supply*, 1, 71-80.

Stowa, 2007-24

Stowa 2013-21 Grondstoffen fabriek. Vezelgrondstof uit zeefgoed

Stowa 2013-31 Verkenning mogelijkheden 'Grondstof-rwzi'

Stowa 2014-10 Bioplastic uit slib. Verkenning naar PHA-productie uit zuiveringsslib

Tervahauta, T., Rani., S., Hernández Leal, L., Buisman, C.J.N., Zeeman, G. (2014). Black water sludge reuse in agriculture: Are heavy metals a problem? (submitted).

Vlaeminck, S.E., Terada A., Smets B.F., van der Linden D., Boon B., Verstraete W., Carballa M. (2009). Nitrogen removal from digested black water by one-stage partial nitrification and anammox. *Environmental Science and Technology*, 43, 5035-5041.

Wang, K. (1994). Integrated anaerobic and aerobic treatment of sewage. PhD Thesis, Wageningen University.

Wild, D., Kisliakova, A., Siegrist, H. (1997). Prediction of recycle phosphorus loads from anaerobic digestion. *Water Research*, 31, 2300-2308.

Yilmazel en Demirer, 2011

Zeeman, G., Lettinga, G. (1999). The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. *Water, Science and Technology*, 5, 187-194.

Zeeman en Sanders, 2001;

8

BIJLAGEN

8.1 ANALYSE METHODEN

Hieronder wordt de gevolgde analyseprocedure per parameter beschreven. De bepaling van de concentraties organisch materiaal en nutriënten zijn Dr. Lange test kits gebruikt. In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de toegepaste verdunningsfactor en de gebruikte testkit. Na monstervoorbereiding zijn alle parameters gemeten met behulp van een VIS spectrofotometer DR 2800 (golfbereik: 340 tot 900 nm; Hach Lange).

IN- EN EFFLUENT

Van alle reactoren (UASB, Struviet, OLAND, A- en B-trap) zijn het influent en effluent regelmatig bemonsterd en geanalyseerd op verschillende fracties CZV met behulp van de Dr. Lange methode volgens NEN ISO 15705. Enkel monsters van het UASB influent zijn voorafgaand aan de analyses gehomogeniseerd in een blender.

- De totale concentratie organisch materiaal (CZV_t) is vastgesteld op basis van ongefiltreerde monsters. Zowel de influent als de effluent monsters van de UASB zijn verdund.
- De concentratie gefiltreerd organisch materiaal (CZV_f) is bepaald op basis van gefiltreerde monsters (4,4 μm papierfilter).
- De concentratie gesuspendeerd organisch materiaal (CZV_{ss}) is berekend door CZV_t min CZV_f .
- De concentratie opgelost organisch materiaal (CZV_o) is vastgesteld op basis van membraan gefiltreerde monsters (0,45 μm membraanfilter) afkomstig van het grijswater verwerkings-systeem (influent en effluent van de A- en de B-trap).
- De concentratie colloïdaal organisch materiaal (CZV_c) is berekend als CZV_f min CZV_o .

De concentratie vetzuren (VFA) is bepaald in het influent en het effluent van de UASB. Het monster van het influent wordt eerst 10 maal verdund en daarna gefiltreerd middels een membraanfilter (0,45 μm). Monsters van het effluent daarentegen worden direct, onverdund, gefiltreerd door een membraanfilter.

De totale concentraties stikstof (N_t) en fosfor (P_t) zijn bepaald op basis van ongefiltreerde monsters. Voorafgaand aan de bepaling van de gehalten ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitriet ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitraat ($\text{NO}_3\text{-N}$) en ortho-fosfaat ($\text{PO}_4\text{-P}$) zijn de monsters gefilterd middels 4,4 μm papierfilter. Ook de analyses van anionisch, cationisch en niet-ionische oppervlakteactieve stoffen zijn uitgevoerd nadat de monsters afkomstig van het verwerkings-systeem van grijswater middels een papierfilter zijn gefiltreerd.

SLIBBED UASB EN SURPLUSLIB AB SYSTEEM

Monsters van het slibbed in de UASB zijn genomen via elk van de tapkranen en vervolgens afzonderlijk geanalyseerd in het laboratorium van Wetsus in Leeuwarden. Het totale gehalte zwevende stof (TSS) en het organische gehalte zwevende stof (VSS) is bepaald volgens gestandaardiseerde methoden met behulp van 'black ribbon ashless paper filter' (Schleicher & Schuell) (ALPHA, 1998).

Surplusslib afkomstig van de A-trap en de B-trap is regelmatig bemonsterd en geanalyseerd op totale en gefiltreerde fracties organisch materiaal (CZV_t en CZV_p) met behulp van de Dr. Lange methode. Tevens zijn Dr. Lange testkits gebruikt voor de bepaling van de totale concentraties stikstof (N_t) en fosfor (P_t) en de concentraties ammonium (NH₄-N), nitriet (NO₂-N), nitraat (NO₃-N) en ortho-fosfaat (PO₄-P). Deze analyses zijn uitgevoerd op basis van papier gefiltreerde monsters.

Zware metalen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, en Zn) in zowel het zowel het UASB slibbed als het surplusslib afkomstig van de A-trap en de B-trap zijn bepaald door Eurofins Analytico. De slibmonsters zijn geanalyseerd middels ICP-AES ('Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy') in overeenstemming met de referentiemethode NEN 6966 en NEN 1483 voor Hg (Eurofins Analytico Food B.V.).

TABEL 2 OVERZICHT VAN DE GEBRUIKTE TEST KIT EN VERDUNNINGSFACITOR VOOR ELKE PARAMETER PER PROCESONDERDEEL IN HET IN- EN EFFLUENT (A) VAN HET ZWARTWATER VERWERKINGSSYSTEEM EN (B) HET GRIJSWATER VERWERKINGSSYSTEEM EN IN HET SURPLUSLIB VAN DE A- EN B-TRAP (C).

A.

| Zwartwater | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|------------|------------------|-----|------------|------------------|-----|------------|-------------------|-----|------------|
| influent UASB | | | effluent UASB | | | effluent OLAND | | | effluent struviet | | |
| analyse | kit | verdunning | analyse | kit | verdunning | analyse | kit | verdunning | analyse | kit | verdunning |
| CZV _t | 514 | 10x | CZV _t | 514 | 10x | CZV _t | 514 | - | CZV _t | 514 | - |
| CZV _f | 014 | - | CZV _f | 014 | - | CZV _f | 514 | - | CZV _f | 514 | - |
| VFA | 365 | 10x | VFA | 365 | - | VFA | 365 | - | VFA | 365 | - |
| Pt | 350 | 25x | Pt | 350 | 25x | Pt | 350 | 10x | Pt | 350 | 10x |
| PO ₄ | 348 | 25x | PO ₄ | 348 | 25x | PO ₄ | 348 | 10x | PO ₄ | 348 | 10x |
| Nt | 338 | 25x | Nt | 338 | 25x | Nt | 338 | 10x | Nt | 338 | 10x |
| NH ₄ | 303 | 50x | NH ₄ | 303 | 50x | NH ₄ | 303 | 10x | NH ₄ | 303 | 10x |
| | | | | | | NO ₃ | 339 | 10x | NO ₃ | 339 | 10x |
| | | | | | | NO ₂ | 342 | 10x | NO ₂ | 342 | 10x |

B.

| Grijswater | | | | | | | | |
|------------------|---------------|------------|------------------|---------------|------------|------------------|---------------|------------|
| influent | | | effluent A-trap | | | effluent B-trap | | |
| analyse | Dr. Lange kit | verdunning | analyse | Dr. Lange kit | verdunning | analyse | Dr. Lange kit | verdunning |
| CZV _t | 514 | - | CZV _t | 514 | - | CZV _t | 014 | - |
| CZV _f | 514 | - | CZV _f | 514 | - | CZV _f | 014 | - |
| CZV _o | 514 | - | CZV _o | 514 | - | CZV _o | 014 | - |
| Pt | 350 | - | Pt | 348 | - | Pt | 348 | - |
| PO ₄ | 350 | - | PO ₄ | 348 | - | PO ₄ | 348 | - |
| Nt | 238 | - | Nt | 238 | - | Nt | 238 | - |
| Nf | 238 | - | Nf | 238 | - | Nf | 238 | - |
| NH ₄ | 303 | - | NH ₄ | 304 | - | NH ₄ | 304 | - |
| NO ₃ | 339 | - | NO ₃ | 339 | - | NO ₃ | 339 | - |
| NO ₂ | 341 | - | NO ₂ | 341 | - | NO ₂ | 341 | - |
| cation | 331 | - | cation | 331 | - | cation | 331 | - |
| anion | 332 | 50x | anion | 332 | 50x | anion | 332 | 5x |
| niet ionisch | 333 | 5x | niet ionisch | 333 | 5x | niet ionisch | 333 | - |

C.

| Grijswater | | | | | |
|------------------|-----------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|
| analyse | spuislib A-trap | | analyse | spuislib B-trap | |
| | hach-lange kit | verduunning | | hach-lange kit | verduunning |
| CZV _t | 514 | 10x | CZV _t | 514 | 10x |
| CZV _f | 514 | - | CZV _f | 514 | - |
| CZV _o | 514 | - | CZV _o | 514 | - |
| P _t | 350 | 10x | P _t | 350 | 10x |
| PO ₄ | 348 | - | PO ₄ | 348 | - |
| N _t | 338 | 10x | N _t | 338 | 10x |
| N _f | 238 | - | N _f | 238 | - |
| NH ₄ | 304 | - | NH ₄ | 304 | - |

8.2 SAMENSTELLING ZWARTWATER- EN GRIJSWATERSTROMEN

TABEL 3 DEBIET EN CONCENTRATIES VAN ORGANISCHE MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET ZWARTWATER INFLUENT.

| Parameter | Eenheid | n | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|-------------------|--------------------|-----|-----------|------|-------|-------|
| Debiet | l.d ⁻¹ | 457 | 1084 | 0 | 2200 | 196 |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 28 | 9460 | 6500 | 13560 | 1708 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 28 | 4002 | 2779 | 5996 | 722 |
| CZV _{SS} | mg.l ⁻¹ | 28 | 5458 | 2722 | 10040 | 1911 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 27 | 1174 | 86,5 | 1894 | 398 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 28 | 1029 | 790 | 1523 | 197 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 28 | 639 | 497 | 789 | 56,2 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 28 | 111 | 98,0 | 149 | 13,5 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 28 | 78,8 | 60,0 | 104 | 8,8 |

TABEL 4 CONCENTRATIES VAN ORGANISCHE MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET UASB EFFLUENT.

| Parameter | Eenheid | n | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|-------------------|--------------------|----|-----------|-------|------|-------|
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 28 | 719 | 623 | 858 | 46,5 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 28 | 604 | 421 | 818 | 98,8 |
| CZV _{SS} | mg.l ⁻¹ | 28 | 115 | -54,0 | 289 | 83,7 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 27 | 81,9 | 65,0 | 113 | 12,7 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 29 | 960 | 789 | 1273 | 139,5 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 29 | 824 | 755 | 935 | 38,5 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 28 | 86,4 | 72,0 | 108 | 9,3 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 28 | 76,1 | 31,0 | 89,0 | 10,3 |

TABEL 5 CONCENTRATIES VAN ORGANISCHE MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET OLAND-EFFLUENT.

| Parameter | Eenheid | n | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|-----------------|--------------------|----|-----------|------|------|-------|
| CZVt | mg.l ⁻¹ | 12 | 991 | 401 | 1696 | 346,3 |
| CZVf | mg.l ⁻¹ | 12 | 235 | 139 | 395 | 60,1 |
| CZVSS | mg.l ⁻¹ | 12 | 756 | 262 | 1471 | 333,2 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 8 | 39,1 | 29,3 | 60,6 | 10,2 |
| Nt | mg.l ⁻¹ | 12 | 285 | 219 | 366 | 48,6 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 26 | 28,9 | 0,3 | 176 | 37,7 |
| NO ₂ | mg.l ⁻¹ | 26 | 12,2 | 0 | 149 | 38,0 |
| NO ₃ | mg.l ⁻¹ | 24 | 181 | 92 | 275 | 44,5 |
| Pt | mg.l ⁻¹ | 12 | 82,9 | 39,2 | 113 | 16,4 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 12 | 65,1 | 27,3 | 84,2 | 13,8 |

TABEL 6 CONCENTRATIES VAN ORGANISCHE MATERIAAL EN NUTRIËNTEN IN HET EFFLUENT VAN HET PRECIPITATIEPROCES.

| Parameter | Eenheid | n | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|-----------------|--------------------|----|-----------|-------|------|-------|
| CZVt | mg.l ⁻¹ | 25 | 254 | 112 | 454 | 89,0 |
| CZVf | mg.l ⁻¹ | 25 | 220 | 122 | 420 | 63,5 |
| CZVSS | mg.l ⁻¹ | 25 | 33,6 | -160 | 265 | 77,0 |
| Vetzuren | mg.l ⁻¹ | 21 | 16,9 | -17,2 | 118 | 29,8 |
| Nt | mg.l ⁻¹ | 25 | 277 | 51,7 | 453 | 92,9 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 26 | 22,4 | 0,6 | 114 | 29,6 |
| Pt | mg.l ⁻¹ | 26 | 20,2 | 5,6 | 49,6 | 8,8 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 26 | 9,2 | 2,4 | 30,1 | 6,1 |
| Mg | mg.l ⁻¹ | 18 | 89,0 | 20,3 | 225 | 48,6 |

TABEL 7

DEBIET EN CONCENTRATIES VAN ORGANISCH MATERIAAL, NUTRIËNTEN EN OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN IN HET GRIJSWATERINFLUENT.

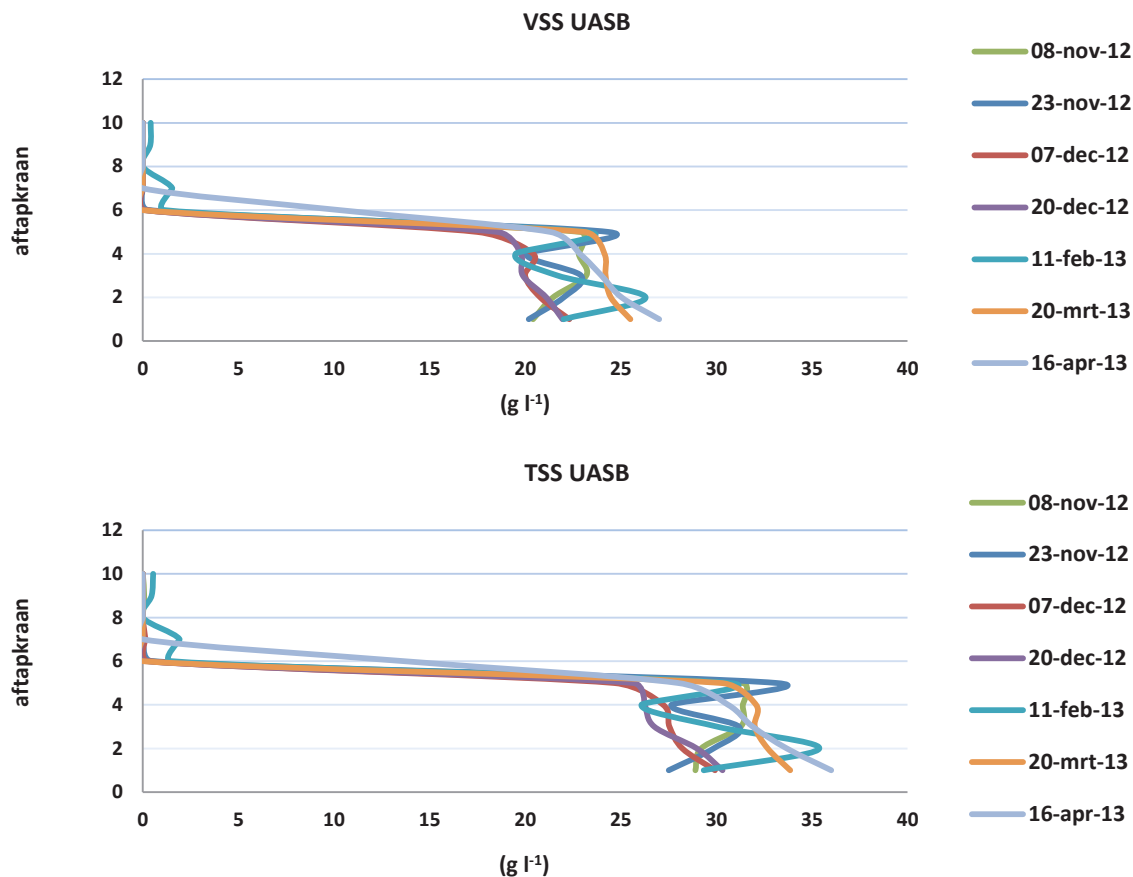
| Scenario 1 | Eenheid | n | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|----------------------|--------------------|-----|-----------|-------|-------|-------|
| Debiet | L.d ⁻¹ | 90 | 5586 | 3959 | 7322 | 776 |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 636 | 565 | 752 | 58,8 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 7 | 536,4 | 493 | 596 | 33,4 |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 7 | 350,9 | 314 | 384 | 25,3 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 16,16 | 14,8 | 17,2 | 0,87 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 7 | 6,46 | 5,17 | 8,52 | 1,16 |
| NO ₃ | mg.l ⁻¹ | 7 | 0,00 | 0 | 0,03 | 0,01 |
| NO ₂ | mg.l ⁻¹ | 4 | 0,02 | 0 | 0,051 | 0,02 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 13,16 | 10,2 | 15,7 | 1,84 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 7 | 11,23 | 9,34 | 13,6 | 1,53 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 0,40 | 0,325 | 0,502 | 0,07 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 59,73 | 49,5 | 70 | 8,51 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 4,84 | 3,49 | 7,6 | 1,67 |
| Scenario 2 | Eenheid | N | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
| Debiet | L.d ⁻¹ | 199 | 6816 | 3656 | 9850 | 1143 |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 22 | 527,9 | 373 | 727 | 95,4 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 21 | 334,2 | 225 | 463 | 59,8 |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 19 | 219,1 | 110 | 335 | 71,3 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 22 | 19,65 | 10,7 | 32,4 | 6,16 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 21 | 2,27 | 0,07 | 9,2 | 2,55 |
| NO ₃ | mg.l ⁻¹ | 21 | 0,65 | 0 | 10,3 | 2,22 |
| NO ₂ | mg.l ⁻¹ | 21 | 0,05 | 0 | 0,6 | 0,13 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 22 | 17,1 | 5,8 | 22,1 | 4,94 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 21 | 10,4 | 4,52 | 18 | 4,40 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 15 | 0,72 | 0,06 | 1,5 | 0,43 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 14 | 43,7 | 4,5 | 96,5 | 19,5 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 14 | 3,25 | 1,6 | 4,8 | 0,87 |

TABEL 8

CONCENTRATIES VAN ORGANISCH MATERIAAL, NUTRIËNTEN EN OPPERVLAKTEACTIEVE STOFFEN IN HET GRIJSWATEREFFLUENT.

| Scenario 1 | Eenheid | N | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
|----------------------|--------------------|----|-----------|------|------|-------|
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 62,2 | 18,3 | 91,6 | 26,8 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 7 | 63,2 | 23,7 | 91,4 | 24,2 |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 7 | 50,5 | 16 | 74,2 | 20,4 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 4,17 | 2,38 | 5,52 | 1,3 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 7 | 1,04 | 0,43 | 2,03 | 0,50 |
| NO ₃ | mg.l ⁻¹ | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO ₂ | mg.l ⁻¹ | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 7 | 8,66 | 5,99 | 13,6 | 2,80 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 7 | 7,89 | 5,11 | 12,7 | 2,82 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 0,19 | 0 | 0,34 | 0,14 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 1,88 | 0,42 | 5,7 | 2,20 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 5 | 0,72 | 0,50 | 1,13 | 0,29 |
| Scenario 2 | Eenheid | N | Gemiddeld | Min | Max | Stdev |
| CZV _t | mg.l ⁻¹ | 21 | 57,4 | 36,2 | 109 | 19,1 |
| CZV _f | mg.l ⁻¹ | 21 | 59,1 | 35 | 101 | 15,5 |
| CZV _o | mg.l ⁻¹ | 19 | 60,7 | 42,9 | 97,1 | 13,6 |
| N _t | mg.l ⁻¹ | 21 | 6,67 | 3,15 | 13,1 | 2,55 |
| NH ₄ | mg.l ⁻¹ | 21 | 0,80 | 0,1 | 3,17 | 0,83 |
| NO ₃ | mg.l ⁻¹ | 21 | 2,25 | 0 | 6,6 | 1,72 |
| NO ₂ | mg.l ⁻¹ | 7 | 0,06 | 0 | 0,22 | 0,10 |
| P _t | mg.l ⁻¹ | 21 | 13,51 | 9,77 | 18,9 | 2,46 |
| PO ₄ | mg.l ⁻¹ | 21 | 12,64 | 9,45 | 17,3 | 2,07 |
| Cationic surfactans | mg.l ⁻¹ | 15 | 0,15 | 0,01 | 0,48 | 0,14 |
| Anion surfactans | mg.l ⁻¹ | 13 | 10,69 | 0,8 | 15,2 | 4,71 |
| Non-ionic surfactans | mg.l ⁻¹ | 14 | 1,21 | 0,21 | 1,91 | 0,50 |

8.3 ONTWIKKELING VAN HET SLIBBED

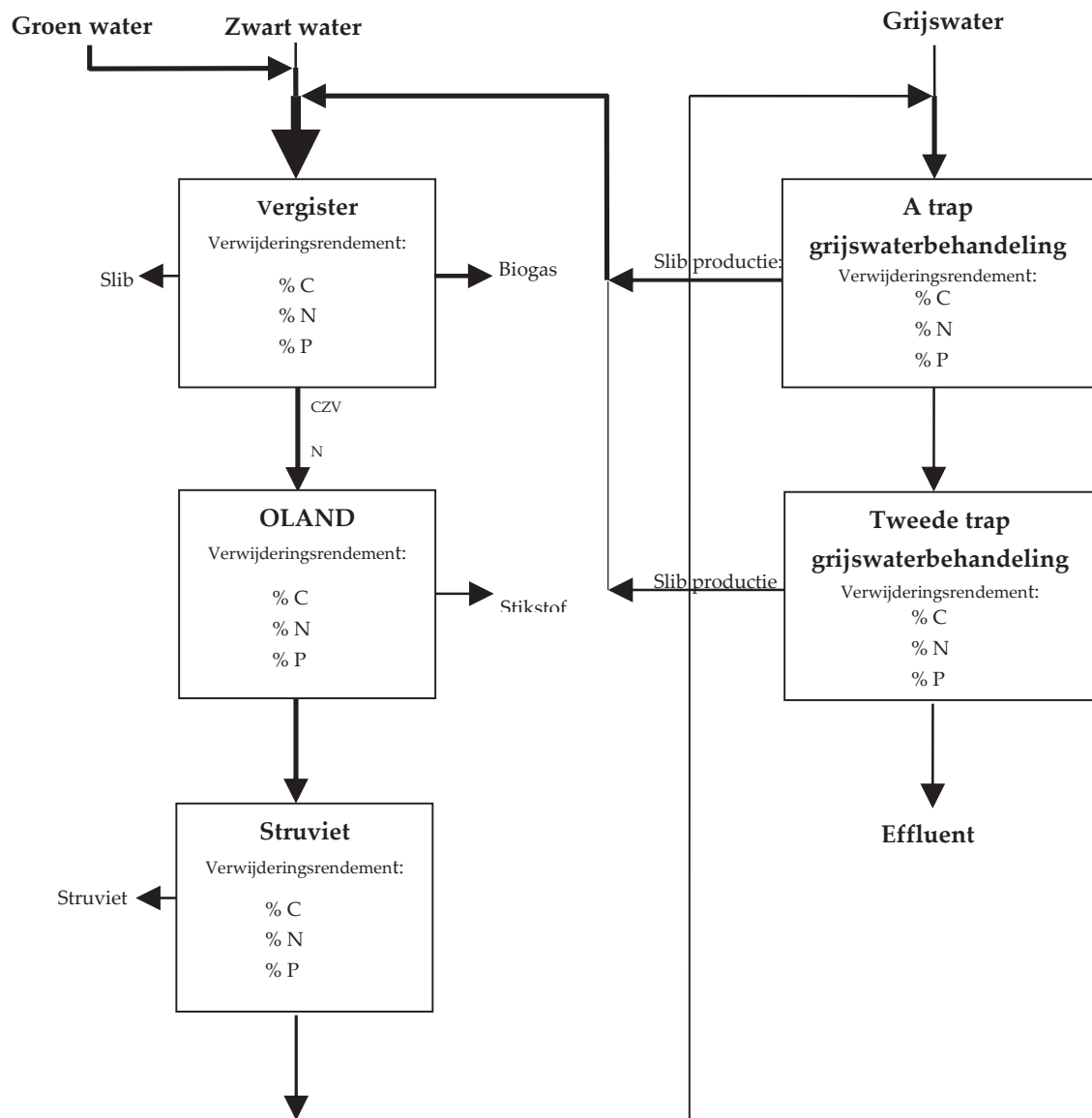


TABEL 9 ZWARE METALEN IN HET UASB SLIB (MG/KG P), KOEMEST EN KUNSTMEST.

| Parameter | Eenheid* | Waterschoon Slib UASB | Lemmerweg-Oost | | Koemest (van Dooren et al., 2005) | P kunstmest (Remy en Ruhland, 2006) |
|-----------|----------|--------------------------|----------------|-------------|---|--|
| | | | Slib UASB 1 | Slib UASB 2 | | |
| As | mg/kg P | 93 | <200 | <227 | - | 33.2 |
| Cd | mg/kg P | 13.1 | 16 | 18.2 | 32.7 | 90.5 |
| Cr | mg/kg P | 269 | 304 | 284 | 1145 | 1245 |
| Cu | mg/kg P | 4385 | 4420 | 5682 | 14397 | 207 |
| Hg | mg/kg P | 9,8 | 8 | 9.1 | - | 0.7 |
| Ni | mg/kg P | 259 | 260 | 250 | 1472 | 202 |
| Pb | mg/kg P | 705 | 278 | 409 | 695 | 154 |
| Zn | mg/kg P | 15984 | 16260 | 20227 | 25947 | 1923 |

* P als zijnde P₂O₅

8.4 FLOWSHEMA PROJECT WATERSCHOON



8.5 BEREKENING ENERGIEVERBRUIK UASB

HUIDIGE SITUATIE

| | | | |
|---------------------------|----------|---|----------------------|
| To [°C] | 17 | omgevingstemperatuur | winter -2 / zomer 24 |
| Tp [°C] | 35 | procestemperatuur | |
| Ti [°C] | 11 | Temperatuur inkomend water | |
| Q [l/sec.] | 0,012527 | volumestroom | |
| u [W/(m ² *k)] | 1,4 | isolatiewaarde (10cm isolatie geeft een Rc van ± 2,5) | |
| c [J/(kg*k)] | 4190 | warmte coëfficiënt | |
| D uitw.[m] | 2,25 | uitwendige diameter tank | |
| h [m] | 5,5 | hoogte tank | |
| A [m ²] | 38,87721 | oppervlakte tankwand | |
| delta T1 | 18 | temp. verschil procestemp. en omgevingstemp. | |
| delta T2 | 24 | temp. verschil procestemp. en temp. Inkomend water | |

| | |
|------------|------|
| personen | 79 |
| l/pers/dag | 13,7 |

| | | | | | |
|-------------|---|---------------------------|---|---------------------|----------------|
| Ptot [W] | = | Pverlies | + | Popwarmen | |
| 2239,382613 | = | 979,705669 | + | 1259,677 | |
| Pverlies | = | u [W/(m ² *k)] | * | A [m ²] | * delta T1 [K] |
| 979,705669 | = | 1,4 | * | 38,87721 | * 18 |
| Popwarmen | = | Q [l/sec.] | * | c [J/(kg*k)] | * delta T2 [K] |
| 1259,676944 | = | 0,01252662 | * | 4190 | * 24 |

Ptot [kW]
2,24

| | |
|-------|---------|
| 53,75 | kWh/dag |
|-------|---------|

BIJ 1200 PERSONEN

| | | | |
|---------------------------|----------|---|----------------------|
| To [°C] | 17 | omgevingstemperatuur | winter -2 / zomer 24 |
| Tp [°C] | 35 | procestemperatuur | |
| Ti [°C] | 11 | Temperatuur inkomend water | |
| Q [l/sec.] | 0,190278 | volumestroom | |
| u [W/(m ² *k)] | 1,4 | isolatiewaarde (10cm isolatie geeft een Rc van +/- 2,5) | |
| c [J/(kg*k)] | 4190 | warmte coëfficiënt. | |
| D uitw.[m] | 2,25 | uitwendige diameter tank | |
| h [m] | 5,5 | hoogte tank | |
| A [m ²] | 38,87721 | oppervlakte tankwand | |
| delta T1 | 18 | temp. verschil procestemp. en omgevingstemp | |
| delta T2 | 24 | temp. verschil procestemp. en temp. inkomend water | |

| | |
|------------|------|
| personen | 1200 |
| l/pers/dag | 13,7 |

| | | | | |
|-----------|---|------------|---|-----------|
| Ptot [W] | = | Pverlies | + | Popwarmen |
| 20114,039 | = | 979,705669 | + | 19134,33 |

| | | | | | | |
|------------|---|---------------------------|---|---------------------|---|--------------|
| Pverlies | = | u [W/(m ² *k)] | * | A [m ²] | * | delta T1 [K] |
| 979,705669 | = | 1,4 | * | 38,87721 | * | 18 |

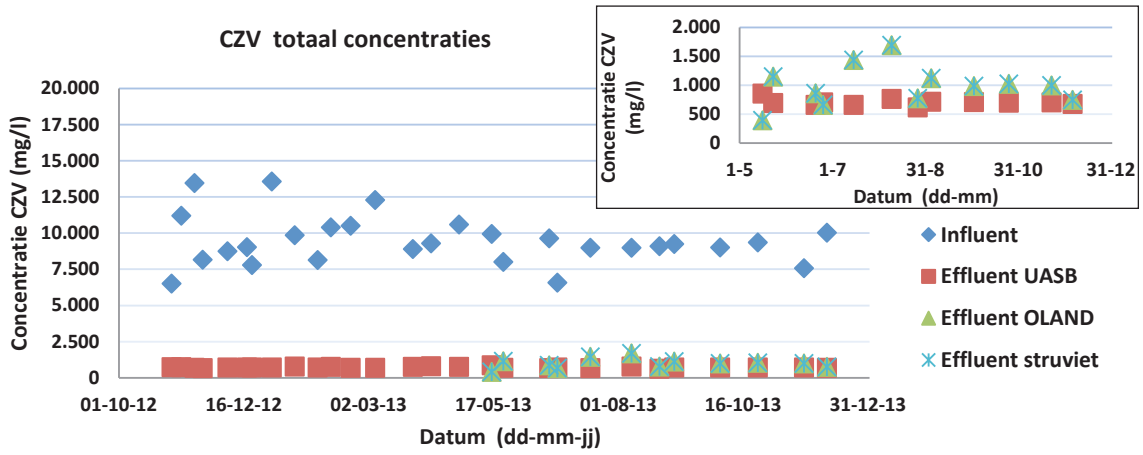
| | | | | | | |
|-------------|---|------------|---|--------------|---|--------------|
| Popwarmen | = | Q [l/sec.] | * | c [J/(kg*k)] | * | delta T2 [K] |
| 19134,33333 | = | 0,19027778 | * | 4190 | * | 24 |

| |
|-----------|
| Ptot [kW] |
| 20,11 |

| | |
|--------|---------|
| 482,74 | kWh/dag |
|--------|---------|

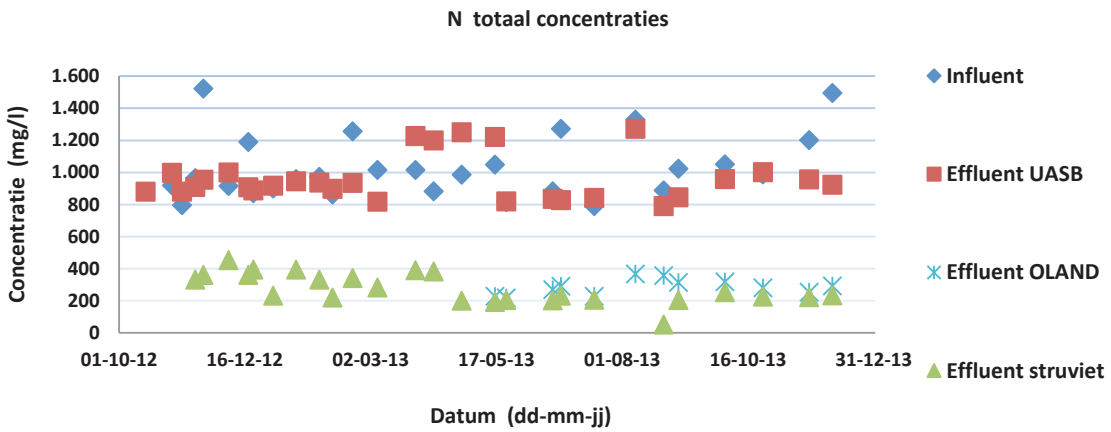
8.6 ACHTERGRONDINFORMATIE EN RESULTATEN BEHANDELINGSYSTEEM

FIGUUR 1



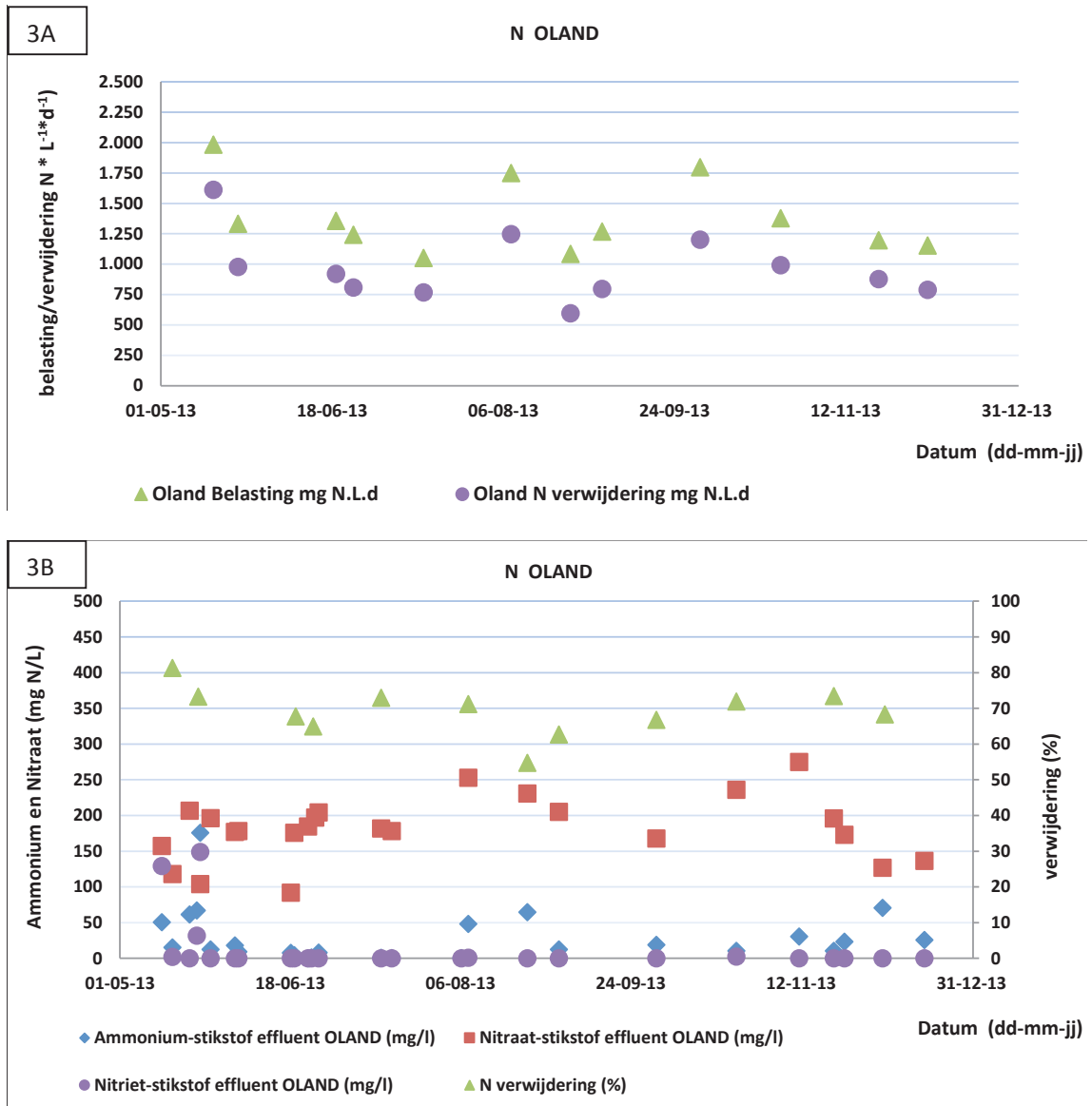
FIGUUR 2

STIKSTOFCONCENTRATIES NA VERSCHILLENDE VERWERKINGSSTAPPEN.

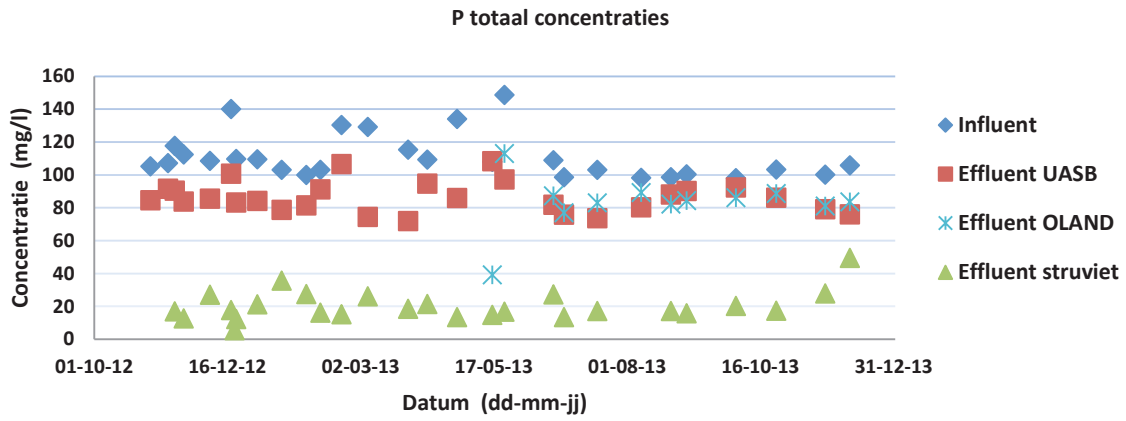


EFFECTIVITEIT SYSTEEM

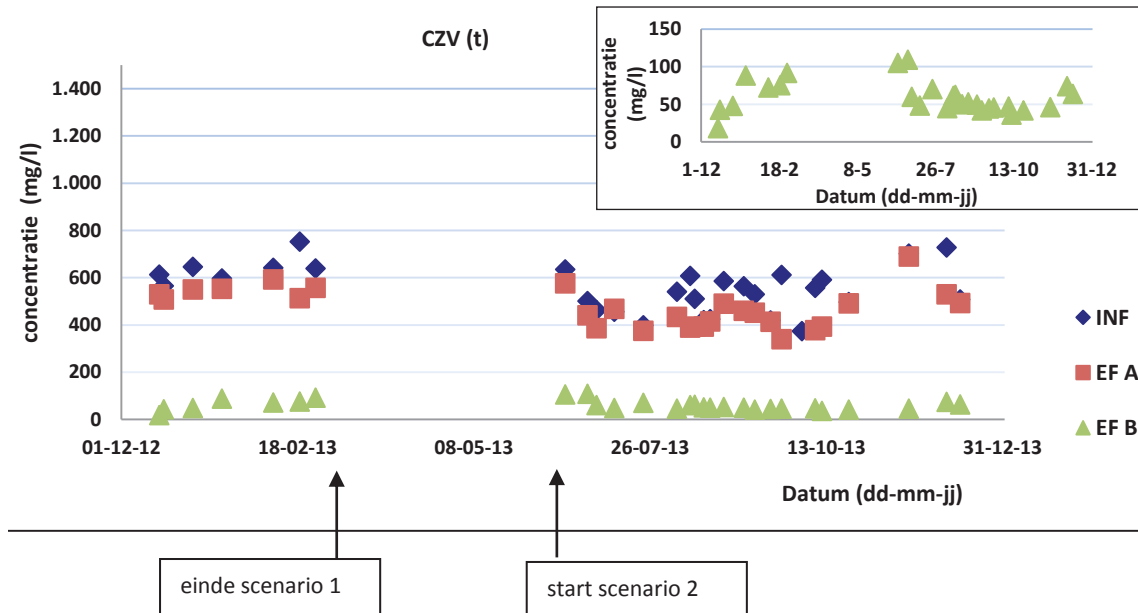
FIGUUR 3A/B STIKSTOF BELASTING EN -VERWIJDERING (A) EN CONCENTRATIES AMMONIUM, NITRIET EN NITRAAT IN HET OLAND EFFLUENT EN STIKSTOF VERWIJDERING (%).



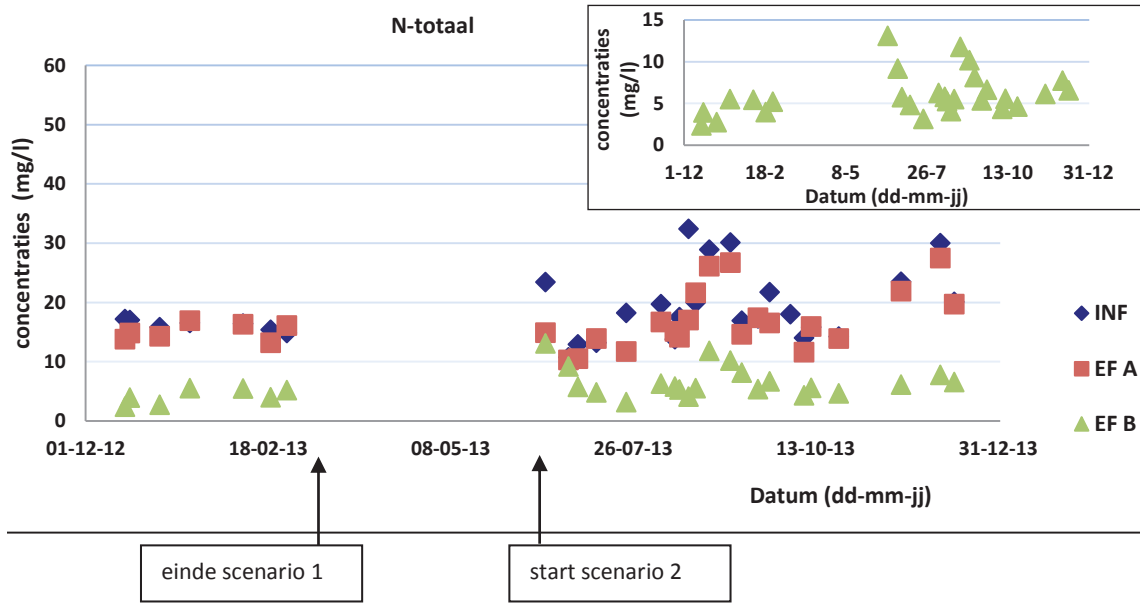
FIGUUR 4 FOSFORCONCENTRATIES NA VERSCHILLENDE VERWERKINGSSTAPPEN.



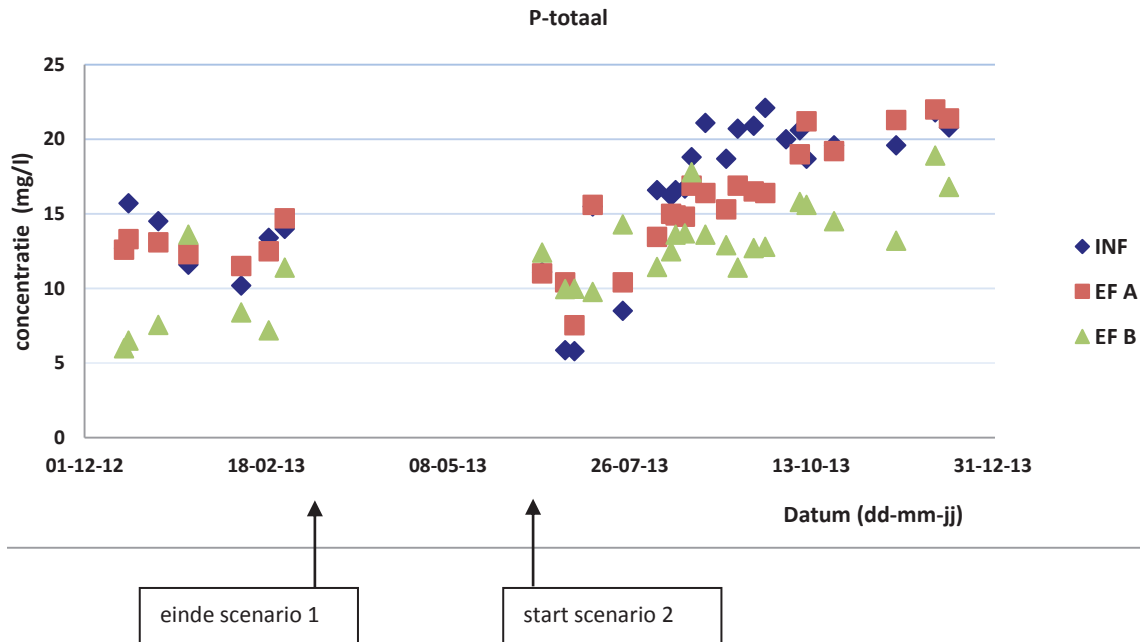
FIGUUR 5 CONCENTRATIES ORGANISCH MATERIAAL GEMETEN OP VERSCHILLENDE PUNTEN BINNEN HET GRIJSWATERVERWERKINGSSYSTEEM. DE CZV_T METINGEN AAN HET EFFLUENT VAN DE B-TRAP STAAN UITGELICHT IN DE GRAFIEK RECHTSBOVEN.



FIGUUR 6 CONCENTRATIE STIKSTOF GEMETEN OP VERSCHILLENDE PUNTEN BINNEN HET GRIJSWATERVERWERKINGSSYSTEEM. DE N_r METINGEN AAN HET EFFLUENT VAN DE B-TRAP STAAN UITGELICHT IN DE GRAFIEK RECHTSBOVEN.



FIGUUR 7 CONCENTRATIE FOSFAAT GEMETEN OP VERSCHILLENDE PUNTEN BINNEN HET GRIJSWATERVERWERKINGSSYSTEEM.



TABEL 3 OPERATIONELE PARAMETERS VOOR DE ANAEROBE VERGISTING VAN ZWARTWATER (INCL GROEN WATERI) IN DE UASB.

| Parameter | Eenheid | |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Temperatuur | °C | 35 (s.d. 0,4)* |
| Volume | m ³ | 37 |
| Gemiddeld Debiet | l.d ⁻¹ | 1084 |
| HRT | d | 34 |
| Organische reactor belasting | kgCZV.m ³ .d ⁻¹ | 0,3 |
| Opstroomsnelheid | m.d ⁻¹ | 0,16 |
| Gassnelheid | m.d ⁻¹ | 0,69 |

* s.d. = standaard deviatie

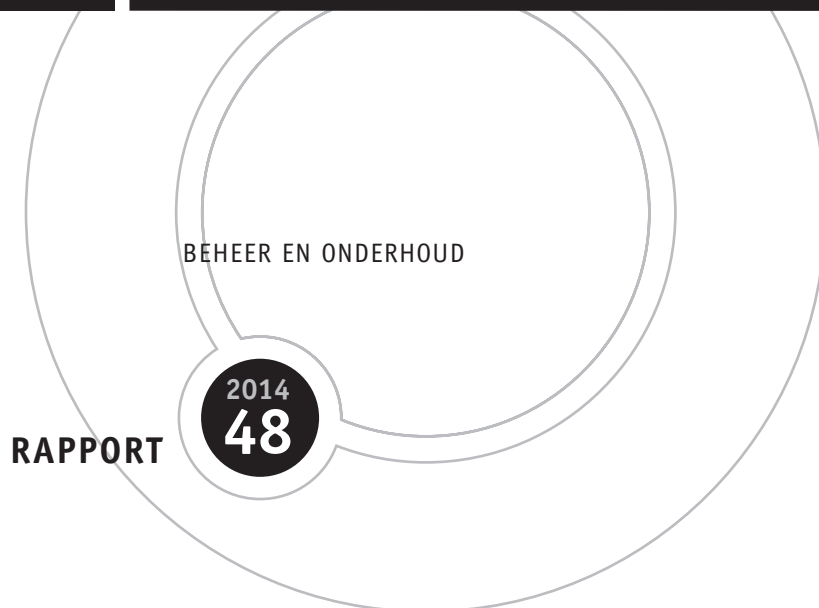
TABEL 4 OPERATIONELE PARAMETERS VAN HET OLAND PROCES.

| OLAND reactor | Eenheid | |
|-----------------------------|---|------|
| Temperatuur | °C | 31,2 |
| pH | - | 7,5 |
| O ₂ concentratie | mgO ₂ l ⁻¹ | 0,31 |
| Vloeibaar volume | m ³ | 3,2 |
| Stikstof belasting | gN _t .l ⁻¹ .d ⁻¹ | 0,35 |

TABEL 5 OPERATIONELE PARAMETERS VOOR DE VERWERKING MIDDELS HET AB-PROCES IN SCENARIO 1 EN SCENARIO 2.

| Reactor | Eenheid | A-trap | | B-trap | |
|-----------------------------|--|------------|------------|------------|------------|
| | | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 1 | Scenario 2 |
| Volume | m ³ | 0,2 | 0,2 | 2,25 | 2,25 |
| HRT | Uur | 0,88 | 0,73 | 9,86 | 8,16 |
| SRT* | Dag | - | - | - | - |
| O ₂ concentratie | mg O ₂ l ⁻¹ | 1,3 | 1,6 | 1,2 | 2,5 |
| MLSS | g.l ⁻¹ | 1,9 | 4,1 | 3,0 | 4,1 |
| Slibgroei* | g MLSS g CZV ⁻¹ | - | - | 0,057 | 0,104 |
| Belasting | g CZV g MLSS ⁻¹ d ⁻¹ | 8,37 | 5,7 | 0,47 | 0,38 |
| Volume nabezinktank | m ³ | 5,7 | 5,7 | 7,4 | 7,4 |
| HRT nabezinktank | Uur | 24,97 | 20,67 | 32,41 | 26,84 |

* niet te meten/berekenen



ISBN 978.90.5773.669.8



BEHEER EN ONDERHOUD

INHOUD

| | | |
|----------|--|------------|
| | SAMENVATTING | 137 |
| 1 | INLEIDING | 139 |
| | 1.1 Aanleiding | 139 |
| | 1.2 Afbakening | 139 |
| | 1.3 Doelstelling | 140 |
| 2 | TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN HET INZAMELINGS-, TRANSPORT-, EN VERWERKINGSSYSTEEM | 141 |
| | 2.1 Systeemgrenzen en organisatiestructuur | 141 |
| | 2.2 Inpandige voorzieningen | 144 |
| | 2.2.1 Vacuümtoilet | 144 |
| | 2.2.2 Voedselrestenvermaler | 144 |
| | 2.2.3 Transportsysteem binnen de woning | 144 |
| | 2.3 Onderdelen in het openbaar gebied | 145 |
| | 2.4 Verwerkingssysteem | 147 |
| | 2.4.1 Anaërobe vergisting van zwartwater | 147 |
| | 2.4.2 Biologische stikstofverwijdering | 148 |
| | 2.4.3 Chemische fosfaat- en stikstofverwijdering | 148 |
| | 2.4.4 AB-proces | 149 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 3 | BEHEER EN ONDERHOUD | 150 |
| 3.1 | Algemeen | 150 |
| 3.2 | Aandachtspunten ten opzichte van een conventioneel rioleringsysteem | 150 |
| 3.2.1 | Communicatie met bewoners | 150 |
| 3.2.2 | Inzamelingsysteem binnen de woningen en perceelsgrens | 151 |
| 3.2.3 | Transportsysteem in de wijk | 152 |
| 3.2.4 | Verwerkingsysteem | 153 |
| 3.3 | Regulier beheer en onderhoud systeem Waterschoon | 153 |
| 3.3.1 | Woningen en perceel | 153 |
| 3.3.2 | Openbaar gebied | 154 |
| 3.3.3 | Verwerkingsysteem | 155 |
| | | |
| 4 | OPSCHALING EN VERGELIJKING MET CONVENTIONEEL SYSTEEM | 158 |
| 4.1 | Woningen en perceel | 158 |
| 4.2 | Openbaar gebied | 158 |
| 4.3 | Verwerkingsysteem | 159 |
| | | |
| 5 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 162 |
| 5.1 | conclusies | 162 |
| 5.2 | Aanbevelingen | 162 |
| | | |
| | BIJLAGE | |
| | Storingoverzicht periode 1 januari - 31 december 2013 | 164 |

SAMENVATTING

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.

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, zou dat mogelijk kunnen resulteren in verstoppingen in het leidingstelsel en/of problemen in het zuiveringssysteem alhoewel zich dit in de gehele projectperiode niet heeft voorgedaan. Dit beeld wordt bevestigd door langetermijn ervaringen bij andere projecten;
- 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 zijn de bewoners niet geattendeerd op bovenstaande aspecten en daarmee is ook niet bekend in hoeverre dit al dan niet plaatsvindt. Wel kan vermeld worden dat er zich geen negatieve effecten hebben voorgedaan die mogelijk door voornoemde zaken veroorzaakt werden.;
- ook 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, is niet geschikt om te vermaler. Door deze vooraf in kleinere stukken te maken kunnen ook deze materialen vermalen worden.;
- geadviseerd wordt zo weinig mogelijk water te gebruiken bij het gebruik van de vermaler om verdunning van de stroom zwartwater/GF tegen te gaan. De consequentie is een hoger energieverbruik opdat het zwartwater opgewarmd dient te worden en een lagere concentratie aan vervuiling.

Geconstateerd is dat projectontwikkelaars, architecten, installateurs en monteurs slechts zeer beperkte ervaring hebben met het ontwerp en aanleg van vacuümsystemen. 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

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 verschillende technische storingen geweest die alle het gevolg bleken van fouten bij de aanleg. Door structurele aanpassingen in het systeem zijn de tekortkomingen verholpen. Alle kritische onderdelen van het systeem zijn dubbel uitgevoerd, zodat bij storing de functionaliteit gewaarborgd is.

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 meer vacuümsystemen zijn aangesloten (en daarmee meer mechanische apparatuur) en ook dat dan vaker slib zal moeten worden afgevoerd.

Er is berekend dat in een reguliere bedrijfsvoeringssituatie is beheer op MBO+ niveau nodig is 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).

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

In de twintigste eeuw werd aangenomen dat een gecentraliseerde aanpak het meest geschikt is voor de verwerking van huishoudelijk afvalwater. Grote gecentraliseerde systemen zouden het meest betrouwbaar zijn, het eenvoudigst te beheren en relatief goedkoop zijn per inwoner (Chanan et al., 2013). Vandaag de dag neemt de vraag naar hernieuwbare energiebronnen toe en daarmee de belangstelling voor nieuwe innovatieve sanitatieconcepten, gebaseerd op de scheiding van afvalwaterstromen op wijk/gebouw niveau en hun 'op maat' behandeling.

Het streven naar 'Cradle to Cradle' met de sluiting van kringlopen is daarbij een belangrijk uitgangspunt. Afvalwater wordt niet langer beschouwd als afval, maar als grondstof en een waardevolle bron van nutriënten, energie en water. Diverse concepten, geschaard onder de term Nieuwe Sanitatie, zijn gebaseerd op dit principe. Elk is gericht op het behalen van een optimaal rendement uit de energetische waarde van reststromen, het terugwinnen van nutriënten met behoud van (milieu)hygiënische functie.

Dergelijke systemen die uitgaan van kringloopsluiting maken vaak gebruik van scheiding aan de bron. Hierbij wordt afvalwater gescheiden ingezameld opdat terug te winnen grondstoffen geconcentreerd blijven en daarmee de mogelijkheid tot terugwinnen wordt vergroot. Dergelijke systemen zijn tot op heden enkel op relatief kleine schaal toegepast. Dit wil echter niet zeggen dat het niet mogelijk is om dergelijke systemen die uitgaan van scheiding aan de bron niet grootschalig, gecentraliseerd toegepast zouden kunnen worden.

In onderhavige rapportage wordt ingegaan op de evaluatie van het beheer en onderhoud van het decentrale systeem zoals dat in Sneek is gerealiseerd. Het is belangrijk om te realiseren dat de zuiveringsinstallatie in 2008 met de tot dan toe beschikbare kennis en ervaring is ontworpen op basis van de uiteindelijke situatie waarin de zuiveringsinstallatie geschikt moest zijn voor 232 woningen, circa 550 personen. Het is echter berekend aan de hand van de behaalde resultaten van het systeem te Noorderhoek en andere referentiesystemen dat het systeem afvalwater tot 1200 personen kan behandelen. Echter, doordat er nu maar 62 huishoudens (79 personen inclusief zorgpersoneel) zijn aangesloten is de volledige zuiveringsinstallatie met een factor 15 keer overgedimensioneerd.

1.2 AFBAKENING

Onder beheer en onderhoud van het decentrale systeem wordt *beheer en onderhoud van het geheel van inzameling, transport en behandeling van huishoudelijk afvalwater en GF-afval* verstaan. Dit omvat ook de energiewinninginstallatie, bestaande uit de vergistinginstallatie en de terugwinning van thermische energie uit grijswater. Hieronder vallen niet de componenten gerelateerd aan de WKO en het verwarmingssysteem in de woningen. Naast deze rapportage zijn er omtrent project Noorderhoek meerdere rapportages vervaardigd waar onder andere ingegaan wordt op de financieel economische analyse, duurzaamheid en prestaties van het zuiveringssysteem. Weliswaar zullen bepaalde facetten ook in deze rapportage terugkeren,

waaronder financiën, maar hoofdzakelijk zullen deze aspecten geëvalueerd worden in voornoemde rapportages.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- a het operationele beheer en onderhoud
- b de evaluatie hiervan.

Doel operationele beheer:

Het decentrale systeem wordt door de verschillende partijen beheerd op een dusdanige manier dat het onderzoek aan de installatie gedurende de onderzoeksperiode mogelijk is en blijft.

Het gaat hierbij om het beheer en onderhoud van:

- 1 inpanidige voorzieningen door Woningstichting De Wieren
- 2 vacuümleidingen en pompen door de Gemeente SWF
- 3 behandeling- en energiewinninginstallatie door DeSaH BV met instemming van en in samenwerking met Wetterskip Fryslân.

Hiertoe is er de werkgroep beheer en onderhoud gevormd waar bovengenoemde partijen in vertegenwoordigd zijn. Zij zorgen direct voor het operationele beheer en onderhoud van het decentrale systeem.

1.3 DOELSTELLING

Beoordelen welke inzet voor beheer en onderhoud binnen dit project wordt geleverd t.o.v. reguliere systemen. Hieronder wordt verstaan het beheer en onderhoud van

- 1 de componenten in de woning (toilet en de vermaler)
- 2 de onderdelen in het openbaar gebied
- 3 de behandeling- en energiewinninginstallatie.

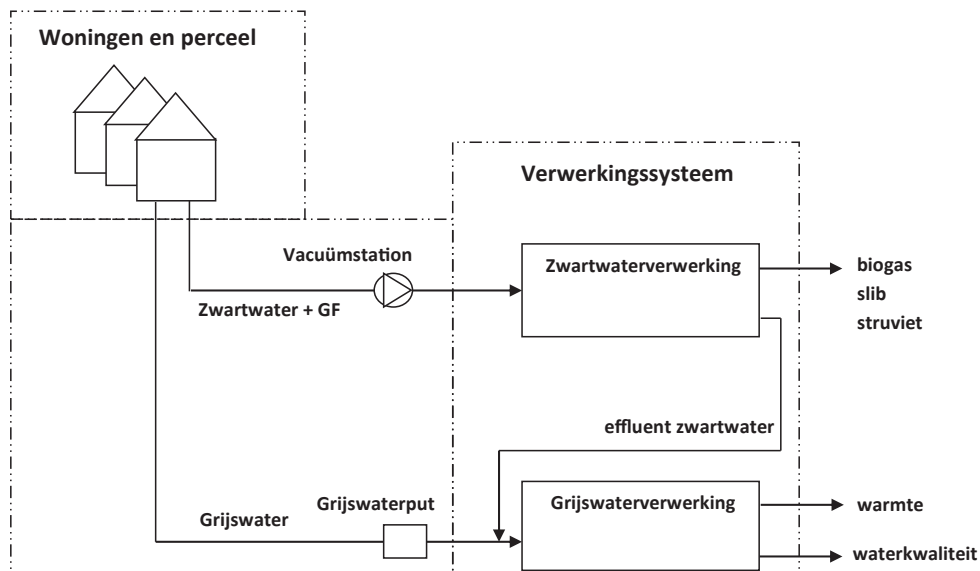
2

TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN HET INZAMELINGS-, TRANSPORT-, EN VERWERKINGSSYSTEEM

2.1 SYSTEEMGRENZEN EN ORGANISATIESTRUCTUUR

In Figuur 1 wordt de afbakening van het project op organisatorisch vlak schematisch weergegeven. Voor betrokken partijen is het van belang dat het helder is waar een ieders verantwoordelijkheid ligt en waar deze ophoudt. Met name op de overnamepunten kunnen hier anders gemakkelijk onduidelijkheden over ontstaan. Binnen het project Waterschoon worden drie gebieden van verantwoordelijkheid onderscheiden:

- 1 woningen en perceel;
- 2 openbaar gebied;
- 3 verwerkingssysteem.



Ad 1. Hierbinnen ligt het beheer en onderhoud van de voorzieningen in de woningen tot en met de perceelsgrens. Hierbinnen vallen volgende vacuümmonderdelen; toilet, voedselres-tenvermaler en leidingen in de woningen. De woningeigenaar, Woningstichting de Wieren draagt hiervoor de verantwoordelijkheid.

Ad 2. Hiervoor ligt de verantwoordelijkheid bij de gemeente Súdwest Fryslân. Het vacuüm wordt opgewekt vanuit het vacuümstation. Zij hebben een onderhoudscontract voor wat

betreft het vacuümstation, het daaraan gekoppelde geurfilter en de grijswaterput met een derde partij.

Ad 3. Formeel is Woningstichting de Wieren eigenaar van het verwerkingssysteem. Zij hebben een partij aangesteld die verantwoordelijk is voor het beheer en onderhoud van de onderdelen die de zuivering betreffen. In geval van storingen aan het zuiveringssysteem heeft de beheerder ook toegang tot het vacuümstation.

De evaluatie van het beheer en onderhoud houdt rekening met de benodigde inspanning en de gevolgen van de gescheiden inzameling op huishoudniveau, in het openbaar gebied en in het verwerkingssysteem.

Ten behoeve van een juiste afwikkeling in geval van een klacht of storing is er een overzicht opgesteld (Tabel 1). Hierin staat aangeven welke partij het eerste aanspreekpunt. En welke vervolgstappen zij moeten ondernemen indien zij de storing niet zelf kunnen verhelpen.

Met betrekking tot het beheer en onderhoud uitbesteedt van de onderdelen in de woningen heeft Woningstichting de Wieren aan Installatiebedrijf Otte. De gemeente Súdwest Fryslân heeft het beheer en onderhoud grotendeels uitbesteedt aan Landustrie.

TABEL 1 OVERZICHT MOGELIJKE STORINGEN EN CONTACTGEGEVENS AANSPREEKPUNT

Contactgegevens service en onderhoud tbv project Waterschoon, 32 appartementen Lutzen Wagenaarstraat

| Klacht/storing | Onderdeel | eigenaar | eerste aanspreekpunt | oorzaak storing/actie | contact |
|--|-------------------------|----------------|----------------------------|---|--|
| 1. het toilet wil niet doorspoelen | → Vacuümtoilet | → de Wieren | → Installatiebedrijf Otte | → geen vacuüm op gehele leidingsysteem defect aan toilet | → Landstrie bellen → Otte |
| 2. de voedselvermaler werkt niet | → Voedselvermaler | → de Wieren | → Installatiebedrijf Otte | → geen vacuüm op gehele leidingsysteem defect aan voedselvermaler | → Landstrie bellen → Otte |
| 3. de verwarming doet het niet | → Verwarming | → de Wieren | → Feenstra Verwarming | → defect terreinleiding | → De Waard bellen |
| 4. er is geen warm water | → warm tapwater | → de Wieren | → Feenstra Verwarming | → geen warmte/koude aanvoer defect terreinleiding | → Feenstra bellen → De Waard bellen |
| 5. er is geen vacuüm op de riolering | → Vacuümpomp | → gemeente SWF | → Landstrie (afd. Service) | → geen spanning defect aan vacuümstation | → Liander bellen → Landstrie |
| 6. er is een storing aan de grijswaterput | → Grijswaterput | → gemeente SWF | → Landstrie (afd. Service) | → water kortsluiten naar riool defect aan grijswaterput | → DeSaH bellen → Landstrie |
| 7. er is een storing aan het persgemaal | → Persgemaal | → gemeente SWF | → Landstrie (afd. Service) | → defect aan persgemaal | → Landstrie |
| 8. er is een storing aan de zuivering | → Zuiveringsinstallatie | → de Wieren | → DeSaH | → defect gasafname defect warmtevoorziening storing warmteafname storing ADSL-modem | → Feenstra bellen → Feenstra bellen → Feenstra bellen → Feenstra bellen |
| 9. er is een storing aan de biogasketel | → CV-ketel op biogas | → de Wieren | → Feenstra Verwarming | → defect/stopzetten aanvoer zwartwater defect/stopzetten aanvoer grijswater problemen afvoer(ert) | → Landstrie bellen → Landstrie bellen → Landstrie bellen |
| 10. er is een probleem met de terreinleidingen - verwarming - riolering (grijs en zwart) | → Terreinleidingen | → de Wieren | → De Waard | → afsluiten warm/koudwaterleiding afsluiten vacuümleiding | → Feenstra bellen → DeSaH bellen |
| | | → gemeente SWF | → De Waard | → langdurige storing CV-ketel afsluiten aanvoer biogas | → DeSaH bellen → DeSaH bellen |
| | | | | → afsluiten grijswaterleiding afsluiten regenwaterleiding | → DeSaH bellen → DeSaH bellen |

NB. Contactpersonen en gegevens zijn weggelaten

2.2 INPANDIGE VOORZIENINGEN

2.2.1 VACUÛMTOILET

Elk appartement binnen het project Waterschoon is voorzien van een vacuümtoilet (Figuur 2). Door toepassing van dergelijke toiletten kan een aanzienlijke waterbesparing worden gerealiseerd doordat deze toiletten slechts ca. 1 liter water en een grote hoeveelheid lucht per spoelbeurt gebruiken. Bovendien wordt hierdoor een geconcentreerde zwartwaterstroom verkregen. Dit is wenselijk voor een optimale verwerking van zwartwater middels anaërobe vergisting. In het vacuümtoilet zit een klep die open en dicht gaat tijdens de spoeling. Het vacuümsysteem gebruikt lucht in plaats van water als medium om de inhoud van het toilet te transporteren. De leiding achter het vacuümtoilet staat onder vacuüm waardoor er bij opening van de pneumatische klep spoelwater en een grote hoeveelheid lucht het vacuümstelsel ingezogen worden. Bij sommige type vacuümtoiletten is er geen sprake meer van een spoelrand (waar normaal gesproken water uitkomt), maar van een enkele sproeier (zogenaamde ‘nozzle flushing’).

FIGUUR 2

VACUÛMTOILET



2.2.2 VOEDSELRESTENVERMALER

Tezamen met het zwartwater wordt ook vermalen groente en fruitafval (GF-afval) ingezameld met het vacuümsysteem. De keuken in elk appartement is voorzien van een dubbele gootsteen met draaibare kraan voor de watervoorziening. Onder één gootsteen is een voedselrestenvermaler geïnstalleerd. Deze voedselrestenvermaler is aangesloten op het vacuümsysteem via een pneumatische klep en een aansturingkastje. Ten behoeve van het transport en het schoonhouden van de vermaler dient er aan het GF-afval een zeer beperkte hoeveelheid water te worden toegevoegd. Als de klep wordt geopend wordt het vermalen GF-afval in het vacuumriool gezogen. Daarna sluit de klep weer. Het GF-afval en zwartwater worden gezamenlijk naar het vacuumstation gezogen. In het woon-zorgcomplex is tevens een voedselrestenvermaler geïnstalleerd. Deze is onderdeel van de spoelkeuken waardoor de afvalresten zonder veel logistieke handelingen verwerkt kunnen worden. Het betreft een groter model voedselrestenvermaler dan is toegepast in de woningen aangezien deze grotere hoeveelheden voedselresten moet kunnen verwerken.

2.2.3 TRANSPORTSISTEEM BINNEN DE WONING

Het transportsysteem van de woning omvat al het leidingwerk binnen de appartementencomplexen en het leidingwerk tot de perceelsgrens. Deze leidingen (stamleiding) zijn via een ‘huisafsluiting’ aangesloten op het rioleringswerk in het openbaar gebied.

Toepassing van een vacuümsysteem heeft een aantal voordelen¹ ten opzichte van conventionele spoeltoiletten en riolering, namelijk:

- *waterbesparing*; door een verminderd waterverbruik tijdens de spoeling wordt er niet enkel water bespaard, maar ook blijft de ontlasting geconcentreerd. Dit is wenselijk voor een optimale verwerking van zwartwater middels anaërobe vergisting.
- *ruimtebesparing*; de af te voeren volumes spoelwater met ontlasting zijn minder groot waardoor leidingwerk met een kleinere buisdiameter gebruikt wordt;
- *flexibel transport*; het transport is niet gebonden aan de zwaartekracht en dus is er meer vrijheid in het leidingverloop.

In Tabel 2 zijn de onderdelen van het vacuümsysteem binnen de appartementencomplexen, het verzorgingstehuis en het perceel weergegeven.

TABEL 2

ONDERDELEN INZAMELINGSSYSTEEM BINNEN APPARTEMENTENCOMPLEXEN EN HET VERZORGINGSTEHUIS.

| Onderdeel | Eigenschappen | Aantal |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------|
| Vacuümtoilet | Appartementen | 1 per appartement |
| | Verzorgingstehuis | 1 per kamer |
| | Verzorgingstehuis | Algemeen |
| Voedselrestenvermalder | Appartementen | 1 per appartement |
| | Verzorgingstehuis | 1 in centrale keuken |
| Vacuümleidingwerk | 63mm druk PVC, 1,0 MPa | |
| Grijswaterleidingwerk (gravitair) | 125mm PVC | |

2.3 ONDERDELEN IN HET OPENBAAR GEBIED

De onderdelen van het systeem in het openbaar gebied zijn: de riolering in de wijk, de afsluiters van de appartementencomplexen, het vacuümstation, het geurfilter en de grijswater(buffer) put. Het hemelwater wordt afgekoppeld en valt buiten het blikveld van deze evaluatie.

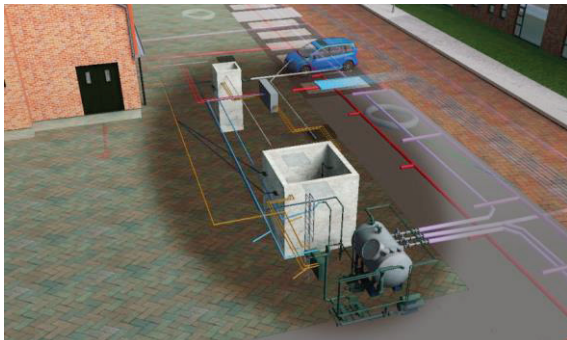
De vacuümtoiletten en de voedselrestenvermalers zijn aangesloten op vacuümriolering. De vacuümriolering is aangelegd volgens een zaagtandprofiel. Hiervoor is leidingwerk van HDPE met een diameter van 90 mm toegepast. Op een centraal punt is het vacuümstation opgesteld in een ondergrondse put (Figuur 3). Het vacuümstation omvat een vacuüm(buffer)tank, 2 vacuümpompen, 2 afvoerpompen en sensoren voor druk en niveau. De vacuümpompen voorzien het gehele systeem van onderdruk (ca. 0,4 -0,5 bar). De inhoud van de vacuümtank wordt periodiek in beweging gehouden om bezinking te voorkomen. Hiervoor zijn de afvoerpompen voorzien van een by-passleiding waardoor circa 90% van het totale debiet retour stroomt in de vacuümtank. Bij een groter aantal woningen dat is aangesloten op het vacuümstation kan het recirculatiepercentage aanzienlijk verminderd worden terwijl er afdoende turbulentie aanwezig is om bezinking tegen te gaan. Dit zal een positief effect hebben op het energieverbruik². Deze zelfde afvoerpomp transporteert het zwartwater (incl. GF-afval) naar het verwerkingssysteem. Voor de behandeling van lucht die vrijkomt uit het vacuümstation is een geurfilter voorzien.

¹ www.quavac.com

² Zie deelrapportage "energie" voor meer gedetailleerde informatie

FIGUUR 3

REALISTISCHE WEERGAVE VAN BUFFERPUTTEN VOOR GRIJS- EN ZWARTWATER BINNEN HET WATERSCHOON PROJECT.



Grijswater wordt, gescheiden van zwartwater, getransporteerd via conventioneel gravitair riool. Hiervoor zijn buisdiameters van 250mm toegepast. Het grijswaterriool is ontworpen op basis van de uitgangspunten voor reguliere riolering waarbij er geen rekening is gehouden met de hogere temperatuur van het grijswater en de aanzienlijk lagere hoeveelheid zwevende delen ten opzichte van rioolwater. Dit zou mogelijk geresulteerd hebben in een aanzienlijk kleinere diameter en mogelijk ook een ander verhang en/of inbouwdiepte. In volgende projecten zou het ontwerp van de riolering, zowel zwart als grijs, specifieke aandacht behoeven. De afvoer vanuit de centrale keuken van het verzorgingstehuis loopt via een vetvangput. Hierop is enkel het gravitair riool aangesloten vanuit het verzorgingstehuis en niet de voedselrestenvermaler uit de centrale keuken.

Het gravitaire grijswaterriool is aangesloten op een grijswater(buffer)put welke op een centraal punt is opgesteld (Figuur 3). De put zorgt voor afdoende opslag waardoor er een continue voeding richting het verwerkingsysteem kan worden gerealiseerd. Door het lage aantal aangesloten woningen is de verblijftijd in de put erg lang, meerdere dagen, dit heeft afkoeling van het grijswater tot gevolg. Om bezinking van gesuspendeerde delen in het grijswater tegen te gaan is een mixer voorzien in de grijswaterput. Deze staat periodiek aan.

De onderdelen van het transportsysteem in het openbaar gebied zijn samengevat weergegeven in Tabel 3.

TABEL 3

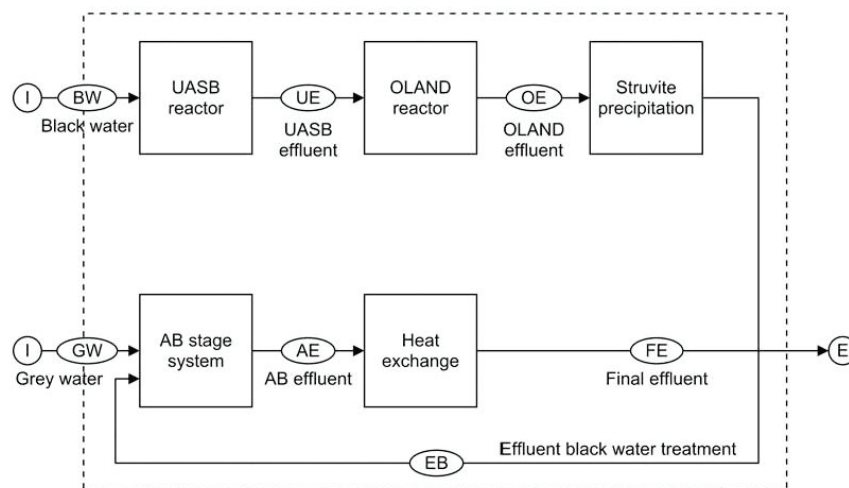
ONDERDELEN TRANSPORTSISTEEM OPENBAAR GEBIED.

| Onderdeel | | Eigenschappen | Aantal |
|------------------------------|---|-----------------------------|--------|
| Afluiters huisaansluiting | Appartementen | 1 per appartementenblok | 2 st |
| | Verzorgingstehuis | 1 voor gehele tehuis | 1 st |
| Lengte riolering | | | |
| Vacuümleidingwerk in de wijk | 90 mm HDPE, klasse 10 bar, SDR 17 | | |
| Grijswaterriool | 250mm PVC | | |
| Vacuümstation | Ondergrondse put (ca. 35 m ³) met daarin vacuümpompen (dubbel uitgevoerd) + vacuümtank (4,5 m ³) + versnijdende opvoerpompen (dubbel uitgevoerd), drukopnemer en niveaumeting | | |
| Grijswaterput | Ondergrondse put (ca. 10m ³) met daarin 2 hydraulische afvoerpompen en een mixer | | |
| Vetvangput | | na keuken verzorgingstehuis | 1 st |

2.4 VERWERKINGSSYSTEEM

Het verwerkingsysteem binnen het project Waterschoon verwerkt 3 huishoudelijke reststromen, namelijk zwartwater (afkomstig uit het toilet), grijswater (afkomstig van douche, wasmachine etc.) en groenwater (vermalen GF-afval). Het zwartwater en groenwater wordt gezamenlijk onder vacuüm ingezameld en verwerkt. Het verwerkingsysteem bestaat uit een combinatie van verschillende technologieën. Figuur 4 geeft een overzicht van het proces flow diagram van de huidige staat van het verwerkingsysteem.

FIGUUR 4 OVERZICHT VAN DE PROCES FLOW DIAGRAM VAN HET HUIDIGE VERWERKINGSSYSTEEM.



Vanuit de vacuümtank wordt het geconcentreerde zwartwater, gezamenlijk met het GF-afval, rechtstreeks gevoed aan een UASB. Vanuit de grijswaterbufferput wordt het grijswater continu gevoed aan het A/B-systeem. Onderstaand zijn de verschillende technologieën beschreven die in het verwerkingsysteem worden toegepast.

2.4.1 ANAËROBE VERGISTING VAN ZWARTWATER

Anaërobe vergisting is een biologisch proces waarbij voornamelijk organisch materiaal (uitgedrukt in CZV of BZV) wordt verwijderd. Tijdens dit proces wordt een groot deel van het organisch materiaal in afwezigheid van zuurstof omgezet in biogas, met een belangrijk aandeel daarvan methaan (60-70% CH₄). Zwartwater bevat naast ammonium vooral organisch gebonden stikstof. Dit wordt omgezet in opgelost ammonium, maar wordt verder vrijwel niet verwijderd tijdens vergisting. Ook vanuit fosfaat-houdende verbindingen komt fosfaat vrij in oplossing. Een deel hiervan zal reageren met aanwezige metaalionen zoals calcium, magnesium en ijzer. Een drietal producten van anaërobe vergisting zijn: biogas, een vloeibare fractie rijk aan opgeloste nutriënten (stikstof en fosfaat) en slib (vaste fractie). Anaërobe vergisting van zwartwater kan in verschillende typen reactoren en onder verschillende omstandigheden worden uitgevoerd (nat/droog, enkel-/meervoudig, mesofiel/thermofiel, batch/continu, laag/hog belast). In het project Waterschoon wordt dit proces uitgevoerd in een Upflow Anaerobic Sludge Bed reactor (UASB), een systeem waarbinnen het scheiden van de vloeibare- en slibfractie continu plaatsvindt (Zeeman en Lettinga 1999). De efficiëntie van het vergistingsproces is afhankelijk van een aantal factoren waaronder de temperatuur, pH en toxiciteit (Mes et al. 2003) alsook de kenmerken en concentratie van de voeding en van de fluctuaties in de samenstelling en vracht. Bij lage temperaturen verloopt het proces langzamer, wat langere verblijftijden en grotere reactoren noodzakelijk maakt. Een optimaal verloop van het vergistingsproces wordt met name bepaald door: een constant aanbod van voedingsstoffen, de juiste verhouding (C/N) en in een gelimiteerde hoeveelheid (organische stofbelasting).

TABEL 4 ONDERDELEN VERGISTINGSINSTALLATIE.

| Onderdeel | Eigenschappen | Aantal |
|-------------------------|--|--------|
| Drukopnemer | meet gasdruk | 1 st |
| Niveauopnemer | Overstort registratie | 1 st |
| Actief koolvat | Verwijderd H ₂ S uit biogas | 1 st |
| H ₂ S-sensor | meet uitgaande H ₂ S concentratie | 1 st |
| Gasmeter | Meet biogasproductie | 1 st |

2.4.2 BIOLOGISCHE STIKSTOFVERWIJDERING

Voor het verwijderen van stikstof uit het effluent van de anaërobe vergisting is voor het OLAND-proces gekozen. OLAND staat voor Oxygen Limited Autotrophic Nitrification Denitrification (Kuai en Verstraete, 1998). Dit biologische proces verwijdert hoge concentraties ammonium uit stromen met een lage organische belasting. Een combinatie van aërobe en anaërobe ammoniumoxiderende bacteriën zet ammonium en nitriet direct om in onschadelijk stikstofgas (Mulder et al. 1995, van der Graaf et al. 1995) volgens onderstaande formules (vergelijking 1 en 2).

Aerobe nitrificatie: $\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ vergelijking 1

Anoxische Anammox: $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ vergelijking 2

TABEL 5 ONDERDELEN OLAND

| Onderdeel | Opmerkingen | Eigenschappen | Aantal |
|----------------|---|---------------------------|--------|
| Zuurstofsensor | | meet zuurstofconcentratie | 1 st |
| pH-sensor | | meet pH | 1 st |
| Loogdosering | Ten tijde van opstart benodigd | Doseervat + pomp | 1 st |
| Motor | Aandrijving van de RBC | | 1 st |
| Niveaumeter | | Overstortregistratie | 1 st |
| Slibretourpomp | Inclusief niveaumeter + overdruk beveiliging + droogloopbeveiliging | | 1 st |

2.4.3 CHEMISCHE FOSFAAT- EN STIKSTOFVERWIJDERING

Struvietprecipitatie wordt toegepast voor de terugwinning van nutriënten. Door toevoeging van magnesium vindt een natuurlijke neerslagreactie plaats waarbij struviet (magnesium-ammonium-fosfaat, MAP) wordt gevormd (Liu et al., 2011; vergelijking 3).

$\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ vergelijking 3

De precipitatie van struviet is afhankelijk van twee belangrijke hoofdfactoren, deze zijn de MG:N:P verhouding en de zuurtegraad van de oplossing (Yilmaz en Demirel, 2011). Een optimaal proces wordt bereikt bij een pH tussen 8,5 en 9,5 (Battistoni et al. 1997, Le Corre et al. 2009). Indien er een (te) hoge verwijdering van stikstof wordt gerealiseerd tijdens het voorgaande OLAND-proces, zou er voor de precipitatie van ammoniumstruviet een tekort aan ammonium kunnen ontstaan. Dit kan worden opgevangen, omdat er ook kalium beschikbaar is welke de plaats van ammonium in kan nemen in de structuur van struviet. Deze verschijningsvorm wordt dan kalium-struviet (magnesium-kalium-fosfaat) genoemd (Schuiling en Andrade, 1999).

In de reactor slaat vervolgens het onoplosbare struviet in de vorm van kristallen neer. Deze kristallen worden dan door bezinking van het water afgescheiden (Lehmkuhl 1990).

TABEL 6 ONDERDELEN STRUVIETREACTOR

| Onderdeel | Opmerkingen | Eigenschappen | Aantal |
|-------------------------|--|---|--------|
| Motor | | aandrijving mixer | 1 st |
| Elektrische toevoerklep | | | 1 st |
| Magnesiumdosering | Inclusief opslagvat + toevoerschroef + trilmotor + niveaumeter | Doseervat + pomp | 1 st |
| Elektrische afvoerklep | | | |
| Niveaopnemer | | Schakelt motor + toevoer/ afvoerklep en dosering | 1 st |

2.4.4 AB-PROCES

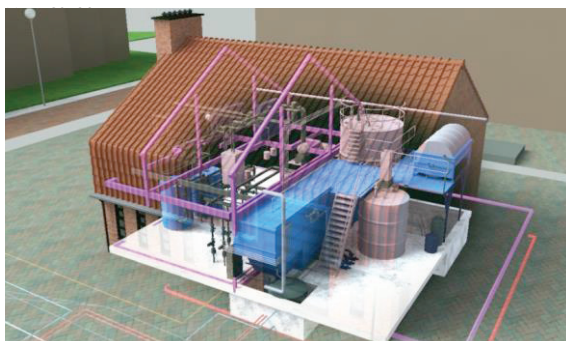
Voor grijswater wordt een aëroob verwerkingsproces in twee trappen toegepast. De eerste, de A-trap, is gebaseerd op een combinatie van bacterievlokvorming en snelle biosorptie van colloïdaal en gesuspendeerd materiaal aan slibvlokken. Daarnaast vindt ook opname van opgelost materiaal in het slib plaats (diffusie). De B-trap bestaat uit een actief-slib systeem, waarbij onder beluchte omstandigheden het resterende organisch materiaal aanzienlijk wordt verwijderd. Het aanwezige ammonium wordt omgezet naar nitriet en nitraat via nitrificatie.

TABEL 7 ONDERDELEN GRIJSWATERVERWERKING

| Onderdeel | Opmerkingen | Eigenschappen | Aantal |
|------------------|---|----------------------------|--------|
| Zuurstofsensoren | | meet zuurstofconcentratie | 2 st |
| Slibsensoren | | meet slibconcentratie | 2 st |
| Compressor | | Brengt zuurstof in systeem | 2 st |
| Niveaumeter | | Overstortregistratie | 2 st |
| Slibretourpomp | Inclusief niveaumeter + overdruk beveiliging + droogloopbeveiliging | | 2 st |

Door de verwezenlijking van het verwerkingsstelsel in de wijk zijn er op decentraal niveau twee energiebronnen voorhanden, biogas en restwarmte uit grijswater. Beide energiebronnen worden aangewend om hiermee gezamenlijk alle aangesloten huizen weer van warmte te voorzien. Hiervoor is er een warmtenet aangelegd waarop alle huizen zijn aangesloten.

FIGUUR 5 3D WEERGAVE VAN DE APPARATUUR VOOR DE DECENTRALE VERWERKINGSSYSTEEM BINNEN HET BEHANDELINGSGEBOUW VOOR PROJECT



3

BEHEER EN ONDERHOUD

In dit hoofdstuk wordt het beheer en onderhoud beschreven van het systeem zoals toegepast binnen project Waterschoon. Hierbij wordt ingegaan op de punten die verschillend zijn ten opzichte van een conventioneel systeem.

3.1 ALGEMEEN

In essentie is het systeem zoals toegepast binnen project Waterschoon niet anders dan een conventioneel afvalwatersysteem. Alleen zijn de woningen in het project Waterschoon aangesloten op een dubbel rioleringsstelsel, een gravitair grijswaterriool en een vacuümriolering voor de afvoer van zwartwater (incl. GF-afval). Het grijswaterriool kan worden beschouwd als een conventioneel rioolstelsel.

De systeemgrenzen en organisatiestructuur zoals beschreven in paragraaf 2.1 zijn gelijk aan de huidige structuur bij een conventioneel systeem. De verantwoordelijkheden van de betrokken partijen zijn daarom ongewijzigd. Het project vergt echter wel een actieve samenwerking waarbij een eenduidig coördinerende partij van belang is.

Ook zijn er geen wezenlijke verschillen ten aanzien van het regulier beheer. Wel dienen installateurs en/of serviceafdelingen gedegen kennis op het gebied van vacuümstelsels (zowel inpandig als in het openbaar gebied) te hebben. Dit is belangrijk voor een goed verloop van het beheer en onderhoud.

Gelet op het aantal storingen (zie bijlage 1 voor een overzicht met de storingen zoals die zich in de periode van 1 januari 2013 tot 31 december 2013 hebben voorgedaan) dat zich tot op heden heeft voorgedaan, kan er aangenomen worden dat het systeem geen extra onderhoud vergt. De storingen zijn door alle betrokken partijen bijgehouden en ten behoeve van onderhavige evaluatie aan DeSaH verstrekt. Er is binnen project Waterschoon geen apart of aangepast beheer- en onderhoudsplan opgesteld.

De partijen die verantwoordelijk zijn voor de verschillende onderdelen van het systeem zijn tot nu toe goed in staat geweest om de storingen die zich hebben voorgedaan op te lossen, dan wel op te laten lossen door externe partijen in te schakelen.

Project Waterschoon is een demonstratieproject. Op basis van ervaringen binnen dit project worden diverse aandachtspunten/leermomenten in de volgende paragraaf beschreven.

3.2 AANDACHTSPUNTEN TEN OPZICHTE VAN EEN CONVENTIONEEL RIOLERINGSSTELSEL

3.2.1 COMMUNICATIE MET BEWONERS

Goede informatievoorziening voor (toekomstige) bewoners is van essentieel belang voor het verkrijgen van draagvlak en voor een correct gebruik van het vacuümtoilet en de voedselres-

tenvermaler. Voorlichtingsbijeenkomsten spelen hierin een belangrijke rol. Tijdens dergelijke bijeenkomsten kan er gedemonstreerd worden welke apparatuur men in de woningen heeft, zijnde het vacuümtoilet en de voedselrestenvermaler. Demonstratie door een ervaringsdeskundige is hierin van toegevoegde waarde.

GEbruik VACUÛMTOILET

- Hoewel het vacuümtoilet esthetisch niet wezenlijk anders is dan een conventioneel spoeltoilet, maken de kleinere spoelopening en de pneumatische klep het systeem gevoeliger voor oneigenlijk gebruik. Het leegzuigen van het toilet gaat snel en krachtig waardoor er enerzijds gemakkelijk iets kan worden meegezogen wat per ongeluk in de toiletpot is gevallen. Dat kan dan verstoppingen in het leidingstelsel veroorzaken en/of problemen veroorzaken in het zuiveringssysteem. Anderzijds is de zuigkracht zo sterk dat wat er door de spoelopening van het toilet past, ook door het leidingstelsel zal worden gezogen (persoonlijke mededeling, QuaVac). Om verstoppingen te voorkomen wordt aangeraden om geen vaste afvalstoffen en vetten door het toilet te spoelen.
- Het leegzuigen van het toilet maakt een kortstondig hard geluid. Dit is iets luider dan bij het doorspoelen van een conventioneel spoeltoilet. Om het geluid te dempen, kan het deksel van het toilet gesloten worden ten tijde van de spoeling. Overigens is uit interviews met de bewoners gebleken dat dit niet door iedereen gedaan wordt maar dat de betreffende personen het ook niet nodig achten om het geluid te verminderen. Voor het behoud van de werking van het zuiveringsproces is het wenselijk dat er geen (i) grote hoeveelheden water (bv dweilwater) door het toilet worden gespoeld, (ii) vochtig toiletpapier gebruikt wordt en (iii) schoonmaakmiddelen gebruikt worden die chloor of bleek bevatten. Voor het gebruik van schoonmaakmiddelen geldt dat hiervoor geen expliciete aandacht wordt gevraagd bij de bewoners maar wel bij de schoonmaakdienst van het verzorgingstehuis. In het laatste geval wordt relatief veel schoonmaakmiddel in korte tijd gebruikt wat kortstondig hoge concentraties zou kunnen geven.

GEbruik VOEDSELRESTENVERMALER

- Evenals het vacuümtoilet maakt de voedselrestenvermaler een hard geluid. Door een geluidsdempende dop te plaatsen ten tijde van gebruik zal het geluid hierdoor verminderen.
- Al het keukenafval wat biologisch afbreekbaar is, mag in de vermaler vermalen worden. Dat is dus naast voedselresten en groenafval ook koffiefilters, visgraten, eierschalen en oude bloemen. Extreem vezelig materiaal, als bijvoorbeeld lange slierten prei en asperges, kunnen echter het versnijdmecanisme verstoppen. Het vermaleren van deze materialen wordt daarom afgeraden.
- Om verdunning van de te verwerking stroom zwartwater tegen te gaan, wordt geadviseerd om zo weinig mogelijk water te gebruiken bij het gebruik van de vermaler.

3.2.2 INZAMELINGSSYSTEEM BINNEN DE WONINGEN EN PERCEELSGRENS

TECHNISCHE UITVOERING EN INSTALLATIEVOORSCHRIFTEN

Het systeem van nieuwe sanitatie betekent aanpassingen in de woningen. Gezien de beperkte ervaring van projectontwikkelaars en architecten met het ontwerp van vacuümsystemen enerzijds en van installateurs en monteurs anderzijds is het van belang dat er nauw wordt samengewerkt met de leverancier van de desbetreffende onderdelen. Een goede functionele omschrijving ten behoeve van het programma van eisen of het bestek is essentieel voor de woningbouwer. Denk hierbij aan het type leidingwerk, specificaties en installatievoorschriften. Maar ook aan bijvoorbeeld de 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.

Vooraf in de opstartfase is er verschillende malen melding gemaakt van storingen aan de voedselrestenvermaler. Deze storingen bleken voor het overgrote deel het gevolg te zijn van een incorrecte installatie; vermalers zaten niet goed vast, maakten een raar geluid of lekten in het keukenkastje. De installatie- en storingsmonteurs hebben niet altijd de benodigde kennis betreffende de vacuümonderdelen, waardoor problemen niet adequaat werden opgelost.

VERSTOPPINGEN BIJ DE VOEDSELRESTENVERMALER

Hoewel voedselrestenvermalers in het buitenland zeer gangbaar zijn, is de toepassing in combinatie met een aansluiting op vacuümrilering nieuw. Hiervoor is een aansluitset, inclusief vacuümklep, ontworpen door de leverancier van het vacuümsysteem. In deze aansluitset bleek een vernauwing van de leiding te zitten waardoor er gemakkelijk verstoppingen ontstonden. Bovendien werd er door sommige bewoners veel water verbruikt om verstoppingen te voorkomen. Na aanpassing van de aansluitset hoeft dit niet meer gedaan te worden. Bij een minimum aan waterverbruik dient er geen verstopping op te treden. Het verminderen van het waterverbruik heeft niet enkel een effect op het drinkwaterverbruik maar ook op de verdunning van het zwartwater. Op het moment dat er minder verdunning optreedt zal de efficiëntie van het zuiveringssysteem verder toenemen en het energieverbruik afnemen. Nadat de aanpassingen zijn gedaan is er tot op heden geen sprake geweest van terugkerende verstoppingen.

3.2.3 TRANSPORTSYSTEEM IN DE WIJK

VERSTOPPINGEN EN AFZETTINGEN

Het optreden van verstoppingen is een algemeen bekend verschijnsel bij rioleringsystemen. Ook bij vacuümsystemen zijn verstoppingen mogelijk. Dit kunnen verstoppingen zijn die ontstaan door oneigenlijk gebruik of door de ophoping van afzettingen in leidingen. Afzettingen ontstaan geleidelijk als gevolg van biologische groei en/of precipitatie van kalk en zouten uit urine (struviet). Er zijn verschillende ervaringen met de vorming van afzettingen in vacuümleidingen. Binnen project Waterschoon zijn verstoppingen tot op heden niet opgetreden. Ook in de Lemmerweg-Oost in Sneek zijn er sinds de ingebruikname (medio 2006) geen afzettingen geconstateerd. Dit volgt uit video-inspecties die in 2013 door de Universiteit van Hamburg zijn gedaan. Alhoewel de concentratie en samenstelling van het zwartwater bij Waterschoon iets afwijkt van het project aan de Lemmerweg-Oost, is de verwachting dat ook hier geen afzettingen zullen plaatsvinden.

TECHNISCHE STORING

Onder een technische storing wordt het uitvallen van technische onderdelen, zoals een vacuümpomp, verstaan. Net als andere typen pompen kunnen ook vacuümpompen in storing vallen. In het vacuümstation zijn de pompen dubbel uitgevoerd, zodat er in het geval dat een pomp in storing valt de andere het over kan nemen. Op deze manier wordt voorkomen dat de onderdruk in het vacuümleidingnetwerk wegvalt.

Eenmaal heeft zich kortsluiting voorgedaan waardoor beide vacuümpompen, alsook de opvoerpompen van het zwartwater influent, niet meer functioneerden. De kortsluiting bleek het gevolg van onjuiste aanleg van de bedrading. Na verhelpen heeft zich een dergelijke storing niet meer voorgedaan.

VERSTOPPING BUFFERTANK

De (vacuüm)buffertank ontvangt het zwartwater (incl. GF-afval) uit de woningen en fungeert

hierbij als tijdelijke opslag. Aan de hand van niveaumetingen wordt het zwartwater verpompt naar het zuiveringssysteem waarbij treedt er eveneens een recirculatiesysteem in werking om ophoping in de tank te voorkomen. Een back-up niveaumeting is geïnstalleerd welke een alarmmelding geeft indien het water in de tank te hoog, dan wel te laag, komt. Circa 2 jaren na ingebruikname werd er tijdens een inspectie naar aanleiding van een hoog water melding een ophoping van vaste delen in de vacuümtank geconstateerd. Door de relatief lage aanvoer van zwartwater was de verblijftijd van het zwartwater in de tank relatief lang met ophoping als gevolg. Na verwijdering van de vaste delen zijn de schakelniveaus aangepast en daarmee is de verblijftijd verkort. Het effect van het recirculeren wordt daarmee tevens vergroot. Een dergelijke ophoping heeft zich sindsdien niet meer voorgedaan.

3.2.4 VERWERKINGSSYSTEEM

Het verwerkingssysteem bestaat uit verschillende installatieonderdelen, zoals beschreven in paragraaf 2.4. Tot op heden hebben zich geen storingen voorgedaan aan de installatieonderdelen. Wel zijn er verbeterpunten geïdentificeerd voor het ontwerp. Dit betreft onder andere de H₂S-sensor in de biogasleiding. Deze geeft een foutmelding op moment dat er geen sprake is van stroming van het biogas, waarbij hier feitelijk geen sprake is van een storing. Verder hebben er enkele overstromingen plaatsgevonden door verkeerde keuzes in het ontwerp van het leidingwerk. Voornoemde zaken kunnen echter in een volgend ontwerp eenvoudig geoptimaliseerd worden.

Niet op alle onderdelen zijn noodoverstorten geplaatst met als gevolg dat bij een verstopping deze onderdelen over kunnen lopen. Door het plaatsen van noodoverstorten in combinatie met een niveausensor kan voorkomen worden dat preventief bezoeken gebracht worden ter visuele inspectie.

De slibretourpompen zijn niet voorzien van een maximale looptijdbewaking, met als gevolg dat bij een foutieve waarde van de slibsensor het slib ongewenst gespuid wordt over een lange periode.

Middels vergaande automatisering kan het aantal bezoeken aan de installatie verder worden beperkt en zijn preventief storingen te voorkomen. Dit zal in het vervolg van het project kunnen worden getoetst door additionele automatisering toe te passen. Hierbij gaat het voornamelijk om, als eerder aangegeven, om enkele niveausensoren waardoor verstopping van leidingwerk gedetecteerd worden en hiervoor geen visuele inspectie vereist is.

Enkele leidingen, voornamelijk de afvoer van de vergister, van de verwerkingsinstallatie zijn vatbaar voor de vorming van scaling. Deze zouden voorzien kunnen worden van spoelpunten opdat het reinigingen van deze leidingen vereenvoudigd wordt.

De beluchtingelementen in de a-trap raken zeer snel versmeerd en zouden vervangen dienen te worden door hetzelfde type als toegepast in de b-trap.

3.3 REGULIER BEHEER EN ONDERHOUD SYSTEEM WATERSCHOON

Wanneer het systeem in gebruik genomen is, dient er beheer en onderhoud aan het systeem te worden uitgevoerd. Deze paragraaf beschrijft de frequentie waarmee inspectie, onderhoud, reiniging en vervanging van de verschillende onderdelen van het nieuwe sanitatie systeem Waterschoon uitgevoerd is.

3.3.1 WONINGEN EN PERCEEL

Er hebben zich tot op heden geen storingen aan het vacuümtoilet voorgedaan. Er zijn wel storingen geweest aan de voedselrestenvermaler, met name kinderziektes door het ontwerp aansluitset (zoals beschreven in paragraaf 3.1.2)

In totaal is er 5 keer sprake geweest van een verstopping aan de keukenvermaler. Het is ge-

bleken dat na aanpassing van de aansluitset er geen verstoppingen meer voorkomen. Omdat hiermee is aangetoond dat de storingen als gevolg van verstoppingen aan de keukenvermaler kinderziektes zijn geweest in het ontwerp van de aansluitset zijn de hiermee gepaard gaande kosten buiten beschouwing gelaten.

Woningstichting de Wieren heeft voor de vacuümtoiletten en de vermalers een storingscontract afgesloten met Installatiebedrijf Otte bv. In geval van storingen nemen bewoners rechtstreeks contact op met Otte bv en de woningstichting wordt hierover ingelicht.

3.3.2 OPENBAAR GEBIED

Er heeft zich slechts eenmaal een calamiteit voorgedaan in het vacuümstation, de ophoping van vaste delen in de buffertank (paragraaf 3.1.3). Het reinigen van de vacuümtank heeft € 690,00 gekost. De calamiteit heeft zich na het doen van aanpassingen niet weer voorgedaan en hieruit kan opgemaakt worden dat het een kinderziekte in de ontwerpinstellingen betrof. De hiermee gepaard gaande kosten zijn dan ook buiten beschouwing gelaten.

Andere storingen, in totaal vijf sinds de ingebruikname van het systeem, waren het gevolg van reparaties aan de inpandige voorzieningen. Deze reparaties zijn uitgevoerd door storingsmonteurs met beperkte ervaring op het gebied van vacuümtechnologie. Tijdens het uitvoeren van reparaties aan de vermaler werd de vacuümleiding slecht of niet goed afgesloten (bijvoorbeeld door een handdoek). Met als gevolg een verlies van onderdruk waardoor de overige bewoners hun toilet en/of vermaler ook niet meer kunnen gebruiken. Dit verlies aan onderdruk wordt in het vacuümstation automatisch geregistreerd en als storing gemeld. Deze zijn vervolgens verholpen door het resetten van de installatie. Omdat deze storingen als gevolg van ondeskundigheid hebben plaatsgevonden zijn de hiermee gepaard gaande kosten buiten beschouwing gelaten.

Voor het beheer en onderhoud van het vacuümstation heeft de gemeente Súdwest Fryslân een onderhoudscontract met Landindustrie Sneek bv. Jaarlijks wordt eenmaal het vacuümstation, de grijswaterput en het drukrioolgemaal gecontroleerd op een goede werking van de gehele installatie. Alle draaiende en dichtende materialen net als de aansluitingen van de kabels, isolatieweerstand van de motoren en de schakelapparatuur worden gecontroleerd. De kosten hiervan bedragen € 881,00 incl BTW per jaar.

Momenteel vindt er geen (periodieke) visuele inspectie van het leidingwerk plaats. Dit wordt wel aanbevolen door de leverancier van de vacuümonderdelen. Dergelijke inspectie dient circa één maal per jaar te worden uitgevoerd op meerdere punten in het leidingsysteem.

Tot op heden zijn er geen onderdelen vervangen van zowel het vacuümsysteem als het verwerkingssysteem. Het is echter de verwachting dat in de toekomst hier wel sprake van gaat zijn. Voor vervangingsonderdelen wordt daarom normaliter een percentage van de investering meegenomen als reservering. In het geval van Waterschoon wordt dat ook gedaan.

Als reservering voor de vervangingsonderdelen van het vacuümsysteem is 3,5% meegenomen van de investering voor elektromechanische onderdelen (investering € 78.288 incl BTW). Daarmee komt de reservering ten aanzien van vervangingscomponenten op € 2.740 incl. BTW per jaar. In hoeverre dit bedrag toereikend is kan tot op heden niet worden aangegeven aangezien de installatie slechts 2 jaar in bedrijf is op het moment van schrijven van onderhavige rapportage. Tot op heden zijn er geen kosten gemaakt ten aanzien van het vervangen van onderdelen. Omdat in de huidige situatie een onderhoudscontract is afgesloten zijn er geen extra personeelskosten opgenomen voor het uitvoeren van het onderhoud.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud

van het vacuümstation in de huidige situatie, hierbij is de reservering voor vervangende onderdelen geen ervaringscijfer maar een percentage van het investeringsbedrag.

TABEL 8 JAARLIJKSE KOSTEN BEHEER EN ONDERHOUD VACUÛMSTATION

| Onderdeel | Opmerkingen | Kosten incl BTW (€ per jaar) |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Onderhoudscontract | | 881,00 |
| Reservering vervangingscomponenten | 3,5% van investering per jaar | 2.740,00 |
| Totaal | | 3.621,00 |

3.3.3 VERWERKINGSSYSTEEM

In deze paragraaf staat beschreven wat er binnen het huidige project aan ervaring is opgedaan met het beheer en onderhoud. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de huidige installatie onderdeel is van een demonstratieproject waarbij er veel onderzoek is verricht aan het functioneren van het systeem onder verschillende procesomstandigheden. De beheerder van de installatie voerde het beheer en onderhoud uit en verrichte tevens onderzoek aan de installatie. Dat maakt dat er een inschatting is gemaakt over de tijd die er besteedt is aan het plegen van beheer en onderhoud van de installatie. Het verrichten van onderzoek wordt buiten beschouwing gelaten in deze rapportage.

3.3.3.1 BEHEER EN ONDERHOUD VERWERKINGSSYSTEEM

Regulier beheer aan het verwerkingsysteem wordt momenteel gemiddeld 2 maal à 2 uren per week uitgevoerd. In onderstaande tabel staan de beheersactiviteiten weergegeven met daarbij de benodigde tijd per week.

TABEL 9 TIJDBESTEDING BEHEER EN ONDERHOUD HUIDIGE VERWERKINGSSYSTEEM (UREN PER WEEK)

| Onderdeel | Tijd (uur per week) |
|--|---------------------|
| Beheer | 4,0 |
| reistijd | 0,5 |
| het visueel inspecteren van mechanische en elektrische componenten | 1,0 |
| Inspecteren van het leidingwerk op verstoppingen | 1,0 |
| Het schoonmaken en eventueel ijken van sensoren voor zuurstof, pH, MLSS, etc. per week | 0,5 |
| Storingsonderhoud | 1,0 |
| Analyseren | 4,0 |
| Monsternamen t.b.v analyse | 0,5 |
| Bepalen van de SVI | 0,5 |
| Uitvoeren analyses (Hach-Lange) | 3,0 |
| Dataverwerking | 4,0 |
| Uitlezen van sensoren die niet op het automatiseringssysteem zijn aangesloten | 0,5 |
| Functioneren installatie nagaan middels besturingssoftware | 1,5 |
| Het automatische beheerprogramma uitlezen | 1,0 |
| Opstellen rapportages | 1,0 |

In onderstaande tabel staat bovenstaande beknopt weergegeven inclusief een omrekening naar het aantal FTE's dat benodigd is.

TABEL 10

JAARLIJKE TIJDSINSPANNING (FTE) BEHEER EN ONDERHOUD HUIDIGE VERWERKINGSSYSTEEM

| Onderdeel | Opmerkingen | Arbeid ³ |
|-------------------|---|---------------------|
| Beheer | 2 x 2 uur per week | 0,125 FTE |
| Analysen monsters | In kader van beheer (4 uur per 2 weken per waterstroom) | 0,125 FTE |
| Data verwerking | 4 uur per week | 0,125 FTE |
| Totaal | | 0,375 FTE |

Uit bovenstaande tabel volgt dat er totaal circa 0,4 FTE benodigd is voor het beheer en onderhoud van het huidige verwerkingsysteem. Dit is evenredig te verdelen over de onderdelen: beheer, uitvoeren analyses en dataverwerking.

Tot op heden zijn er nagenoeg geen onderdelen vervangen van het verwerkingsysteem. Het is echter de verwachting dat in de toekomst hier wel sprake van gaat zijn. Voor vervangingsonderdelen wordt daarom normaliter een percentage van de investering meegenomen als reservering. In het geval van Waterschoon wordt dat ook gedaan.

Als reservering voor de vervangingsonderdelen en grootschalig onderhoud van het verwerkingsysteem is 3,5% meegenomen van de investering voor elektromechanische onderdelen en 1,5% van de investering voor civieltechnische onderdelen. Voornoemde percentages zijn in de lijn met de percentages zoals Wetterskip Fryslan deze intern hanteert. Zij komen op 2% onderhoud van de investeringskosten van de zuiveringstechnische werken, dit wordt ook bevestigd door de werkelijke kosten. Dit is niet verder onderverdeeld naar civiel, bouwkundig en elektromechanisch onderhoud. In een studie die HaskoningDHV heeft uitgevoerd in 2012 in opdracht van Wetterskip Fryslan werden de volgende percentages gehanteerd: civiel 0,5% en elektromechanisch onderhoud 3%. Dit is aanzienlijk lager dan de percentages zoals die in deze evaluatie worden gehanteerd.

Net als voor het vacuümsysteem kan er vanuit de praktijk niet worden aangegeven in hoeverre de percentages adequaat zijn, omdat er gedurende de evaluatieperiode geen onderdelen zijn vervangen of grootschalig onderhoud benodigd is geweest. In de deelrapportage “Financieel Economische Analyse” wordt meer in detail ingegaan op de kosten ten aanzien van het beheer en onderhoud.

3.3.3.2 ANALYSES VERWERKINGSSYSTEEM

Als onderdeel van het beheer worden er analyses uitgevoerd om te bepalen of het verwerkingsysteem goed presteert. Hiervoor is er 4 uren per keer per waterstroom (8 uren in totaal) besteed aan het nemen en analyseren van monsters ten behoeve van monitoring van de prestatie van het verwerkingsproces. Om de week wordt een waterstroom geanalyseerd, dit komt neer op 4 uur per week voor het uitvoeren van analyses aan zowel grijs als zwartwater onder de huidige omstandigheden. Monsters van zowel de zwart- als de grijswaterstroom worden genomen voor en na elke behandelingsstap. In onderstaande tabel staan de parameters weergegeven die geanalyseerd zijn.

3 De kosten ten aanzien van beheer en onderhoud staan in de deelrapportage “Financieel Economische Analyse”

TABEL 11

PARAMETERS ZOALS DIE GEANALYSEERD ZIJN

| Parameter | Opmerkingen | Stroom |
|----------------------------|---------------------------|---------------|
| CZV | Totaal en gefilterd | Zwart + grijs |
| CZV | Opgelost | Grijs |
| Stikstof | Totaal, ammonium, nitraat | Zwart + grijs |
| Fosfaat | Totaal, ortho | Zwart + grijs |
| VFA | | Zwart |
| Oppervlakteactieve stoffen | Non-ion, anion en cation | Grijs |
| Zwevende stof | TSS, VSS | Slib |

3.3.3.3 VERBRUIK CHEMICALIËN

Het chemicaliënverbruik is minimaal. Enkel voor de opstart van het OLAND-proces was per dag 100 gram natronloog nodig (gedurende een periode van ca. 3 maanden). Voor het in bedrijf houden van de installatie bij het huidige aantal aangesloten personen is er geen natronloog nodig. Dit geldt ook voor het in bedrijf bij een volledige belasting met afvalwater afkomstig van 1200 personen. Voor de precipitatie van struviet wordt in de huidige situatie 4 mol Mg per IE per jaar gebruikt, dit zal bij een belasting van 1200 personen toenemen tot 17 mol Mg per IE per jaar. De berekening hiervoor staat weergegeven in de deelrapportage 'effectiviteit'. Naast magnesiumoxide worden er geen chemicaliën verbruikt.

3.3.3.4 SLIBPRODUCTIE

Zie de deelrapportage 'effectiviteit' voor de kwaliteit en kwantiteit van het vrijkomende zuiveringslib. In deze rapportage is tevens een vergelijking met het referentiesysteem opgenomen. In de rapportage Financieel Economische Analyse zijn de kosten voor slibverwerking van zowel Waterschoon als de referentie benoemd.

4

OPSCHALING EN VERGELIJKING MET CONVENTIONEEL SYSTEEM

4.1 WONINGEN EN PERCEEL

Een onderhoudscontract voor gewone spoeltoiletten is er niet. Bij klachten bellen bewoners met de Woningstichting of rechtstreeks met de riool reiniging service. Gemiddeld ondervindt men per jaar op 4-5% van de verhuureenheden storingen aan het toilet en/of stortbak. In 2013 ging het om 104 storingen, totale kosten € 7.708,32. Gemiddeld € 75 per storing. Daarmee zijn de kosten per woning circa € 5,00 per jaar.

Tot op heden hebben zich aan het vacuümtoilet en de keukenvermaler, nadat er aanpassingen zijn gedaan, geen storingen meer voorgedaan. Daarmee is er tot op heden geen aantoonbaar verschil in kosten voor storingen en onderhoud tussen het conventionele systeem en het vacuümsysteem.

4.2 OPENBAAR GEBIED

Regulier onderhoud aan conventionele riolering beperkt zicht vooral in de begin jaren tot het inspecteren en reinigen van het leidingwerk (eens per 10 jaar). De kosten voor reiniging bedragen ongeveer € 2,00 per meter en voor inspecteren ongeveer € 3,00 per meter. Voor het grijswaterriool zullen deze kosten minder zijn aangezien de diameters kleiner zijn waardoor de hoeveelheid rioolslib dat ontstaat bij schoonsputten beperkter is. Verder is de hoeveelheid spoelwater dat gebruikt dient te worden ook lager. De kosten voor het vacuümriool komen er echter wel bij in vergelijking tot de conventionele situatie. Uit de financieel economische analyse is gebleken dat het grijswaterriool circa 50% kleiner gedimensioneerd kan worden ten opzichte van DWA riool. Dat maakt dat de totale inhoud van grijs- en zwartwaterriool minder is dan een DWA riolering. Op basis hiervan is de hypothese gemaakt dat de kosten voor reiniging van het grijswaterriool + vacuümriool niet wezenlijk anders zal zijn dan dat van DWA riolering.

Een conventioneel rioolgemaal wordt 2 maal per jaar bezocht, eenmaal een visuele inspectie en eenmaal reinigen en inspecteren. De beheerskosten hiervan bedragen ongeveer € 750,00 op jaarbasis. Dit komt eveneens overeen met kosten voor onderhoudscontract (€ 728,00 per jaar) van het vacuümstation, de grijswaterput en het geurfilter.

De eerst 10-20 jaar zijn er over het algemeen weinig storingen aan het leidingwerk en het rioolsysteem in een conventionele situatie. De meeste storingen zijn vaak te wijten aan een gemaal welke in storing staat of aan overtollige regenval. Wanneer een riolering vol staat zijn er ook vaak klachten. Een vacuümriolering kent dit verschijnsel niet. Daarnaast ontstaan storingen aan bijvoorbeeld huisaansluitingen hoofdzakelijk door oneigenlijk gebruik of door verzakking van de ondergrond. Dit eerste is bij een vacuümriolering niet anders. Dit laatste is minder van toepassing bij een vacuümsysteem omdat transport niet onder vrijverval plaatsvindt.

Vervuiling is de grootste oorzaak van een storing aan een gemaal. Door te veel vuil werkt bijvoorbeeld de niveaumeting minder of helemaal niet. Daarnaast is er sprake van meer slijtage van pompen bij overmatige vervuiling. Hetzelfde geldt voor een vacuümstation met vacuümpompen. Gezien de beperkte tijd (<2 jaar) dat de installaties ten tijde van schrijven van deze rapportage hebben gefunctioneerd kan hierover geen inzicht worden verschaft.

In tabel 12 staat weergegeven wat de verwachte inspanning zal zijn die benodigd is voor beheer en onderhoud van de woningonderdelen en het transportsysteem.

TABEL 12 VERWACHTE TIJDINSPANNING VOOR BEHEER EN ONDERHOUD VAN WONINGONDERDELEN EN TRANSPORTSISTEEM

| Aspect | Verantwoordelijke partij | Inspectie | Onderhoud | Reinigen | Vervanging |
|-----------------------|--------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Vacuütoilet | Woningstichting | 1 x per jaar | | | 30 jaar |
| Voedselrestenvermaler | Woningstichting | 1 x per jaar | | | 15 jaar |
| Leidingwerk | Gemeente | | | | |
| Conventioneel | | 1x per 10 jaar | | 1 x per 10 jaar | 60 jaar |
| Vacuüm | | 1x per 10 jaar | | Afhankelijk van gevormde afzettingen | 60 jaar |
| Vacuümtank | Gemeente | 1 x per jaar | | | 50 jaar |
| Vacuümpompen | Gemeente | | 1 x per jaar | | Elektrotechnisch 15 jaar |
| Conventioneel gemaal | Gemeente | 1 x per jaar | 1 x per jaar | | |

4.3 VERWERKINGSSYSTEEM

Om de vergelijking te kunnen maken met een gecentraliseerd verwerkingssysteem van 100.000 IE wordt er binnen deze rapportage vanuit gegaan dat hiervoor $100.000 / 1200^4 = 83$ systemen gerealiseerd dienen te worden gelijk aan Noorderhoek. In dat geval zal het beheer en onderhoud van de verwerkingsinstallatie anders worden georganiseerd, zo zal er (nog meer) automatisering plaatsvinden om daarmee werkzaamheden op locatie te minimaliseren. Men zal er enkel heen gaan voor het hoogst nodige. Hetzelfde geldt voor de analyses. Nu worden analyses gedaan van alle in- en uitgaande stromen, voor grijs- en zwart afzonderlijk alsook voor alle technologieën afzonderlijk. Omdat binnen deze evaluatie enkel teruggevallen kan worden op de praktijkervaring van 2 jaar en er dus geen kennis beschikbaar is van het benodigd beheer en onderhoud op de lange termijn is het noodzakelijk om ook binnen dit hoofdstuk te werken met bepaalde percentages voor beheer en onderhoud op basis van de investeringskost.

4.3.1 ANALYSES

Het aantal analyses dat nu gedaan wordt is aanzienlijk meer dan de vergunningverlener zou eisen bij lozing op oppervlaktewater. Dit is het gevolg van het experimentele karakter van de zuiveringsinstallatie. Conform het activiteitenbesluit milieubeheer dient de bemonsteringsfrequentie van een 'kleine' communale rwzi jaarlijks minimaal 24 debietsproportionele etmaal bemonsteringen te bedragen waarbij zowel het influent als het effluent bemonsterd dient te worden op de navolgende parameters uit tabel 13.

4 Uit de deelrapportage 'effectiviteit behandelstelsel' volgt dat er 1200 personen op de huidige installatie kunnen worden aangesloten

TABEL 13

ANALYSES ZOALS DIE WETTELIJK UITGEVOERD DIENEN TE WORDEN

| Onderdeel | Opmerkingen | Locaties | Aantal metingen (per jaar) |
|---------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------|
| BZV | Totaal | Influent (Zwart + grijs) + effluent | 72 |
| CZV | Totaal | Influent (Zwart + grijs) + effluent | 72 |
| Onopgeloste stoffen | Totaal | Influent (Zwart + grijs) + effluent | 72 |
| Stikstof | Totaal | Influent (Zwart + grijs) + effluent | 72 |
| Fosfor | Totaal | Influent (Zwart + grijs) + effluent | 72 |
| Totaal | | | 360 |

De analyses dienen door een erkend sterlaboratorium uitgevoerd te worden. Daarnaast zal de beheerder van de verwerkingsinstallatie periodiek ook analyses uitvoeren om inzicht te verkrijgen in het presteren van afzonderlijke technieken. Om hiervoor een goede aanname te doen is niet eenvoudig aangezien het type verwerkingssysteem maar ook het type afvalwater niet te vergelijken valt met conventionele kleinschalige RWZI's. Het debiet en de samenstelling van zowel zwart als grijswater fluctueren aanzienlijk minder dan rioolwater. Daarnaast is er voor het grijswater een grote buffer in de vorm van het vrijvervalriool en de bufferput aanwezig waarin vermenging plaatsvindt en van waaruit een constante stroom richting het verwerkingssysteem wordt gevoerd. Verder zal de temperatuur normaliter door de korte transportafstanden bij winterdag aanmerkelijk hoger zijn dan rioolwater. Voor zwartwater geldt dat de relatief lange verblijftijd in de vergister ook zorgt voor buffering en homogeniseren. Het Wetterskip Fryslan is gevraagd om aan te geven wat het aantal analyses is bij haar kleinschalige RWZI's, op basis van bovenstaande argumenten is ervoor gekozen om dit aantal met 20% te reduceren. Dit komt overeen met het wettelijke aantal benodigde analyses + 25% daarvan aan additionele analyses.

4.3.2 BEHEER EN ONDERHOUD

Bij toekomstige installaties die geen experimenteel karakter meer hebben en waar de voorgestelde optimalisaties uit hoofdstuk 3 betreffende verdergaande automatisering zijn doorgevoerd zal de beheerder aanzienlijk minder tijd benodigd zijn voor het uitvoeren van beheer en onderhoud. Vooral de benodigde tijd voor visuele inspecties kan verminderd worden en de tijd voor het uitvoeren van analyses zal verminderd worden opdat dit voornamelijk wordt uitbesteedt. In onderstaande tabel staat weergegeven wat de benodigde tijd zal zijn voor toekomstige installaties.

TABEL 14

JAARLIJKSE TIJDSPANNING (FTE) BEHEER EN ONDERHOUD TOEKOMSTIGE GEOPTIMALISEERDE VERWERKINGSSYSTEEM

| Onderdeel | Tijd (uur per week) |
|--|---------------------|
| Beheer | 2,5 |
| Reistijd | 0,5 |
| het visueel inspecteren van mechanische en elektrische componenten | 0,25 |
| Inspecteren van het leidingwerk op verstoppingen | 0,25 |
| Het schoonmaken en eventueel ijken van sensoren voor zuurstof, pH, MLSS, etc. per week | 0,5 |
| Storingsonderhoud | 1,0 |
| Analyseren | 2,0 |
| Monsternamen t.b.v analyse | 0,5 |
| Bepalen van de SVI | 0,5 |
| Uitvoeren analyses (Hach-Lange) | 1,0 |
| Dataverwerking | 3,5 |
| Functioneren installatie nagaan middels besturingssoftware | 1,5 |
| Het automatische beheerprogramma uitlezen | 1,0 |
| Opstellen rapportages | 1,0 |

Uit voorgaande tabel volgt dat voor toekomstige installaties circa 8 uur per week, komt overeen met 0,25 FTE benodigd is aan beheer en onderhoud. Hierbij is uitgegaan van een verwerkingsysteem dat nog verder geautomatiseerd is.

Voor de materiële kosten worden de gebruikelijke percentages van de investering voor civiel-technische en elektromechanische onderdelen gehanteerd zijnde 1,5% en 3,5% respectievelijk. In de deelrapportage 'financieel economische analyse' staat verder uitgewerkt wat het totaalbedrag ten aanzien van onderhoud en vervangingsonderdelen per jaar betreft. Onderstaande tabel geeft beknopt een overzicht van de jaarlijkse kosten voor beheer, onderhoud, analyses en dataverwerking van de huidige installatie en voor toekomstige installaties.

TABEL 15 JAARLIJKSE KOSTEN BEHEER, ONDERHOUD, ANALYSES EN RESERVERING COMPONENTEN VAN VERWERKINGSSYSTEEM

| Onderdeel | Kosten toekomstige situatie (€ per jaar) |
|---|---|
| Loonkosten beheer, onderhoud en dataverwerking | 15.000 |
| Analysen monsters | 14.150 |
| Onderhoud M+E (incl vervangingsonderdelen) | 7.249 |
| Onderhoud civiel (incl vervangingsonderdelen) | 6.601 |
| Onderhoud bouwkundig (incl vervangingsonderdelen) | 1.917 |
| Totaal | 44.917 |

In het geval bovenstaande kosten worden gedeeld door 1200 IE dan volgt hieruit dat de kosten voor beheer en onderhoud € 37,00 zijn per IE per jaar. Dit is circa 80% van de totale exploitatiekosten van een RWZI voor 100.000IE. Naast de bovenstaande beschreven kosten bestaan de exploitatiekosten van het waterschoon systeem uit meer onderdelen, denk hierbij aan slibverwerking⁵, inkoop van electra⁶, maar ook uit afschrijving. Deze aspecten staan verder beschreven in de deelrapportage Financieel Economische Analyse. Er kan echter wel worden gesteld dat de berekende kosten ten aanzien van beheer en onderhoud voor een waterschoon installatie van 1200IE beduidend hoger zijn dan een conventionele RWZI van 100.000IE. Dit is voornamelijk te verklaren door de kleinschaligheid en de daarmee gepaard gaande hogere investeringskosten per IE en de hoeveelheid tijd ten aanzien van beheer en onderhoud voor kleine installaties ten opzichten van grote installaties.

5 Slibproductie staat weergegeven in deelrapportage "effectiviteit zuiveringssysteem"

6 Electraverbruik staat weergegeven in deelrapportage "energie"

5

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 CONCLUSIES

Storingen in het inzamel- en transportsysteem die er tot op heden zijn geweest zijn veelal ontstaan door kennisleemtes en/of kinderziektes en hebben zich na gedane aanpassingen niet meer voorgedaan. Het verwerkingssysteem heeft enkele kleine storingen gehad, zie bijlage 1. De meeste van deze storingen hadden eenvoudig voorkomen kunnen worden door het systeem van enkele extra niveaumeters te voorzien. Opdat het verwerkingssysteem zoals dat in de Noorderhoek is gerealiseerd een experimenteel karakter heeft wordt er veel extra tijd besteed aan het doen van monsternames en het uitvoeren van analyses. Bij toekomstige installaties zal echter meer conform de wettelijke taak bemonsterd en geanalyseerd gaan worden waardoor een reductie in arbeidsinspanning mogelijk is.

De onderhoudskosten zijn berekend op basis van gebruikelijke percentages van de investeringskosten. Deze investeringskosten zijn relatief hoog omdat het een experimenteel systeem betreft. In geval van toekomstige installaties zullen de investeringskosten beduidend lager zijn wat als bijkomend effect heeft dat het gereserveerde bedrag ten aanzien van onderhoud ook lager wordt. Vanuit de financieel economische analyse volgt dat de investeringskosten voor het zuiveringssysteem bij toekomstige installaties met 35% verlaagd zal worden.

Binnen de huidige (beperkte) looptijd van het onderzoek is niet na te gaan in hoeverre de gehanteerde percentages voor onderhoud ook daadwerkelijk de kosten hiervoor kunnen dekken. Om hier een goed beeld van te krijgen zal er voor veel langere tijd (meerdere jaren) geëvalueerd dienen te worden.

Naast de loonkosten worden er nagenoeg geen beheerskosten gemaakt voor het nieuwe systeem afgezien van de inkoop van magnesiumoxide ten behoeve van struvietprecipitatie, inkoop van electra en de verwerking van de beperkte hoeveelheid slib dat gevormd wordt, zie hiervoor de deelrapportages “effectiviteit”, “energie” en “financieel economische analyse”.

Dit maakt dat de kosten voor het in bedrijf houden van een dergelijk zuiveringssysteem vooral bepaald worden door voornamelijk de afschrijving, daarnaast onderhoud en monitoring, maar voor een zeer beperkt deel slibverwerking en chemicalien.

5.2 AANBEVELINGEN

Het grijswaterriool is ontworpen op basis van de uitgangspunten voor reguliere riolering waarbij er geen rekening is gehouden met de hogere temperatuur van het grijswater en de aanzienlijk lagere hoeveelheid zwevende delen ten opzichte van rioolwater. Indien hier bij het ontwerp van de riolering op voorhand rekening mee was gehouden had dit mogelijk kunnen leiden tot aanzienlijk kleinere diameter en mogelijk ook een ander verhang en/of inbouwdiepte.

Wellicht is er synergiewinst te behalen als B&O bij één partij onder wordt gebracht in plaats van per onderdeel (inzameling, transport en verwerking) een aparte partij. In elk geval wordt hiermee het risico op “kennisleemte” drastisch beperkt en zal door de ervaring die deze partij opbouwd het b&o effectiever en mogelijk efficiënter kunnen worden uitgevoerd.

Een aandachtspunt dat tot op heden niet aan de orde heeft (hoeven) te komen betreft het inspecteren en reinigen van de vacuümleiding. Voor wat betreft het inspecteren is bekend dat dit kan bij een leiding die op onderdruk staat maar voor wat betreft het reinigen is dit waarschijnlijk niet mogelijk. Dit betekent dat bij geval van reiniging dit zeer goed afgestemd dient te worden met de bewoners en dat dit bijvoorbeeld 's nachts zal moeten worden uitgevoerd. Binnen het huidige project is er geen sprake van een B&O-plan. Mede op basis van de ervaring die nu is opgedaan verdient het de aanbeveling om een B&O plan op te stellen. Hierin dient onder andere aandacht te zijn voor de mate van kwaliteit die je wilt behalen, hoeveel storingen zich waaraan mogen voordoen en hoe dit te bereiken.

Het beheer en onderhoud is nu slechts voor een periode van 2,5 jaar bekeken. Het verdient aanbeveling om voor dit systeem het beheer en onderhoud voor een langere periode te blijven volgen. Daarnaast is het ook interessant om te kijken wat de effecten zijn op het beheer en onderhoud, als er in de aankomende jaren een extra 100 woningen worden aangesloten.

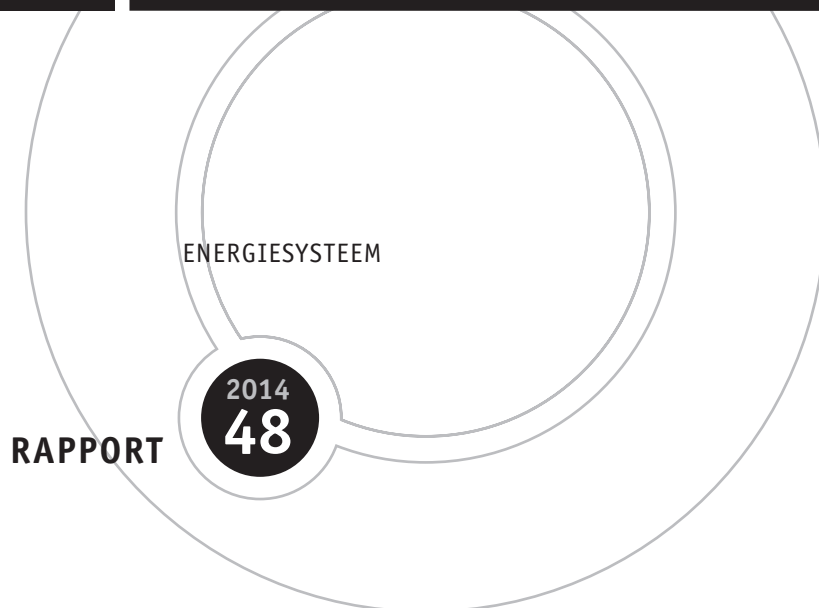
BIJLAGE 1

STORINGOVERZICHT PERIODE

1 JANUARI - 31 DECEMBER 2013

| Probleem | aantal keer voorgekomen | oplossing |
|---|----------------------------|--|
| gasdruk UA01 hoog niveau doordat cv-ketel in storing staat | 2 | vocht in gasleiding afgetapt en cv-ketel opnieuw opgestart |
| sproeiers van de sensoren blijven continu sproeien | 1 | elektrische magneetkleppen tbv sproeien met leidingwater vervangen |
| A-trap grijswatersysteem overstroomt | 1 | een van de later toegevoegde beluchtingelementen blokkeerde de afvoer van de AT naar de NBT, deze verwijderd |
| OLAND reactor overstroomt | 6 | de reactor luchtdicht afgesloten zodat de biorotor continu blijft draaien waardoor de doorstroming in de reactor gegarandeerd blijft |
| Influentput grijswater hoog niveau | 1 | opvoerpompen blijken het berekende debiet niet te halen waardoor de put vol loopt. Pompfrequentie verhoogt om dit te compenseren |
| magnesiumdosering struvietreactor doseert onregelmatig | 1 | door de trilmotor (die het magnesiumpoeder los houdt) langer te laten lopen is dit opgelost |
| H2S sensor geeft maximale waarde aan | | dit is alleen gaande wanneer het gas stil staat in de leiding, wanneer er gas langs de sensor stroomt geeft deze wel een waarde aan. |
| MLSS-sensoren in de A-trap van het grijswater geven soms verkeerde waarde door versmering | | sensor eens per week schoonmaken |

¹ De kosten ten aanzien van beheer en onderhoud staan in de deelrapportage "Financieel Economische Analyse"



ISBN 978.90.5773.669.8



ENERGIESYSTEEM

INHOUD

| | | |
|------------|--|-----|
| | SAMENVATTING | 169 |
| 1 | INLEIDING | 175 |
| 2 | ALGEMENE SYSTEEMBESCHRIJVING | 178 |
| 2.1 | Decentrale sanitatie in de wijk Noorderhoek-Sneek | 178 |
| 2.1.1 | Decentrale waterzuivering | 178 |
| 2.1.2 | Inpassing in het warmtenet | 179 |
| 2.2 | referentie centrale RWZI (bron Telkamp et al., 2011) | 181 |
| 2.3 | Afbakening en systeemgrenzen | 182 |
| 3 | DATAVERZAMELING & RESULTATEN | 185 |
| 3.1 | Decentrale sanitatie concept | 185 |
| 3.1.1 | Gegevens zuiveringsprestatie | 185 |
| 3.1.2 | De energiebalans van het zuiveringshuis | 187 |
| 3.1.3 | Interpretatie van het huidige elektriciteitsverbruik van de decentrale zuivering | 189 |
| 3.1.4 | De warmte-opwekking, verdeling en aflevering via het warmtenet | 190 |
| 3.1.5 | Nadere interpretatie van het warmtegebruik | 191 |
| 3.2 | Data RWZI Deventer | 194 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4 | DE EFFECTEN VAN HET GEBRUIK VAN DE HUIDIGE ZUIVERINGSINSTALLATIE DOOR 533 I.E. (232 WONINGEN) | 196 |
| 5 | DE EFFECTEN VAN OPSCHALING NAAR 1200 I.E., GECOMBINEERD MET ENERGIE-OPTIMALISATIE | 197 |
| 6 | OVERZICHT MEETRESULTATEN EN BEREKENINGSRESULTATEN | 199 |
| 7 | DISCUSSIE EN GEVOELIGHEIDSANALYSE | 201 |
| 7.1 | Energiegebruik en energieprestatie decentrale zuivering | 201 |
| 7.2 | Biogasproductie | 201 |
| 7.3 | Warmtebalans | 201 |
| 7.4 | De elektriciteitsbalans | 202 |
| 7.5 | Primaire energie balans | 203 |
| 7.6 | Inpassing in een warmtenet | 204 |
| 8 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 207 |
| 8.1 | Conclusies | 207 |
| 8.2 | Aanbevelingen nieuwe sanitatie | 210 |
| 8.3 | Discussie en perspectief voor de energetische benutting van decentrale zuivering | 211 |
| 9 | REFERENTIES | 213 |
| 10 | BIJLAGEN | 215 |
| | 1. Gedetailleerde Systeembeschrijving DESAH (P&ID) | 216 |
| | 2. Gedetailleerde systeembeschrijving RWZI Deventer | 217 |
| | 3. GFT-afval | 218 |
| | 4. Transport naar RWZI | 218 |
| | 5. Bijlage EPC-normering | 219 |

SAMENVATTING

Woningstichting De Wieren, de gemeente Sneek, DeSaH BV, STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en Wetterskip Fryslân gaan 232 duurzame woningen (533 i.e.) realiseren in de wijk Noorderhoek 1.

Hiervan zijn in maart 2012 62 woningen (79 i.e.) gerealiseerd, waarvan 32 woningen in een zorgcomplex en 30 55+ appartementen. Ten tijde van het onderzoek was het nog onduidelijk wanneer alle duurzame woningen gerealiseerd gaat worden en derhalve vindt er een analyse plaats op basis van de huidige stand van zaken en is er een vertaling gemaakt naar een situatie met 1200 bewoners (i.e.). Deze keuze is gemaakt om dat er blijkt dat er circa 1200 personen (i.e.) aangesloten kunnen worden op de huidige installatie. Het doel van het project is erop gericht: Een optimale duurzaamheid met betrekking tot energie en nieuwe sanitatie op de schaal van Noorderhoek te demonstreren. Inmiddels (medio 2014) wordt de wijk uitgebreid tot 232 woningen (533 i.e.)

Het doel van deze rapportage is om energie- en massa balansen op te stellen voor dit decentrale sanitatie project. Deze balansen worden vergeleken met een referentie systeem, de municipale waterzuivering Groot Salland te Deventer, inclusief inzameling en transport. Daarnaast wordt gekeken naar de energetische kosten en baten van het decentrale sanitatieconcept en de inpassing van de opgewekte energie in het gebouwde warmtenet.

In aansluiting op de energie analyse is, in nauwe samenwerking van het onderzoeksteam, nagegaan hoe de energieprestatie van de decentrale sanitatie verbeterd kan worden door het vergroten van het aantal bediende i.e.'s, door opschaling en door aanvullende maatregelen. Of deze maatregelen vallen onder 'optimalisatie' of 'herontwerp' is arbitrair.

Voor de analyse van de prestatie van het decentrale sanitatieconcept is gekeken naar de huidige opzet van de installatie, waarbij een algemene energetische benadering gebruikt is. Dit biedt de mogelijkheid om de prestatie van de uiteindelijke opzet te toetsen. In 1^e instantie was de zwartwaterstroom nog geheel gescheiden van de grijswaterstroom maar inmiddels wordt het effluent van de vergister via het grijswatercircuit behandeld. Het slib van de grijswaterbehandeling wordt vervolgens vergist om de hoeveelheid slib te verminderen, maar vanwege de geringe hoeveelheid slib wordt dit buiten beschouwing gelaten. In de resultaten wordt er rekening mee gehouden dat de decentrale waterbehandeling op ondercapaciteit draait.

Voor de energetische inpassing van de decentrale waterbehandeling in de duurzame energie voorziening van de bestaande woningen is er data aangeleverd door DESAH BV en Feenstra op basis waarvan de energieanalyse is uitgevoerd. De belangrijkste resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. Deze tabel richt zich op de energiehuishouding van de zuivering. Met name het primaire energieverbruik van de zuivering is een belangrijk beoordelingscriterium. Daarbij is uiteraard niet alleen gekeken naar de energieconsumptie, maar ook naar energieproductie. Bij de decentrale zuivering zoals toegepast in Noorderhoek wordt per saldo warmte - uit grijs water effluent via warmtepompen, en uit biogas - geproduceerd die ten nutte komt van het warmtenet in de wijk.

De getallen met betrekking tot a) de conventionele centrale RWZI en b) de huidige situatie van de decentrale zuivering met slechts 79 i.e. (DESAH 79) zijn gebaseerd op meetgegevens

| | | a) Conv RWZI | b) DESAH 79 | c) DESAH 533 | d) DESAH 1200 | e) DESAH 1200 OPT |
|---|-----------------------------|--------------|-------------|--|---|---|
| | Eenheid | gemeten | gemeten | berekend effect: van 79 i.e naar 533 i.e | berekend effect: van 79 i.e naar 1200 i.e | berekend effect naar 1200 i.e. en geoptimaliseerd |
| Elektriciteit aanmaak water & transport | | | | | | |
| Grijs water - drinkwater aanmaak & transport | kWh _e /i.e/jaar | -23,0 | -13,9 | -13,9 | -13,9 | -13,9 |
| Grijs water - afvalwater afvoer | kWh _e /i.e/jaar | -5,1 | | | 0,0 | |
| Zwart water & grinder water - drinkwater aanmaak en transport | kWh _e /i.e/jaar | | -2,5 | -2,5 | -2,5 | -2,5 |
| Zwart water -vacuum systeem incl. grijs water transport | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -28,2 | -28,2 | -28,2 | -12,0 |
| Keukengrinder | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -1,5 |
| Transport totaal | kWh _e /i.e/jaar | -28,1 | -50,6 | -50,6 | -50,6 | -29,9 |
| Warmte | | | | | | |
| vergister | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -235,6 | -154,3 | -146,5 | -50,0 |
| Grijs water | kWh _{th} /i.e/jaar | | -41,7 | -6,2 | -2,7 | 0,0 |
| Warmtevraag zuivering | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -277,2 | -160,5 | -149,2 | -50,0 |
| warmteproductie warmtepomp | kWh _{th} /i.e/jaar | | 476,8 | 476,8 | 476,8 | 476,8 |
| Warmteproductie WKK | kWh _{th} /i.e/jaar | 30,3 | | | | |
| Warmte totaal (WKK warmte wordt niet extern geleverd, warmtepomp warmte wel) | kWh _{th} /i.e/jaar | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Elektriciteitsbehoefte warmtepomp | kWh _e /i.e/jaar | | -105,6 | -105,6 | -105,6 | -105,6 |
| Biogas productie | | | | | | |
| GF transport | kWh _e /i.e/jaar | -0,4 | | | | |
| Biogas GF, als GF centraal vergist wordt | kWh _e /i.e/jaar | 72,8 | | | | |
| Biogas | kWh _e /i.e/jaar | 60,6 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Biogas totaal | kWh _e /i.e/jaar | 133,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Elektriciteitsproductie WKK | kWh _e /i.e/jaar | 24,24 | | | | |
| Dieseloliegebruik WKK RWZI | kWh _e /i.e/jaar | -3,3 | | | | |
| Elektriciteit waterbehandeling | | | | | | |
| Beluchting | kWh _e /i.e/jaar | -13,4 | -214,7 | -31,8 | -14,1 | -8,5 |
| N-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | -85,9 | -12,7 | -5,7 | -4,6 |
| P-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | | -18,3 | -18,3 | -6,0 |
| Overig | kWh _e /i.e/jaar | -16,5 | -11,6 | -1,7 | -1,7 | -1,7 |
| Waterbehandeling totaal | kWh _e /i.e/jaar | -30,0 | -312,2 | -64,6 | -39,8 | -20,8 |
| Totaal gas | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Totaal elektriciteit zonder warmtepompen | | -33,8 | -362,8 | -115,2 | -90,4 | -50,6 |
| Totaal elektriciteit met warmtepompen | kWh _e /i.e/jaar | -33,8 | -468,4 | -220,8 | -196,0 | -156,2 |
| Totaal warmte | kWh _{th} /i.e/jaar | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Totaal Primair (conventionele elektriciteit, EG) | kWh _p /i.e/jaar | -87,7 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal Primair (duurzame elektriciteit, ED) | kWh _p /i.e/jaar | 0,0 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten RWZI | | | | | | |
| Totaal primair, RWZI zonder WKK, met biogas uit GF | kWh _p /i.e/jaar | -17,5 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder WKK, met biogas uit GF (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 127,5 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK | kWh _p /i.e/jaar | -15,0 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 72,4 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -89,9 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 55,1 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten DESAH | | | | | | |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -87,7 | -1050,8 | -323,2 | -261,9 | -28,4 |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 0,0 | -143,9 | -35,3 | -35,9 | 98,2 |

voor zover het de zuivering zelf betreft. De getallen met betrekking tot de huidige decentrale zuivering met het zeer binnenkort gerealiseerd aantal van 232 woningen (533 i.e. – **DESAH 533**) zijn c) gebaseerd op extrapolerende berekeningen vanuit DESAH 79, zonder aanpassingen aan de huidige installatie's. Simpel gezegd: het aantal i.e.'s neemt toe van 79 naar 533, verder verandert niets. Overigens wordt aangeraden de effecten van de binnenkort te verwachten toename van de i.e.'s te monitoren door de zuiveringsinstallatie van meetapparatuur te voorzien, met name van elektriciteitsmeters (registrerend, kWh) voor de verschillende zuiveringscomponenten. Op deze manier kan een goed inzicht worden verkregen van de energetische effecten van het beter benutten van de huidige decentrale zuivering. Deze monitoring en evaluatie van deze monitoring zou de 'next stop' in de verdere ontwikkeling van dit type van decentrale zuivering kunnen zijn. Kolom d) geeft de extrapolatie naar 1200 i.e. weer, zonder aanpassingen of optimalisaties.

Tot slot is e) een extrapolatie naar 1200 i.e. gemaakt (**DESAH 1200 OPT**), maar nu met het toepassen van verbeteringen, gericht op het verminderen van het energieverbruik.

Het blijkt dat in de gehele zuiveringsketen verbeteringen mogelijk zijn. Deze verbeteringen worden in dit rapport behandeld.

Overigens is de capaciteit van de warmtepomp verder te vergroten dan hier aangegeven, enerzijds doordat het volume aan grijs water min of meer evenredig toeneemt met de i.e.'s, anderzijds omdat ook de warmte uit de bodem –aar nu reeds gebruik van wordt gemaakt, verder uitgebreid kan worden. Dit is niet meegenomen in de extrapolaties.

In de bovenstaande tabel zijn feitelijk de belangrijkste conclusies van dit onderzoek weergegeven. Daarnaast kan het volgende geconcludeerd worden:

- In dit rapport wordt de totale energiehuishouding van conventionele centrale sanitatie te vergelijken met de totale energiehuishouding van decentrale sanitatie. Het is daarom logisch dat de opwekkingswijze van energie en de waardering van energie een grote rol spelen in deze vergelijking.
- Het energieverbruik van de huidige decentrale zuivering is veel hoger dan noodzakelijk. Dit is vooral te wijten aan het feit dat de installatie is ontworpen voor veel meer inwoner equivalenten (i.e., personen) - namelijk tenminste 533 i.e. - dan in de werkelijkheid van Sneek Noorderhoek tot op heden (slechts 79 i.e.).
 - Het is voor de decentrale zuivering excl. extern warmtesysteem mogelijk om tot een betere primaire energieprestatie te komen dan de centrale RWZI. Hiervoor is opschaling én (her)ontwerp/ optimalisatie echter wel noodzakelijk.
 - Warmtepompen hebben een cruciale rol in de energieprestatie van het decentrale sanitatiesysteem als geheel – zuivering én centrale warmtevoorziening.
 - De warmteverliezen en warmteverbruiken van de woningen en gebouwen van Sneek Noorderhoek zijn zeer hoog. Onmiskenbaar is hier sprake van een inefficiënt warmtesysteem. Tegen deze achtergrond kan een decentraal zuiveringssysteem – hoe goed ook – niet veel bijdragen aan de energiebalans van deze woningen en gebouwen.
 - Uit het ontwerp en uitvoering van de zuivering blijkt, dat energie efficiency van zuiveringscomponenten tot op heden geen belangrijke rol heeft gespeeld.
 - Daardoor komt de warmteproductie vanuit deze decentrale zuivering via warmtepompen en de bijdrage aan de warmteproductie via het geproduceerde biogas vanuit de decentrale zuiveringsinstallatie niet tot zijn recht, in de zin dat het aandeel van de zuivering in de energievoorziening van woningen en gebouwen gering is.

- Dit project is primair gericht op een innovatieve (gescheiden) verwerking van zwart water, en met name ook op de duurzaamheidsverdiensten van deze gescheiden verwerking. Daardoor heeft het ontwerp van het grijs water verwerkingssysteem wellicht te weinig aandacht gekregen. Het hoge energiegebruik van het grijs water systeem is hier mede een gevolg van. Wellicht is een verbetering van deze grijs waterverwerking het eerste verbeterpunt, waarbij de grootste energiewinst te halen is met relatief de minste middelen.
- Een ander voor de hand liggend verbeterpunt betreft de warmtehuishouding van de vergister: door een slimmere temperatuurregeling, verbeterde isolatie en warmterugwinning vanuit het effluent ten behoeve van het influent kan de warmtevraag sterk worden verminderd. Zelfs een autotherme werking (geen externe warmte nodig) zou mogelijk moeten zijn.
- Van belang is, dat nieuwe decentrale installaties flexibel zijn met betrekking tot het aantal aansluitingen (i.e.) en worden toegepast in een overigens optimale warmte infrastructuur (lees: werkelijk Near Zero Energy Buildings - NZEB).
- Groot voordeel van decentrale sanitatie is, dat warmteproductie en warmtegebruik dicht bij elkaar liggen – dit in tegenstelling tot centrale sanitatie. Hierdoor kan decentrale sanitatie bijdragen aan de warmtehuishouding van woningen en gebouwen in de buurt middels warmtepompen met het effluent als warmtebron.
- Het influent is zover afgekoeld bij aankomst bij de decentrale zuivering dat eventuele warmterugwinning uit douchewater in de woning het zuiverings- en energiewinningsresultaat niet beïnvloedt. Dit kan veranderen bij een goed geïsoleerde en opgeschaalde installatie. Douche water WTW en zuiveringen kunnen dan gaan concurreren m.b.t. warmte.
- De opwekking van elektriciteit – en de waardering daarvan - speelt een cruciale rol in de evaluatie van energiesystemen en – dus - ook van de evaluatie van decentrale sanitatie. Duurzame elektriciteit heeft geen primaire fossiele impact, en dit werkt sterk door in de waardering van (sanitatie) systemen.

PERSPECTIEVEN VOOR DE TOEGEPASTE TECHNOLOGIE MET BETREKKING TOT DE WARMTEVOORZIENING OP WIJKNIVEAU

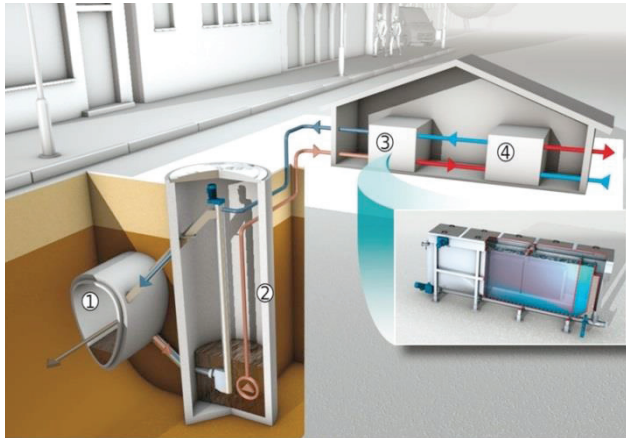
Uit de uitgevoerde analyse blijkt, dat in het huidige warmtesysteem zeer veel warmte verloren gaat, én dat de warmteverbruiken bij de eindgebruiker veel hoger zijn dan in door de EPC berekeningen voorspeld. Daardoor is de bijdrage van biogas in de totale warmtebalans zeer gering, veel geringer dan de bijdrage van aardgas en van de warmtepompen. Het is allereerst zaak deze warmteverbruiken en warmteverliezen in het distributienet sterk te reduceren voordat naar andere oplossingen wordt gezocht.

Perspectieven voor grondgebonden woningen

Perspectief is vooral daar waar zeer zuinige woningen worden gebouwd. De warmtevraag van deze woningen is zo laag dat de aanleg van een warmtenet niet aande orde is. Deze woningen worden zelfs van een 'all electric' energie infrastructuur voorzien. Door deze woningen te voorzien van nieuwe sanitatie kan het gewonnen biogas gebruikt worden voor kookdoeleinden. Hiervoor wordt ongeveer 60 Nm³ aardgas per jaar gebruikt. Omdat productie en consumptie van biogas het gehele jaar door plaatsvinden en de behoefte aan kookgas ook, is weinig buffercapaciteit voor het biogas noodzakelijk. Als ongeveer de helft van de huishoudens op gas wil koken, dan is de kookgasbehoefte gemiddeld 30 Nm³ per huishouden per jaar, terwijl de productie aan biogas ca. 35 Nm³ AE/jaar bedraagt.

Perspectieven voor gestapelde woningen

In het geval van gestapelde bouw is sprake van grotere dichtheid. Zeker als er een collectief warmtesysteem wordt aangelegd – dit is in dit geval door hoge dichtheid wél te overwegen - en men dit systeem met warmtepompen van warmte wil voorzien, dan kan het interessant zijn om effluent uit de decentrale zuivering als warmtebron te gebruiken. Dit is vooral interessant als men de bodem niet in mag, of een lokale WKO niet mogelijk is door de lokale geohydrologische omstandigheden. Hier kan het biogas ook ingezet worden voor warm tapwater na verwarming (naast de warmtepomp) en uiteraard ook als kookgas.



① Sewer; ② sewer shaft with screen and delivery pump;
③ HUBER wastewater heat exchanger RoWin; ④ Heat pump

1

INLEIDING

Woningstichting De Wieren, de gemeente Sneek, DeSaH BV, STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en Wetterskip Fryslân gaan 232 duurzame woningen (533 i.e.) realiseren in de wijk Noorderhoek 1.

Hiervan zijn in maart 2012 62 woningen (79 i.e.) gerealiseerd, waarvan 32 woningen in een zorgcomplex en 30 55+ appartementen. Ten tijde van het onderzoek was het nog onduidelijk wanneer alle duurzame woningen gerealiseerd gaat worden en derhalve vindt er een analyse plaats op basis van de huidige stand van zaken en is er een vertaling gemaakt naar een situatie met 1200 bewoners. Deze keuze is gemaakt om dat er blijkt dat er circa 1200 personen aangesloten kunnen worden op de huidige installatie. Het doel van het project is er op gericht: Een optimale duurzaamheid met betrekking tot energie en nieuwe sanitatie op de schaal van Noorderhoek te demonstreren. Inmiddels (medio 2014) wordt de wijk uitgebreid tot 232 woningen (533 i.e.)

WAAROM DECENTRAAL ZUIVEREN?

Door de aanwezigheid van het huidige centrale inzamelingsstelsel van municipaal afvalwater is anaerobe afvalwaterzuivering van in Nederland (nog) niet effectief. Dit komt door de relatief lage omgevingstemperatuur, maar ook de relatief lage concentratie organisch materiaal in het municipaal afvalwater. De verdunning met hemelwater en/of de infiltratie van grondwater versterken spelen hier een belangrijke rol. Als gevolg hiervan gebruiken de municipale afvalwaterzuiveringen veel energie om het afvalwater te beluchten om zo de chemische energie uit het organisch afval om te zetten in CO₂. In Nederland verdwijnt er voor circa 500 kton organisch materiaal/jaar in het riool. Dit wordt in de waterzuivering tot CO₂ geoxideerd – waarbij chemische energie verloren gaat - en dit resulteert in de groei van aerobe organismen (slib). Via een nageschakeld slibgistingproces is het dan alsnog mogelijk om een gedeelte – in de praktijk ca. 35-40% in biogas om te zetten.

Als er echter gebruik gemaakt zou kunnen worden van anaerobe afvalwaterzuiveringstechnieken, dan zou er direct circa 50% via het zwartwater (inclusief urine) omgezet kunnen worden in biogas. Omzetting van dit biogas naar elektriciteit en warmte met een WKK is op dit moment gebruikelijk. Met de huidige efficiëntie gaat dit om circa 1,6 PJ elektriciteit en 2,8 PJ warmte bij een elektrisch rendement van 33% en een thermisch rendement van 56% voor heel Nederland. Door de inzet van groente en fruitafval zouden deze waarden minimaal moeten kunnen verdubbelen. Uiteraard is het ook mogelijk het biogas om te zetten – met een rendement van ca. 80% - naar een gasstroom met aardgaskwaliteit (groen gas) of rechtstreeks te gebruiken voor verwarmingsdoeleinden.

Het decentrale sanitatie-concept beoogd juist op kleinere schaal, dicht bij de bron het afvalwater gescheiden zwart en grijs water in te zamelen. Door de gescheiden inzameling is verdunning met hemelwater en grondwater eenvoudiger te voorkomen en is de temperatuur van het binnenkomende afvalwater mogelijk hoger. Hierdoor ontstaat er een zwartwater stroom

die zeer geschikt is voor anaerobe afvalwaterbehandeling, waardoor de chemische energie in de vorm van methaan (CH₄) eenvoudiger teruggewonnen kan worden. Ook de algehele waterzuivering zou efficiënter plaats moeten kunnen vinden, omdat men kleinschaliger kan beluchten, minder hoeft te transporteren en het gebruik van warmtewisselaars om restwarmte uit huizen te benutten makkelijker te integreren is.

DECENTRALE ZUIVERING, GEÏNTEGREERD MET DE WARMTEVOORZIENING VAN DE WIJK NOORDERHOEK

Naast het decentraal zuiveren is het (her)gebruik van warmte een belangrijk onderwerp in dit project: er is een centraal warmtesysteem (een warmtenet) voor ruimteverwarming en warm tapwater aangelegd dat wordt gevoed door :

- Aardgas gestookte ketels
- Een met biogas gestookte ketel, afkomstig van de decentrale zuivering
- Elektrisch gedreven warmtepompen, die zowel het grijs water effluent als opgepompt grondwater als warmtebron benutten.

De afvalwaterzuivering en de warmtehuishouding van de wijk zijn dus op meerdere manieren met elkaar verknoot. Door restwarmte uit de zuivering voor de woonwijk te benutten kan extra warmte (aardgas) worden bespaard. Ter vergelijking: bij centrale zuiveringen wordt het gegenereerde biogas veelal omgezet in warmte en elektriciteit. Deze elektriciteit wordt gebruikt om de elektriciteitsinkoop te verminderen. Een groot deel van de warmte uit deze WKK – vooral ingezet om de vergistingsreactor op temperatuur te houden - gaat overigens verloren.

Het bedrijf DESAH BV heeft in een eerder stadium een pilotproject ontwikkeld om het concept van decentrale sanitatie te demonstreren in het project Sneek , Lemmerweg_Oost 1 [Kujawa-Roeleveld, et al. 2012].

Hierbij is de boven geschetste verknoping van de warmtehuishouding van de met de warmtehuishouding van deze woningen gerealiseerd. De opwekking van zowel de warmte als de waterzuivering vind plaats in het zuiveringshuis, gevestigd op een centrale plaats in de wijk. Naast de vergistingsreactor is zowel een OLAND reactor als een struviet reactor toegepast voor de behandeling van zwart water. Het grijs water wordt hier min of meer conventioneel aerob gezuiverd.

Zonder op de resultaten te willen vooruitlopen, is het feit dat er slechts een beperkt aantal woningen (62 ipv 232) op het warmtesysteem en het zuiveringssysteem zijn aangesloten een belangrijke reden dat het warmtegebruik van de wijk en het energiegebruik van de zuivering aanzienlijk hoger uitviel dan geprognosticeerd. Daarnaast geldt , dat het warmtegebruik van de woningen zelf aanzienlijk hoger is dan geprognosticeerd, en de warmteverliezen buiten de woningen – ca. 30 % van de opgewekte warmte – hoog is in vergelijking met traditionele warmtenetten met hoge temperatuur wanneer men de relatief korte afstand van de woningen ten opzichte van de warmteopwekking in het zuiveringshuis.

De werkzaamheden van saxon zijn er op gericht om:

Optimale duurzaamheid met betrekking tot energie en nieuwe sanitatie op de schaal van Noorderhoek (232 woningen, een middelgrote wijk) te demonstreren, en meer specifiek: een betrouwbaar beeld te krijgen van de energiebalans van het systeem zoals toegepast.

De belangrijkste onderzoeksvragen voor saxion zijn (zie offerte van Saxion van 17 april 2012):

- 1 Is de gegevensbasis voldoende om de energie- en amssabalansen op te kunnen stellen?
- 2 Met welk referentie systeem wordt de installatie van Sneek Noorderhoek vergeleken, en wat zijn hiervan de massa- en energiebalansen?
- 3 Wat zijn de energetische kosten en baten van het decentrale sanitatieconcept en de toepassing van de opgewekte energie in vergelijking met de referentie?

Lopende het project heeft Saxion zich bovendien – toen bleek dat het specifiek energieverbruik van zowel de zuivering als van het warmtesysteem aanzienlijk hoger waren dan geïmposticeerd – verdiept in de vraag hoe de energiehuishouding van decentrale sanitatie aanzienlijk verbeterd kan worden. Met andere woorden: hoe de huidige installatie geoptimaliseerd kan worden met betrekking tot energiegebruik. Dit betreft zowel het warmtesysteem als het decentrale zuiveringssysteem.

Het heeft lang geduurd voordat alle relevante gegevens beschikbaar waren. Bovendien zijn deze gegevens gedurende de looptijd van het onderzoek veelvuldig aangevuld en verbeterd, onder andere op navraag van Saxion.

Als referentie is de conventionele centrale rioolwaterzuivering van de stad deventer gebruikt, in nauw overleg met de projectdeelnemers.

Omdat het decentrale sanitatieconcept op deze schaal nog niet praktisch is getoetst zal deze rapportage het inmiddels gerealiseerde systeem onder de loep nemen door middel van energieanalyse methodieken en een energetische vergelijking maken ten opzichte van de conventionele gecentraliseerde RWZI.

Geleerde lessen dienen om het decentrale sanitatieconcept te verbeteren en als input voor het opschalen van het decentrale sanitatieconcept naar grotere aantallen woningen.

2

ALGEMENE SYSTEEMBESCHRIJVING

2.1 DECENTRALE SANITATIE IN DE WIJK NOORDERHOEK-SNEEK

2.1.1 DECENTRALE WATERZUIVERING

In de wijk Noorderhoek wordt het zwart water (inclusief urine) en het grijswater van 62 woon-eenheden (79 i.e.) verdeeld over een zorg- en appartementencomplex gescheiden ingezameld. Vervolgens wordt het in een specifiek ontworpen zwartwater en grijswaterzuivering behandeld in het decentrale zuiveringshuis (figuur 1).

FIGUUR 1 DECENTRALE SANITATIEGEBOUW NOORDERHOEK SNEEK EN SCHEMATISCH OVERZICHT MASSABALANS DECENTRALE SANITATIE



Fijngemalen groente - fruitafval (geen tuinafval) wordt vermalen en verdund met kraanwater via een keukengrinder, en vervolgens met het toiletwater gemengd. Dit mengsel wordt dit door middel van een vacuüm pomp de vacuüm kelder ingepompt. Vervolgens wordt het met een versnijdende afvoerpomp de vergister ingepompt. Het effluent van de vergister passeert een Oland-reactor en een struviet reactor om respectievelijk N en P te verwijderen.

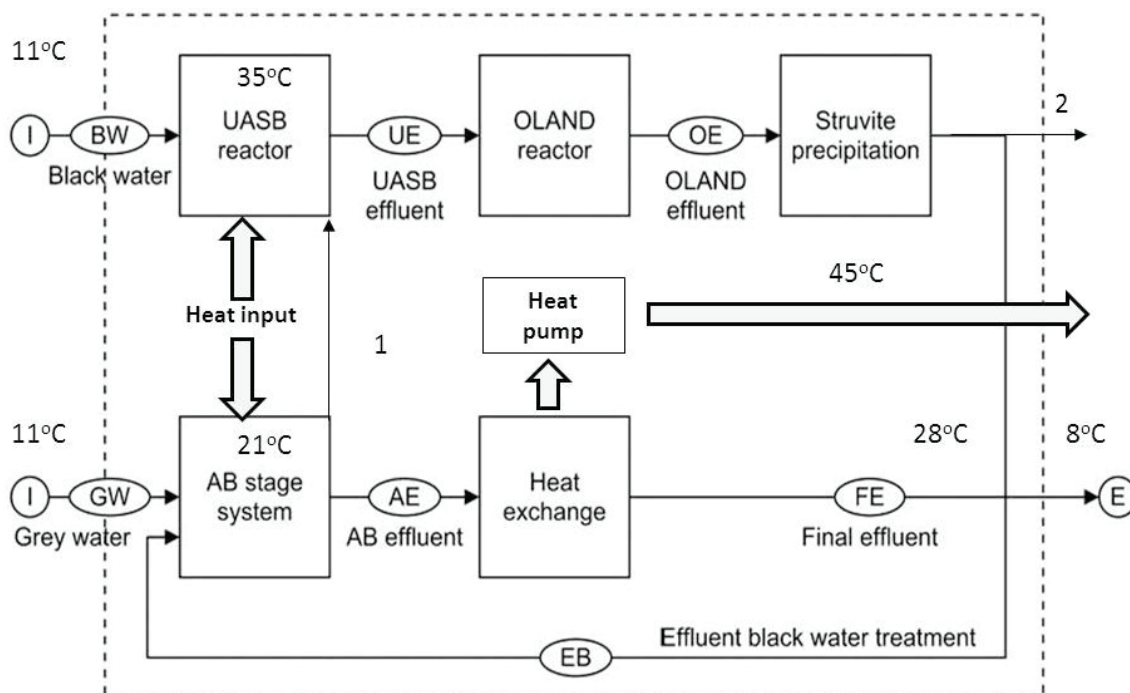
Door middel van een AB-systeem wordt het grijze water aerob behandeld. Hierin vinden CZV, N en P verwijdering simultaan plaats. Het hierin gegenereerde slib wordt bij het zwart water gemengd. De warmte aanwezig in het effluent van het grijswatercircuit wordt doormiddel van een warmtewisselaar teruggewonnen (figuur 2).

In het begin van 2013 was de zwart water stroom nog geheel gescheiden van de grijswater-stroom. Deze opzet is weergegeven in Figuur 2 via pijl 1. In deze opzet werd er op 2 punten effluent en slib geproduceerd. Dit was zo gepland om beide systemen afzonderlijk op te starten. De gevolgen van het toevoegen van effluent en slib konden hierdoor inzichtelijk gemaakt worden. Vanaf 16 mei 2013 werd het integrale effluent van de zwart water behandeling, nadat het de OLAND-reactor en de struviet reactor is gepasseerd, aan het grijswatercircuit toegevoerd via de grijswater bufferput, waardoor er effectief geen effluent meer uit het zwart water circuit geloosd wordt. Door de geplaatste terugkoppeling vanuit het zwart water

circuit fungeert het AB-systeem nu dus ook als polishing step voor het effluent en slib van het zwarte water. Doordat dit grotendeels een aerob systeem is, wordt hier relatief veel slib geproduceerd, dat in een conventioneel systeem voor 60-70 /ton afgevoerd moet worden. Om deze reden is er gekozen om het aerobe zuiveringsslib weer terug te voeren in de zwart water vergister, waardoor het weer omgezet kan worden in biogas. Mogelijk heeft dit terugvoering een negatief effect op de kwaliteit van het uitgiste slib. Deze veranderingen zijn per 11 juli 2013 doorgevoerd en weergegeven in figuur 2.

Het is belangrijk om te realiseren dat de zuiveringsinstallatie in 2008 met de tot dan toe beschikbare kennis en ervaring is ontworpen op basis van de uiteindelijke situatie waarin de zuiveringsinstallatie geschikt moest zijn voor 232 huizen, circa 533 personen (i.e.). Het is echter berekend aan de hand van de behaalde resultaten van het systeem te Noorderhoek en andere referentiesystemen dat het systeem afvalwater tot 1200 personen (i.e.) of 522 huizen kan behandelen. Echter, doordat er nu maar 62 huishoudens (79 personen inclusief zorgpersoneel) zijn aangesloten is de volledige zuiveringsinstallatie met een factor 15 keer overgedimensioneerd ! Uiteraard heeft dit consequenties voor de zuiveringsprestatie en energieprestatie en daarom zijn er tijdelijke aanpassingen doorgevoerd waar mogelijk om dit zo goed mogelijk op te vangen. In het grijswatersysteem is een kleinere binnentank geplaatst en de OLAND-reactor draait op een lager toerental en de zuurstoftoevoer is afgeknepen. Verder wordt de zwart water vergister nu bedreven op een verblijftijd van 34 dagen, terwijl het theoretisch mogelijk moet zijn om dit op een verblijftijd van circa 2 dagen te behandelen (DESAH, 2014). Het spreekt dat de – niet gewenste- afkoeling van het influent zwart water veel groter is dan in een goed belaste zuivering het geval zou zijn.

FIGUUR 2 OVERZICHT VAN HET PROCESFLOW DIAGRAM (DESAH, 2014)



2.1.2 INPASSING IN HET WARMTENET

Het doel van decentrale sanities in de wijk Noorderhoek om dichterbij de bron te zuiveren, de afvalstromen gescheiden aan te bieden waardoor de zuivering in principe efficiënter uitgevoerd kan worden. Daarnaast wordt GF via de zwart water infrastructuur van de wijk

meevergist, wordt warmte uit de zuivering teruggewonnen en biogas gewonnen ten behoeve van het warmtesysteem in de wijk.

Omdat er biogas geproduceerd wordt, bestaat er de mogelijkheid om biogas in de vorm van warmte of elektriciteit direct terug te leveren aan de huishoudens. Tevens kan op decentraal niveau de restwarmte uit het grijs water (o.a. het douchewater) via een warmtewisselaar terug¹gewonnen worden. Daarnaast wordt warmte uit de bodem gewonnen via een WKO systeem. Hierdoor zijn er dus 3 potentiële energiebronnen voorhanden.

Op basis hiervan is het een logische keuze om genoemde energiebronnen aan te wenden om hiermee gezamenlijk alle aangesloten huizen weer van warmte te voorzien. Er is een warmtenet aangelegd waarop alle huizen zijn aangesloten. De huizen hebben een EPC-waarde van 0,8 [zie bijlage 7.5] Uiteraard heeft het gedrag van de gebruikers ook invloed op de energieprestatie, omdat het 55+ en 65+ bewoners betreft is de verwachting dat het temperatuurniveau en dus het energiegebruik voor ruimteverwarming – bij overigens gelijke omstandigheden - hoger is dan gemiddeld. Het warmtenet is verder gesplitst in een hoge temperatuur (voor warm tapwater) en een lage temperatuur-gedeelte (voor ruimteverwarming) om zo de verliezen vanuit het leidingnet naar de omgeving te minimaliseren. In de woningen zijn het warmtapwater en verwarmingswater voor de CV dus op een apart net aangesloten. Het centrale gedeelte van het warmtenet wordt nu beheerd door het bedrijf Feenstra en bevindt zich in het “decentrale zuiveringsgebouw” in een apart afgeschermd ruimte.

De warmte uit het grijswater-effluent wordt teruggewonnen door middel van een warmtewisselaar die dient als warmtebron voor een elektrisch aangedreven warmtepomp. Deze warmtepomp voorziet het warmtenet van warmte van 45°C. Echter, omdat dit onvoldoende is om de huizen te verwarmen in de winter is er voor gekozen om dit te koppelen aan een bodembron. Vanwege de vergunningsmogelijkheden is er echter maar 1 put geslagen en mag er maximaal 20.000 m³/jaar verpompt worden. Deze put heeft een constante temperatuur van 11°C en wordt in de zomer gebruikt als koelwater voor het zorgcomplex en in de winter als 2^e warmtebron voor de warmtepomp. Het is een eenrichtingssysteem- zomerwarmte wordt niet opgeslagen, noch winterkoude – zodat strikt gezien niet van een warmte Koude Opslagsysteem (WKO) gesproken kan worden. Hierdoor zijn er geen energetische restricties wat betreft warmte-uitwisseling met de bodem, die bepaald worden door dit maximale debiet van 20.000 m³/jaar.

Omdat warmtepompen per definitie een gering temperatuurverschil kunnen overbruggen om efficiënt te kunnen zijn (hoge C.O.P.), zijn een biogasketel en een aardgasketel geïnstalleerd om het centrale warmtenet te voeden met de hogere temperatuur die nodig is voor tapwater. Deze warmte-opwekkers (warmtepompen en ketels) worden via een centrale regeling aangestuurd. Voor vergelijking van de conventionele en decentrale zuivering wordt er een verdeelsleutel gebruikt die enkel de warmte afkomstig uit de zuivering aan de zuivering toebedeeld.

1 Hoewel het grijs water voor een groot deel uit warm tapwater bestaat, bleek de afkoeling buiten de woning zodanig groot dat de entree temperatuur van het grijs water weinig verschilde van de grondwatertemperatuur (ca. 11 °C). Toepassing van decentrale douche WTW lijkt daarom verstandig, vooral omdat hiermee de werking van de zuivering met de huidige grijswater infrastructuur niet nadelig beïnvloed wordt. Een alternatief zou kunnen zijn: zeer goede isolatie van de grijswater infrastructuur.

2.2 REFERENTIE CENTRALE RWZI (BRON TELKAMP ET AL., 2011)

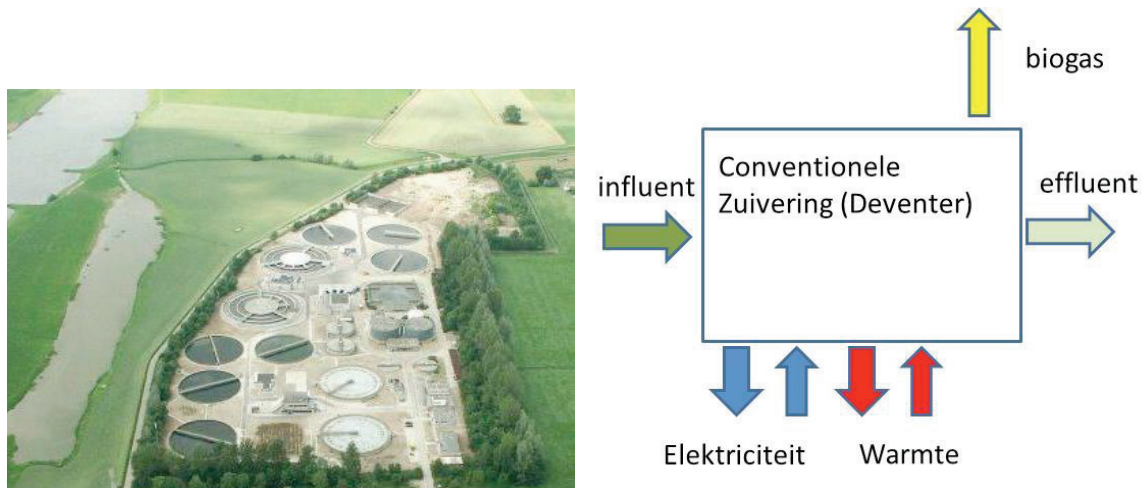
RWZI Deventer is onderdeel van Waterschap Groot Salland en zuivert afvalwater uit Deventer en omliggende kernen. De ontwerpcapaciteit bedraagt circa 168.000 inwonerequivalenten en dit uit zich een debiet van 7000 m³/uur. Het influent wordt via een uitgebreid rioolwaterstelsel naar het terrein van de RWZI toegepompt door de gemeente Deventer. Vanaf daar wordt het gedeeltelijk onder vrij verval binnengebracht en dan opgepompt door een drietal opvoergemalen. Op dit moment worden er maar 126.645 i.e. aangevoerd – dus er is sprake van 75 % belasting - men de restwarmte nog aanwezig in het influent (alhoewel al afgekoeld door het hemelwater en tijdens het transport) wordt niet teruggewonnen. Alhoewel er ook industrieel afvalwater binnenkomt (circa 8%) is er besloten in het kader van deze deelstudie aan te nemen dat dit vergelijkbaar is met een verhoging van het aantal i.e.'s.

Het afvalwater wordt in een laagbelast actief slibproces behandeld, waarin zowel primair als secundair slib worden afgescheiden doormiddel van een voor- en nabezinktank. Het ingedikte slib wordt vervolgens mesofiel vergist (35°C). Naast het slib van de eigen RWZI (126645 i.e.) wordt ook het slib van de RWZI's Olst en Heino aangevoerd en vergist. Het geproduceerde biogas wordt middels een WKK met 2 gasmotoren van 250kW_e, met een rendement van 37,5%, omgezet in elektrische energie. Theoretisch zou 40,5% haalbaar zijn op het moment dat ze op volledige capaciteit zouden draaien. Deze elektrische energie wordt volledig benut op de zuivering voor o.a. de beluchting van het aerobe zuiveringsproces. Er wordt verder additionele elektriciteit en diesel ingekocht. De additioneel geproduceerde warmte wordt benut om de vergisters op temperatuur te houden. De resterende warmte gaat momenteel verloren en wordt niet gebruikt als restwarmte voor het verwarmen van huishoudens, vanwege het ontbreken van warmtevraag in de directe omgeving. Netto is deze RWZI dus een energie consument.

In het huidige centrale systeem wordt GFT-afval opgehaald per wegtransport en omgezet in biogas en/of groen gas in centrale GFT-vergisters van bedrijven zoals Attero, Ommrin, HVC en de ROVA. Het blijkt dat het overgrote deel van het GF(T) afval dat wordt opgehaald wordt gecomposteerd, en (dus) niet wordt vergist. Om deze reden blijft de mogelijke biogas opbrengst uit deze centraal verzamelde GF stroom hier buiten beschouwing.

Het energiegebruik van de restslibverwerking in de centrale RWZI bedraagt 2,6 kWh/i.e./jaar. Omdat gegevens van de decentrale zuivering hieromtrent ontbreken, is hetzelfde getal aangehouden voor de decentrale zuivering

FIGUUR 3 OVERZICHTSFOTO RWZI DEVENTER (TELKAMP ET AL., 2011) EN SCHEMATISCH OVERZICHT ENERGIEBALANS. HET BIOGAS WORDT GEBRUIKT OM HET GROOTSTE DEEL VAN DE BENODIGDE WARMTE EN ELEKTRICITEIT TE PRODUCEREN, MET BEHULP VAN EEN GASMOTOR WKK.

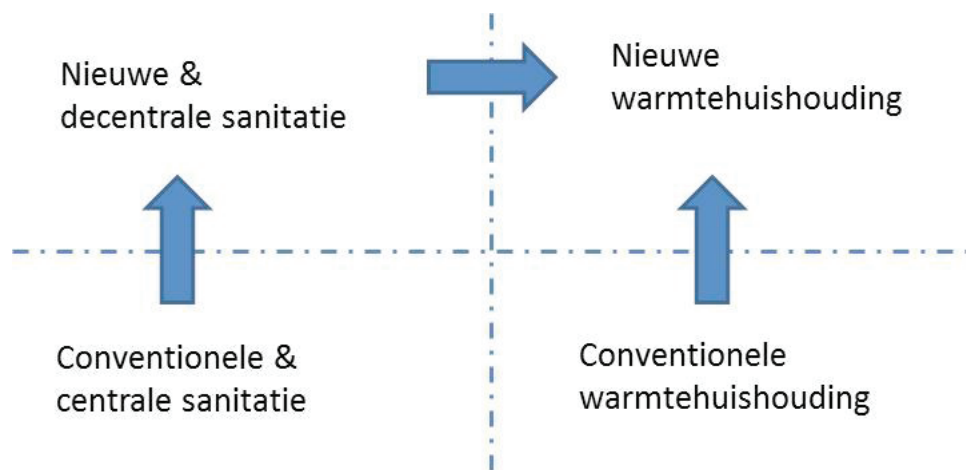


2.3 AFBAKENING EN SYSTEEMGRENZEN

Om een vergelijking mogelijk te maken van het decentrale sanitatieconcept (Noorderhoek Sneek) met een conventioneel sanitatieconcept (als representatieve vergelijking is de RWZI Deventer genomen, 126.645 i.e.), moeten de belangrijkste verschillen tussen de beide systemen in kaart gebracht worden.

Het is belangrijk om daarbij op te merken dat er eigenlijk 3 transities hebben plaatsgevonden, namelijk a) de overgang van conventionele sanitatie naar nieuwe sanitatie waarbij geconcentreerde stromen separaat gehouden worden van verdunde stromen, b) de overgang van centrale naar decentrale sanitatie en c) de overgang van een conventionele warmtehuishouding (met individuele aardgastookte HR ketels als uitgangspunt) naar een nieuwe warmtehuishouding op wijkniveau. Dit is weergegeven in Figuur 4.

FIGUUR 4 SCHEMATISCH OVERZICHT TRANSITIES



Er moet daarom expliciet gemeld worden dat theoretisch gezien de overgang van de conventionele warmtehuishouding naar een nieuwe warmtehuishouding een eigen energetische prestatie zal hebben. Dit geldt eveneens voor de overgang van conventionele naar nieuwe sanitatie. Het is dus in de praktijk mogelijk dat bijvoorbeeld de overgang van de conventionele sanitatie naar de nieuwe sanitatie energetisch goed scoort terwijl de overgang van de conventionele warmtehuishouding energetisch juist slecht scoort, of andersom. Dit zou er

toe kunnen leiden dat de totale energieprestatie slecht is, terwijl in de praktijk slechts 1 van beide systemen slecht presteert.

Daarom wordt er in energie-analyse methodieken altijd gerekend in primaire energie, om zo verschillen in productie en eventueel gebruik van elkaar te kunnen scheiden. In deze studie zullen wij de primaire energie uitdrukken in kWh_{primair}. Primaire energie wordt meestal op fossiele brandstoffen betrokken. Dit uitgangspunt zal ook hier aangehouden worden. Volledig duurzame energie heeft geen fossiele inzet.

Lage temperatuurwarmte kan bijvoorbeeld vrijwel niet meer terug in elektriciteit omgezet worden (Reader Energie-analyse UU, 2002). Elektrische energie daarentegen is van zeer hoge energetische kwaliteit en kan eenvoudig met hoog energetisch rendement in alle soorten energie (waaronder warmte) omgezet worden. Door middel van een warmtepomp kan lage temperatuurwarmte met elektriciteit als aandrijvende energie ('pomp') naar hogere kwaliteit gebracht worden. Vanwege het rendement van onze gemiddelde Nederlandse elektriciteitsopwekking (voornamelijk kolen- en gascentrales) zal er met een omzettingsrendement van 40% gerekend worden voor de conversie van primaire energie naar elektriciteit. Dit leidt ertoe, dat conventionele elektriciteit een behoorlijke primaire energie impact heeft. De inzet van (volledig) duurzame elektriciteit heeft geen (fossiele) primaire brandstof impact. Het rendement waarmee duurzame elektriciteit wordt opgewekt is dus energetisch en qua CO₂ uitstoot niet relevant, maar uiteraard wel in economisch opzicht.

Warmte opgewekt door het verbranden van biogas of aardgas zal met het rendement van de betreffende gasketel omgerekend worden naar primaire energie. Het gebruik aan warmte en elektriciteit van de zuivering en het warmtesysteem wordt beoordeeld op bruto primaire (fossiele) energie input. Als warmtebron wordt warmte uit effluent, bodemwarmte, biogas en aardgas gebruikt. Warmte uit effluent en de bodem wordt met een warmtepomp op de gewenste temperatuur gebracht. Elektriciteit wordt ingekocht vanuit het elektriciteitsnet.

Omdat de schaal van de conventionele sanitatie niet gelijk is aan het nieuwe decentrale systeem, zullen alle getallen teruggerekend worden naar een individuele vuillast, inwonersequivalent (i.e.), om een juiste vergelijking te kunnen maken. De functionele eenheid zal dus uit twee elementen bestaan:

- inwonersequivalent
- de benodigde hoeveelheid primaire (fossiele) energie (electriciteit + warmte)

Als functionele eenheid is derhalve gekozen voor $\frac{kWh}{i.e.}$.

De stromen (ingekochte) aardgas, diesel en elektriciteit hebben invloed op het primaire energieverbruik van het systeem als geheel. Dit is – naast de kapitaalslasten en operationele kosten – het belangrijkste criterium om het systeem te beoordelen, uiteraard geschaald per i.e.

Dit gezegd hebbende zullen we beide systemen vergelijken op:

- Energie om het gebruikte drinkwater op te wekken en te transporteren
- Elektrische energie benodigd voor afvalwater (gemengd of gescheiden) transport naar de zuiveringen
- Elektrische energie benodigd voor het vermalen van keukenafval
- Energie benodigd voor de aerobe behandeling in relatie tot de effluent kwaliteit
 - Elektrische energie benodigd voor grijs water en zwart water behandeling, incl elektriciteit voor P en N verwijdering

- Elektriciteit om de warmtepompen en hun circulatieompen aan te drijven
- Warmteterugwinning middels de warmtepomp (inclusief elektrische input)
- Warmteopslag in de bodem
- Energie geproduceerd in de vorm van biogas (hier ingezet om het warmtenet te voeden)
- Warmte benodigd voor het op temperatuur houden van de vergisters
- Inzet van aardgas en andere brandstoffen (o.a. diesel en aardgas bij conventionele RWZI) voor de zuivering en voor de eventuele aandrijving van de WKK installatie
- Inzet van aardgas om het warmtenet te voeden

Chemicalien benodigd voor het indikken van het slib en het verbeteren van de biogas kwaliteit worden niet meegewogen in de energiebalans

De slibeindverwerking zal kwalitatief meegenomen worden doormiddel van de discussie, maar niet kwantitatief omgerekend worden naar de energiebelasting.

We gaan er vanuit dat beide systemen zuiveringstechnisch aan de lozingseisen voldoen en derhalve laten we in deze rapportage de effluentkwaliteit buiten beschouwing. Uiteraard nemen we CZV/BZV waarden wel in overweging vanwege het feit dat dit opgeslagen chemische energie is, die via het biogas in energie omgezet wordt. Alhoewel organische stikstof ook energie bevat, valt de energetische vergelijking met de productie van Ammonia via het Haber-Bosch proces buiten de scope van dit onderzoek.

3

DATAVERZAMELING & RESULTATEN

3.1 DECENTRALE SANITATIE CONCEPT

3.1.1 GEGEVENS ZUIVERINGSPRESTATIE

Op basis van gegevens uit eerdere onderzoeken kan er gesteld worden dat er circa 8.35 l/i.e./d zwart water en 90 l/i.e./d grijs water ingezameld kan worden per persoon (Kujawa-Roeleveld en Zeeman, 2006; Zeeman et al., 2008 ;Telkamp et al., 2011).

In het eerdere project op Lemmerweg-Oost werd er echter maar 6 l/p/d aan zwart water en 59 l/p/d aan grijswater ingezameld (Kujawa-Roeleveld et al. 2012). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er circa 7 liter spoelwater vermengd wordt met 1.5 liter urine en 200 gr faeces.

Het volume van het zwartwater en het GF-afval wordt in totaal gemeten en bedraagt gemiddeld 1084 liter/dag. Op basis van de 79 inwonenden – het huidige bewoner aantal van Noorderhoek -, komt dit neer op een totaal volume van 13,7 l/i.e./d. Omdat hier GF afval toegevoegd wordt via een keukengrinder, is een hoger volume verklaarbaar. Het water dat de keukengrinder toevoegt is ca 40 % van het wateraandeel in de zwart waterstroom. Dit aandeel is aanzienlijk hoger dan verwacht.

De hoeveelheid grijs water komt op dit moment uit op circa 6 m³/dag, wat teruggerekend naar 79 personen dus op circa 60 l/i.e./d komt. Dit is aanzienlijk minder dan de landelijke cijfers (ca 120 l/i.e./d). Echter omdat het ook een verzorgingstehuis betreft zal het dienstdoende personeel niet douchen op locatie en ook de ouderen douchen mogelijk minder dan 1 x dag, waardoor het verklaarbaar is dat dit getal lager uitkomt dan door Kujawa-Roeleveld (2008) is aangegeven.

Het transporteren van het zwart water gebeurt middels een vacuum systeem. De toiletten en de keukenvermaler die in de wooneenheden aanwezig zijn, zijn via een vacuümleiding aangesloten op de vacuümtank die in het zuiveringshuis staat. De transportafstand is dus circa 150 m en op basis van de aangeleverde data kost dit transport 6.1Wh_e/d voor het systeem als geheel. Dit komt neer op 28.2 kWh_e/ie/jaar. Uiteindelijk hangt het energiegebruik van het vacuüm inzamelingsstelsel nauw samen met het ontwerp en het onderhoud. Mogelijk zal het elektriciteitsverbruik in de praktijk verminderen omdat systemen over het algemeen efficiënter werken op de ontwerpcapaciteit. Alhoewel het vacuümsysteem enkel voor het zwart water werkt, blijkt dat er in het vacuümstation ook een compressor staat die het grijswater invoedt en 2 pompen die de vergister voeden. Deze voedingspompen vermalen het aangevoerde zwartwater en keukenafval terwijl het aan de vergister wordt gevoed. De 28,2 kWh_e/ie/jaar omvat dus meer dan enkel het vacuümleringsstelsel. Buiten deze utiliteiten zijn er ook nog keukengrinders geïnstalleerd. Deze beogen het keukenafval voldoende klein te maken om via het vacuümstelsel te transporteren. Het elektriciteitsgebruik is sterk gebruikersafhankelijk, maar het is onze verwachting dat een gebruik van maximaal 4 minuten per dag voor een huishouden bij een gemiddeld vermogen van 500 W realistisch is. Omgerekend zou dit

neerkomen op 5-6 kWh_e/ie/jaar. De combinatie met een centrale grinderpomp vraagt zeker verdere optimalisatie, omdat het hier 2 maal om een significante elektriciteitsvraag gaat.

Het grijswater komt onder vrij verval binnen en wordt vervolgens over 3 meter hoogte opgepompt om het in de zuiveringsinstallatie te krijgen. Uitgaande van de massa van het grijswater inclusief zwart water 75 kg/i.e./d, kan de benodigde kinetische energie berekend worden om het hoogte verschil te overbruggen (bijlage 7.4). Als pompendement wordt er 90% aangenomen.

Op basis van de aangeleverde gegevens (per oktober 2012) het grijs water in de grijs water buffer een temperatuur van ~ 11°C (zie figuur 3). De input voor de vergister komt met dezelfde temperatuur binnen en dus moet een temperatuurverschil (ΔT) van 24°C overbrugd worden. De vergister wordt op 35°C gehouden (figuur 2), zodra het water echter uit de struviet reactor komt is de temperatuur gezakt naar 28°C (figuur 2). Vervolgens wordt er circa 1m³/d van het zwarte water van 28°C bijgemengd bij 6 m³/d grijswater van maximaal 11°C, deze warmte gaat grotendeels verloren, omdat de grijswaterbuffer put niet geïsoleerd is. De waarde bij in het grijswater AB systeem is echter ca. 21°C en dit is te verklaren doordat er via de beluchtingsinstallatie warmte in het grijswatersysteem wordt afgegeven. In totaal gaat het hier nog om circa 60 GJ op jaarbasis voor ruimteverwarming. De warmte van het grijswater-effluent wordt vervolgens via een warmtepomp met een gemiddelde “coefficient of performance” (COP) van 4,96 teruggewonnen. De effectieve C.O.P. is nog wat lager als ook de circulatiepompen worden meegewogen, zie hoofdstuk 3.1.2

Het grondwater uit de grondwaterwarmtebron heeft een gemiddelde temperatuur van 11°C en wordt ook door middel van de warmtepomp verwarmd tot 45°C.

De aerobe waterbehandeling vraagt daarnaast elektrische energie voor beluchting en voor het rondpompen van het grijswater en de totale CZV-last die behandeld moet worden is weer gegeven in onderstaande tabel. Daarom is dit systeem nu geoptimaliseerd en gebruikt 2,65 kWh_e/d oftewel 12 kWh_e/i.e./jaar (de beluchting gebruikt hiervan circa de helft). Verder vragen de OLAND reactor en de struviet reactor respectievelijk ook nog een elektrische input van 18 en 4,6 kWh_e/i.e./jaar na het opschalen naar 1200 personen.

TABEL 1

INFLUENT/EFFLUENT GEGEVENS DESAH (OKTOBER 2012)

| Parameter | Zwartwater | | Grijswater | |
|-------------|------------|----------|------------|----------|
| | Influent | Effluent | Influent | Effluent |
| CZVt (mg/l) | 9616 | 160 | 827 | 63 |
| BZVt (mg/l) | 4579 | 76 | 394 | 30 |
| Nt (mg/l) | 1024 | 382 | 29 | 13 |
| Pt (mg/l) | 110 | 19 | 12 | 7 |

De vermindering van CZV en BZV wordt verklaard door biologische conversie naar biogas en het invangen van zwevende stof in het slib. De Nt en Pt zijn vooral in het in het slib terecht gekomen en gedeeltelijk omgezet in N₂ of struviet. Op basis van de aangeleverde gegevens komen we op een biogas productie van 3013 l/d over de periode van 1 januari tot 31 december 2013 op basis van een aanvoer van 11350 g CZV/d.

Omdat de verblijftijd nu 34 dagen betreft, zal de vergistbaarheid op dit moment hoger liggen en zal er nu vrijwel geen surplusslib – dit is slibaangroei boven de gewenste concentratie in

de reactor- geproduceerd worden dat afgevoerd en verwerkt dient te worden. Berekeningen gemaakt door DESAH BV (zie rapportage verwerkingssysteem) op basis van het werk van de Graaf et al. (2010) geven aan dat als de verblijftijd in de vergister terug gaat naar 2 dagen, er wel surplusslib gaan ontstaan dat afgevoerd moet worden en de gemiddelde methaanproductie af zal nemen (zie tabel 2). Uit de gegevens aangeleverd door DESAH blijkt dat er circa 16 kg DS slib/i.e./jaar geproduceerd zal worden bij een inwoneraantal van 1200 personen.

TABEL 2 OVERZICHT VAN RESULTATEN VERGISTER (DESAH, 2014)

| Parameter | Eenheid | Huidige situatie (79 personen) | Situatie (1200 personen) |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|
| HRT | dagen | 34 | 2,00 |
| CZV _t verwijderd | % | 92 | 92 |
| CZV _t vracht influent | kg/d | 11 | 168 |
| Methaangehalte | % | 61,8 | 61,8 |
| Methaanproductie | liters CH ₄ /dag | 3013 | 39350* |
| Methaanproductie | liters CH ₄ / kg CZV aanvoer /dag | 272 | 259 |
| Slibproductie | g CZV-VSS /d en % | 717 en 7,1 | 1417 en 14,2 |
| Slib te verwijderen | kg VSS/dag | 0 | 51,6 (overeenkomend met ca. 1300 l/d) |

* berekend op basis van De Graaff (2010), blz 50-51

3.1.2 DE ENERGIEBALANS VAN HET ZUIVERINGSHUIS

Op basis van de werkelijke energieverbruiken van het zuiveringshuis is een energiebalans van het zuiveringshuis gemaakt, zie bijgaande tabel. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de warmte die geproduceerd wordt uit aardgas, uit biogas, uit het effluent en uit de bodem. De elektriciteitsbalans laat zien, dat een aanzienlijk deel van de gebruikte elektriciteit bestemd is voor de aandrijving van de warmtepompen. Daarnaast valt het hoge gebruik voor de grijswater zuivering op.

TABEL 3 ENERGIEBALANS ZUIVERINGSHUIS

| ENERGIEBALANS DESAH werkelijk | | kWh | kWh per i.e. |
|--|--|----------------|---------------|
| Inkoop aardgas (kWhp onderwaarde) | | 755.177 | 9559,2 |
| Productie Biogas (kWhp onderwaarde) | | 10.507 | 133,0 |
| Warmte geproduceerd vanuit aardgas | | 763.333 | 9662,4 |
| Warmte geproduceerd vanuit biogas | | 7.702 | 97,5 |
| Warmte, geproduceerd vanuit warmtepompen | | 121.079 | 1532,6 |
| warmte geproduceerd, totaal | | 892.114 | 11292,6 |
| Warmte, afgeleverd aan woningen | | 614.433 | 7777,6 |
| Warmte, afgeleverd aan zuiveringshuis | | 21.888 | 277,1 |
| warmte, totaal afgeleverd | | 636.321 | 8054,7 |
| Warmte totaal niet-afgeleverd (verlies) | | 255.793 | 3237,9 |
| Inkoop elektriciteit | | 53.755 | 680,4 |
| Inkoop elektriciteit warmtepompen (A) | | 24.411 | 309,0 |
| Inkoop elektriciteit circulatiepompen tbv (A) | | 2.441 | 30,9 |
| Inkoop elektriciteit zuiveringshuis | | 26.903 | 340,5 |
| Inkoop warmte zuiveringshuis | | 21.888 | 277,1 |
| opwarming zwart water | | 11.076 | 140,2 |
| opwarming grijs water | | 3.294 | 41,7 |
| verliezen reactor en leidingverliezen | | 7.518 | 95,2 |
| Inkoop elektriciteit zuiveringshuis | | 26.903 | 340,5 |
| Elektriciteit grijswater behandeling | | 16.967 | 214,8 |
| Elektriciteit Zwart water behandeling | | 6.790 | 85,9 |
| Elektriciteit transport en vacuumpompen | | 2.230 | 28,2 |
| Elektriciteit overig (zuiveringshuis) | | 916 | 11,6 |
| Winning warmte uit zuiveringshuis | | | |
| Onttrokken warmte uit grijswater effluent | | 30.073 | 380,7 |
| warmteproductie warmtepompen vanuit effluent als bron (B) | | 37.667 | 476,8 |
| Totaal elektriciteitsverbruik tbv (B) | | 8.354 | 105,7 |
| Effectieve C.O.P. mbt (B) | | | 4,5 |
| Netto warmteproductie warmtepompen af zuiveringshuis met effluent als bron | | 15.779 | 199,7 |
| Winning warmte uit bodem | | | |
| Onttrokken warmte uit bodembron | | 66.595 | 843,0 |
| Warmteproductie warmtepompen vanuit de bodem als bron (C) | | 83.411 | 1055,8 |
| Totaal elektriciteitsverbruik tbv (C) | | 18.498 | 234,2 |
| Effectieve C.O.P. mbt (C) | | | 4,5 |
| Netto warmteproductie warmtepompen af zuiveringshuis met de bodem als bron | | 83.411 | 1055,8 |
| Aantal i.e. | | 79 | |

3.1.3 INTERPRETATIE VAN HET HUIDIGE ELEKTRICITEITVERBRUIK VAN DE DECENTRALE ZUIVERING

TABEL 4 ELEKTRICITEITSBALANS WATERBEHANDELING

| Elektriciteit waterbehandeling | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Beluchting | kWh _e /i.e./jaar | -214,7 |
| N-verwijdering | kWh _e /i.e./jaar | -67,6 |
| P-verwijdering | kWh _e /i.e./jaar | -18,3 |
| Overig | kWh _e /i.e./jaar | -11,6 |
| Waterbehandeling totaal | kWh _e /i.e./jaar | -312,2 |

Bij het interpreteren van het elektriciteitsverbruik van de decentrale zuivering zoal opgesteld in Sneek valt het volgende op:

- 1 In de huidige situatie met een bezetting van 79 i.e. zijn bepaalde apparaten veel te groot gedi-mensioneerd. Dit betreft onder ander de compressoren van de beluchting van de grijswater-verwerking. De grijswaterverwerking is onderverdeeld in 4 secties. Slechts één van die secties is nu effectief in gebruik, de andere zijn enkel afgevuld met schoonwater. De compressoren leveren echter dermate veel lucht dat de beluchtingelementen van de overige 3 secties ook zijn ingeschakeld. Gevolg is dus een aanzienlijk hoger elektraverbruik enkel 'om van de lucht af te komen'.
- 2 De beluchtingselementen die in de a- en b-trap initieel waren ingezet, vervuilden erg snel waardoor de compressor zeer veel tegendruk diende te leveren. Gaandeweg het project zijn de elementen van de b-trap vervangen met als gevolg een elektrabesparing van 50%. De com-pressoren hebben namelijk ieder een eigen kwh-meter en kunnen daarom goed gemonitord worden. Met dien verstande dat bovenstaande punt 1 nog steeds van toepassing is. Voor wat betreft de a-trap zijn de beluchtingelementen vooralsnog niet vervangen. Alle toegepaste pompen/aandrijvingen hebben een capaciteit die is gebaseerd op een ontwerp met veel meer mensen aangesloten, deze zijn daarom voorzien van frequentieomvormers waardoor er een aanzienlijk energieverlies optreedt en werken ver buiten de ideale curve. Daarnaast zijn be-paalde installatieonderdelen van puls/pauze schakelingen voorzien wat het rendement ook zeker geen goed doet. Het grijswatersysteem functioneert procestechnisch niet zoals het be-hoort. De verblijftijden zijn veel te lang waardoor het gewenste effect, te weten in de a-trap weinig oxidatie van organisch materiaal maar juist zeer veel slibgroei niet bereikt wordt. Consequentie hiervan is dat er relatief gezien veel zuurstof (lucht) geconsumeerd wordt.
- 3 Verder is het verwijderingrendement in de a-trap zo slecht dat deze eigenlijk helemaal niet meegenomen moet worden. Procestechnisch doet deze nagenoeg niks, zie ook rapportage 'prestaties zuiveringssysteem'. Dat heeft echter ook effect op de b-trap. Dit betreft een laag belast systeem waar het juist de bedoeling is org mat te oxideren, aangezien het rendement van de a-trap bedroevend is dient 85% van het org mat alsnog in de b-trap geoxideerd te wor-den. Resulteert in een hoge zuurstofvraag.
- 4 Het elektriciteitsverbruik van de zwart waterbehandeling (Oland reactor en de struviet ver-wijdering is vooral (te) hoog doordat deze apparaten veel te groot zijn voor het aantal i.e.'s. Dit geldt vooral over de Oland reactor waarvan het absolute elektriciteitsverbruik vrijwel niet bepaald wordt dor de belasting van de zuivering

Bovenstaande punten 1, 2 en 3 verklaren ook de grote toename in temperatuur van het grijs-water. Enerzijds direct vanwege het inblazen van redelijk warme lucht en anderzijds indirect

vanwege de hoge temperatuur in het gebouwtje zelf. Daarbij dient echter de kanttekening geplaatst te worden dat ook de afkoeling van grijswater in het rioolstelsel aanzienlijk is, gezien de lange verblijftijd in het riool en bufferput.

De grijs water behandeling kost, zoals aangegeven, zeer veel beluchtingsenergie. Ter vergelijking: door Tervahauta et al. 2013 (blz 1031, tabel A3) wordt geclaimd dat een MBR+Trickling filter voor grijswaterbehandeling gezamenlijk $8.7+2.1 = 10.8$ kWh/i.e/jaar aan energie verbruikt. Het huidige verbruik van de grijs water behandeling (214,7 kWh/i.e/jaar) is derhalve ca. twintig keer zo hoog.

Om het elektriciteitsverbruik van de struviet precipitatie te laten dalen zijn verschillende technieken in ontwikkeling. Geclaimd wordt [Maurer, Swegler en Larsen] dat dit kan dalen tot 5-6 kWh/i.e/jaar. Dit is ruwweg een factor drie te opzichte van het huidige verbruik.

Het aanmaken en transporteren van drinkwater dat resulteert in grijs en zwart afval water kost energie. Daarnaast kost het transport van grijs en zwart afvalwater - al dan niet gemengd - energie. Deze vallen buiten de systeemgrans van Sneek Noorderhoek, maar moeten voor het vergelijk met de conventionele zuivering wel worden meegenomen.

In het geval Sneek Noorderhoek is er ook energie nodig voor het aandrijven van de vaccumpompen (in de energiebalans van het zuiveringshuis) en het aandrijven van de keukengrinder (in de energiebalans van de woningen). Het gaat hier steeds om elektrische energie.

Het opwekken van een m³ drinkwater kost 0,5 kWh en het transport van afvalwater kost 0,11 kWh/m³ [Roest, Hofman en Van Loosdrecht, TU Delft, *De nederlandse waterketen kan energie opleveren*]. Het blijkt dat Sneek Noorderhoek per i.e. aanzienlijk minder afvalwater produceert (32,4 m³/i.e/jaar) dan de gemiddelde i.e in Nederland (46 m³/i.e./jaar). Onderstaande tabel 5 geeft de vergelijking.

TABEL 5 DE ENERGIEBEHOEFTE VAN HET 'UPSTREAM'DEEL VAN DE WATERKETEN

| Elektriciteit aanmaak water & transport | | | | | |
|---|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Grijs water - drinkwater aanmaak & transport | kWh _e /i.e./jaar | -23,0 | -13,9 | -13,9 | -13,9 |
| Grijs water - afvalwater afvoer | kWh _e /i.e./jaar | -5,1 | | | |
| Zwart water & grinder water - drinkwater aanmaak en transport | kWh _e /i.e./jaar | | -2,5 | -2,5 | -2,5 |
| Zwart water -vacuum systeem incl. grijs water transport | kWh _e /i.e./jaar | 0,0 | -28,2 | -28,2 | -12,0 |
| Keukengrinder | kWh _e /i.e./jaar | 0,0 | -6,0 | -6,0 | -1,5 |
| Transport totaal | kWh _e /i.e./jaar | -28,1 | -50,6 | -50,6 | -29,9 |

De grote verschillen tussen beide systemen wordt vooral bepaald door het verminderde watergebruik van de decentrale zuivering en de aanwezigheid van een vacuumsysteem voor het zwarte water. Bij Casa Vita in Apeldoorn gebruikt het vacuüm systeem 12 kWh_e/i.e./jaar (rapportage STOWA, NSAI, 2013) hoewel er bij Casa Vita gebruik werd gemaakt van een ander type vacuumsysteem. Dit geeft aan dat een reductie van het huidige energiegebruik van zwart watertransport wel mogelijk is.

3.1.4 DE WARMTE-OPWEKKING, VERDELING EN AFLEVERING VIA HET WARMTENET

Tabel 3 geeft de warmtebalans van de in het zuiveringshuis opgewekte en (terug)gewonnen warmte weer. Deze warmte wordt grotendeels gebruikt voor ruimteverwarming en warm tapwater, en voor een beperkt deel voor het zuiveren van grijs water en zwart water. verreweg het grootste deel van de opgewekte warmte komt uit aardgas (85,5%). Ca. 13,5% van de warmte wordt door warmtepompen, e iets minder dan 1% uit biogas uit de zuivering. Ca 29% gaat verloren door verliezen in het warmtenet. Ca 30% van de warmte die de warmtepompen leveren komt uit het grijs water effluent als bron, de rest komt uit de bodembron.

3.1.5 NADERE INTERPRETATIE VAN HET WARMTEGEBRUIK

De belangrijkste gegevens voor het warmtegebruik van het woon en zorgcomplex zijn te vinden in tabel 6. Op basis van de EPC zou het energieverbruik voor ruimteverwarming 231 GJ/jaar bedragen voor het zorgcomplex, het werkelijke energieverbruik (uit meterstanden) was een factor 3,6 hoger. Uit tabel 3 is verder op te maken dat de meterstanden voor de appartementen een factor 10 boven de EPC-norm uitkomen. Op basis van de gegevens lijkt het werkelijke verbruik van warmtapwater voor de appartementen redelijk overeen te komen, maar voor het zorgcomplex zit hier een factor 10,6 tussen. Totaal blijkt het werkelijke verbruik door de bewoners ruim vier keer zo hoog te zijn, en dit is zeker niet alleen te verklaren uit hogere ruimtetemperaturen als gevolg van de gemiddelde hogere bewonersleeftijd.

TABEL 6 OVERZICHT VAN WARMTEVERBRUIK VOOR DE WOONEENHEDEN OP JAARBASIS OPGESTELD OP BASIS VAN GEGEVENS AANGELEVERD DOOR FEENSTRA (2014)

| Parameter | Eenheid | EPC-berekening Verbruik bewoners | Meterstanden bij bewoners | Gemeten opgewekte warmte |
|------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Appartementen | | | | |
| Warmtapwater | GJ/jaar | 158 | 163* | |
| Verwarming | GJ/jaar | 86 | 889* | |
| Totaal | GJ/jaar | 244 | 1052 | |
| Zorgcomplex | | | | |
| Warmtapwater | GJ/jaar | 24 | 254 | |
| Verwarming | GJ/jaar | 231 | 826 | |
| Totaal | GJ/jaar | 255 | 1081 | |
| Systeemverliezen | GJ/jaar | | | 960** |
| Totaal | GJ/jaar | 499 | 2211 | 3208 |

* aanname Feenstra

** berekende waarde op basis van aanname Feenstra en totaal verbruik meterstand

Als we deze waarden vervolgens vergelijken met de totale energieopwekking dmv aardgas, biogas en de warmtepomp komen we op een totaal opgewekt vermogen van 3208 GJ/jaar. De resterende 960 GJ/jaar zijn waarschijnlijk systeemverliezen buiten de complexen (conversie, terreinleidingen, etc.). Desalniettemin, ligt het werkelijke totale warmteverbruik van de bewoners in de wooneenheden ook een factor 6,4 hoger dan de EPC-normering. Daarbovenop komen de systeemverliezen buiten de complexen.

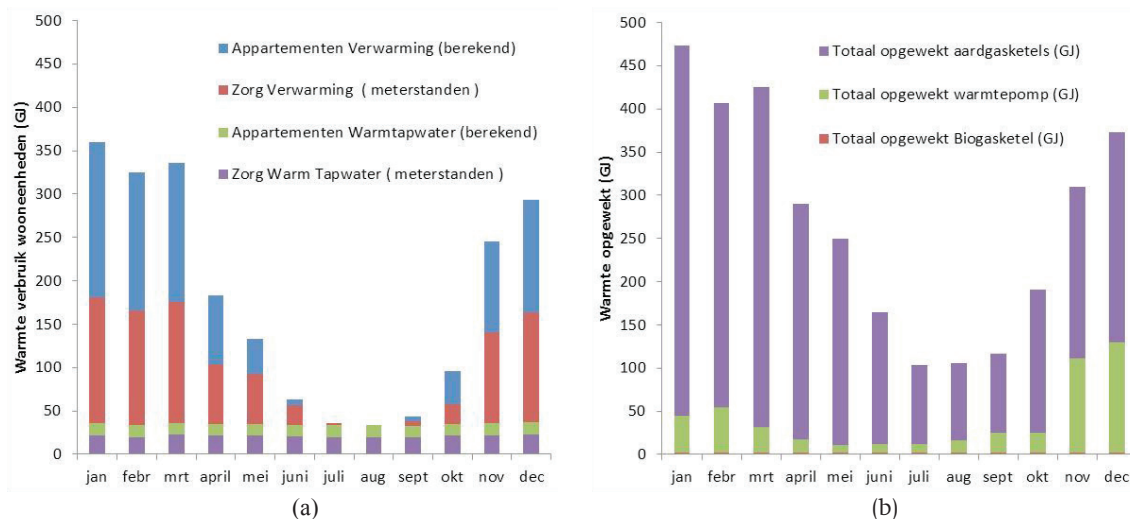
De warmteverliezen in het net (ca. 29%) zijn hoger dan op grond van het compacte warmtenet met betrekkelijk korte systeemleidingen verwacht mag worden. Deze verliezen zijn dus vele malen groter (ca. 30 keer zoveel) dan de warmte die uit biogas wordt opgewekt.

Grote stedelijk warmtenetten (Amsterdam, Rotterdam, Utrecht) hebben netverliezen tussen 25 en 30 % van de opgewekte warmte [CE Delft , warmtenetten in Nederland, 2009]. Het gaat hier echter om systemen die hogere systeemtemperaturen (90-120°C) hebben, en een uitgebreid warmtetransport- en distributienet hebben. De geconstateerde warmteverliezen van het warmtenet Noorderhoek mogen dus hoog worden genoemd, gezien de compactheid van het net en het feit dat voor het net voor ruimteverwarming een temperatuur van 45 °C wordt aangehouden.

Op basis van de maandelijkse gegevens blijkt er een relatief constant warm tapwater gebruik te zijn voor zowel het zorg als appartementen complex, terwijl de warmtevraag voor ruimteverwarming duidelijk met de seizoenen fluctueert. Ook de totale opgewekte warmte dmv de biogasketel, de warmtepomp en de aardgasketels laten een vergelijkbare maandelijkse trend zien voor de opgewekte energie, met het verschil dat de totale opgewekte energie maandelijks

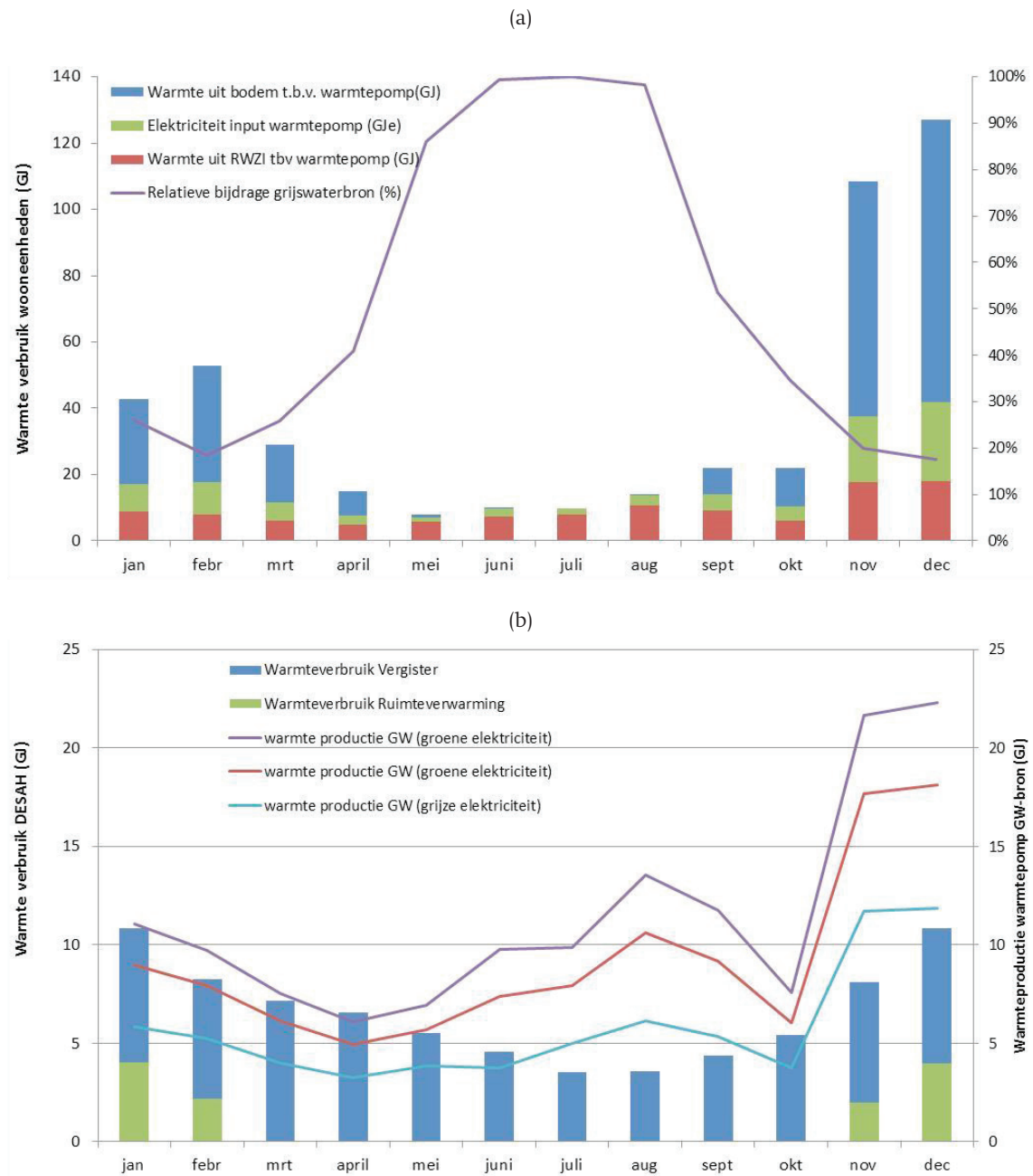
minimaal 60GJ hoger is en in juli en augustus daarmee op systeemverliezen komt die groter zijn dan de totale warmtevraag. Op basis gegevens voor juli en augustus, waarin er geen verbruik voor ruimteverwarming is, er toch nog significant meer warmte opgewekt wordt dan dat de absolute vraag voor warm tapwater is. Op basis hiervan is het warme tapwaterverbruik in geschat. Het is de inschatting op basis van deze gegevens dat de verliezen zich voornamelijk in het warme tapwaternet bevinden dat zich op 70°C in de grond van 11°C bevindt.

FIGUUR 5 (A) MAANDELIJKSE ENERGIEVERBRUIK (GJ) VOOR WARMTAPWATER, EN RUIMTEVERWARMING VOOR HET ZORG- EN WOONCOMPLEX EN (B) MAANDELIJKS OPGEWEEKTE ENERGIE (GJ) OVER 2013



De decentrale zuivering is geïntegreerd in het lokale warmtenet en haalt hieruit de warmte om de vergister op 35°C te houden en levert de warmtebron via het grijs water effluent voor de warmtepomp en biogas voor het hogetemperatuurnet. Omdat slechts een gedeelte van de bronenergie voor de warmtepomp uit het grijswater afkomstig is, is figuur 6a toegevoegd, die de absolute en relatieve bijdrage van de bodem en het grijze water in de totale warmtepomp output weergeeft. In figuur 6b is dit vervolgens doorverwerkt en zijn de bruto en netto warmteproductie van de warmtepomp en het verbruik in het zuiveringshuisje (vergister en ruimteverwarming) weergegeven.

FIGUUR 6 (A) RELatieve BIJDRAGE VAN VERSCHILLENDE ENERGIEBRONNEN AAN DE WARMTEPOMP OUTPUT EN (B) BRUTO EN NETTO WARMTEPRODUCTIE IN HET ZUIVERINGSHUISJE



Het blijkt dat pas aan het eind van het jaar de bron stevig wordt belast, terwijl dit gezien het profiel van de omgevingstemperatuur ook in januari en februari nuttig zou zijn. Er is aangegeven dat dit vanwege de bronlimitatie is waarin slechts $20.000\text{m}^3/\text{jaar}$ verpompt mag worden. In totaal kwam het verpompte grondwaterdebit licht hoger uit op $21.629\text{ m}^3/\text{jaar}$. De bodembron is dus maximaal benut en moet worden aangepast als men de gehele winter maximaal van de warmtepomp gebruik wil maken (aanbevelingen). Het blijkt verder dat in de zomermaanden de grijswaterbron voldoende capaciteit heeft om vrijwel de gehele warmtevraag te dekken. Maar ook hier geldt dat de grijswaterbron circa 50% minder warmte heeft geleverd in januari en februari ten opzichte november en december. Mogelijk heeft het feit dat het water in de retourleiding van het hoge en het lagetemperatuursnet gemengd werd, waardoor de temperatuur boven de ingestelde setpoints van de warmtepomp uitkwam en deze dus regelingstechnisch niet aan sloeg. In november 2013 is er een side-loop gecreëerd waardoor

de temperatuur van het retour water onder de warmtepomp setpoints kwam (Feenstra, 2014). Als we naar figuur 6b kijken zien we dat over de maanden april- december 2013 de warmtepomp inclusief elektrische input meer nettowarmte genereerde, dan het eigen gebruik voor de ruimteverwarming en de opwarming van de vergisters. Deze figuur laat wederom zien dat in de maanden januari-maart 2013 er minder warmte werd geproduceerd uit het grijswater dan er voor eigen gebruik nodig was.

3.2 DATA RWZI DEVENTER

Op basis van de gegevens van de RWZI Deventer wordt er in 2012 8.929.720 m³ municipaal afvalwater per jaar verwerkt bij een gemiddeld aantal i.e.'s van 126645 i.e. Dit komt neer op circa 0,2 m³/i.e./d. Hiervan weten we dat de gemiddelde Nederlander 130 l/i.e./d produceert, waarvan circa 40 l/i.e./d aan zwart water. Het resterende gedeelte (~30%) dat bij RWZI Deventer binnenkomt, is dan als hemelwater of rioolvreemd water aan te merken. Omdat in een decentraal systeem het hemelwater direct de natuur in kan vloeien en niet behandeld hoeft te worden, zal de transportenergie berekend worden inclusief hemel water transport met de aanname dat al het municipaal afvalwater onder vrij verval binnenkomt en dan opgepompt moet worden tot een hoogte van 3 m. Dit komt neer op ongeveer 0,6 kWh_e/ie/jaar. Uit de gegevens van de gemeente Deventer blijkt dat er nog circa 10 kWh_e/i.e./jaar nodig is om al het rioolwater bij de zuivering te krijgen. Dit is overigens aanzienlijk meer dan de 4,5 kWh voor afvalwatertransport die wordt aangehouden in een publicatie van de TU delft [Roest, Hofman en Van Loosdrecht, *De Nederlandse waterketen kan energie opleveren*]

Voor beluchting werd er in 2008, 1.940.900 kWh_e/jaar verbruikt oftewel 16 kWh_e/i.e./jaar. Echter het bleek dat door onderhoud het verbruik verlaagd kon worden tot circa 13 kWh_e/i.e./jaar in 2013. Naast bovengenoemde elektrische posten, is er uit de communicatie met Herman Evenblij (2014) gebleken dat er nog een post overige is waar nog circa 16.5 kWh_e/i.e./jaar gebruikt wordt.

De totale biogasproductie komt neer op 1.309.891 m³/jaar. Echter, vanwege het feit dat circa 8% van het gistingsslib van elders afkomstig is, wordt de biogas productie slechts voor 92% toegerekend aan de 126.645 inwoners, de biogasproductie komt daarmee op 6,1 CH₄/i.e./jaar. Dit betreft een chemische energie-inhoud van 25.668 GJ/jaar. De totale productie aan biogas (inclusief 8% van elders) wordt volledig verstoekt in een warmtekrachtcentrale en levert 2.925.919 kWh_e/jaar. Indien er onvoldoende biogas beschikbaar was werd er diesel ingezet (3,3 kWh_e/i.e./jaar) om de elektriciteitsproductie constant te houden. De resterende warmte wordt gedeeltelijk ingezet voor de opwarming van de slibgistingstanks, waarbij er een volumestroom van slechts 1,6 l/i.e./d opgewarmd moet worden.

In 2010 leverde een gemiddeld persoon ongeveer 120 kg GFT gescheiden in ¹¹. Gemiddeld werd nog 40 kg GFT per persoon in de grijze container gedaan. Dit houdt in dat er per persoon gemiddeld ongeveer 80 kg aan GFT-afval beschikbaar is. Hiervan is er circa 25% GF-afval, ofwel 20 kg GF-afval per persoon per jaar. Op dit moment wordt dit in gecentraliseerde GF-vergisters, dus niet in de zuivering zelf, omgezet in biogas en uitgaande van een CZV gehalte van 1,4 g CZV /g GF en 80% omzettingsrendement op CZV-basis zal er in de huidige situatie met een extra productie van 12,3 m³ CH₄/i.e./jaar gerekend kunnen worden.

De praktijk is echter, dat GF afval vooral wordt gecomposteerd. Om deze reden wordt deze potentiële energiebron niet in de vergelijking van de centrale zuivering ten opzichte van het DESAH systeem (waar GF wel wordt meevergist) meegenomen.

Gebaseerd op het ODYSSEE-project is het gemiddelde verbruik van wegtransport 1000 +/- 200 kJ/tonkm voor Nederland. Volgens het milieueffectrapport van AOO is de gemiddelde transport afstand van GFT-afval 35 kilometer. Met de aanname van heen en terug transport van 70 km, kost het transporteren van GFT-afval dus 70 MJ/ton. Omgerekend naar i.e komt dit neer op 0,4 kWh_p/i.e./jaar. Zoals aangegeven, wordt dit niet meegenomen in de vergelijking centraal/decentraal.

Het persen van het slib gebruikt 368. 543 kWh_e/jaar oftewel 2,6 kWh_e/i.e./jaar.

4

DE EFFECTEN VAN HET GEBRUIK VAN DE HUIDIGE ZUIVERINGSINSTALLATIE DOOR 533 I.E. (232 WONINGEN)

Wanneer de huidige zuiveringsinstallatie door 533 personen (i.e.) gebruikt gaat worden, dan zal om die reden het energieverbruik van de zuivering per i.e. afnemen:

- De grijs water zuivering zal door de huidige overdimensionering geen extra elektriciteit gebruiken, waardoor het verbruik per i.e. proportioneel daalt. Dit geldt ook voor het warmtegebruik van de grijs water behandeling.
- De hoeveelheid warmte om het zwarte water op te warmen zal proportioneel toenemen met de toegenomen i.e., echter, de verliezen in leidingen en van de reactor blijven grosso modo gelijk, waardoor de warmteverbruiken per i.e. van deze verliezen proportioneel per i.e. daalt.
- Dit geldt ook voor het elektriciteitsgebruik van de OLAND reactor: proportionele daling per i.e.
- Voor de struviet precipitatie reactor is vooralsnog uitgegaan van een constant gebruik per i.e.
- Voor de vacuüm pomp installatie en voor het opwekken en transporteren van drinkwater is vooralsnog uitgegaan van een constant verbruik per i.e.

N.B. Bovenstaande wijzigingen in de energiebalans zijn redelijke aannamen. Voor een bewijs zou de installatie daadwerkelijk voor 533 i.e. moeten gaan zuiveren.

Door deze 'opschaling' naar 533 i.e. worden de dominante effecten van de veel te grote schaal van de huidige zuivering weggenomen. Per saldo daalt de energiebehoefte van de DESAH 533 variant aanzienlijk, zie hoofdstuk 6.

NB de effecten van 533 bewoners op de warmtevoorziening in de wijk zijn niet meegenomen. Angenomen mag worden dat de verliezen van het warmtenet per inwoner zullen afnemen.

5

DE EFFECTEN VAN OPSCHALING NAAR 1200 I.E., GECOMBINEERD MET ENERGIE- OPTIMALISATIE

Verdere opschaling maakt een betere energie efficiëntie van de zuivering mogelijk, zowel van het warmtegebruik als van het elektriciteitsgebruik.

Verbeteringen zijn mogelijk door:

WARMTE

- 1 Een goede isolatie van de zwart water leidingen en de reactor.
- 2 Optimalisatie van de verblijftijd van het zwarte water in de reactor (schaal effect)
- 3 Het terugwinnen van warmte uit het zwart water effluent ten behoeve van het zwart water influent.

Door maatregelen 1 en 2 ($R_c = 4 \text{ m}^2\text{K/W}$) kan de warmtebehoefte per i.e. beperkt blijven tot ca. 50 kWh/i.e./jaar. Door toepassen van warmteterugwinning kan dit warmteverbruik nog verder dalen.

- 4 Door goede isolatie van de grijs water leidingen in combinatie van een vermindering van de verblijftijd van het grijs water in de influent leidingen en buffers (schaal effect) moet het mogelijk zijn de grijs waterbehandeling zonder extern toegevoerde warmte (autotherm) te laten functioneren.

De effecten van het Het toepassen van maatregel 4 is niet meer onafhankelijk van het toepassen van decentrale douche WTW 's. Deze leiden tot verlaging van de grijs watertemperatuur, vooral als de verblijftijden in de leiding kort is, en de isoalatie van de grijswaterleidingen goed. In dit opzicht moet er dui over hde systeemgrens van de zuivering worden geoptimaliseerd.

ELEKTRICITEIT

- 1 Het vergroten van de benuttingsgraad van het vacuumsysteem en een verbetering van de besturing zouden moeten kunnen leiden tot ongeveer een halvering van het specifiek energiegebruik [Desah, mondelinge communicatie]
- 2 De 'draai' tijd van de keukengrinder lijkt veel te lang. Door vermindering van de draaitijd kan het specifiek verbruik dalen van 6 kWh/i.e./jaar tot ca. 1,5 kWh/i.e./jaar.
- 3 De verdere toename van het aantal i.e. zal het energiegebruik van de grijswater behandeling (schaal effect : bij 533 i.e. berekend op 31,8 kWh/i.e./jaar) doen dalen. Een kritische beschou-

wing van het huidige grijs water systeem is noodzakelijk. In de literatuur wordt voor grijs water behandeling 10,8 kWh/i.e./jaar geclaimd. Gezien de relatief lage grijswater hoeveelheid per i.e. in Sneek Noorderhoek (27,6 m³/i.e./jaar i.p.v. 46 m³/i.e./jaar) zou het mogelijk moeten zijn dit te verlagen tot 7- 8,5 kWh/i.e./jaar.

- 4 Door de verhoging van het aantal i.e daalt de energiebehoefte van de OLAND reactor tot 4,6 kWh/i.e/jaar, mits het antal draaiuren van de reactor niet noemenswaard toeneemt.
- 5 Zoals reeds aangegeven, wordt in de literatuur 6 kWh/i.e./jaar geclaimd voor de struviet verwijdering.

BIOGAS

- 1 Reactor optimalisatie in combinatie met het meevergisten van het grijs water rioolslib kan leiden tot een verhoging van de biogasopbrengst van 133,4 naar 148,2 kWh
De gecombineerde effecten van deze opschaling en optimalisatie worden weergegeven in hoofdstuk 6.

6

OVERZICHT MEETRESULTATEN EN BEREKENINGSRESULTATEN

Alle (vergelijkings)resultaten zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 7. De resultaten zullen besproken worden in hoofdstuk 7. Het gebruik van groene (CO₂ vrije) elektriciteit is gunstig voor decentrale sanitatie door het – voor zeer kleine installaties – relatief hoge elektriciteitsgebruik.

TABEL 7 DE VERWACHTE EFFECTEN VAN INTENSIEVER GEBRUIK EN OPTIMALISATIE (HOOFDSTUK 5) OP HET ENERGIEGEBRUIK VAN DE ZUIVERING SNEEK NOORDERHOEK

| | | a) Conv RWZI | b) DESAH 79 | c) DESAH 533 | d) DESAH 1200 | e) DESAH 1200 OPT |
|---|-----------------------------|--------------|-------------|--|---|---|
| | Eenheid | gemeten | gemeten | berekend effect: van 79 i.e naar 533 i.e | berekend effect: van 79 i.e naar 1200 i.e | berekend effect naar 1200 i.e. en geoptimaliseerd |
| Elektriciteit aanmaak water & transport | | | | | | |
| Grijs water - drinkwater aanmaak & transport | kWh _e /i.e/jaar | -23,0 | -13,9 | -13,9 | -13,9 | -13,9 |
| Grijs water - afvalwater afvoer | kWh _e /i.e/jaar | -5,1 | | | 0,0 | |
| Zwart water & grinder water - drinkwater aanmaak en transport | kWh _e /i.e/jaar | | -2,5 | -2,5 | -2,5 | -2,5 |
| Zwart water -vacuum systeem incl. grijs water transport | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -28,2 | -28,2 | -28,2 | -12,0 |
| Keukengrinder | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -1,5 |
| Transport totaal | kWh _e /i.e/jaar | -28,1 | -50,6 | -50,6 | -50,6 | -29,9 |
| Warmte | | | | | | |
| vergister | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -235,6 | -154,3 | -146,5 | -50,0 |
| Grijs water | kWh _{th} /i.e/jaar | | -41,7 | -6,2 | -2,7 | 0,0 |
| Warmtevraag zuivering | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -277,2 | -160,5 | -149,2 | -50,0 |
| warmteproductie warmtepomp | kWh _{th} /i.e/jaar | | 476,8 | 476,8 | 476,8 | 476,8 |
| Warmteproductie WKK | kWh _{th} /i.e/jaar | 30,3 | | | | |
| Warmte totaal (WKK warmte wordt niet extern geleverd, warmtepomp warmte wel) | kWh _{th} /i.e/jaar | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Elektriciteitsbehoefte warmtepomp | kWh _e /i.e/jaar | | -105,6 | -105,6 | -105,6 | -105,6 |
| Biogas productie | | | | | | |
| GF transport | kWh _e /i.e/jaar | -0,4 | | | | |
| Biogas GF, als GF centraal vergist wordt | kWh _e /i.e/jaar | 72,8 | | | | |
| Biogas | kWh _e /i.e/jaar | 60,6 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Biogas totaal | kWh _e /i.e/jaar | 133,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Elektriciteitsproductie WKK | | | | | | |
| Dieseloliegebruik WKK RWZI | kWh _e /i.e/jaar | -3,3 | | | | |
| Elektriciteit waterbehandeling | | | | | | |
| Beluchting | kWh _e /i.e/jaar | -13,4 | -214,7 | -31,8 | -14,1 | -8,5 |
| N-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | -85,9 | -12,7 | -5,7 | -4,6 |
| P-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | | -18,3 | -18,3 | -6,0 |
| Overig | kWh _e /i.e/jaar | -16,5 | -11,6 | -1,7 | -1,7 | -1,7 |
| Waterbehandeling totaal | kWh _e /i.e/jaar | -30,0 | -312,2 | -64,6 | -39,8 | -20,8 |
| Totaal gas | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Totaal elektriciteit zonder warmtepompen | | -33,8 | -362,8 | -115,2 | -90,4 | -50,6 |
| Totaal elektriciteit met warmtepompen | kWh _e /i.e/jaar | -33,8 | -468,4 | -220,8 | -196,0 | -156,2 |
| Totaal warmte | kWh _{th} /i.e/jaar | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Totaal Primair (conventionele elektriciteit, EG) | kWh _p /i.e/jaar | -87,7 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal Primair (duurzame elektriciteit, ED) | kWh _p /i.e/jaar | 0,0 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten RWZI | | | | | | |
| Totaal primair, RWZI zonder WKK, met biogas uit GF | kWh _p /i.e/jaar | -17,5 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder WKK, met biogas uit GF (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 127,5 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK | kWh _p /i.e/jaar | -15,0 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 72,4 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -89,9 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 55,1 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten DESAH | | | | | | |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -87,7 | -1050,8 | -323,2 | -261,9 | -28,4 |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 0,0 | -143,9 | -35,3 | -35,9 | 98,2 |

7

DISCUSSIE EN GEVOELIGHEIDSANALYSE

7.1 ENERGIEGEBRUIK EN ENERGIEPRESTATIE DECENTRALE ZUIVERING

Op basis van tabel 7 kan het effect van de schaalgrootte van resp. 79, 533 of 1200 i.e. worden nagegaan, en de gecombineerde effecten van opschaling (1200 i.e.) en optimalisatie van het decentrale sanitatie concept geanalyseerd worden. Eveneens kan het decentrale zuiveringsconcept met het conventionele zuiveringsconcept vergeleken worden op de belangrijkste energiekentallen. Dit is grotendeels reeds aangegeven in voorafgaande hoofdstukken.

7.2 BIOGASPRODUCTIE

In vergelijking tot het conventionele systeem produceert de decentrale vergister significant meer biogas per i.e. Dit verschil is driedelig te verklaren. Ten eerste wordt in een conventionele aerobe zuivering een gedeelte van de CZV omgezet in warmte en CO₂ en 30-60% in vergistbaar slib. Als gevolg van deze conversieverliezen zal de CH₄-productie bij directe vergisting van zwartwater – zoals bij het DESAH systeem - dus altijd hoger zijn. Ten tweede verblijft het municipaal afvalwater vanwege de lange transportafstanden vaak dagen in het riool, waardoor een gedeelte van de CZV hier al omgezet wordt in CH₄, dat bij binnenkomst van de zuivering direct verloren gaat. Alhoewel de vermeden broeikasgassen in de vorm van CH₄ een extra voordeel zijn voor de decentrale sanitatie is dit lastig te kwantificeren. Ten derde is het decentrale systeem opgezet om ook GF-afval te vergisten, waardoor er totaal meer CH₄ geproduceerd kan worden. Op basis van de jaarlijkse gemiddelden zou er 20 kg GF-afval ingezameld kunnen worden, dit zou overeenkomen met een chemische energie inhoud van geproduceerd CH₄ van 73 kWh_c/i.e./jaar. De transportenergie voor dit GF-afval komt slechts neer op 0,4 kWh_c/i.e./jaar en is verwaarloosbaar. Tenslotte is de biogas productie op basis van de meetgegevens van Feenstra sinds het toevoegen van het grijswaterslib in augustus 2013 met circa 25% toegenomen en als we dit doorrekenen komt de biogasproductie ±13% hoger uit voor het gehele jaar op 152 kWh_c/i.e./jaar. Door de verminderde verblijftijd wordt de opbrengst enigszins verlaagd tot 148,2 kWh_c/i.e./jaar.

7.3 WARMTEBALANS

Het huidige decentrale zuiveringssysteem gebruikt 277 kWh_{th}/i.e./jaar. Door opschaling en verbetering van de isolatie kan het warmteverbruik sterk afnemen, zoals aangegeven in hoofdstuk 4. De toename van het aantal i.e.'s tot 533 i.e. zonder verdergaande maatregelen zorgt al voor een daling tot 161 kWh_{th}/i.e./jaar door de gelijkblijvende verliezen, en dus een proportionele daling per i.e. bij toenemende i.e. De warmte om het influent op temperatuur te brengen (140,2 kWh_{th}/i.e./jaar) blijft gelijk.

De energiebehoefte is verder direct te relateren aan het temperatuurverschil tussen het inkomende zwarte water en de operationele vergistingstemperatuur. Om de verwarmingsbehoefte terug te dringen kan men de operationele vergistingstemperatuur omlaag brengen

of de temperatuur van het inkomende effluent proberen te verhogen door warmteterugwinning en isolatie. Nog belangrijker zou het kunnen zijn om de concentratie van CVZ in het zwartwater te verhogen. Op dit moment wordt het grotendeels vast materiaal verdund in bijna 14 L water, waarvan er circa 6 L gebruikt wordt voor het bijmengen van GF-afval. Als het bijmengen van GF geautomatiseerd of geïntegreerd kan worden met het spoelen van het toilet, zou er tot 40% extra bespaard kunnen worden op de warmtebehoefte van de vergister. Gezien de resultaten van de Graaff et al. (2010), waarin een verblijftijd van circa 9 dagen voldoende was bij een temperatuur van 25°C om zwart water te behandelen, kan er minimaal 40% bespaard worden door op lagere temperatuur te opereren. Zodra het systeem zwart water van 1200 personen moet behandelen, zal het systeem echter onvoldoende volume hebben om het lager dan 35°C te bedienen. Temperatuur en verblijftijd zijn in grote mate bepalend voor de conversie: lagere temperatuur kan dus gecompenseerd worden met extra volume. Gelukkig zijn er ook mogelijkheden om de temperatuur van 11°C te verhogen. In het huidige systeem is de vacuümleiding namelijk niet geïsoleerd en het is de verwachting dat het zwart water zodra het het huis verlaat een hogere temperatuur moet hebben, vanwege de omgevingstemperatuur van 15-20°C in een gemiddeld huishouden. Op basis hiervan is het aannemelijk dat de warmtebehoefte met 60-80% teruggebracht kan worden in het huidige systeem en met ongeveer 40% in het opgeschaalde systeem tot circa 90 kWh_{th}/i.e./jaar. Mogelijkheden om het systeem autotherm te bedienen op basis van de zwartwater effluent warmte moeten nader onderzocht worden, maar het is in elk geval aannemelijk dat de warmte na de struviet reactor van 28°C gebruikt kan worden om de vergister voor te verwarmen tot 25°C. In dit geval zou de warmtebehoefte van de vergister verlaagd kunnen worden tot circa 50 kWh_{th}/i.e./jaar.

In het decentrale systeem wordt er energie uit het grijze water teruggewonnen en in totaal komt dit op 477 kWh_{th}/i.e./jaar uit, uitgaande van de huidige gegevens van de warmtepomp. Voor de warmtepomp zelf is 96 kWh_e/i.e./jaar nodig, plus ca. 10 % (9,6 kWh_e/i.e./jaar) elektriciteitsverbruik om de circulatiepompen aan te drijven.

Het grijze watersysteem blijkt echter ook warmte-input nodig te hebben omdat het binnenkomt op maximaal 11°C. Vanwege de overdimensionering heeft het een zeer lange verblijftijd in de bufferput en neemt het de grondwatertemperatuur aan. Hiernaast blijkt er uit de afname gegevens van DESAH dat er nog 41,6 kWh_{th}/i.e./jaar wordt geconsumeerd, wat inclusief leidingverliezen waarschijnlijk gebruikt wordt om de ruimte en het grijze water op te warmen. Het is de verwachting dat het grijze water met een hogere temperatuur de huishoudens verlaat, die zelfs boven de 21 °C zou kunnen liggen. Theoretisch gezien zou er dus geen warmte nodig moeten zijn om warmte uit het grijswater terug te winnen. Uitgaande van deze aanname komt de netto warmte balans voor het decentrale zuiveringssysteem nu uit op +200 kWh_{th}/i.e./jaar en bij toename van de i.e.'s tot 533 op +316 kWh_{th}/i.e./jaar. Uitgaande van de mogelijke besparingsopties zouden deze getallen op kunnen lopen tot +426,8 kWh_{th}/i.e./jaar.

Op een conventionele zuivering is de totale warmtebehoefte voor het lokale slib 5,5 kWh_{th}/i.e./d. Terugwinning van de energie op locatie via warmtewisselaars direct bij de huishoudens of centraal , zouden deze balans ook positief kunnen doen uitslaan.

7.4 DE ELEKTRICITEITSBALANS

Het zeer hoge verbruik van de grijswaterbehandeling is reeds ter sprake gekomen, en aangegeven is dat dit verbruik veel hoger is dan op basis van de kwaliteit van het grijs water influ-

ent verwacht mag worden. Aangegeven is, dat een daling tot 7-8,5 kWh/i.e./jaar mogelijk moet zijn, mist de huidige installatie ingrijpend wordt gewijzigd. Voor struviet precipitatie wordt in de literatuur [Maurer, Swegter en Larsen, *Energetic aspects of removal and recovery*] 6 kWh_e/i.e./jaar geclaimd. Dit energieverbruik is aangehouden in de geoptimaliseerde zuivering.

7.5 PRIMAIRE ENERGIE BALANS

Alhoewel de warmtebalans van het decentrale systeem dus positief is en per saldo warmte levert, komt de primaire energie balans op dit moment uit op -837,9 kWh_p/i.e./jaar. Dit is vooral te wijten aan de grote elektrische input (-468,8 kWh_e/i.e./jaar) in het niet opgeschaalde systeem, en met name aan de grote post voor de grijs water zuivering.

Het simpel intensiever gebruiken van het systeem naar 533 i.e. zal naar verwachting zorgen dat de primaire energiebalans op -101,5 kWh_p/i.e./jaar uitkomt, met name door het verlaagde elektriciteitsverbruik van de grijswater behandeling (van -214,7 naar 31,8 kWh_e/i.e./jaar, geheel door een betere belasting van de zuivering) en de sterk naar en het sterk verlaagde elektriciteitsverbruik van de OLAND-reactor (van 67,6 naar 4,6 kWh_e/i.e./jaar), geheel door een betere belasting en het verminderde warmtegebruik in de vergister (van 277,2 naar 160,5 kWh_{th}/i.e./jaar) eveneens geheel ten gevolge van een beter belasting.

Het centrale referentie systeem komt in het geval van grijze elektriciteit en bij het ontbreken van GF vergisting op -87,7 kWh_p/i.e./jaar.

In bovenstaande tabel 7 is uitgegaan van een conventionele zuivering *met* WKK en een decentrale zuivering *met* warmtepompen. Alleen de verbeterde en opgeschaalde decentrale zuivering naar 1200 i.e. heeft een betere energieprestatie dan de centrale zuivering bij grijze stroom als referentie. Bij groene stroom hebben alle decentrale varianten een hogere energieprestatie dan de decentrale variant.

In bovenstaande tabel zijn bovendien de volgende varianten doorgerekend:

- 1 Wel of een WKK op de centrale zuivering
- 2 Wel of geen warmtepompen bij de decentrale zuivering
- 3 Wel of geen biogas uit GF bij de centrale zuivering

Wel of geen WKK op de centrale zuivering: Als het biogas dat op de centrale zuivering wordt omgezet in warmte en elektriciteit met een WKK installatie, dan hoeft er minder elektriciteit en geen warmte ingekocht te worden. Het alternatief is, dat elektriciteit en warmte worden ingekocht, en dat het biogas als energieproduct wordt geëxporteerd. Omdat de warmte uit de WKK meestal niet nuttig kan worden aangewend, de warmtevraag gering is en de efficiency van de elektriciteitsopwekking in de WKK wat lager is dan het landelijk rendement van elektriciteitscentrales, is de energieprestatie van de centrale zuivering met WKK enigszins lager dan zonder WKK. De verschillen zijn echter gering.

Wel of geen warmtepomp in de decentrale zuivering: de decentrale zuivering is uitgerust met een warmtepomp. Die warmtepomp zorgt ervoor dat de energieprestatie van de decentrale zuivering aanzienlijk wordt verhoogd: zonder warmtepomp is de energieprestatie van de decentrale zuivering in alle gevallen lager dan van de centrale zuivering, behalve voor de geoptimaliseerde 1200 i.e. installatie. Het 'pompen' van warmte is derhalve noodzakelijk de

energieprestatie van de decentrale zuivering op een acceptabel niveau te krijgen als niet voor verdere optimalisatie wordt gekozen.

Wel of geen biogas uit GF bij de centrale zuivering: wanneer biogas uit GF wordt gewonnen voor de centrale zuivering, dan stijgt de energieprestatie van de centrale zuivering aanzienlijk. Zoals bekend wordt centraal ingezameld GF vooral gecomposteerd, en niet vergist.

SLIBVERWERKING

In beide systemen is er een recycling van (grijswater-) slib naar de vergister en dus zijn de systemen erg vergelijkbaar wat betreft slibmanagement. Dit leidt ertoe dat ook de totale slibproductie van dezelfde orde grootte is. In het conventionele systeem is de afvoer van slib een significante kostenpost en er moet circa 2300 ton/jaar ofwel 18 kg/i.e./d afgevoerd worden. In het geval van het DESAH-systeem schatten we in dat deze hoeveelheid uitkomt op 52 kg/d oftewel 16 kg/i.e./jaar. Een reductie van circa 10% als gevolg van het terugvoeren van de koppeling van het zwartwater effluent en het grijswaterslib. Het elektriciteitsverbruik zou naar verwachting vergelijkbaar teruggeschaald moeten worden en komt dan op respectievelijk 2,6 en 2,2 kWh_e/i.e./jaar.

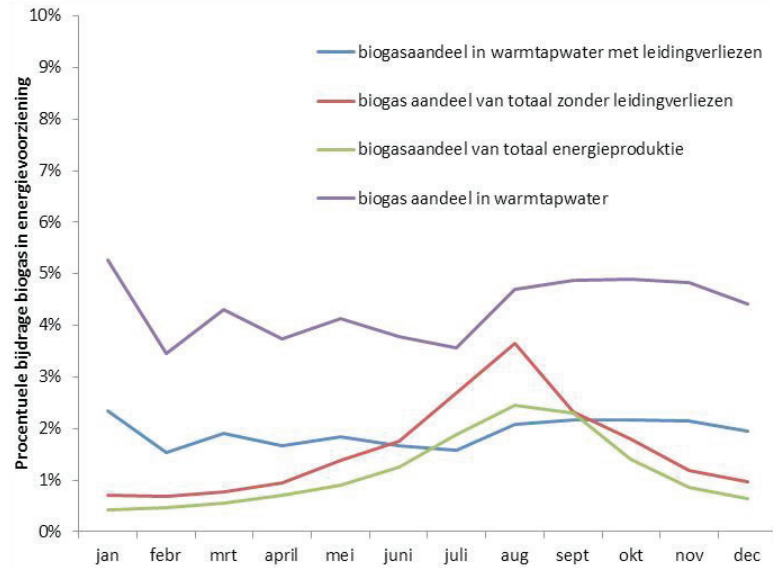
Wat betreft nutriënten management wordt er uit het decentrale systeem struviet (MgNH₄PO₃) teruggewonnen, terwijl dit in de zuivering van Deventer nog niet mogelijk is. Toch is de technologie voor struvietwinning ook beschikbaar op grotere schaal en heeft waterschap Reest en Wieden een MAP-reactor in bedrijf. Desalniettemin, moet er gekeken worden naar de wijze waarop struviet meegewogen kan worden in de energiebalans. En daarvoor moet er een vergelijking gemaakt worden met de kunstmatige fertilizer die het uiteindelijk vervangt. Aangezien dit per boerenbedrijf verschillend zal zijn en de struviet-markt nog niet uitgekristalliseerd is, valt dat voor dit onderzoek buiten de systeemgrenzen.

7.6 INPASSING IN EEN WARMTENET

Het decentrale systeem produceert netto warmte en het grote voordeel is dat deze warmte vrijwel continu in het warmtenet voor de aangesloten huishoudens afgeleverd kan worden. Voor de totale warmtevraag komt het biogas aandeel onder de 1%. Maar uit onderstaande figuur blijkt dat het aandeel biogas rond de 5% is als we kijken naar de leveringsgegevens van warmtapwater exclusief de leiding verliezen. De leidingsverliezen op warmtapwater zijn echter dusdanig groot dat het biogas aandeel zakt naar gemiddeld 2% als deze worden meegenomen. Het aanleggen van een hoge temperatuurswarmtenet wordt daarom uit efficiëntie-oogpunt afgeraden, tenzij er zeer goed geïsoleerde leidingen worden gebruikt. Het systeem is mogelijk te complex voor de relatief kleine schaal. Het zou de efficiëntie van het gebruik van het biogas ten goede komen als het gas direct op de plek van gebruik, dus in de huizen verbrand zou kunnen worden.

FIGUUR 7

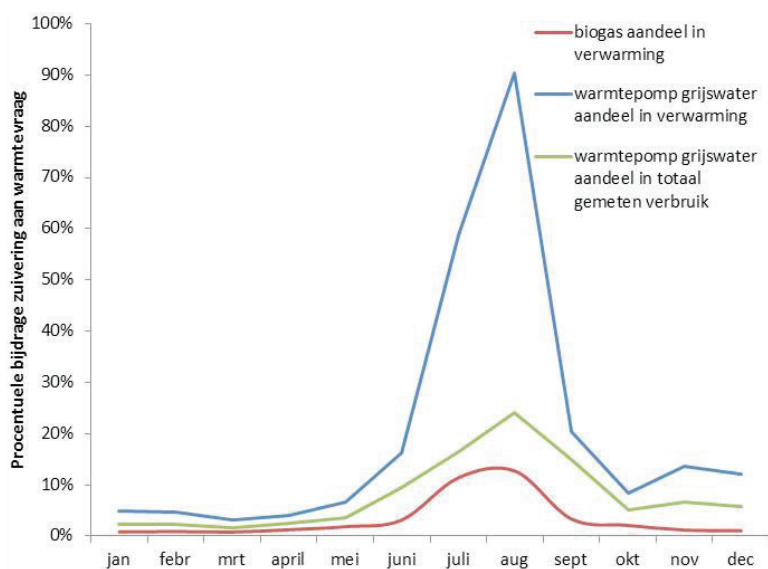
AANDEEL BIOGAS IN WARMTE VOORZIENING APPARTEMENTEN EN ZORGCOMPLEX.



Ook op basis van de warmte, die er teruggewonnen wordt uit het grijze water, is op te maken dat er ook hier vrijwel altijd vraag naar is en dus de warmte altijd afgeleverd kan worden. Op basis van de circa 18 GJ die er in november en december uit het grijs water is gewonnen, is het aannemelijk dat de warmtepomp meer dan 460 GJ aan warmte kan produceren, als er in de overige maanden van het jaar volledig gebruik van de warmtepomp op het grijswater zou maken. De jaarlijkse effluent temperatuur van het grijze water moet daarvoor goed geregistreerd worden.

Zodra de EPC-normering van de gebouwen aangehouden worden, zouden de warmtepomp en het biogas samen (487 GJ) bijna of de gehele warmtevoorziening (499 GJ) voor hun rekening kunnen nemen. Uit de warmtepomp gegevens kan afgeleid worden dat de warmtepomp een piekvermogen van circa 50 kW heeft en dit is te klein om de maximale warmtebehoefte voor verwarming in de winter te dekken. Er zal dus een behoefte aan aardgas blijven bestaan. Bovendien kan de warmtepomp slechts een temperatuur van 45 °C bereiken en is er onvoldoende biogas om dit op te warmen tot 70°C en aan de warmtapwatervoorzieningsvraag te kunnen voldoen. Dit neemt niet weg dat de theoretisch warmtevoorziening vrijwel volledig duurzaam zou kunnen zijn.

FIGUUR 8 OVERZICHT VAN AANDEEL GRIJSWATER WARMTE EN BIOGAS IN DE RUIMTEVERWARMINGSVRAAG EN DE TOTALE WARMTEVRAAG (RUIMTEVERWARMING + WARM TAPWATER) (HUIDIGE SITUATIE)



8

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 CONCLUSIES

Zie ook bijgaande tabel. Deze tabel is de kwantitatieve basis van de conclusies

- In dit rapport wordt de **totale** energiehuishouding van conventionele centrale sanitatie te vergelijken met de **totale** energiehuishouding van decentrale sanitatie. Het is daarom logisch dat de opwekkingswijze van energie en de waardering van energie een grote rol spelen in deze vergelijking.
- Het energieverbruik van de huidige decentrale zuivering is veel hoger dan noodzakelijk. Dit is vooral te wijten aan het feit dat de installatie is ontworpen voor veel meer inwoner equivalenten (i.e., personen) - namelijk tenminste 533 i.e. - dan in de werkelijkheid van Sneek Noorderhoek tot op heden (slechts 79 i.e.).
 - Het is voor de decentrale zuivering excl. extern warmtesysteem mogelijk om tot een betere primaire energieprestatie te komen dan de centrale RWZI. Hiervoor is opschaling én (her)ontwerp/ optimalisatie echter wel noodzakelijk.
 - Warmtepompen hebben een cruciale rol in de energieprestatie van het decentrale sanitatiesysteem als geheel – zuivering én centrale warmtevoorziening.
 - De warmteverliezen en warmteverbruiken van de woningen en gebouwen van Sneek Noorderhoek zijn zeer hoog. Onmiskenbaar is hier sprake van een inefficiënt warmtesysteem. Tegen deze achtergrond **kan** een decentraal zuiveringsysteem – hoe goed ook – niet veel bijdragen aan de energiebalans van deze woningen en gebouwen.
 - Uit het ontwerp en uitvoering van de zuivering blijkt, dat energie efficiency van zuiveringscomponenten tot op heden geen belangrijke rol heeft gespeeld.
 - Daardoor komt de warmteproductie vanuit deze decentrale zuivering via warmtepompen en de bijdrage aan de warmteproductie via het geproduceerde biogas vanuit de decentrale zuiveringsinstallatie niet tot zijn recht, in de zin dat het aandeel van de zuivering in de energievoorziening van woningen en gebouwen gering is.
 - Dit project is primair gericht op een innovatieve (gescheiden) verwerking van zwart water, en met name ook op de duurzaamheidsverdiensten van deze gescheiden verwerking. Daardoor heeft het ontwerp van het grijs water verwerkingssysteem wellicht te weinig aandacht gekregen. Het hoge energiegebruik van het grijs water systeem is hier mede een gevolg van. Wellicht is een verbetering van deze grijs waterverwerking het eerste verbeterpunt, waarbij de grootste energiewinst te halen is met relatief de minste middelen.
 - Een ander voor de hand liggend verbeterpunt betreft de warmtehuishouding van de vergister: door een slimmere temperatuurregeling, verbeterde isolatie en warmterugwinning vanuit het effluent ten behoeve van het influent kan de warmtevraag sterk worden verminderd. Zelfs een autotherme werking (geen externe warmte nodig) zou mogelijk moeten zijn.
 - Van belang is, dat nieuwe decentrale installaties flexibel zijn met betrekking tot het aantal aansluitingen (i.e.) en worden toegepast in een overigens optimale warmte infrastructuur(lees: werkelijk Near Zero Energy Buildings - NZEB).

- Groot voordeel van decentrale sanitatie is, dat warmteproductie en warmtegebruik dicht bij elkaar liggen – dit in tegenstelling tot centrale sanitatie. Hierdoor kan decentrale sanitatie bijdragen aan de warmtehuishouding van woningen en gebouwen in de buurt middels warmtepompen met het effluent als warmtebron.
- Het influent is zover afgekoeld bij aankomst bij de decentrale zuivering dat eventuele warmteterugwinning uit douchewater in de woning het zuiverings- en energiewinningsresultaat niet beïnvloedt. Dit kan veranderen bij een goed geïsoleerde en opgeschaalde installatie. Douche water WTW en zuiveringen kunnen dan gaan concurreren m.b.t. warmte.
- De opwekking van elektriciteit – en de waardering daarvan - speelt een cruciale rol in de evaluatie van energiesystemen en – dus - ook van de evaluatie van decentrale sanitatie. Duurzame elektriciteit heeft geen primaire fossiele impact, en dit werkt sterk door in de waardering van (sanitatie) systemen.
- Na opschaling en optimalisatie levert het decentrale zuiveringssysteem bij het gebruik van grijze elektriciteit een beter resultaat dan het centrale systeem, maar beiden zijn energieconsument.
- Als de inzet van GF wordt meegewogen – uiteraard in de centrale als de decentrale zuivering – dan presteert de conventionele zuivering beter dan het (opgeschaalde) decentrale systeem, behalve wanneer dit opgeschaalde systeem ook is geoptimaliseerd. Wanneer men het GF buiten beschouwing laat voor de centrale installatie – de huidige situatie - dan presteert de decentrale installatie na opschaling en/of na optimalisatie beter.
- Alhoewel de biogasproductie in het decentrale systeem significant hoger is, wegen de chemische energiewinsten niet op tegen het elektriciteitsverbruik benodigd voor het vacuümsysteem; dit is in de huidige situatie van Sneek Noorderhoek vergelijkbaar met de elektriciteitsinput per i.e. van de hele conventionele zuivering.
- Het vacuümsysteem levert dus op dit moment een te beperkte concentratieverhoging van CZV op om dit extraelektriciteitsverbruik verantwoord te maken. Aanpassing van het vacuümsysteem en de inzameling van GF-afval is daarom noodzakelijk.
- Door inzet van duurzame elektriciteit verbetert de energieprestatie van de decentrale zuivering sterk en deze energieprestatie wordt ook beter dan van de centrale zuivering. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de decentrale zuivering (nog) elektriciteitsintensiever is en door het feit dat gebruik gemaakt wordt van elektrische warmtepompen.
- De decentrale zuivering heeft warmtepompen nodig om energetisch te kunnen concurreren met centrale zuivering.
- De centrale zuivering heeft geen warmtekrachtkoppeling (WKK) nodig voor zijn energieprestatie als het geproduceerde biogas als product geëxporteerd kan worden buiten de zuivering.
- Hoewel er op de centrale zuivering geen mogelijkheden zijn om de warmte lokaal kwijt te kunnen, zijn er natuurlijk wel mogelijkheden om bijvoorbeeld via een decentrale douche-wtw in combinatie met een warmtepomp de warmteprestatie van het centrale systeem te verbeteren.
- Mogelijke voordelen van een decentraal systeem kunnen - in termen van verbeterde zuiveringsprestatie (N, P en medicijnresten) - door het behandelen van hoger geconcentreerde stromen of in een hogere kwaliteit van terug te winnen nutriënten.
- Het van groot belang dat de totale kosten van decentrale zuivering (die de burger uiteindelijk betaalt) niet veel hoger mogen zijn dan die van centrale systemen, tenzij de duurzaamheid als zodanig ook in geld wordt gewaardeerd. De kosten van de zuivering vallen echter buiten het kader van dit (deel)onderzoek.

| | | a) Conv RWZI | b) DESAH 79 | c) DESAH 533 | d) DESAH 1200 | e) DESAH 1200 OPT |
|---|-----------------------------|--------------|-------------|--|---|---|
| | Eenheid | gemeten | gemeten | berekend effect: van 79 i.e naar 533 i.e | berekend effect: van 79 i.e naar 1200 i.e | berekend effect naar 1200 i.e. en geoptimaliseerd |
| Elektriciteit aanmaak water & transport | | | | | | |
| Grijs water - drinkwater aanmaak & transport | kWh _e /i.e/jaar | -23,0 | -13,9 | -13,9 | -13,9 | -13,9 |
| Grijs water - afvalwater afvoer | kWh _e /i.e/jaar | -5,1 | | | 0,0 | |
| Zwart water & grinder water - drinkwater aanmaak en transport | kWh _e /i.e/jaar | | -2,5 | -2,5 | -2,5 | -2,5 |
| Zwart water -vacuum systeem incl. grijs water transport | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -28,2 | -28,2 | -28,2 | -12,0 |
| Keukengrinder | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | -6,0 | -6,0 | -6,0 | -1,5 |
| Transport totaal | kWh _e /i.e/jaar | -28,1 | -50,6 | -50,6 | -50,6 | -29,9 |
| Warmte | | | | | | |
| vergister | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -235,6 | -154,3 | -146,5 | -50,0 |
| Grijs water | kWh _{th} /i.e/jaar | | -41,7 | -6,2 | -2,7 | 0,0 |
| Warmtevraag zuivering | kWh _{th} /i.e/jaar | -5,5 | -277,2 | -160,5 | -149,2 | -50,0 |
| warmteproductie warmtepomp | kWh _{th} /i.e/jaar | | 476,8 | 476,8 | 476,8 | 476,8 |
| Warmteproductie WKK | kWh _{th} /i.e/jaar | 30,3 | | | | |
| Warmte totaal (WKK warmte wordt niet extern geleverd, warmtepomp warmte wel) | kWh _{th} /i.e/jaar | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Elektriciteitsbehoefte warmtepomp | kWh _e /i.e/jaar | | -105,6 | -105,6 | -105,6 | -105,6 |
| Biogas productie | | | | | | |
| GF transport | kWh _e /i.e/jaar | -0,4 | | | | |
| Biogas GF, als GF centraal vergist wordt | kWh _e /i.e/jaar | 72,8 | | | | |
| Biogas | kWh _e /i.e/jaar | 60,6 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Biogas totaal | kWh _e /i.e/jaar | 133,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Elektriciteitsproductie WKK | | | | | | |
| Dieseloliegebruik WKK RWZI | kWh _e /i.e/jaar | -3,3 | | | | |
| Elektriciteit waterbehandeling | | | | | | |
| Beluchting | kWh _e /i.e/jaar | -13,4 | -214,7 | -31,8 | -14,1 | -8,5 |
| N-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | -85,9 | -12,7 | -5,7 | -4,6 |
| P-verwijdering | kWh _e /i.e/jaar | | | -18,3 | -18,3 | -6,0 |
| Overig | kWh _e /i.e/jaar | -16,5 | -11,6 | -1,7 | -1,7 | -1,7 |
| Waterbehandeling totaal | kWh _e /i.e/jaar | -30,0 | -312,2 | -64,6 | -39,8 | -20,8 |
| Totaal gas | kWh _e /i.e/jaar | 0,0 | 133,4 | 125,2 | 113,3 | 148,2 |
| Totaal elektriciteit zonder warmtepompen | | -33,8 | -362,8 | -115,2 | -90,4 | -50,6 |
| Totaal elektriciteit met warmtepompen | | -33,8 | -468,4 | -220,8 | -196,0 | -156,2 |
| Totaal warmte | | 0,0 | 199,6 | 316,3 | 327,6 | 426,8 |
| Totaal Primair (conventionele elektriciteit, EG) | | -87,7 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal Primair (duurzame elektriciteit, ED) | | 0,0 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten RWZI | | | | | | |
| Totaal primair, RWZI zonder WKK, met biogas uit GF | kWh _p /i.e/jaar | -17,5 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder WKK, met biogas uit GF (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 127,5 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK | kWh _p /i.e/jaar | -15,0 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI met biogas uit GF, met WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 72,4 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -89,9 | -837,9 | -110,4 | -49,1 | 184,4 |
| Totaal primair RWZI zonder biogas uit GF, zonder WKK (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 55,1 | 333,0 | 441,5 | 440,9 | 575,0 |
| Varianten DESAH | | | | | | |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (EG) | kWh _p /i.e/jaar | -87,7 | -1050,8 | -323,2 | -261,9 | -28,4 |
| Totaal primair DESAH zonder warmtepompen (ED) | kWh _p /i.e/jaar | 0,0 | -143,9 | -35,3 | -35,9 | 98,2 |

8.2 AANBEVELINGEN NIEUWE SANITATIE

Aanbevelingen die zich primair richten op opschaling, monitoring en optimalisatie van de huidige zuiveringsinstallatie:

- Aangeraden wordt, de effecten van de binnenkort te verwachten toename van de i.e's te monitoren door de zuiveringsinstallatie van meetapparatuur te voorzien, met name van elektriciteitsmeters (registrerend, kWh) voor de verschillende zuiveringscomponenten. Uiteraard dient ook het aantal i.e's en (de effecten van) de waterverbruiken te worden gemonitord
- Op deze manier kan een goed inzicht worden verkregen van de energetische effecten van het beter benutten van de huidige decentrale zuivering. Deze monitoring en evaluatie van deze monitoring zou de 'next stop' in de verdere ontwikkeling van dit type van decentrale zuivering kunnen zijn.
- Speciale aandacht moet besteed worden aan (de monitoring van) het energieverbruik van het grijs water systeem. Heir is waarschijnlijk de grootste energiewinst te halen , met relatief de minste middelen.
- Door isolatie, slimme temperatuurregeling en terugwinnen van warmte uit het effluent van de vergister kan wellicht een autotherme vergister worden gerealiseerd. Hierdoor wordt de zuivering niet alleen energiezuiniger en dus duurzamer, maar ook 'autono(o)m(er)' .
- Naast verminderen van het elektriciteitsgebruik kan ook (deels) gekozen worden voor lokaal duurzaam opgewekte elektriciteit. Wellicht is dit in sommige gevallen zelfs goedkoper bij gelijke duurzaamheidsprestatie. Indien de decentrale zuivering de mogelijkheden heeft om discontinu te werken, dan is autonome werking (geen elektriciteitsaansluiting) wellicht mogelijk: zuiveren als het waait/de zon schijnt.

Aanbevelingen die zich primair op verbetering van het warmtesysteem richten:

MBT BESTAANDE BOUW

- optimalisatie woningen en RWZI mag gescheiden verlopen, want er is vrijwel geen thermische interactie.
- De mogelijkheid van een warmtenet overwegen, vooral bij grote bouwdichtheden (aantal woningen/hectare)
- optimalisatie wtw uit zwart en grijswater in woningen zelf via douche wtw
- duurzame elektriciteit opwekken voor elektriciteitsgebruik

MBT NIEUWBOUW:

- Zal er een situatie-specifieke multicriteria of kosten-baten analyse gedaan moeten worden om de keuze tussen aansluiten op het de bestaande sanitatie of het bouwen van decentrale sanitatie te kunnen maken. De aanwezigheid van een RWZI in de buurt (met overcapaciteit) is van belang en eveneens de schaalgrootte van de wijk
- Milieu- en energiewinst van gecombineerde warmtenetten moet gewogen worden tegen alternatieven (passief huis, PV, etc).
- Systemen moeten ook vanuit energiehuishouding modulair gebouwd worden vanwege het risico op het stilvallen van bouwprojecten
- EPC-normering moet rekening houden bij het gebruik en aanleggen van warmtenetten met externe systeemverliezen

8.3 DISCUSSIE EN PERSPECTIEF VOOR DE ENERGETISCHE BENUTTING VAN DECENTRALE ZUIVERING

PERSPECTIEVEN VOOR DE TOEGEPASTE TECHNOLOGIE

Uit de uitgevoerde analyse blijkt, dat in het huidige warmtesysteem zeer veel warmte verloren gaat, én dat de warmteverbruiken bij de eindgebruiker veel hoger zijn dan in door de EPC berekeningen voorspeld. Daardoor is de bijdrage van biogas in de totale warmtebalans zeer gering, veel geringer dan de bijdrage van aardgas en van de warmtepompen. In de meeste gevallen kan de warmtepomp ook de bodem als bron gebruiken, met vrijwel dezelfde C.O.P. in het geval het effluent als warmtebron wordt gebruikt.

De eerste prioriteit is derhalve: het verminderen van het energieverbruik van de zuivering en het verminderen van de warmteverliezen. Zoals gezegd lijkt het ontwerp van zuiveringen nog weinig rekening gehouden te worden met de energie efficiency. Om dit te verbeteren zou om te beginnen iedere zuiveringscomponent uitgebreid op zijn energie efficiency beoordeeld moeten worden. Dit geldt met name ook voor de toeleveranciers die afgerekend moeten worden op het specifieke energieverbruik van de door hen geleverde componenten.

De biogasopbrengst van decentrale sanitatie is ongeveer 15 Nm³ AE/jaar (aardgas equivalent) per i.e. per jaar, of ca. 35 Nm³ AE per gemiddeld huishouden (2,24 personen per huishouden, CBS). De warmte opbrengst uit met een warmtepomp opgepompte warmte bedraagt ongeveer 49 Nm³ per i.e. per jaar, of 113 Nm³ per huishouden. Daar staat en elektriciteitsverbruik tegenover van 105,6 kWh per i.e. (237 kWh/huishouden) ofwel 24 Nm³ aardgas per i.e. (53,9 Nm³ aardgas per huishouden) bij een state of the art aardgasgestookte elektriciteitscentrale. Deze hoeveelheden zijn gering als deze worden vergeleken met de gemiddelde aardgasconsumptie (1450 Nm³/jaar) en elektriciteitsconsumptie (3500 kWh/jaar) per huishouden.

PERSPECTIEVEN VOOR GRONDGEBONDEN WONINGEN

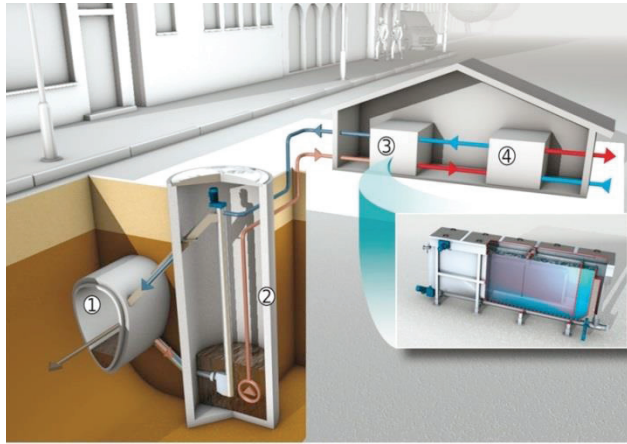
Perspectief is vooral daar waar zeer zuinige woningen worden gebouwd. Er zijn inmiddels zogenaamde notaloze 'all electric' woningen waar de totale elektriciteitsconsumptie ca. 4900 kWh/jaar bedraagt en de opwek met zonnepanelen ca. 4400 kWh/jaar. Door deze woningen te voorzien van nieuwe sanitatie kan het gewonnen biogas gebruikt worden voor kookdoeleinden. Hiervoor wordt ongeveer 60 Nm³ aardgas per jaar gebruikt. Omdat productie en consumptie van biogas het gehele jaar door plaatsvinden en de behoefte aan kookgas ook, is weinig buffercapaciteit voor het biogas noodzakelijk. Als ongeveer de helft van de huishoudens op gas wil koken, dan is de kookgasbehoefte 30 Nm³/jaar, terwijl de productie aan biogas ca. 35 Nm³ AE/jaar bedraagt. Wellicht kan via power-to-gas elektriciteit worden omgezet in waterstof en gesuppleerd worden in het kookgasnet, zeker als het aandeel van koken op gas groter is dan 50 %. NB het kookgas dat uit kolen werd gewonnen voor dat aardgas in zwang raakte bevatte soms tot 50 % waterstof.

Of het zinvol is de warmte uit het effluent middels warmtepompen in te zetten voor verwarmingsdoeleinden hangt af van de dichtheid van de woningen (aantal woningen per hectare) en of men gecharmeerd is van collectieve warmtesystemen. Als men de bodem eenvoudig als warmtebron kan gebruiken, de dichtheid van de woningen laag is en de warmteverbruiken laag, dan is het eenvoudiger deze warmte aan de bodem te onttrekken middels individuele warmtepompen.

PERSPECTIEVEN VOOR GESTAPELDE WONINGEN

In het geval van gestapelde bouw is sprake van grotere dichtheid. Zeker als er een collectief warmtesysteem wordt aangelegd, en men dit systeem met warmtepompen van warmte wil voorzien, dan kan het interessant zijn om effluent uit de decentrale zuivering als warmte-

bron te gebruiken. Dit is vooral interessant als men de bodem niet in mag, of een lokale WKO niet mogelijk is door de lokale geohydrologische omstandigheden. Hier kan het biogas ook ingezet worden voor warm tapwater na verwarming (naast de warmtepomp) en uiteraard ook als kookgas.



① Sewer; ② sewer shaft with screen and delivery pump;
③ HUBER wastewater heat exchanger RoWin; ④ Heat pump

9

REFERENTIES

Waterschap Groot Salland (2012) Rioolwaterzuiveringsinstallatie Deventer, de reis van het afvalwater.

Evenblij, H. (2014) Persoonlijke communicatie, Enschede.

CBS (2014), Gemeentelijke afvalstoffen; hoeveelheden; GFT-afval, 11 december 2013, www.Statline.cbs.nl

Van Soest, J.P. en Schwenke A.M., (2009) Routes voor GFT, Verkenning van plussen en minnen. In opdracht van NVRD, Circulus en Berkel Mileu

RIONED, Stichting (2011) Riool in Cijfers 2009 – 2010. ISBN 978-90-7364-523-3.

Buchanan, J. R., N. E. Deal, D. L. Lindbo, A. T. Hanson, D. Gustafson, and R. J. Miles. 2010. **Vacuum Sewer systems: Collection Series**. Performance and Cost of Decentralized Unit Processes, Water Environment Research Foundation, Alexandria, Virginia. 8 pages.

MJO RWZI Deventer (2008) Excel sheet resultaten rioolwaterzuiveringsinstallatie

STOWA (2013) Nieuwe Sanitatie Apeldoorn, ISBN 978-90-5773-618-6

Blok, K. (2002) Reader Energie-analyse. Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht.

Kujawa-Roeleveld, K. en Zeeman, G. (2006). Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5, 115-139.

Tervahauta T, et. Al, *Prospects of Source- Separation-based sanitation concepts , A model based study, Water, 2013, ISSN 2073-4441.*

Tervahauta T, et. Al, *Improved energy recovery by anaerobic grey water sludge treatment with black water*, submitted to *Water*, July 14, 2014

Maurer M., P. Swegter and T>A, Larsen, *Nutrients in Urine, Energetic aspects of removal and recovery*,

CE Delft, Warmtenetten in Nederland, 2009

Roest, Hofman en Van Loosdrecht, TU Delft. *De Nederlandse waterketen kan energie opleveren*, 2010

Kujawa-Roeleveld, K., Weijma, J. en Nanninga, T. (2012) Nieuwe Sanitatie op wijkniveau, Lettinga Associates Foundation.

Zeeman, G., Kujawa, K., de Mes, T., Hernandez, L., de Graaff, M., Abu-Ghunmi, L., Mels, A., Meulman, B., Temmink, H., Buisman, C., van Lier, J. and Lettinga, G. Anaerobic treatment as a core technology for energy, nutrients and water recovery from source-separated domestic waste(water). *Water Science and Technology* 57, 1207-1212 (2008).

De Graaff, M.S., Temmink, H., Zeeman, G. & Buisman, C.J. (2010) Anaerobic treatment of concentrated black water in a UASB reactor at a short HRT. *Water* 2, 101-119.

Feenstra (2014) Overzicht energiemeetgegevens Noorderhoek 2013, Sneek.

DESAH (2014) Persoonlijke communicatie. 8-4-2014.

Feenstra (2014) Persoonlijke communicatie

DESAH (2014) Rapportage verwerkingsstelsel-project Waterschoon, Sneek, Nederland

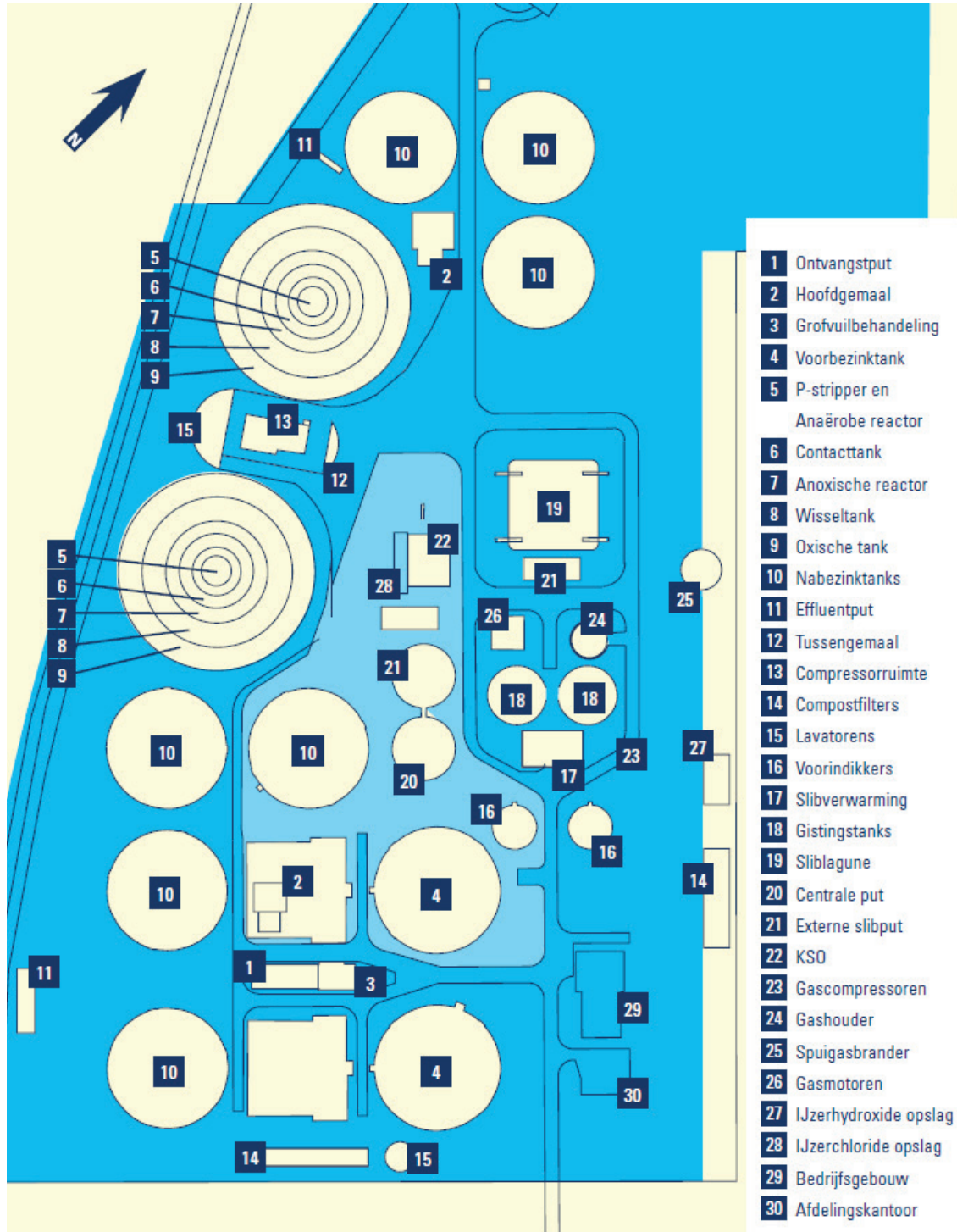
Werner, C., Klingel, F., Mosel, U., Hass, S., (2005). Vacuum technology-collection and transport of sewage by means of low pressure. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Ecological sanitation programme, Division 44 – environment and infrastructure.

Telkamp, P., Flameling, T., Wempe, J.F.D.B. en De Wit, J.B., 2011, Duurzame energie uit geconcentreerde stromen Deventer (DEUGD), STOWA-27, ISBN 9789057735387

10

BIJLAGEN

10.2 GEDETAILLEERDE SYSTEEMBESCHRIJVING RWZI DEVENTER



10.3 GFT-AFVAL

TABEL 5 INZAMELINGSGEGEVENS GFT-AFVAL IN NEDERLAND (CBS, 2014)

| | GFT-afval | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Gemiddeld |
| Hoeveelheid per inwoner in kg/jaar | 87 | 84 | 79 | 80 | 79 | 79 | 76 | 78 | 78 | 80 |

Om een beeld te kunnen vormen van het aandeel GFT in de totale afvalstroom is in tabel 4 het gemiddelde afvalaanbod vanaf 2004 aangegeven.

Bij de geïnstalleerde grinders van de huishoudens aangesloten op het decentrale sanitatie systeem wordt slechts het GF-afval in verwerkt. Daarom zal de verwerking van alleen het GF-afval minder energie kosten dan gecombineerd met tuin afval.

GFT-afval bestaat voor het grootste gedeelte uit tuinafval. Keukenafval is vooral de natte fractie en tuinafval de droge fractie. Daarnaast bestaat een deel van het GFT-afval ook uit verontreinigingen. De verhouding is over een jaar bekeken ongeveer 75% tuinafval en 25% keukenafval. Deze verhouding fluctueert van maand tot maand, maar zal op jaarbasis vrij constant zijn (Van Soest en Schwenke, 2009).

10.4 TRANSPORT NAAR RWZI

- Deventer is een redelijk vlakke stad en er wordt aangenomen dat het influent gemiddeld
- genomen naar een hoogte van twee meter moet worden gebracht om transport mogelijk te maken.
- Influent is bovenal water, aangevuld met vaste(re) bestanddelen. Voor het influent wordt derhalve de dichtheid van water aangenomen van 1000 kg/m^3 .

$$U [kWh] = m * g * \Delta h$$

met

$$m [kg] = Q_{gem} * \rho_{influent}$$

Gemiddeld debiet afvalwater per jaar over periode 2007-2011:

$$Q_{gem} = 8,53 * 10^6 \text{ m}^3$$

$$\rho_{influent} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (aannname)}$$

$$U = Q_{gem} * \rho_{influent} * g * \Delta h = 8,53 * 10^6 * 1000 * 9,81 * 3 = 2,51 * 10^{11} \text{ J}$$

$$\cong 251 \text{ GJ} \cong 69.730 \text{ kWh}$$

10.5 BIJLAGE EPC-NORMERING

NEN, NPR 5129

EP woonfuncties en woongebouwen

RESULTATEN - ENERGIEPRESTATIEGEGEVENS

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------|----------------|---------|---------|
| verwarming | Qprim;verw | 86325 MJ | Ag;verw | [m2] | 1681,62 |
| hulpenergie | Qprim;hulp;verw | 0 MJ | Averlies | [m2] | 1922,38 |
| warmtapwater | Qprim,tap | 157633 MJ | | | |
| ventilatoren | Qprim;vent | 37253 MJ | EPschil;warmte | [MJ/m2] | 189,42 |
| verlichting | Qprim;vl | 94881 MJ | EPschil;koude | [MJ/m2] | 25,90 |
| zomercomfort | Qzom;comf | 0 MJ | | | |
| koeling | Qprim;koel | 31022 MJ | EPC-eis | [-] | 0,80 |
| bevochtiging | Qprim;bev | 0 MJ | EPC | [-] | 0,54 |
| comp. PV-cellen | Qprim;pv | 0 MJ | Epc voldoet | | |
| comp. WK | Qprim;comp,WK | 0 MJ | | | |
| | | + | | | |
| totaal | Qpres,tot | 407294 MJ | | | |
| | Qpres,toel | 609181 MJ | | | |

| |
|--|
| Qpres;totaal / ((330 * Ag;verw + 65 * Averlies) * Ceps) = EPC |
| 407294 / ((330 * 1681,6 + 65 * 1922,4) * 1,12) = 0,54 Epc voldoet aan EPC-eis Bouwbesluit 1 januari 2006 |

OVERZICHT EISEN ENERGIEPRESTATIECOEFFICIENTEN

| | | |
|---------------|-----|--------------------------------------|
| Omschrijving | : | EPC-eisen Bouwbesluit 1 januari 2009 |
| Datum | : | 1 januari 2009 |
| EPC-els;woon | [-] | 0,80 |
| Cepc;woon | [-] | 1,12 |
| Cg;toel | [-] | 330,00 |
| Cverlies;toel | [-] | 65,00 |
| CV | [-] | 135,00 |
| Ckoel | [-] | 4,00 |
| Yverlies | [-] | 1,20 |
| YV | [-] | 1,25 |
| Ykoel | [-] | 3,00 |

| Gebruiksfunctie | EPC-els | Cepc | Uv,min |
|---------------------------------|---------|------|--------------------------------------|
| | [-] | [-] | [dm ³ /s·m ²] |
| Bijeenkomstfunctie, met alcohol | 2,00 | 1,17 | 2,40 |
| Bijeenkomstfunctie, overige | 2,00 | 1,17 | 0,85 |
| Gezondheidszorg, niet klinisch | 1,00 | 1,11 | 1,30 |

RESULTATEN - INFORMATIEF

| | |
|--------------------------|----------|
| CO ₂ -emissie | 99954 kg |
|--------------------------|----------|

RESULTATEN - ENERGIEPRESTATIEGEGEVENS

| | | |
|--|---------------------------|------------|
| Verwarming | Q _{prim;verw} | 230949 MJ |
| Ventilatoren | Q _{prim;vent} | 119178 MJ |
| Warmtapwater | Q _{prim;tap} | 23965 MJ |
| Pompen | Q _{prim;pomp} | 131185 MJ |
| Koeling | Q _{prim;koel} | 62868 MJ |
| Bevochtiging | Q _{prim;bev} | 0 MJ |
| Verlichting | Q _{prim;vl} | 1062438 MJ |
| Comp. PV-cellen | Q _{prim;pv} | 0 MJ |
| Comp. WK | Q _{prim;comp;WK} | 0 MJ |
| | Q _{pres;woon} | 0 MJ |
| | | ----- + |
| Totaal | Q _{pres;tot} | 1630563 MJ |
| | Q _{pres;toel} | 1856371 MJ |
| Q _{pres;tot} / Q _{pres;toel} | = | 0,879 |
| Ag;verw | = | 3197,15 |
| Averlies | = | 2000,00 |

Epc voldoet wel aan eisentabel: EPC-eisen Bouwbesluit 1 januari 2009



DUURZAAMHEIDSANLYSE

RAPPORT

2014

48

ISBN 978.90.5773.669.8



DUURZAAMHEIDSANALYSE

INHOUD

| | | |
|----------|---|------------|
| | SAMENVATTING | 225 |
| 1 | INLEIDING | 229 |
| | 1.1 Relatie overige deelonderzoeken | 230 |
| | 1.2 Leeswijzer | 230 |
| | 1.3 Afkortingen | 230 |
| 2 | ONDERZOEKSMETHODE | 231 |
| | 2.1 Definitie van duurzaamheid | 231 |
| | 2.2 Vergelijkingsbasis: de functionele eenheid | 232 |
| | 2.3 Verschillen systemen en systeemgrenzen | 233 |
| | 2.4 Beoordelingsmethodiek | 235 |
| | 2.5 Dataverzameling | 237 |
| 3 | RESULTATEN | 239 |
| | 3.1 Levenscyclusanalyse | 239 |
| | 3.2 Energie en klimaat | 241 |
| | 3.3 Materialen en grondstoffen | 242 |
| | 3.4 Water en bodem | 244 |
| | 3.5 Natuur en ruimte | 246 |
| | 3.6 Leefomgeving | 247 |
| | 3.7 Overzicht beoordeling duurzaamheidprestatie | 249 |

| | | |
|----------|------------------------------------|-----|
| 4 | CONCLUSIE | 251 |
| | 4.1 Discussie | 251 |
| | 4.2 Onzekerheid | 251 |
| | 4.3 Conclusies | 252 |
| 5 | REFERENTIES | 254 |
| | BIJLAGE | |
| | 1. INVENTARISATIE GEGEVENS | 255 |
| | 2. Resultaten berekeningen | 259 |
| | 3. Materialenstaat systeem 79 i.e. | 265 |

SAMENVATTING

Woningstichting de Wieren, gemeente Sneek, provincie Friesland, DeSaH, STOWA en Wetterskip Fryslân willen een voortrekkersrol spelen in de transitie naar een duurzame woon- en leefomgeving door het toepassen van innovatieve technologieën. Zij hebben hieraan invulling gegeven door gezamenlijk een innovatief lokaal sanitatiesysteem aan te leggen in de wijk Noorderhoek in Sneek. Het nieuwe sanitatiesysteem bestaat uit het decentraal zuiveren van afvalwater met behulp van een vergistingsinstallatie.

DOEL

Het doel van het deelonderzoek duurzaamheid is om de duurzaamheidsprestatie van lokale afvalwaterzuivering te vergelijken met traditionele gecentraliseerde afvalwaterzuivering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Daartoe worden de verschillen tussen de systemen geïnventariseerd en met elkaar vergeleken. Het resultaat is een relatieve en geen absolute duurzaamheidsprestatie.

METHODE

De duurzaamheidsprestatie van de afvalwaterzuiveringssystemen is vergeleken aan de hand van vijf relevante thema's uit het programma Duurzaam GWW, te weten:

- energie en klimaat;
- materialen en grondstoffen;
- water en bodem;
- natuur en ruimte;
- leefomgeving.

De beoordeling is deels kwalitatief uitgevoerd en waar mogelijk op basis van kwantitatieve data. De impact van de systemen op het milieu zijn door middel van een grofmazige levenscyclusanalyse (LCA) bepaald.

RESULTATEN

Tabel 1 bevat een overzicht van de beoordeelde duurzaamheidsthema's en de deelaspecten binnen de thema's. De beoordelingen + en - betekenen respectievelijk beter en slechter dan het andere systeem, de beoordeling 0 betekent neutraal, ofwel geen duidelijk verschil tussen de systemen. De beoordeling ++ betekent dat het systeem milieueffecten voorkomt in plaats van veroorzaakt.

TABEL 1 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDASPECTEN

| thema | aspect | centrale rwzi | decentraal systeem | geoptimaliseerd decentraal systeem |
|----------------------------|---|------------------|-----------------------|--|
| 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. | 0 | 0 | 0 |
| water en bodem | watergebruik; | - | + | + |
| | effecten op waterkwaliteit; | 0 | 0 | 0 |
| | 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. | + | - | - |

CONCLUSIES

Uit het overzicht van de beoordelingen op deelaspecten in tabel 1 is op te maken dat de centrale afvalwaterzuivering middels een rwzi op evenveel aspecten beter scoort als de decentrale afvalwaterzuivering. De optimalisatie van het decentrale systeem zorgt ervoor dat enkele aspecten die al positief waren ten opzichte van de centrale rwzi nog positiever worden. Dit is zonder de thema's en aspecten per thema onderling te wegen.

De aspecten binnen het thema energie en klimaat kennen de grootste onzekerheid, maar de systemen zijn daar in evenwicht. In de endpoint analyse van de LCA worden milieueffecten wel onderling gewogen. In dat geval heeft het decentrale systeem een 10% hogere negatieve impact op het milieu. Hierbij zijn de kwalitatieve aspecten in de totaalbeoordeling niet inbegrepen.

Wij concluderen dat in de huidige vorm van het decentrale systeem geen van beide systemen uitgesproken beter scoort dan de ander. Het decentrale systeem heeft een goede praktische toepasbaarheid in situaties waar aansluiting op of een uitbreiding van een rwzi en bijbehorend rioolsysteem niet mogelijk is. Door het decentrale systeem te optimaliseren, met name op energetisch gebied, verbeteren de duurzaamheidsaspecten waarop het systeem in niet geoptimaliseerde vorm ook al beter scoorde dan de centrale rwzi.

De herkomst van de gebruikte elektriciteit en de manier waarop opgewekte en teruggewonnen energie wordt ingezet is een aandachtspunt, evenals het terugdringen van het (primaire) materiaalgebruik.

Vrijwel alle gebruikte materialen zijn goed recyclebaar, maar dat betekent dat de systemen ook van gerecycled of hergebruikt materiaal gebouwd kunnen worden.

AANBEVELINGEN

In het decentrale systeem wordt in de huidige situatie biogas ingezet voor ruimteverwarming en verwarming van warm tapwater, waarmee gebruik van aardgas in de woningen wordt

voorkomen. Aardgas heeft echter een lagere negatieve impact op het milieu dan elektriciteit uit niet-duurzame bronnen. Een aandachtspunt voor verdere verduurzaming van het decentrale systeem is of het biogas in het decentrale systeem op een andere manier kan worden ingezet, die minder negatieve milieueffecten oplevert of meer negatieve milieueffecten voorkomt. Bij het ontwerp van het systeem moet ook de energiebalans van de woning in de tijd meegenomen worden om te bekijken of de restwarmte van de zuiveringsinstallatie nuttig kan worden toegepast, eventueel door middel van opslag in de bodem.

Uit de grofmazige levenscyclusanalyse blijkt dat de chemicaliën die in het zuiveringsproces worden gebruikt een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de negatieve milieueffecten van het zuiveringsproces. Dit geldt voor de centrale rwzi. Voor verdere verduurzaming van het zuiveringsproces is dit een mogelijk aandachtspunt.

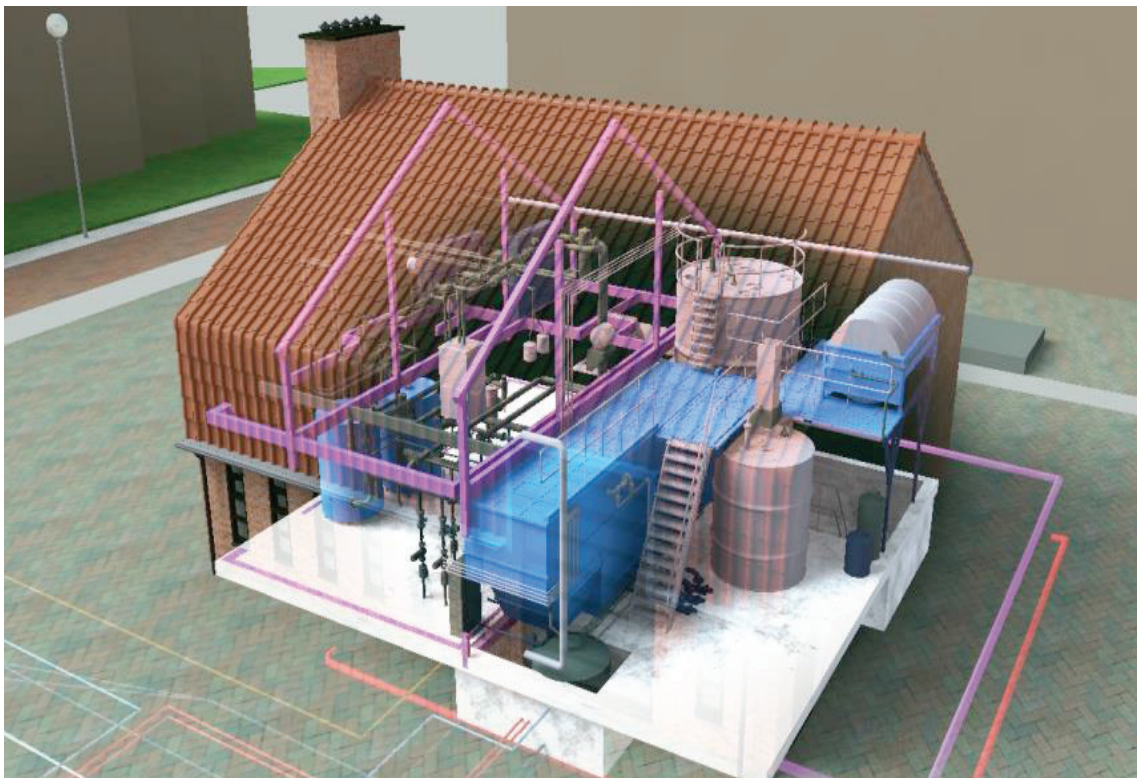
1

INLEIDING

AANLEIDING

Woningstichting de Wieren, gemeente Sneek, provincie Friesland, DeSaH, STOWA en Waterskip Fryslân willen een voortrekkersrol spelen in de transitie naar een duurzame woon- en leefomgeving door het toepassen van innovatieve technologieën. Zij hebben hieraan invulling gegeven door gezamenlijk een innovatief lokaal sanitatiesysteem aan te leggen in de wijk Noorderhoek in Sneek. Het nieuwe sanitatiesysteem bestaat uit het decentraal zuiveren van afvalwater met behulp van een vergistingsinstallatie. In de wijk Noorderhoek is een energiehuis gebouwd waarin het systeem zich bevindt (afbeelding 1.1).

AFBEELDING 1.1 ENERGIEHUIS IN NOORDERHOEK, SNEEK



CONTEXT

Noorderhoek is een wijk in Sneek waar een deel van de woningen in een matige staat verkeert, het aanbod eenzijdig is en bovendien ongeschikt voor senioren. De belangrijkste stap in de herstructurering van deze wijk is het herontwikkelen van het naoorlogse deel van wijk Noorderhoek 1. Momenteel is een proefproject operationeel waarin 62 woningen zijn aangesloten op het Nieuwe Sanitatiesysteem. Het voornemen is om dit verder uit te rollen: in woningbouwproject Noorderhoek in Sneek worden in een periode van circa 10 jaar 282 woningen gesloopt en 232 woningen weer teruggebouwd. Al deze woningen worden aangeslo-

ten op het Nieuwe Sanitatiesysteem. Dit betekent dat in de woningen vacuümtoiletten en keukenvermalers voor organisch afval worden geplaatst. Het afvalwater en de organische reststromen worden afgevoerd naar een zuiveringssysteem voor zwartwater (toiletwater) en grijswater (huishoudelijk afvalwater).

DOEL ONDERZOEK

Het doel van dit deelonderzoek is om het aspect duurzaamheid in het project Waterschoon Noorderhoek gedegen en bruikbaar te analyseren. Deze analyse is een van zes onderzoeksfacetten en is onderdeel van de overkoepelende evaluatie van het Nieuwe Sanitatiesysteem. Deze evaluatie geeft niet alleen antwoord op de vraag of het nieuwe concept beter is dan het referentiesysteem, maar onderbouwt dit ook. 'Beter' wordt daarbij door de opdrachtgever onder andere ingevuld door 'duurzamer'.

1.1 RELATIE OVERIGE DEELONDERZOEKEN

In tegenstelling tot de andere deelonderzoeken is in dit rapport geen analyse uitgevoerd van het huidige systeem met een belasting van 79 inwoners. Dit komt doordat het materiaalgebruik voor het systeem zwaar overgedimensioneerd is voor dit aantal inwoners. In plaats daarvan is het systeem geëxtrapoleerd naar een capaciteit van 1.200 inwoners, waar het ook voor is ontworpen. Voor de volledigheid is in bijlage III de materialenstaat van het decentrale systeem voor 79 inwoners toegevoegd.

1.2 LEESWIJZER

Dit rapport is opgedeeld in de volgende hoofdstukken en onderwerpen:
 hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de onderzochte systemen en de gebruikte beoordelingsmethode;
 in hoofdstuk 3 worden de resultaten van de beoordeling toegelicht;
 de resultaten worden geanalyseerd en bediscussieerd in hoofdstuk 4;
 de conclusies van het onderzoek zijn uiteengezet in hoofdstuk 5.

1.3 AFKORTINGEN

| | |
|------------------|--|
| CZV _t | chemisch zuurstofverbruik (totaal) |
| DWA | droog weer afvoer |
| GF | groente en fruit (afval) |
| GFT | groente, fruit en tuin (afval) |
| HWA | hemelwaterafvoer |
| i.e. | inwonerequivalent |
| LCA | levenscyclusanalyse |
| N _t | stikstof (totaal) |
| OLAND | oxygen limited autotrophic nitrification-denitrification |
| P _t | fosfor (totaal) |
| rwzi | rioolwaterzuiveringsinstallatie |
| TZV | totaal zuurstofverbruik |
| WKK | warmte kracht koppeling |
| WKO | warmte koude opslag |

2

ONDERZOEKSMETHODE

Het doel van het deelonderzoek duurzaamheid is om de duurzaamheidsprestatie van lokale afvalwaterzuivering te vergelijken met traditionele gecentraliseerde afvalwaterzuivering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Daartoe worden de verschillen tussen de systemen geïnventariseerd en met elkaar vergeleken op duurzaamheidsaspecten. Het resultaat is dan ook een relatieve en geen absolute duurzaamheidsprestatie. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet wat er is onderzocht en op welke manier het onderzoek is uitgevoerd.

De functie van de beide zuiveringsystemen is de enige overeenkomst: ze zuiveren huishoudelijk afvalwater. De basis van de duurzaamheidsvergelijking is dan ook het zuiveren van een bepaalde hoeveelheid huishoudelijk afvalwater gedurende een bepaalde tijd. Dit noemen wij de functionele eenheid in het duurzaamheidsonderzoek (paragraaf 2.1). De manier waarop het afvalwater getransporteerd en gezuiverd wordt is heel verschillend en er zijn verschillende voorzieningen voor nodig. In paragraaf 2.2 worden de verschillen in beeld gebracht en de systeemgrenzen aangegeven, oftewel: wat wordt er meegenomen in de vergelijking en wat niet.

2.1 DEFINITIE VAN DUURZAAMHEID

Duurzaamheid is een veelomvattend begrip, waarvoor een groot aantal definities in omloop is. Aspecten als people, planet, prosperity (mensen, ecologie/milieu en welvaart) maken altijd deel uit van het verzamelbegrip. De kern van duurzame ontwikkeling is het op een goede manier realiseren van doelstellingen in het hier en nu, zonder daarbij elders en later problemen te veroorzaken. Oftewel: wentel geen problemen af op anderen, nu of in de toekomst.

In het deelonderzoek dat wordt beschreven in dit rapport vergelijken wij de duurzaamheidsprestatie van het decentrale Nieuwe Sanitatie-systeem ten opzichte van een traditionele gecentraliseerde rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Wij kijken daarbij naar de verschillen tussen beide systemen. Voor de duurzaamheidsprestatie van de systemen kijken wij naar de duurzaamheidsthema's zoals deze gedefinieerd zijn in de Aanpak Duurzaam GWW [ref. 1.]:

- energie en klimaat (planet);
- materialen en grondstoffen (planet);
- water en bodem (planet);
- natuur en ruimte (planet);
- leefomgeving (veiligheid, gezondheid en hinder, planet & people).

Het zesde thema, kosten en waarde (prosperity), is beoordeeld in het deelonderzoek financieel-economische analyse [ref. 2.]. Het zevende thema, mobiliteit en bereikbaarheid, is niet relevant voor Noorderhoek omdat zuiveringssystemen geen invloed hebben op weginfrastructuur, de mobiliteit van mensen en/of de bereikbaarheid van woningen en andere functies. Dit thema wordt daarom buiten de analyse gehouden.

2.2 VERGELIJKINGSBASIS: DE FUNCTIONELE EENHEID

In het onderzoek wordt een decentrale afvalwaterzuivering op wijkniveau vergeleken met een centrale afvalwaterzuivering (rwzi) die een hele stad bedient. Als voorbeeld van een gemiddelde rwzi is de zuiveringsinstallatie van Deventer genomen, met capaciteit voor een middelgrote stad in Nederland.

De vergelijkingsbasis, of functionele eenheid, van het onderzoek is als volgt gedefinieerd:

FUNCTIONELE EENHEID

Het verwerken van huishoudelijk groente- en fruitafval en het zuiveren van huishoudelijk afvalwater van 100.000 inwoners gedurende 50 jaar tot minimaal voldoende kwaliteit om het volgens de milieuvergunning op het oppervlaktewater te mogen lozen.

Twee elementen van de functionele eenheid zijn de omvang van het systeem en de te verwerken afvalstoffen. Geen van de systemen is echter precies geschikt voor 100.000 inwoners en direct na de productie van het huishoudelijke afval(water) gebeuren er al verschillende dingen mee. Het groente- en fruitafval is in het decentrale systeem onlosmakelijk onderdeel van het zuiveringssysteem, terwijl het bij het centrale systeem apart wordt ingezameld en verwerkt. In het decentrale systeem wordt hemelwater lokaal geïnfiltreerd, terwijl bij het centrale systeem een groot deel via een verbeterd gescheiden stelsel bij het afvalwater terecht komt en daardoor het volume te verwerken water vergroot, maar niet de hoeveelheid te verwijderen verontreinigingen. Opvallend aan het laatste element in de functionele eenheid is dat de kwaliteit van het gezuiverde water niet is gedefinieerd. De vergunningseisen voor beide typen systemen zijn niet gelijk en bovendien afhankelijk van de specifieke locatie, omdat er op oppervlaktewateren met verschillende omvang en eigenschappen wordt geloosd. De kwaliteit van het effluent wordt beschouwd als een systeemeigenschap en wordt beoordeeld in het thema water en bodem.

OMVANG CENTRALE SYSTEEM

De rwzi in Deventer staat model voor een centraal zuiveringssysteem. De huidige maximale capaciteit is 165.000 inwonersequivalenten (i.e.) en de gemiddelde belasting is 126.000 i.e. [ref. 3.]. Om tot een systeem te komen voor 100.000 inwoners is het materiaalgebruik in de zuiveringsinstallatie gecorrigeerd tot 100/165 van de maximale capaciteit. Daarna is een correctiefactor van 1,25 toegepast om de 80% belasting van het systeem in rekening te brengen. Het energiegebruik en toegepaste hulpmiddelen (chemicaliën) zijn gecorrigeerd tot 100/126 van het huidige gebruik. Waar nodig zijn correcties uitgevoerd om bedrijfsafvalwater uit de gegevens te verwijderen.

OMVANG DECENTRALE SYSTEEM

Het decentrale systeem dat in Noorderhoek is aangelegd, bedient momenteel 62 woningen. Dit zijn 32 woningen in een zorgcomplex en 30 appartementen voor 55-plussers. Het systeem is oorspronkelijk ontworpen voor 232 woningen, maar deze zijn nog niet allemaal gerealiseerd en aangesloten. Dit betekent dat het systeem nu niet optimaal kan draaien en de aangesloten inwoners geen gemiddelde samenstelling van de bevolking vertegenwoordigen. Daarom is vanuit de kennis over het huidige systeem een extrapolatie gemaakt en een systeem gedefinieerd dat 1.200 inwoners bedient, oftewel 520 huishoudens. Om een bevolking van 100.000 inwoners te bedienen zijn 83 lokale systemen benodigd.

OMVANG GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM

Naast een geëxtrapoleerde versie van het decentrale systeem is ook een geoptimaliseerde versie van het decentrale systeem geanalyseerd, met een capaciteit van 1.200 inwoners, oftewel 520 huishoudens. Om een bevolking van 100.000 inwoners te bedienen zijn 83 lokale systemen benodigd.



HUISHOUDELIJK AFVAL

De samenstelling en hoeveelheid van het huishoudelijk afval (productie per inwoner) is in beide systemen gelijk verondersteld. In het centrale systeem wordt grijs afvalwater (uit wasbakken, douche en huishoudelijke apparaten) samen met zwart afvalwater (uit toiletten) via de riolering naar de rwzi afgevoerd. Er wordt uitgegaan van een verbeterd gescheiden stelsel, wat betekent dat circa 75 % van het hemelwater via het rioolstelsel in de rwzi terecht komt. In het decentrale systeem wordt grijs afvalwater en zwart afvalwater gescheiden naar de afvalwaterzuivering gevoerd. Het zwart afvalwater wordt via een vacuümsysteem getransporteerd, waarbij minder water nodig is. Daarnaast wordt groente en fruitafval door middel van een vermaler in de keuken toegevoegd aan het zwarte afvalwater. Het hemelwater wordt lokaal geïnfiltreerd en komt niet in het zuiveringsstelsel terecht. De samenstelling en concentratie van afvalstoffen die in de zuiveringen terecht komen zijn dus niet hetzelfde in beide systemen.



2.3 VERSCHILLEN SYSTEMEN EN SYSTEEMGRENZEN

In tabel 2.1 is een overzicht opgenomen van de verschillen in aanleg tussen beide zuiveringsystemen en in tabel 2.2 zijn de verschillen in de gebruiksfase weergegeven. Vervolgens worden de verschillen toegelicht.

TABEL 2.1 VERSCHILLEN IN AANLEG TUSSEN DE SYSTEMEN

| centrale rwzi | categorie | decentraal systeem |
|---|---|---|
| | voorzieningen in de woning | |
| |  | <ul style="list-style-type: none"> - aanvullende binnenriolering - afvalvermaler in keuken |
| | transport | |
| <ul style="list-style-type: none"> - langere afstand, groter volume - pompen en gemalen - materialen: kunststof en beton | | <ul style="list-style-type: none"> - kortere afstand, kleiner volume - vacuümsysteem - materialen: kunststof |
| | zuiveringsinstallatie | |
| - rwzi |  | <ul style="list-style-type: none"> - energiehuis - chemicaliën voor opstartfase |

TABEL 2.2 VERSCHILLEN IN GEBRUIK TUSSEN DE SYSTEMEN

| centrale rwzi | categorie | decentraal systeem |
|--|---|--|
| | voorzieningen in de woning | |
| - transport gescheiden ingezameld GF-afval |  | - energiegebruik keukenvermaler |
| | transport | |
| - energiegebruik - drinkwatergebruik | | - energiegebruik - drinkwatergebruik |
| | zuiveringsinstallatie | |
| - energiegebruik - elektriciteitsproductie uit biogas - chemicaliën (soort, hoeveelheid) |  | - energiegebruik - warmte uit biogas - chemicaliën (soort, hoeveelheid) - transport beheer en onderhoud |

SYSTEEMGRENZEN

Voor de analyse zijn de volgende systeemgrenzen aangehouden:

- centrale rwzi, inbegrepen in de analyse;
- transport van het gescheiden ingezamelde GF-afval;
- verwerking van het afval en eventuele productie van energie uit het GF-afval is niet inbegrepen bij de analyse;
- gemiddeld drinkwatergebruik per inwoner, inclusief energie voor zuivering en transport;
- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het rioleringsnetwerk voor transport van afvalwater en bijgemengd hemelwater naar de rwzi;
- infiltratievoorzieningen hemelwater in de openbare ruimte en voorzieningen voor onderhoud en beheer in het rioleringsnetwerk;
- transportenergie: pompen en gemalen;
- bouw, vervanging van onderdelen en sloop van de rwzi;
- alle energie die wordt ingekocht en teruggeleverd aan het netwerk (elektriciteit, dieselolie);
- alle elektriciteit die intern via de warmtekrachtkoppeling uit biogas wordt opgewekt, wordt gebruikt in de rwzi. Hiervoor zijn geen processen opgenomen in de analyse;
- chemicaliën benodigd voor het zuiveringsproces;
- er zijn geen vervoersbewegingen van medewerkers voor beheer en onderhoud, omdat er één locatie is voor het systeem;
- decentraal systeem, inbegrepen in de analyse:
 - aanvullende binnenriolering voor gescheiden transport van grijs en zwart water;
 - energiegebruik van de keukenvermaler;
 - gemiddeld drinkwatergebruik per inwoner, inclusief energie voor zuivering en transport;
 - bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het rioleringsnetwerk voor transport van afvalwater met bijgemengd GF-afval naar de lokale zuiveringsinstallatie;
 - transportenergie: vacuümsysteem;
 - bouw, vervanging van onderdelen en sloop van het energiehuis;
 - chemicaliën benodigd voor de opstartfase gedurende 3 maanden;
 - uit het geproduceerde biogas wordt warmte geproduceerd voor verwarming van de aangesloten woningen. Daarnaast is er een warmteoverschot in het systeem dat geleverd wordt aan de woningen. Het energiesysteem van de woningen is geen onderdeel van het te analy-

seren systeem. De geproduceerde warmte wordt verdisconteerd in de vorm van ‘vermeden gasgebruik’ voor verwarming van de woningen;

- chemicaliën benodigd voor het zuiveringsproces;
- vervoersbewegingen van medewerkers voor beheer en onderhoud;
- identiek in beide systemen, niet inbegrepen in de analyse:
- standaard binnenriolering en toiletvoorziening in woningen;
- standaard hemelwaterafvoervoorzieningen van het dak van woningen naar het maaiveld;
- woon-werkverkeer van medewerkers.

Voor beide systemen geldt dat het energiegebruik in de aanlegfase bestaat uit energie die nodig is om grondstoffen te winnen, bewerken en transporteren tot aan een grote Europese haven of de groothandel in bouwmaterialen. Er is geen energiegebruik voor materieel op de bouwplaats meegenomen. In de gebruiksfase is energiegebruik voor processen in de zuiveringsinstallaties, transport voor beheer en onderhoud (decentraal systeem) en transport voor de inzameling van groente- en fruitafval (centrale rwzi) in de analyse opgenomen. Ingekochte elektriciteit heeft een gemiddelde samenstelling van alle opgewekte en geïmporteerde elektriciteit in Nederland. Er wordt dus geen groene stroom ingekocht voor de zuiveringssystemen. In de sloopfase is energiegebruik voor afvalverwerking opgenomen.

Voor de centrale rwzi geldt dat de specifieke chemicaliën die in het proces worden gebruikt niet beschikbaar zijn in de milieudatabase EcoInvent. Werkzame stoffen in de chemicaliën zijn omgerekend naar andere chemicaliën met dezelfde werkzame stoffen die ook in de praktijk toegepast worden. Zo is in de centrale rwzi ijzerhydroxide gebruikt voor defosfatisering. Aangezien deze stof niet beschikbaar was in de database is een equivalent aan ijzerchloride geanalyseerd. Als alternatief vlok hulpmiddel is een gemodificeerd zetmeel uit maïs genomen, in plaats van het elektroliet dat in de praktijk wordt gebruikt.

2.4 BEOORDELINGSMETHODIEK

De duurzaamheidprestatie van het decentrale Nieuwe Sanitatie-systeem is beoordeeld ten opzichte van een traditionele gecentraliseerde rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) in een vergelijkende analyse. De te beoordelen thema's zijn ontleend aan de Aanpak Duurzaam GWW [ref. 1.]:

- energie en klimaat (planet);
- materialen en grondstoffen (planet);
- water en bodem (planet);
- natuur en ruimte (planet);
- leefomgeving (veiligheid, gezondheid en hinder, planet & people).

In tabel 2.3 is per thema aangegeven welke aspecten zijn beoordeeld. Vervolgens wordt toegelicht op welke manier de aspecten zijn geanalyseerd. De beoordeling is deels kwantitatief en deels kwalitatief.

TABEL 2.3

BEOORDELINGSKADER DUURZAAMHEIDPRESTATIE

| thema | aspecten |
|----------------------------|---|
| energie en klimaat | uitputting van fossiele grondstoffen; CO ₂ uitstoot gedurende levensduur van 50 jaar: energiegebruik aanleg systeem; ingekochte energie gebruik zuiveringsstelsel; opgewekte energie gebruik zuiveringsstelsel; transportafstanden beheer en onderhoud; energiegebruik sloop systeem. |
| materialen en grondstoffen | milieueffecten van materiaalgebruik gedurende levensduur van 50 jaar: materiaalgebruik ontwerp, hoeveelheid en kwaliteit; materiaalgebruik beheer en onderhoud; kwalitatief: herbruikbaarheid en recyclebaarheid materialen; gebruik van hulstoffen: chemicaliën; terugwinnen grondstoffen: fosfaat. |
| water en bodem | watergebruik; effecten op waterkwaliteit; effecten op waterkwantiteit. |
| natuur en ruimte | landschappelijke waarden; ruimtebeslag. |
| leefomgeving | gezondheid: geluidsoverlast; visuele hinder; gebruiksgemak. |

ANALYSE KWANTITATIEVE MILIEUEFFECTEN

Er zijn verschillende manieren waarop de duurzaamheidsprestatie van een systeem beoordeeld kan worden. Op hoofdlijnen is er de keuze om de duurzaamheidsprestatie in één getal uit te drukken of om op verschillende deelthema's te beoordelen. Het voordeel van één getal is de eenvoudige uitspraak of het Nieuwe Sanitatieconcept beter is dan het referentiesysteem. Een enkel getal leidt tot eenvoud in duiding. Tegelijkertijd gaat daarmee de nuance van de vergelijking verloren. Dat is vooral het geval bij vergelijkingen waarin veel verschillende aspecten gemeten en beoordeeld worden, zoals het project Noorderhoek. Bovendien ontnemt één enkele noemer het zicht op afzonderlijke aspecten die op zichzelf verbeterd of geoptimaliseerd kunnen worden.

De keuze tussen een ééngetalsaanduiding (endpoint analyse) of een meergetalsaanduiding (midpoint analyse) speelt vooral voor de duurzaamheidsaspecten die gekwantificeerd kunnen worden. Dat zijn de ecologische en economische aspecten, ofwel de 'planet' en 'prosperity' aspecten uit de people-planet-prosperity drie-eenheid. De 'people' aspecten laten zich veel moeilijker kwantificeren. Daarnaast geldt dat voor de ecologische aspecten reeds een onderlinge weging van verschillende milieueffecten is afgesproken op basis van consensus. De economische en sociale aspecten zijn niet in deze weging opgenomen.

In dit onderzoek wordt voor de ecologische aspecten met behulp van levenscyclusanalyse (LCA) zowel een midpoint als een endpoint analyse uitgevoerd. Een midpoint analyse maakt het effect van het systeem kwantitatief inzichtelijk op het niveau van afzonderlijke aspecten. Bijvoorbeeld: de invloed op het broeikaseffect kan worden uitgedrukt in kilo's CO₂ equivalenten. Een endpoint analyse vat de verschillende effecten samen in één eindbeoordeling, zodat de prestatie van het hele systeem met één uitspraak gekarakteriseerd kan worden. Voor de invulling van deze midpoint en endpoint analyses is gebruik gemaakt van de ReCiPe methode versie 1.4¹. De data is afkomstig uit de EcoInvent database, versie 2.2.

1 Zie <http://www.lcia-recipe.net/> voor een uitgebreide beschrijving - met deze systematiek kunnen zowel midpoint als endpoint beoordelingen in één analyse worden uitgevoerd.

ENERGIE EN KLIMAAT

In het deelonderzoek Energie-Analyse is van het decentrale en centrale zuiveringsstelsel de energiebalans opgemaakt en geanalyseerd [ref. 4.]. In de duurzaamheidsanalyse kijken wij naar de milieueffecten die optreden als gevolg van energiegebruik. Deze analyse is uitgevoerd door middel van een grofmazige levenscyclusanalyse (LCA). De LCA is grofmazig in die zin dat enkel beschikbare materialen, producten en energievoorzieningen in de EcoInvent database zijn gebruikt en de geïnventariseerde gegevens een hoge mate van onzekerheid hebben. De gevoeligheid van aannames voor de conclusies zijn opgenomen in dit rapport.

MATERIALEN EN GRONDSTOFFEN

De in de systemen toegepaste grondstoffen en materialen zijn kwantitatief beoordeeld in dezelfde LCA als die bij het thema energie en klimaat is toegepast. Dit geldt ook voor de toeslagstoffen en chemicaliën die worden toegepast in het zuiveringsproces. De hoeveelheid materialen en grondstoffen in de zuiveringssystemen en het rioolstelsel is geïnventariseerd aan de hand van materiaalstaten, tekeningen en expert judgement. Het gaat hierbij om de bulkmaterialen met een in beide systemen vergelijkbaar detailniveau en onzekerheid. De gevoeligheid voor aannames voor de conclusies zijn opgenomen in dit rapport.

Naast de kwantitatieve analyse van de effecten van het materiaal- en grondstofgebruik is de kwaliteit van de materialen beoordeeld naar de mate van herbruikbaarheid en recyclebaarheid.

WATER EN BODEM

De beoordeling van de kwaliteit van het lokale watersysteem is via expert judgement onderbouwd. Waterbesparing en watergebruik zijn kwantitatief vastgesteld aan de hand van de gebruiksgegevens van het nieuwe systeem [ref. 6.]. De milieueffecten van het gebruik van drinkwater zijn ontleend aan de levenscyclusanalyse.

NATUUR EN RUIMTE

Het thema natuur en ruimte bevat aspecten die kwalitatief beoordeeld zijn op basis van expert judgement.

LEEFOMGEVING

Het thema leefomgeving bevat aspecten die kwalitatief beoordeeld zijn op basis van expert judgement.

2.5 DATAVERZAMELING

CENTRALE RWZI

De gegevens over het centrale rwzi systeem waarmee de Nieuwe Sanitatie wordt vergeleken zijn verkregen uit data over de rwzi in Deventer. De volgende inventarisatie is uitgevoerd: transportafstanden voor het gescheiden inzamelen van groente- en fruitafval zijn gemiddelde gebruikelijke afstanden in Nederland en aangeleverd door het deelonderzoek Energie-Analyse [ref. 4.];

materiaalgebruik voor de riolering is bepaald aan de hand van gegevens over de riolering in Deventer, teruggerekend naar materiaalgebruik per inwoner. Gegevens zijn verkregen van de Gemeente Deventer;

materiaalgebruik voor de rwzi is bepaald aan de hand van de materiaalstaat voor de rwzi in

Foxhol, een recent project van Witteveen+Bos waarvan alle benodigde gegevens beschikbaar en terugleidbaar waren. De gegevens zijn gecorrigeerd voor de inrichting in Deventer en lineair geïnterpoleerd om een rwzi met een capaciteit van 100.000 inwoners te verkrijgen. Er is 10 % onvolledigheidstoeslag toegepast en een correctiefactor van 1,25 om de 80 % belasting van het systeem te verdisconteren;

materiaalgebruik voor de bedrijfsgebouwen is gerelateerd aan het energiehuis behorende bij het decentrale systeem: de bedrijfsgebouwen hebben een omvang van 5 maal het energiehuis; energiegebruik en gebruik van chemische hulpmiddelen van de rwzi is bepaald aan de hand van gegevens over het energiegebruik van de rwzi in Deventer en gecorrigeerd naar een capaciteit van 100.000 inwoners [ref. 3.];

alleen ingekochte en teruggeleverde energie is meegenomen bij de bepaling van milieueffecten. In het systeem wordt biogas gewonnen en via een warmtekrachtkoppeling omgezet in elektriciteit, dat direct wordt gebruikt in het zuiveringstelsel [ref. 3.];

de gebruikte materiaal- en energiehoeveelheden in het onderzoek zijn opgenomen in bijlage I.

DECENTRAAL SYSTEEM

De gegevens over het decentrale systeem voor Nieuwe Sanitatie zijn verkregen uit het project Noorderhoek in Sneek. De volgende inventarisatie is uitgevoerd:

- materiaalgebruik voor de voorzieningen in de woning zijn ingeschat op basis van expert judgement en op basis van productgegevens van een gemiddelde keukenvermaler;
- de materialenstaat voor het transport van afvalwater van de woning naar het zuiveringstelsel is aangeleverd door DeSaH en omgerekend naar materiaalhoeveelheden per inwoner per jaar;
- materiaalgebruik voor het energiehuis is verkregen van tekening [ref. 5.] en er is 10 % onvolledigheidstoeslag toegepast;
- materiaalgebruik voor de installaties in het energiehuis zijn aangeleverd door DeSaH;
- het energiehuis is oorspronkelijk ontworpen voor een systeem ten behoeve van 232 huishoudens, volgens DeSaH zijn installaties en energiehuis van deze omvang ook geschikt voor 1.200 inwoners (520 huishoudens);
- gegevens over gebruik van hulpmiddelen in de gebruiksfase zijn aangeleverd door DeSaH en op basis van expert judgement van DeSaH en Witteveen+Bos geëxtrapoleerd naar een systeem met een capaciteit van 1.200 inwoners;
- gegevens over beheer en onderhoud (transport) zijn aangeleverd door DeSaH;
- de gegevens voor energiegebruik in het decentrale systeem zijn verkregen uit het deelonderzoek Energie-Analyse [ref. 4.]. Opgewekte thermische energie die teruggeleverd wordt aan de woningen is verdisconteerd als vermeden gasgebruik voor ruimteverwarming;
- de gebruikte materiaal- en energiehoeveelheden in het onderzoek zijn opgenomen in bijlage I.

GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM

De optimalisatie van het decentrale systeem bestaat uit:

- energetische optimalisatie van het zuiveringstelsel zoals die is beschreven in het deelrapport Energie-analyse [ref. 4.];
- het energiehuis waarin het zuiveringstelsel staat is soberder uitgevoerd. Dit is verrekend door de oorspronkelijke omvang van 450 m³ te verkleinen naar 400 m³. De grijswaterput is verwijderd;
- er is extra isolatie rond de vergister toegepast ten behoeve van energiebesparing;
- de buitenriolering die van de woningen naar de zuivering loopt is kleiner gedimensioneerd.

3

RESULTATEN

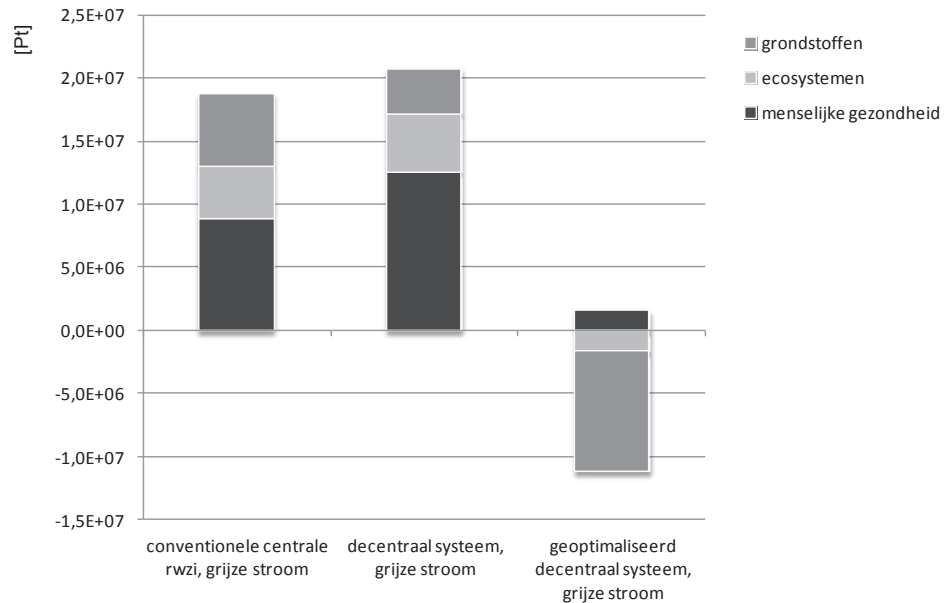
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de levenscyclus gepresenteerd. Vervolgens wordt per thema de beoordeling van de diverse aspecten toegelicht en worden waar van toepassing de resultaten van de levenscyclusanalyse geïnterpreteerd. Tot slot volgt een totaaloverzicht van de beoordeling van de verschillende duurzaamheidsthema's.

3.1 LEVENSCYCLUSANALYSE

Ten behoeve van de duurzaamheidsthema's Energie en klimaat, Materialen en grondstoffen en Water en bodem is een levenscyclusanalyse uitgevoerd. Hiertoe is de centrale rwzi vergeleken met het decentrale systeem en een geoptimaliseerd decentraal systeem gedurende een levensduur van 50 jaar met een capaciteit van 100.000 inwoners. In de analyse zijn inbegrepen 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 het zuiveringstelsel.

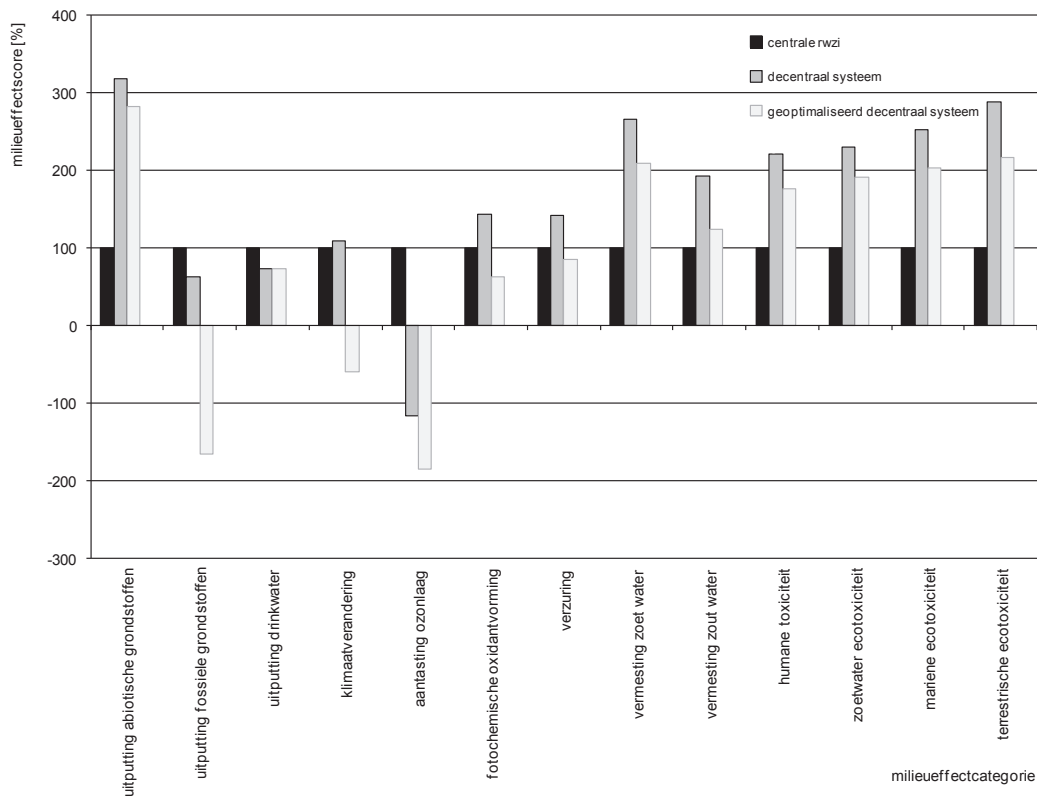
Afbeelding 3.1 toont de vergelijking tussen de centrale rwzi, het decentrale zuiveringstelsel en het geoptimaliseerde decentrale zuiveringstelsel op endpoint niveau voor een levensduur van 50 jaar. In de analyse is de bijdrage van de systemen aan verschillende milieuproblemen doorgerekend tot het uiteindelijke effect op menselijke gezondheid, ecosystemen en grondstofvoorraden. In de berekening vindt een weging plaats van de ernst van milieuproblemen ten opzicht van elkaar. De resultaten zijn weergegeven in punten (Pt). Hoe hoger de score, hoe groter de negatieve impact van de systemen. Het decentrale systeem in de huidige, geëxtrapoleerde vorm heeft circa 10 % meer impact op het milieu dan de centrale rwzi. De geoptimaliseerde variant van het decentrale systeem presteert duidelijk beter dan de centrale rwzi. De negatieve score geeft aan dat milieu-impact voorkomen wordt door het leveren van warmte aan aangesloten woningen, en dat deze groter is dan de negatieve impact van het teruggedrongen elektriciteitsgebruik.

AFBEELDING 3.1 ENDPOINT ANALYSE MET EEN LEVENSCYCLUS VAN 50 JAAR



In afbeelding 3.2 is het resultaat van de vergelijking op midpoint niveau te zien, waarbij op de horizontale as de verschillende milieueffectcategorieën, ofwel verschillende milieuproblemen, zijn weergegeven. De scores van de centrale rwzi zijn de benchmark, ofwel 100 % per milieueffectcategorie. De scores van het decentrale systeem zijn daaraan gerelateerd. Voor elke categorie geldt: een hogere score betekent een groter negatief effect op het milieu. Een lagere score is dus beter.

AFBEELDING 3.2 MIDPOINT ANALYSE LEVENSCYCLUS 50 JAAR



De resultaten laten zien dat de centrale rwzi over vrijwel de gehele linie beter scoort dan het decentrale systeem in de huidige configuratie. Op de milieueffectcategorieën 'uitputting fossiele grondstoffen', 'uitputting drinkwater' en 'aantasting ozonlaag' scoort het decentrale systeem beter. De negatieve score, ofwel positieve bijdrage, bij het milieueffect aantasting ozonlaag wordt veroorzaakt doordat in het decentrale systeem vermeden gasgebruik in de woningen wordt meegeteld als een aftrekpost. Het systeem heeft dus niet een positieve bijdrage op het milieueffect, maar zorgt ervoor dat er een negatief effect wordt vermeden in een ander systeem, te weten verwarming van de woningen.

Het geoptimaliseerde decentrale systeem scoort over de hele linie beter dan de niet geoptimaliseerde variant. Daarnaast scoort het nu ook beter dan het centrale systeem op de milieueffecten 'klimaatverandering', 'fotochemische oxidantvorming' (smog) en 'verzuring'. Dit wordt veroorzaakt door de reductie in elektriciteitsgebruik en de stijging in nuttig inzetbare warmte in de woningen. In de energetische analyse is geen rekening gehouden met de vraag of de vrijkomende warmte ook daadwerkelijk benodigd is in de woningen op het tijdstip dat het vrijkomt.

In bijlage II zijn de uitgesplitste resultaten opgenomen, waarin te zien is welke onderdelen van de levenscyclus het grootste aandeel hebben in de milieueffectscores.

De verschillen tussen de zuiveringsystemen zijn minder geprononceerd in de endpoint analyse dan in de midpoint analyse. Dit komt doordat de milieueffecten waar het decentrale systeem relatief goed op scoort zwaar wegen in de omzetting naar de endpoint score.

3.2 ENERGIE EN KLIMAAT

De milieueffecten uit de levenscyclusanalyse die gerelateerd zijn aan het thema energie en klimaat zijn uitputting van fossiele grondstoffen en klimaatverandering.

UITPUTTING FOSSIELE GRONDSTOFFEN

Het decentrale zuiveringssysteem scoort 37 % beter op uitputting van fossiele grondstoffen dan het centrale systeem. Het geoptimaliseerde decentrale systeem vermijdt 64 % meer uitputting van fossiele grondstoffen dan het centrale systeem veroorzaakt. Dit komt voornamelijk door de aftrekpost die in rekening is gebracht voor het vermijden van gasgebruik in de woningen wanneer warmte teruggeleverd wordt voor ruimteverwarming. In het onderzoek is ervan uitgegaan dat alle warmte ook daadwerkelijk nuttig gebruikt kan worden en is er geen rekening gehouden met verliezen die optreden bij teruglevering. In een zomersituatie is de warmte niet direct nuttig toepasbaar. In dat geval zou er een warmte-koudeopslag ingezet kunnen worden om de warmte tijdelijk op te slaan. De inzet van een WKO betekent echter wel dat het rendement van de warmtelevering lager wordt dan nu is aangenomen.

Het decentrale systeem wordt als beter beoordeeld dan de centrale rwzi op het milieueffect uitputting van fossiele grondstoffen (+). Het geoptimaliseerde decentrale systeem is nog beter (+ +). Hierbij wordt opgemerkt dat de teruggewonnen warmte en warmte uit het biogas in de toekomstige systemen in de toekomst wel nuttig ingezet moet gaan worden.

CO₂ UITSTOOT

Het decentrale zuiveringssysteem veroorzaakt 13 % meer uitstoot van CO₂ equivalenten dan de centrale rwzi. De verklaring voor een hogere CO₂ uitstoot, terwijl de uitputting van fos-

siele grondstoffen lager is, is dat de verhouding tussen (vermeden) gasgebruik en elektriciteit anders is. Het omzetten van fossiele brandstoffen naar elektriciteit is minder efficiënt dan het omzetten naar warmte, waardoor de CO₂ uitstoot van elektriciteit hoger is. In het decentrale systeem wordt de uitstoot gerelateerd aan elektriciteitsgebruik enigszins gecompenseerd door de aftrekpost voor vermeden gasgebruik, maar resulteert alsnog in een hogere CO₂ uitstoot dan de centrale rwzi. In het geoptimaliseerde decentrale systeem slaat de verhouding tussen elektriciteitsgebruik en vermeden gasgebruik om, waardoor het decentrale systeem 62 % van de CO₂ uitstoot van de centrale rwzi vermijdt.

In de rwzi wordt een relatief beperkte hoeveelheid elektriciteit afgenomen uit het elektriciteitsnet. De overige benodigde elektriciteit wordt binnen het systeem opgewekt uit het teruggewonnen biogas. In het decentrale systeem wordt alle benodigde elektriciteit uit het elektriciteitsnet afgenomen. Het teruggewonnen biogas en warmteterugwinning uit het afvalwater wordt teruggeleverd aan de woningen als warmte.

De centrale rwzi wordt als beter beoordeeld dan het decentrale systeem op uitstoot van CO₂ equivalenten. Het geoptimaliseerde decentrale systeem scoort echter beter dan de centrale rwzi.

TRANSPORT

De invloed van transport van medewerkers voor beheer en onderhoud bij het decentrale systeem en het transport van GF afval bij de centrale rwzi heeft een geringe invloed op de resultaten, minder dan 1 %. Zie ook de resultaten in bijlage II van dit rapport. De resultaten van het onderzoek zijn daarom robuust voor de aannames die gedaan zijn over transportafstanden en aantal ritten.

3.3 MATERIALEN EN GRONDSTOFFEN

Het gebruikte materiaal kan op basis van absolute hoeveelheden vergeleken worden. Met behulp van een levenscyclusanalyse wordt ook de kwaliteit van de materialen meegenomen, zoals de schaarste van de grondstof, de milieueffecten die optreden bij delving en productie en de effecten van het verwerken van het afval. In de gebruiksfase is gekeken naar het gebruik van chemicaliën in het zuiveringsproces.

MATERIAALGEBRUIK

In bijlage I is een overzicht opgenomen van de materiaalhoeveelheden per inwoner voor beide systemen. Uit dit overzicht blijkt dat in absolute aantallen het meeste materiaal wordt gebruikt in de decentrale zuivering, met uitzondering van het beton en wapening in het centrale systeem. Met name metalen hebben een hoge milieueffectscore op effectcategorieën zoals toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen.

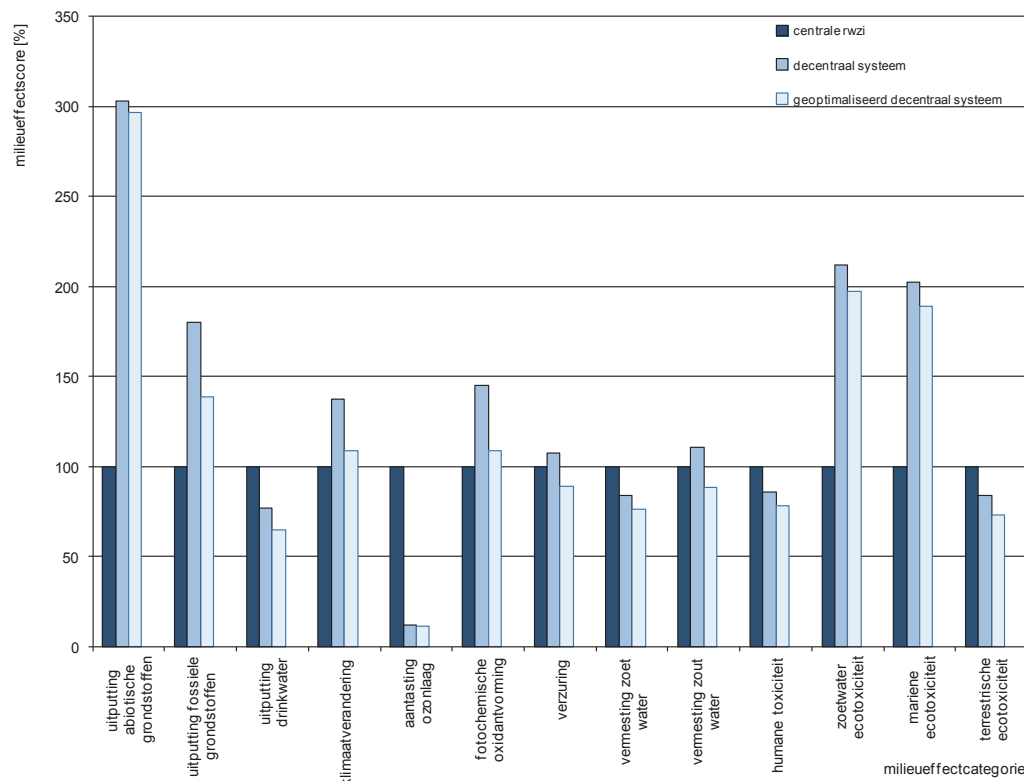
In afbeelding 3.3 zijn de milieueffectscores van alleen de aanleg, onderhoud en sloop van de centrale rwzi vergeleken met die van het decentrale systeem en het geoptimaliseerde decentrale systeem. Uit de midpoint resultaten van de levenscyclusanalyse blijkt dat de milieueffecten gerelateerd aan materiaalgebruik en afvalverwerking van het decentrale systeem met een factor 3 groter zijn op 'uitputting abiotische grondstoffen' een factor 2 groter op 'uitputting fossiele grondstoffen', 'zoetwater ecotoxiciteit' en 'mariene ecotoxiciteit' dan voor de centrale rwzi. Deze effecten zijn met name gerelateerd aan het gebruik van diverse metalen. In de geoptimaliseerde variant van het decentrale systeem verbetert de score weinig. Het de-

centrale systeem scoort veel beter dan de centrale rwzi op 'aantasting ozonlaag'. Dit is echter een effect dat niet zwaar weegt ten opzichte van andere milieueffecten, omdat de afgelopen decennia de uitstoot van ozonlaag aantastende stoffen door middel van regulering zeer sterk is teruggedrongen.

In bijlage II zijn de resultaten in cijfers terug te vinden. Op basis van deze resultaten wordt de centrale rwzi als beter beoordeeld.

Het centrale systeem wordt als beter beoordeeld dan het decentrale systeem. Het geoptimaliseerde decentrale systeem scoort in dezelfde orde van grootte als het niet geoptimaliseerde decentrale systeem.

AFBEELDING 3.3 MIDPOINT ANALYSE MATERIAALGEBRUIK EN SLOOP, EN 50 JAAR ONDERHOUD.



HERBRUIKBAARHEID MATERIALEN

In beide systemen worden hetzelfde type materialen gebruikt: steenachtig materiaal zoals beton en bakstenen, metalen en plastics. Al deze materialen kunnen in principe hergebruikt of gerecycled worden. Steenachtig materiaal wordt doorgaans vermorzeld en vervolgens als toeslag in beton of als fundering voor wegen gebruikt. Hergebruik van betonnen rioleringsbuizen is ook mogelijk. Doordat het toeslagmateriaal in beton beperkt toepasbaar is en de nuttige toepassing van de materialen een achteruitgang in kwaliteit met zich meebrengen, is dit geen optimale vorm van hergebruik. Alle metalen kunnen in principe gescheiden worden na de sloop en omgesmolten tot nieuwe producten. In principe is er hier geen sprake van kwaliteitsverlies. Voor sommige materialen is er veel energie nodig om er een nieuw bruikbaar product van te maken, maar niet zoveel als het winnen van nieuwe grondstoffen. Plastics kunnen ook hergebruikt worden. In Nederland zijn programma's voor de gescheiden inzameling van verschillende typen plastics in de bouwsector. Deze worden verwerkt tot nieuwe producten, waarbij geen kwaliteitsverlies hoeft op te treden. Ondanks dat de gebruikte materialen

hergebruikt kunnen worden, worden er in nieuwe producten zelden expliciet hergebruikte en gerecyclede materialen toegepast. De gebruikte data uit de milieudatabase EcoInvent gaat uit van de gemiddelde productie in Nederland. Bij metalen zit daar een gedeelte gerecyclede metaal bij, beton, baksteen, kalkzandsteen en kunststoffen zijn nieuwe producten. Er wordt gerekend met een afdankscenario waarbij van de bulk van de materialen gemiddeld 70 % gescheiden wordt ingezameld op zodanige manier dat het opnieuw gebruikt kan worden. De overige materialen worden gestort of verbrand. Het detailniveau van de materiaalstaten van beide systemen geeft geen uitsluitsel dat voor een van beide systemen een hogere mate van recyclebaar en/of herbruikbaar materiaal is toegepast, noch informatie over de hoeveelheid toegepast hergebruikt of gerecyclede materiaal.

HULPSTOFFEN

Uit de resultaten van de levenscyclusanalyse blijkt dat in de centrale rwzi de chemicaliën die gebruikt worden in het zuiveringsproces een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de milieueffectscores gedurende de levenscyclus van 50 jaar, zie ook bijlage II. De relatieve bijdrage van chemicaliën aan het decentrale systeem is minder dan 1%, aangezien het chemicaliëngebruik lager is per inwoner en er andere elementen zijn met grote bijdragen.

Niet alle stoffen die in de praktijk gebruikt worden zijn beschikbaar in de EcoInvent database. Werkzame stoffen in de chemicaliën zijn omgerekend naar andere chemicaliën met dezelfde werkzame stoffen die ook in de praktijk toegepast worden. De invloed van de aannames op de absolute resultaten is onbekend, aangezien de juiste hulpstoffen niet beschikbaar zijn in de database.

Op basis van het chemicaliëngebruik per inwoner wordt het decentrale systeem als beter beoordeeld dan de centrale rwzi. De optimalisatie van het decentrale systeem verandert niets aan deze beoordeling. De milieueffecten van het chemicaliëngebruik heeft een hoge onzekerheid vanwege kennisleemten in de milieudatabase, maar heeft dezelfde verhouding als de absolute hoeveelheid chemicaliëngebruik in beide systemen.

TERUGWINNEN GRONDSTOFFEN

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 momenteel nog achter lopen. Het proces van struvietvorming is ook op grootschalige rwzi's goed toepasbaar (onder meer net ingevoerd in Amsterdam). Weliswaar zijn op een centrale rwzi de stromen iets minder geconcentreerd door toepassing in een deelstroom, door het schaalgrootte-effect en door logistieke voordelen zal fosfaatterugwinning concurrerend kunnen plaatsvinden.

3.4 WATER EN BODEM

WATERGEBRUIK

Uit het deelrapport Effectiviteit van het Decentrale Verwerkingssysteem Waterschoon [ref. 6.] blijkt dat er bij het decentrale zuiveringsstelsel in totaal ongeveer 30 % minder water wordt gebruikt dan gemiddeld in de Nederlandse huishoudens. In het decentrale verwerkingssysteem wordt vacuümriolering toegepast voor het transport van zwart water. Dit houdt in dat er bij de toiletspoeling slechts 1 liter water wordt gebruikt in plaats van de gebruikelijke 7 liter voor een traditionele toiletspoeling. Extra water wordt gebruikt bij de verwerking van het

groente- en fruitafval, dat via de keukenvermaler in het zwart water terecht komt. Dit vindt niet plaats bij traditionele riolering en afvalwaterzuivering. Het huidige watergebruik bij de keukenvermaler is te hoog vanwege onbekendheid met het systeem.

In Sneek wordt ook minder grijs water geproduceerd dan in Nederland gangbaar is. Dit wordt echter toegeschreven aan de typische bewoning (ouderen in een zorgsituatie) en niet aan het decentrale verwerkingssysteem. De vergelijking is dan ook uitgevoerd met gangbare hoeveelheden grijs water.

In de levenscyclusanalyse is ook drinkwatergebruik opgenomen. De effecten van drinkwatergebruik komen tot uitdrukking in het milieueffect 'uitputting drinkwater'. Hierbij tekenen wij aan dat in Nederland een dergelijk probleem niet bestaat, maar de definitie van het milieueffect in de levenscyclusanalyse is dat van een mondiaal probleem. Andere milieueffecten die bij drinkwatergebruik horen zijn die gerelateerd aan het energiegebruik voor drinkwaterproductie en -transport (0,0005 kWh/liter). De relatieve verschillen in de milieueffecten tussen beide zuiveringssystemen zijn gelijk aan de verhouding in drinkwatergebruik, aangezien beide drinkwater uit dezelfde bron aanbieden.

Per saldo scoort het watergebruik van het decentrale verwerkingssysteem gunstiger dan bij het conventionele systeem door verminderd watergebruik bij toiletspoeling. Voor het geoptimaliseerde decentrale systeem is dezelfde hoeveelheid drinkwater aangehouden als de niet geoptimaliseerde variant.

WATERKWALITEIT

Het effluent van zowel de rwzi als van het decentrale zuiveringssysteem voldoet aan vigerende lozingsisen. De emissies per inwoner (of inwonerequivalent) per dag voor organische stof, stikstof en fosfaat zijn weergegeven in tabel 3.1.

TABEL 3.1

EMISSIES PER INWONER PER DAG

| stof | | centrale rwzi | (geoptimaliseerd) decentraal systeem |
|------------------|---------------|---------------|---|
| CZV _t | [g / i.e.dag] | 6,7 | 4,9 |
| N _t | [g / i.e.dag] | 2,1 | 0,6 |
| P _t | [g / i.e.dag] | 0,3 | 1,2 |

De tabel laat zien dat de emissies van het decentrale systeem en het centrale systeem afwijken. Daarbij moet bedacht worden dat de basis voor beide systemen aan de voorkant niet gelijk is: het decentrale systeem wordt belast met uitsluitend huishoudelijk afvalwater en GFT, de centrale rwzi ook met regenwater en industrieel afvalwater. Bij de huidige condities was de fosfaatverwijdering in het decentrale systeem ondermaats. De afwijkingen zijn dan ook verklaarbaar. Het decentrale systeem springt er positief uit met de restlozing CZV en stikstof.

Voor het ontvangende oppervlaktewater is van belang hoe groot de absolute restlozing is in relatie tot de omvang van het ontvangende water en het zelfreinigende vermogen - de oppervlaktewaterkwaliteit wordt immers in belangrijke mate bepaald door de concentraties van nutriënten en organische stof. Deze eigenschap kan daarom niet als een generieke systeemeigenschap beoordeeld worden, maar is afhankelijk van de specifieke situatie waar het systeem wordt toegepast.

WATERKWANTITEIT

Het decentrale verwerkingssysteem is geënt op een volledige scheiding van afvalwater en hemelwater. Het hemelwater dient in de directe omgeving te worden opgevangen in oppervlaktewater, wadi's of in het grondwatersysteem. Het gezuiverde afvalwater zal moeten worden geloosd op een lokaal oppervlaktewatersysteem. Dit betekent dat het decentrale verwerkingssysteem maximaal bijdraagt aan de suppletie in het lokale boven- en/of ondergrondse watersysteem.

Bij een centrale rwzi wordt het effluent typisch niet lokaal geloosd, maar op een centrale plek in een meestal groter oppervlaktewater. Afhankelijk van de mate van afkoppeling van hemelwater in het verzorgingsgebied wordt ook bij centrale systemen het hemelwater zeer lokaal opgevangen, geborgen en verwerkt in oppervlaktewater, wadi's of infiltratiesystemen.

Bij nieuwe aanleg van riolering en woonwijken is het inmiddels gebruikelijk om maximaal af te koppelen. Dit betekent dat naar de toekomst bezien de verwerking van hemelwater in beide concepten soortgelijk plaatsvindt.

3.5 NATUUR EN RUIMTE

Voor het aspect natuur en ruimte van beide systemen wordt naar de volgende aspecten gekeken:

- inpassing in de omgeving (landschappelijke waarden);
- kwantitatief ruimtebeslag.

INPASSING

Het decentrale systeem bevindt zich tussen de woningen die het bedient. In nieuwbouwwijken zal het energiehuis visueel en ruimtetechnisch goed in te passen zijn in de omgeving. In het bewonersonderzoek [ref. 7.] is niet gevraagd naar de visuele kwaliteit van het energiehuis. Wel weten de bewoners dat dit pand iets met het systeem te maken heeft en een aantal ervaart het als positief dat ze er een verhaal bij kunnen vertellen. Een centraal systeem heeft een industrieel uiterlijk, maar dat wordt in de meeste gevallen aan het oog onttrokken door een groenstrook en is hooguit in de winter enigszins zichtbaar vanaf de straat.

Het decentrale systeem kan beter ingepast worden in dichtbevolkte gebieden. Beide systemen dienen in de nabijheid op oppervlaktewater te kunnen lozen. Door de kleinere capaciteit van het decentrale systeem hebben zij een kleiner oppervlaktewater nodig. Als zij in een woonwijk lozen op oppervlaktewater wat niet snel ververst wordt, zullen de lozingseisen strenger zijn. Centrale systemen hebben grote oppervlaktewateren in de buurt nodig om het effluent te kunnen lozen. Door hun oppervlakte zijn centrale systemen of uitbreidingen ervan minder goed in te passen in drukbevolkte gebieden.

RUIMTEBESLAG

Het energiehuis in Noorderhoek is gebouwd op een kavel van circa 150 m². Dit systeem is bedoeld voor 232 woningen, ofwel de helft van een systeem met een capaciteit van 1.200 inwoners. Volgens de leverancier van het systeem past een systeem met een capaciteit van 1.200 inwoners in een energiehuis van dezelfde omvang. Bij een equivalent van 100.000 inwoners is dat in totaal 1,25 hectare, verdeeld in 83 kavels. In principe is het decentrale systeem geschikt om meerlaags ruimtegebruik toe te passen, ofwel om het op te nemen in een multifunctioneel gebouw. Dit is met een rwzi niet het geval. In de praktijk kan de productie van biogas en

mogelijke reukoverlast de mogelijkheden om een decentraal in een multifunctioneel gebouw op te nemen verminderen.

De oppervlakte van rwzi Deventer is circa 5,5 ha aaneengesloten kavel. Deze rwzi heeft zuiveringscapaciteit voor afvalwater van 168,000 inwoners plus hemelwater. Teruggerekend naar 100.000 inwoners is een oppervlakte van 3,5 ha nodig. Hemelwater levert geen extra vervuilingvracht op, maar het zorgt wel voor verdunning van het afvalwater waardoor extra volume behandeld moet worden en de zuiveringstanks groter zullen zijn, wat een grotere oppervlakte oplevert.

Het ruimtebeslag van een decentraal systeem is kleiner dan een centraal systeem en kan beter ingepast worden in een dichtbevolkte omgeving. Op basis van deze redenering wordt het decentrale systeem beter beoordeeld voor het kenmerk ruimtebeslag dan het centrale systeem. De optimalisatie van het decentrale systeem heeft geen invloed op het ruimtebeslag.

3.6 LEEFOMGEVING

Voor de invloed op de leefomgeving van beide systemen wordt naar de volgende aspecten gekeken:

- gezondheid: geluidoverlast;
- visuele hinder;
- veiligheid (besmetting);
- gebruiksgemak.

GEZONDHEID

Voor het decentrale zuiveringssysteem in Sneek is een tevredenheidsonderzoek uitgevoerd onder gebruikers van het systeem. In het bewonersonderzoek dat is uitgevoerd door Wageningen Universiteit [ref. 7.] wordt aangegeven dat met name 's nachts het geluid dat de vacuümtoiletten maken bij doortrekken als storend wordt ervaren. Mogelijk kan dit probleem in de toekomst verholpen worden. Het geluid dat de groente- en fruitvermaler in de keuken maakt wordt door een aantal mensen ook als storend ervaren. Beide systemen zijn in een woning die is aangesloten op een centrale afvalwaterzuivering in principe niet aanwezig. Voor geluid in de woning door de installatie wordt de centrale zuiveringsinstallatie voorlopig als beter beoordeeld dan een decentrale zuiveringsinstallatie met een vacuümsysteem en een keukenvermaler. Het kan zijn dat in de toekomst het nachtelijke geluid hetzij door verbeteringen aan het systeem hetzij door gewenning als minder storend wordt ervaren en dat het geluid van de keukenvermaler went. Toekomstig bewonersonderzoek dient hierover uitsluitsel te geven.

Voor geluid naar de omgeving is te verwachten dat het decentrale systeem in absolute decibellen beter presteert. Dit is immers een kleinschalig systeem dat zich binnen een gebouw bevindt, terwijl een centrale zuivering een grootschalige openluchtinstallatie is. Los van deze observatie vallen beide systemen onder de milieuwetgeving en zijn gebonden aan maximale geluiduitstraling op de gevels van nabijgelegen woningen. Aangezien rwzi's doorgaans in buitengebieden liggen, kan het zijn dat deze installaties minder geluiduitstraling op gevels mogen veroorzaken omdat in buitengebieden de eisen strenger zijn. Omdat beide systemen volgens de wetgeving geen hinder mogen veroorzaken, is de beoordeling van dit aspect neutraal.

VISUELE HINDER

Een centrale zuiveringsinstallatie met een bedieningsgebied van 100.000 inwoners bevindt zich doorgaans aan de rand van bebouwd gebied, nabij oppervlaktewater waarop geloosd kan worden. In afbeelding 3.4 is de locatie van de rwzi in Deventer aan de rand van de stad en in de buurt van de IJssel te zien. Aan de zuidoostzijde bevinden zich sportaccomodaties. Een dergelijke locatie wordt vaak door bomen en ander groen aan het zicht onttrokken, maar gedurende de winter zal de industriële installatie mogelijk zichtbaar zijn en als minder fraai worden beoordeeld.

AFBEELDING 3.4 LOCATIE RWZI DEVENTER



De decentrale afvalwaterzuivering wordt ingebouwd in een pand dat zich in de wijk bevindt die het bedient. Deze zogenoemde energiehuizen kunnen qua uiterlijk enigszins aan de architectuur in de omgeving worden aangepast. In afbeelding 3.5 is het energiehuis in Noorderhoek te zien. Dit energiehuis ziet er niet uit als een industriële installatie en zal daardoor als minder storend worden ervaren. Bovendien kunnen bewoners, bij een goede voorlichting, een verhaal vertellen bij deze installatie waar ze trots op kunnen zijn, waardoor acceptatie meer voor de hand ligt.

AFBEELDING 3.5 ENERGIEHUIS IN NOORDERHOEK, SNEEK



Wij beoordelen het aspect visuele kwaliteit als neutraal, omdat geen van beide uitgesproken visuele hinder of kwaliteit oplevert voor de omgeving.

GEBRUIKSGEMAK

Bij het decentrale systeem wordt groente- en fruitafval via een keukenvermaler toegevoegd aan het zwarte afvalwater, om er vervolgens via vergisting energie uit op te wekken. In het bewonersonderzoek [ref. 7] komt naar voren dat de vermalen van klein afval gebruiksvriendelijk is, maar dat meer dan de helft van de bewoners het lastig vindt dat groter afval eerst klein gemaakt dient te worden. Een derde van de bewoners vindt zowel het vacuümtoilet-systeem als de vermaler gevoelig voor storingen. In een woning die is aangesloten op een centraal systeem zijn deze voorzieningen in principe niet aanwezig. Groenafval wordt in de afvalbak gedeponneerd, al dan niet gescheiden van ander afval. Het centrale zuiveringssysteem wordt daarom voorlopig als gebruiksvriendelijker beoordeeld dan de decentrale zuivering. Toekomstig bewonersonderzoek moet uitwijzen of er sprake zal zijn van gewenning aan het systeem waardoor bewoners de vacuümtoiletten en keukenvermaler ook gebruiksvriendelijk gaan vinden. Het bewonersonderzoek geeft ook aanbevelingen voor informatievoorziening aan de bewoners, waardoor de kennis van het systeem kan toenemen.

3.7 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDPRESTATIE

Tabel 3.2 bevat een overzicht van de beoordeelde duurzaamheidsthema's en de deelaspecten binnen de thema's. De beoordelingen + en - betekenen respectievelijk beter en slechter dan het andere systeem, de beoordeling 0 betekent een neutrale beoordeling. De beoordeling + + geeft aan dat er milieueffecten worden vermeden, dus een positief effect op het milieu.

TABEL 3.2 OVERZICHT BEOORDELING DUURZAAMHEIDASPECTEN

| thema | aspect | centrale rwzi | decentraal systeem | geoptimaliseerd decentraal systeem |
|----------------------------|---|------------------|-----------------------|--|
| 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. | 0 | 0 | 0 |
| water en bodem | watergebruik; | - | + | + |
| | effecten op waterkwaliteit; | 0 | 0 | 0 |
| | 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. | + | - | - |

Uit het overzicht is op te maken dat de centrale rwzi op even veel 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. Er zijn voorafgaand aan het onderzoek geen specifieke doelen vastgesteld met betrekking tot de duurzaamheidsthema's.

In de endpoint analyse van de LCA is wel een weging toegepast op verschillende milieukundige aspecten van de analyse. Hierin zijn alleen de thema's energie en klimaat, materialen en grondstoffen en deels water opgenomen. Het decentrale systeem heeft hier circa 10 % meer negatieve impact op het milieu dan de centrale rwzi. Het geoptimaliseerde decentrale systeem scoort in de endpoint analyse veel beter, omdat negatieve effecten worden voorkomen in plaats van veroorzaakt.

4

CONCLUSIE

4.1 DISCUSSIE

Het decentrale zuiveringsstelsel heeft voordelen wat betreft inpassing in woonwijken, de zichtbaarheid van het stelsel en de positieve verhalen die bewoners daarover kunnen vertellen. Omdat het decentrale stelsel op kleinere schaal opereert, is er relatief veel materiaal nodig voor de aanleg van het stelsel en relatief veel energie om afvalstromen te transporteren en zuiveren. Het decentrale stelsel heeft kortom niet de schaalvoordelen van een centraal stelsel, ondanks dat het centrale stelsel een veel uitgebreider transportnetwerk kent. Om deze reden scoort het centrale zuiveringsstelsel beter op materiaalgebonden milieueffecten in de levenscyclusanalyse dan het decentrale zuiveringsstelsel. Dit geldt ook voor de geoptimaliseerde variant van het decentrale stelsel.

In het energiesysteem van beide zuiveringsstelsels wordt biogas verkregen uit slib. In het centrale zuiveringsstelsel wordt dit omgezet in elektriciteit, dat rechtstreeks in het zuiveringsproces wordt gebruikt. Hierdoor wordt voorkomen dat elektriciteit uit het stroomnet moet worden betrokken. In het decentrale stelsel wordt het biogas ingezet om warmte op te wekken en terug te leveren aan de aangesloten huishoudens. Hiermee wordt voorkomen dat aardgas uit het net moet worden betrokken voor verwarming van de woningen en warm tapwater. De milieueffecten van elektrische energie uit het stroomnet zijn echter veel groter dan de milieueffecten van aardgas uit het aardgasnet, waardoor de milieueffectbaten voor het centrale stelsel veel groter zijn dan die van het decentrale stelsel. In de geoptimaliseerde variant van het decentrale stelsel is het elektriciteitsgebruik teruggedrongen en is er een groter warmteoverschot, waardoor gasgebruik in de woningen wordt voorkomen. In deze variant zijn de voorkomen milieueffecten groter dan de veroorzaakte milieueffecten en scoort het stelsel beter dan een centrale rwzi. Kanttekening bij deze conclusie is dat er geen rekening is gehouden met of de warmte wel op het juiste moment nuttig kan worden ingezet in de woningen.

Uit de grofmazige levenscyclusanalyse blijkt dat de chemicaliën die in het zuiveringsproces worden gebruikt een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de negatieve milieueffecten van het zuiveringsproces. Dit geldt voor de centrale rwzi. Voor verdere verduurzaming van het zuiveringsproces is dit een mogelijk aandachtspunt.

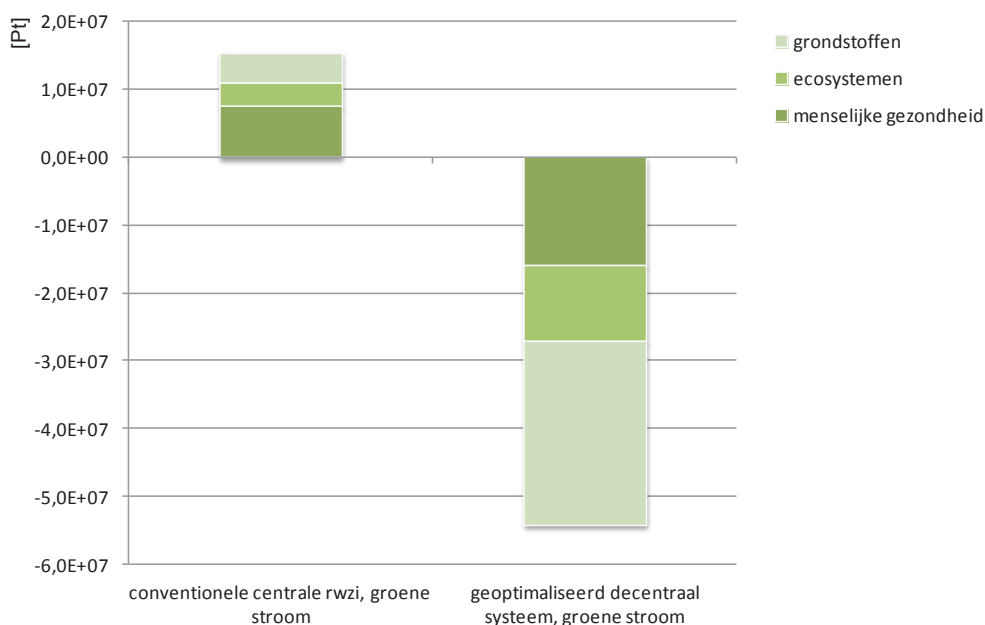
4.2 ONZEKERHEID

Een aandachtspunt in het onderzoek is de onzekerheid in de gebruikte gegevens voor de LCA, vanwege het beschikbare detailniveau van de oorspronkelijke data. Het detailniveau van de informatie over het decentrale stelsel is hoger, omdat het een stelsel op kleinere schaal betreft en er daarom een completer beeld ontstaat van het stelsel. Voor de centrale rwzi is rekening gehouden met dit verschijnsel door de berekeningen van materiaalgebruik voor de installatie te vermeerderen met onvolledigheidsfactoren en aannames te doen die eerder een overschatting opleveren dan een onderschatting.

De verschillen in de resultaten op het gebied van materiaalgebruik tussen beide systemen zijn dusdanig dat het detailniveau van de gebruikte gegevens en de aannames geen invloed hebben op de uiteindelijke beoordeling van de systemen.

Een groot deel van de negatieve impact van beide systemen is terug te leiden tot het energiegebruik voor het zuiveringsproces. De verschillen in de resultaten op het gebied van energie en klimaat zijn erg afhankelijk van de aannames over wat er gebeurt met teruggewonnen en opgewekte energie, welke systemen worden ingezet om deze energie weer nuttig te gebruiken en welke kwaliteit energie wordt ingekocht. Ter illustratie is de levenscyclusanalyse ook uitgevoerd met de aanname dat groene elektriciteit uit windmolenparken wordt afgenomen uit het elektriciteitsnet. Afbeelding 4.1 laat de resultaten van deze exercitie zien. Deze afbeelding toont aan dat er nog een wereld te winnen is door te kijken naar de herkomst van de ingekochte elektriciteit. Wanneer in beide systemen inkoop van groene elektriciteit wordt toegepast, is de impact op het milieu van het geoptimaliseerde decentrale systeem duidelijk positiever dan dat van de centrale rwzi.

AFBEELDING 4.1 ENDPOINT ANALYSE MET GROENE STROOMINKOOP.



4.3 CONCLUSIES

Uit het overzicht van de beoordelingen op deelaspecten in paragraaf 3.8 is op te maken dat de centrale afvalwaterzuivering middels een rwzi op evenveel aspecten beter scoort als de decentrale afvalwaterzuivering. De optimalisatie van het decentrale systeem zorgt ervoor dat enkele aspecten die al positief waren ten opzichte van de centrale rwzi nog positiever worden. Dit is zonder de thema's en aspecten per thema onderling te wegen.

De aspecten binnen het thema energie en klimaat kennen de grootste onzekerheid, maar de systemen zijn daar in evenwicht. In de endpoint analyse van de LCA worden milieueffecten wel onderling gewogen. In dat geval heeft het decentrale systeem een 10 % hogere negatieve impact op het milieu. Hierbij zijn de kwalitatieve aspecten in de totaalbeoordeling niet inbegrepen.

Wij concluderen dat in de huidige vorm van het decentrale systeem geen van beide systemen

uitgesproken beter scoort dan de ander. Het decentrale systeem heeft een goede praktische toepasbaarheid in situaties waar aansluiting op of een uitbreiding van een rwzi en bijbehorend riolsysteem niet mogelijk is. Door het decentrale systeem te optimaliseren, met name op energetisch gebied, verbeteren de duurzaamheidsaspecten waarop het systeem in niet geoptimaliseerde vorm ook al beter scoorde dan de centrale rwzi.

De herkomst van de gebruikte elektriciteit en de manier waarop opgewekte en teruggewonnen energie wordt ingezet is een aandachtspunt, evenals het terugdringen van het (primaire) materiaalgebruik. Bij het ontwerp van het systeem moet ook de energiebalans van de woning in de tijd meegenomen worden om te bekijken of de restwarmte van de zuiveringsinstallatie nuttig kan worden toegepast, eventueel door middel van opslag in de bodem.

Vrijwel alle gebruikte materialen zijn goed recyclebaar, maar dat betekent dat de systemen ook van gerecycled of hergebruikt materiaal gebouwd kunnen worden.

5

REFERENTIES

- 1 Aanpak Duurzaam GWW. Praktische werkwijze om duurzaamheid in GWW-projecten concreet te maken. April 2012. www.aanpakduurzaamgww.nl.
- 2 Financiële Economische Analyse (FEA) Noorderhoek Waterschoon te Sneek. RDGM en van Hell advies, mei 2014.
- 3 Jaarverslag zuiveringstechnische werken 2010. Overzicht 2.7.f RWZI Deventer, gegevens 2011-2012.
- 4 Energie-analyse decentrale sanitatie Noorderhoek, Sneek. Ralph Lindeboom, Saxion Enschede, 17 april 2014.
- 5 Tekeningen: van Manen en Zwart architecten, tekeningnummers 0345-WD1, 0345-WD2, 0345-WD3, 0345-WD4 en 0345-WD5, d.d. 14 juni 2010.
- 6 Effectiviteit van het Decentrale Verwerkingssysteem Waterschoon, Noorderhoek Sneek. Liesbeth Wiersma, DeSaH B.V., 16 april 2014.
- 7 Over Spoelen en Vermalen. Bewonersonderzoek naar percepties en gebruikerservaringen van het project Waterschoon in Sneek. Joeri Naus en Bas van Vliet, Wageningen University, maart 2012.
- 8 Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken. Stichting Bouwkwiteit, 1 november 2011.

BIJLAGE 1

INVENTARISATIE GEGEVENS

ALGEMEEN

Tabel I.1 en I.2 bevatten een overzicht gegevens die gebruikt zijn voor de duurzaamheidsanalyse.

TABEL I.1 VERGELIJKING IN AANLEG VAN BEIDE SYSTEMEN

| gegevens | conventionele centrale rwzi | decentraal systeem | decentraal systeem optimaal | eenheid | levensduur |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------|
| <i>algemeen</i> | | | | | |
| aantal bewoners | 100.000 | 1.200 | 1.200 | i.e. | |
| gemiddeld huishouden | 2,2 | 2,2 | 2,2 | i.e./woning | |
| belasting systeem | 80 | 90 | 90 | % | |
| oppervlakte zuiveringsinstallatie | 5,5 | 0,015 | 0,015 | ha | |
| <i>zuiveringsinstallatie</i> | | | | | |
| beton | 182 | 126 | 93 | kg/i.e. | 30 jaar |
| wapeningsstaal | 7,19 | 4 | 3 | kg/i.e. | 30 jaar |
| staal - onbehandeld | 1,19 | 14 | 14 | kg/i.e. | 15 jaar |
| staal - onbehandeld | 2,85 | 5 | 4 | kg/i.e. | 30 jaar |
| staal - rvs | 0,71 | 0,87 | 0,87 | kg/i.e. | 15 jaar |
| aluminium | - | 0,01 | 0,01 | kg/i.e. | 15 jaar |
| aluminium | 0,05 | 0,27 | 0,27 | kg/i.e. | 30 jaar |
| koper | 0,04 | - | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| zink | - | 0,04 | 0,03 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PVC-buis | 0,01 | - | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| PVC-buis | - | 0,16 | 0,16 | kg/i.e. | 15 jaar |
| PE-buis | 0,08 | - | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| PE-buis | 0,06 | - | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| HDPE | 0,33 | 6 | 6 | kg/i.e. | 30 jaar |
| glasvezel versterkt kunststof | 0,01 | - | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| PU-rubber | 0,08 | - | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| asfalt | 1,95 | - | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| baksteen | 1,59 | 21 | 19 | kg/i.e. | 30 jaar |
| kalkzandsteen | 4,36 | 58 | 52 | kg/i.e. | 30 jaar |
| beton dakpannen | 0,36 | 4,81 | 4,28 | kg/i.e. | 30 jaar |
| minerale wol | 0,02 | 0,28 | 0,25 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PS isolatie | 0,06 | 0,74 | 0,66 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PUR schuim | 0,08 | - | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| PF schuim | - | - | 0,03333 | kg/i.e. | 15 jaar |
| raamkozijn | 0,00019 | 0,00250 | 0,00222 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| buitendeur merbau | 0,00017 | 0,00225 | 0,00200 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| dubbel glas | 0,00023 | 0,00308 | 0,00274 | m ² /i.e. | 30 jaar |

| gegevens | conventionele centrale rwzi | decentraal systeem | decentraal systeem optimaal | eenheid | levensduur |
|--|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------|
| spaanplaat | 0,11781 | 1,57083 | 1,39630 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| bestrating | - | 10 | 9 | kg/i.e. | 30 jaar |
| glasvezel | 0,01 | - | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| elektronica | 0,047 | 0,42 | 0,42 | kg/i.e. | 15 jaar |
| <i>buitenriolering</i> | | | | | |
| riool beton | 1.028 | - | - | kg/i.e. | 50 jaar |
| riool PE (leiding, inspectieput, putdeksel) | - | 4,5 | 7,7 | kg/i.e. | 50 jaar |
| riool PP (inspectieput) | | 0,3 | - | kg/i.e. | 50 jaar |
| riool PVC (leiding, putdeksel) | 12 | 64 | 10,60 | kg/i.e. | 50 jaar |
| riool bakstenen (manholes) | 235 | - | - | kg/i.e. | 50 jaar |
| riool gietijzer (putdeksels, kolken) | 15 | 1,1 | - | kg/i.e. | 50 jaar |
| <i>woningvoorziening</i> | | | | | |
| extra woningleidingen PE (vacuümleiding zwart water) | - | 6,13 | 6,13 | kg/i.e. | 15 jaar |
| grinder rvs | - | 3,11 | 3,11 | kg/i.e. | 15 jaar |
| grinder HDPE | - | 0,16 | 0,16 | kg/i.e. | 15 jaar |
| <i>overig</i> | | | | | |
| chemicaliën voor opstart - natronloog 50% oplossing | - | 0,015 | 0,015 | kg/i.e. | 15 jaar |

RIOLERING DEVENTER

Met behulp van gegevens van de gemeente Deventer is een inventarisatie gemaakt van het huidige rioolstelsel in Deventer. De gemeente Deventer heeft een rioolmodel waarin ongeveer 80 % van het totale rioolstelsel in is opgenomen. Met gegevens van de lengte en diameter van de leidingen is een berekening gemaakt van de totale hoeveelheid materiaal. Hierin zijn ook overstorten, regenputten, manholen en putdeksels meegenomen. Vervolgens is geëxtrapoleerd naar 100.000 inwoner equivalenten.

EXTRA WONINGLEIDINGEN

Aangezien de systemen vergeleken worden, zijn alleen de extra woningleidingen meegenomen in de berekening. Woningen aangesloten op het decentrale systeem bevatten vacuümleidingen voor het transporteren van zwart water (toilet) en GF afval (vermaler). Gegevens over de leidingen in de woningen zijn geleverd door de gemeente Súdwest-Fryslân.

VERMALER

De vermaler van GF-afval is geplaatst in de keuken van iedere woning. De vermaler is gemaakt van RVS en HDPE en weegt 7,2 kg.

CHEMICALIËN VOOR DE OPSTART

Tijdens het zuiveren van afvalwater worden chemicaliën toegevoegd om de processen te optimaliseren. De meeste chemicaliën worden constant toegevoegd, zie verbruik van systemen. Voor het opstarten van de vergister in het decentrale systeem is natronloog nodig. Aangezien natronloog eenmalig gebruikt wordt is deze stof opgenomen in het aanleg van de systemen. Tijdens de opstart van de centrale zuivering zijn geen specifieke chemicaliën nodig.

TABEL I.2 VERGELIJKING IN GEBRUIK VAN BEIDE SYSTEMEN

| gegevens | conventionele centrale rwzi | decentraal systeem | decentraal systeem optimaal | eenheid |
|--|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------|
| algemeen | | | | |
| bewoners | 100.000 | 1.200 | 1.200 | i.e. |
| huisbezetting | 2,2 | 2,2 | 2,2 | i.e./woning |
| drinkwatergebruik | 124,0 | 82,0 | 82,0 | l/i.e./dag |
| transport | | | | |
| transport en aanmaak drinkwater | 22,6 | 15,0 | 15,0 | kWh/i.e./j |
| transport grijs water | 5,1 | - | - | kWh/i.e./j |
| transport vacuum grijs en zwart water | - | 28,2 | 12,0 | kWh/i.e./j |
| transport GF afval (vrachtwagen) | 0,71 | - | - | tkm/i.e./j |
| transport storingsonderhoud (bestelbus) | - | 0,0034 | 0,0034 | tkm/i.e./j |
| transport regulier beheer (bestelbus) | - | 0,1083 | 0,1083 | tkm/i.e./j |
| energiegebruik | | | | |
| netto ingekochte elektriciteit | 5,8 | 145,4 | 126,4 | kWh/i.e./j |
| gebruik WKK (dieselolie) | 3,3 | - | - | kWh/i.e./j |
| energiegebruik grinder | - | 6,0 | 1,5 | kWh/i.e./j |
| vermeden gasgebruik, thermische energie | - | 327,6 | 426,8 | kWh/i.e./j |
| vermeden gasgebruik, chemische energie uit biogas | - | 113,3 | 148,2 | kWh/i.e./j |
| chemicaliën | | | | |
| magnesiumoxide | - | 0,16 | 0,16 | kg/i.e./j |
| defosfatisering en D2S bestrijding biogas, FeCl ₃ opl | 4,6 | - | - | kg/i.e./j |
| pre-precipitatie, omgerekend naar FeCl ₃ | 2,9 | - | - | kg/i.e./j |
| vlokhulpmiddel (modified starch) | 0,037 | - | - | kg/i.e./j |

ENERGIEGEBRUIK

Voor alle waarden voor elektrische en thermische energie wordt verwezen naar het deelrapport Energie-analyse [ref. 4.]. De hoeveelheid chemische en thermische energie uit biogas in het decentrale systeem wordt niet in het zuiveringsproces gebruikt, maar teruggeleverd aan de woningen. Dit is verdisconteerd in de analyse door een post 'vermeden gasgebruik' op te nemen voor ruimteverwarming van de woningen.

TRANSPORT GF-AFVAL

In het decentrale systeem wordt GF afval vermaald en afgebroken in de vergister. Aangezien GF-afval in het decentrale systeem meegenomen wordt, wordt het ook meegenomen in het centrale systeem. Alleen GF afval wordt berekend, tuinafval wordt buiten beschouwing gelaten aangezien dit voor beide systemen gelijk is.

In het centrale systeem wordt gescheiden GF afval opgehaald met GFT vuilniswagens bij woningen. Volgens CBS gegevens van 2014 wordt gemiddeld 81 kg GFT afval per jaar geproduceerd, waarvan 25 % GF afval. Gemiddeld wordt per jaar 2.025 ton GF afval geproduceerd door 100.000 inwoners. De gemiddelde transportafstand van de GFT vrachtwagen is 35 km enkele reis. Het vervoermiddel is een vrachtwagen met gemiddelde lading van 1012,5 ton.

TRANSPORT STORINGSONDERHOUD EN REGULIER BEHEER

Het decentrale zuiveringssysteem vereist onderhoud en beheer op afstand. Hiervoor zijn transportkilometers opgenomen in de analyse. Woon-werkverkeer is buiten beschouwing gelaten. Om het systeem te onderhouden en de waterkwaliteit van de zuivering te waarborgen, is per systeem eens per week een bezoek van een beheerder nodig. De aanrijdafstand is 5 km per systeem. Voor storingsonderhoud is gerekend met 2 keer per 3 jaar een storing per systeem, oftewel 55 storingen per jaar. De aanrijdafstand is ook 5 km en er wordt rekening gehouden met retourritten omdat storingen niet te plannen zijn. Het vervoermiddel voor regulier beheer en onderhoud en storingsonderhoud is een standaard bestelbus met een lading van gemiddeld 500 kg materiaal en materieel.

CHEMICALIËN VOOR ZUIVERING

Chemicaliën die gebruikt worden voor het zuiveren van het afval water in beide systemen zijn meegenomen. De gegevens voor de decentrale zuivering zijn geleverd door DeSaH. De gegevens van de centrale zuivering komen van rwzi Deventer [ref. 3].

BIJLAGE 2

RESULTATEN BEREKENINGEN

TABEL II.1 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI, GRIJZE STROOM

| milieueffectcategorie | eenheid | totaal | bouw en sloop aanleg rwzi | onderhoud | afvalver- werking | exploitatie electriciteit | dieselolie WKK | GF transport | chemicaliën | drinkwater |
|------------------------------------|--------------|----------|------------------------------|-----------|----------------------|------------------------------|-------------------|--------------|-------------|------------|
| uitputting abiotische grondstoffen | kg Fe eq | 2,15E+07 | 6,34E+06 | 9,73E+06 | 1,06E+05 | 7,75E+05 | 3,20E+04 | 4,48E+04 | 4,46E+06 | 4,30E+06 |
| uitputting fossiele grondstoffen | kg oil eq | 5,43E+07 | 6,68E+06 | 9,71E+06 | 7,32E+04 | 1,27E+07 | 1,27E+05 | 3,35E+05 | 2,29E+07 | 1,91E+07 |
| uitputting drinkw ater | m3 | 2,57E+08 | 3,01E+05 | 5,01E+05 | 3,38E+03 | 1,58E+05 | 1,23E+04 | 4,01E+03 | 2,56E+08 | 2,56E+08 |
| klimaatverandering | kg CO2 eq | 1,99E+08 | 2,97E+07 | 3,42E+07 | 3,92E+05 | 3,82E+07 | 4,89E+06 | 9,10E+05 | 8,50E+07 | 7,18E+07 |
| aantasting ozonlaag | kg CFC-11 eq | 4,72E+01 | 1,38E+00 | 3,92E+01 | 1,77E-02 | 1,48E+00 | 3,88E-02 | 1,43E-01 | 4,30E+00 | 3,65E+00 |
| fotochemische oxidantvorming | kg NMV/OC | 5,55E+05 | 7,96E+04 | 9,03E+04 | 8,59E+02 | 5,58E+04 | 5,33E+03 | 8,72E+03 | 2,20E+05 | 1,92E+05 |
| verzuring | kg SO2 eq | 6,89E+05 | 7,55E+04 | 1,54E+05 | 8,38E+02 | 5,45E+04 | 3,61E+03 | 5,02E+03 | 3,39E+05 | 2,84E+05 |
| vermesting zoet water | kg P eq | 1,29E+05 | 8,69E+03 | 3,40E+04 | 1,06E+02 | 1,59E+04 | 5,10E+02 | 9,51E+01 | 6,99E+04 | 5,68E+04 |
| vermesting marien | kg N eq | 2,00E+05 | 2,37E+04 | 3,56E+04 | 3,07E+02 | 2,25E+04 | 3,86E+03 | 2,79E+03 | 7,81E+04 | 6,67E+04 |
| humane toxiciteit | kg 1,4-DB eq | 1,35E+08 | 1,35E+07 | 4,50E+07 | 1,90E+05 | 1,18E+07 | 3,44E+06 | 1,23E+05 | 6,06E+07 | 5,20E+07 |
| zoetw ater ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,87E+06 | 2,11E+05 | 6,51E+05 | 6,97E+03 | 2,28E+05 | 1,64E+05 | 2,51E+03 | 1,60E+06 | 1,41E+06 |
| mariene ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,54E+06 | 2,25E+05 | 6,84E+05 | 6,67E+03 | 2,37E+05 | 1,51E+05 | 3,31E+03 | 1,23E+06 | 1,05E+06 |
| terrestrische ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,87E+04 | 2,30E+03 | 6,55E+03 | 3,33E+01 | 3,99E+03 | 1,56E+02 | 1,86E+02 | 1,51E+04 | 1,41E+04 |

Cumulatieve milieubelasting gedurende levenscyclus van 50 jaar, 100.000 i.e.

TABEL II.2 RESULTATEN BEREKENINGEN CENTRALE RWZI, GROENE STROOM

| milieueffectcategorie | eenheid | totaal | bouw en sloop | | afvalverwerking | exploitatie | dieselolie WKK | GF transport | chemicaliën | drinkwater |
|------------------------------------|----------------|----------|---------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|--------------|-------------|------------|
| | | | aanleg | rwzi onderhoud | | | | | | |
| uitputting abiotische grondstoffen | kg Fe eq | 2.15E+07 | 6.34E+06 | 9.73E+06 | 1.06E+05 | 7.65E+05 | 3.20E+04 | 4.48E+04 | 4.46E+06 | 4.30E+06 |
| uitputting fossiele grondstoffen | kg oil eq | 4.18E+07 | 6.68E+06 | 9.71E+06 | 7.32E+04 | 1.88E+05 | 1.27E+05 | 3.35E+05 | 2.29E+07 | 1.91E+07 |
| uitputting drinkwater | m ³ | 2.57E+08 | 3.01E+05 | 5.01E+05 | 3.38E+03 | 6.05E+03 | 1.23E+04 | 4.01E+03 | 2.56E+08 | 2.56E+08 |
| klimaatverandering | kg CO2 eq | 1.61E+08 | 2.97E+07 | 3.42E+07 | 3.92E+05 | 6.10E+05 | 4.89E+06 | 9.10E+05 | 8.50E+07 | 7.18E+07 |
| aantasting ozonlaag | kg CFC-11 eq | 4.57E+01 | 1.38E+00 | 3.92E+01 | 1.77E-02 | 3.91E-02 | 3.88E-02 | 1.43E-01 | 4.30E+00 | 3.65E+00 |
| fotochemische oxidantvorming | kg NMVOC | 5.01E+05 | 7.96E+04 | 9.03E+04 | 8.59E+02 | 1.95E+03 | 5.33E+03 | 8.72E+03 | 2.20E+05 | 1.92E+05 |
| verzuring | kg SO2 eq | 6.37E+05 | 7.55E+04 | 1.54E+05 | 8.38E+02 | 2.55E+03 | 3.61E+03 | 5.02E+03 | 3.39E+05 | 2.84E+05 |
| vermesting zoet water | kg P eq | 1.14E+05 | 8.69E+03 | 3.40E+04 | 1.06E+02 | 3.92E+02 | 5.10E+02 | 9.51E+01 | 6.99E+04 | 5.68E+04 |
| vermesting marien | kg N eq | 1.78E+05 | 2.37E+04 | 3.56E+04 | 3.07E+02 | 6.85E+02 | 3.86E+03 | 2.79E+03 | 7.81E+04 | 6.67E+04 |
| humane toxiciteit | kg 1,4-DB eq | 1.24E+08 | 1.35E+07 | 4.50E+07 | 1.90E+05 | 6.12E+05 | 3.44E+06 | 1.23E+05 | 6.06E+07 | 5.20E+07 |
| zoetw ater ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2.66E+06 | 2.11E+05 | 6.51E+05 | 6.97E+03 | 1.94E+04 | 1.64E+05 | 2.51E+03 | 1.60E+06 | 1.41E+06 |
| mariene ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2.33E+06 | 2.25E+05 | 6.84E+05 | 6.67E+03 | 2.05E+04 | 1.51E+05 | 3.31E+03 | 1.23E+06 | 1.05E+06 |
| terrestrische ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2.48E+04 | 2.30E+03 | 6.55E+03 | 3.33E+01 | 7.54E+01 | 1.56E+02 | 1.86E+02 | 1.51E+04 | 1.41E+04 |

Cumulatieve milieubelasting gedurende levenscyclus van 50 jaar, 100.000 i.e.

TABEL II.3 RESULTATEN BEREKENINGEN DECENTRAAL SYSTEEM, GRIJZE STROOM

| milieueffectcategorie | eenheid | totaal | bouw en sloop | | afvalverwerking | exploitatie | | transport beheer | chemicaliën | drinkwater |
|------------------------------------|--------------|-----------|-------------------|-----------|-----------------|---------------|--------------------------|---------------------|-------------|------------|
| | | | aanleg systeem | onderhoud | | elektriciteit | gasgebruik (vermeden) | | | |
| uitputting abiotische grondstoffen | kg Fe eq | 6,85E+07 | 1,63E+07 | 3,26E+07 | 9,42E+04 | 2,21E+07 | -5,84E+06 | 9,81E+04 | 2,92E+03 | 3,12E+06 |
| uitputting fossiele grondstoffen | kg oil eq | 3,42E+07 | 1,60E+07 | 1,33E+07 | 3,62E+05 | 2,17E+08 | -2,27E+08 | 3,73E+05 | 3,44E+04 | 1,39E+07 |
| uitputting drinkwater | m3 | 1,89E+08 | 2,80E+05 | 3,20E+05 | 2,12E+04 | 2,72E+06 | -2,28E+05 | 4,00E+03 | 2,91E+03 | 1,86E+08 |
| klimaatverandering | kg CO2 eq | 2,24E+08 | 3,60E+07 | 4,26E+07 | 9,97E+06 | 6,52E+08 | -5,70E+08 | 1,06E+06 | 8,41E+05 | 5,21E+07 |
| aantasting ozonlaag | kg CFC-11 eq | -5,50E+01 | 1,78E+00 | 2,97E+00 | 9,50E-02 | 2,52E+01 | -8,78E+01 | 1,51E-01 | 7,48E-03 | 2,65E+00 |
| fotochemische oxidantvorming | kg NMV/OC | 7,96E+05 | 1,32E+05 | 1,09E+05 | 6,78E+03 | 9,62E+05 | -5,61E+05 | 6,45E+03 | 9,79E+02 | 1,40E+05 |
| verzuring | kg SO2 eq | 9,82E+05 | 1,15E+05 | 1,25E+05 | 6,75E+03 | 9,63E+05 | -4,40E+05 | 4,02E+03 | 1,06E+03 | 2,06E+05 |
| vermesting zoet water | kg P eq | 3,43E+05 | 1,35E+04 | 2,13E+04 | 1,11E+03 | 2,85E+05 | -1,90E+04 | 2,23E+02 | 8,87E+01 | 4,12E+04 |
| vermesting marien | kg N eq | 3,84E+05 | 3,07E+04 | 3,17E+04 | 3,65E+03 | 3,87E+05 | -1,19E+05 | 1,77E+03 | 2,77E+02 | 4,84E+04 |
| humane toxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,99E+08 | 1,64E+07 | 2,98E+07 | 4,11E+06 | 2,30E+08 | -1,90E+07 | 2,83E+05 | 3,38E+05 | 3,78E+07 |
| zoetwater ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 6,71E+06 | 4,79E+05 | 1,14E+06 | 2,22E+05 | 4,17E+06 | -3,46E+05 | 5,50E+03 | 1,22E+04 | 1,03E+06 |
| mariene ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 6,51E+06 | 4,87E+05 | 1,16E+06 | 2,08E+05 | 4,37E+06 | -4,96E+05 | 6,15E+03 | 1,07E+04 | 7,60E+05 |
| terrestrische ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 8,30E+04 | 3,08E+03 | 4,08E+03 | 3,38E+02 | 7,52E+04 | -1,02E+04 | 1,62E+02 | 3,03E+01 | 1,03E+04 |

Cumulatieve milieubelasting gedurende levenscyclus van 50 jaar, 100.000 i.e.

TABEL II.4 RESULTATEN BEREKENINGEN GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM, GRUIZE STROOM

| milieueffectcategorie | eenheid | totaal | bouw en sloop | | exploitatie | transport | chemicaliën | drinkwater |
|------------------------------------|--------------|-----------|---------------|-----------|-------------|-----------|-------------|------------|
| | | | aanleg | onderhoud | | | | |
| uitputting abiotische grondstoffen | kg Fe eq | 6,08E+07 | 1,56E+07 | 3,24E+07 | 1,72E+07 | 9,81E+04 | 2,92E+03 | 3,12E+06 |
| uitputting fossiele grondstoffen | kg oil eq | -8,96E+07 | 9,47E+06 | 1,31E+07 | 1,69E+08 | 3,73E+05 | 3,44E+04 | 1,39E+07 |
| uitputting drinkwater | m3 | 1,88E+08 | 1,96E+05 | 3,10E+05 | 2,12E+06 | 4,00E+03 | 2,91E+03 | 1,86E+08 |
| klimaatverandering | kg CO2 eq | -1,12E+08 | 2,25E+07 | 3,90E+07 | 5,08E+08 | 1,06E+06 | 8,41E+05 | 5,21E+07 |
| aantasting ozonlaag | kg CFC-11 eq | -8,75E+01 | 1,57E+00 | 2,93E+00 | 1,96E+01 | 1,51E-01 | 7,48E-03 | 2,65E+00 |
| fotochemische oxidantvorming | kg NMVOC | 3,51E+05 | 7,44E+04 | 1,07E+05 | 7,50E+05 | 6,45E+03 | 9,79E+02 | 1,40E+05 |
| verzuring | kg SO2 eq | 5,93E+05 | 7,72E+04 | 1,23E+05 | 4,36E+03 | 4,02E+03 | 1,06E+03 | 2,06E+05 |
| vermesting zoet water | kg P eq | 2,71E+05 | 1,11E+04 | 2,11E+04 | 6,68E-02 | 2,23E+02 | 8,87E+01 | 4,12E+04 |
| vermesting marien | kg N eq | 2,49E+05 | 1,92E+04 | 3,08E+04 | 2,78E-03 | 1,77E+03 | 2,77E+02 | 4,84E+04 |
| humane toxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,38E+08 | 1,34E+07 | 2,91E+07 | 3,32E-06 | 2,83E+05 | 3,38E+05 | 3,78E+07 |
| zoetwater ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 5,56E+06 | 4,25E+05 | 1,09E+06 | 3,25E+06 | 5,50E+03 | 1,22E+04 | 1,03E+06 |
| mariene ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 5,27E+06 | 4,36E+05 | 1,11E+06 | 3,41E+06 | 6,15E+03 | 1,07E+04 | 7,60E+05 |
| terrestrische ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 6,23E+04 | 2,31E+03 | 4,00E+03 | 5,86E+04 | 1,62E+02 | 3,03E+01 | 1,03E+04 |

Cumulatieve milieubelasting gedurende levenscyclus van 50 jaar, 100.000 i.e.

TABEL IL.5 RESULTATEN BEREKENINGEN GEOPTIMALISEERD DECENTRAAL SYSTEEM, GROENE STROOM

| milieueffectcategorie | eenheid | totaal | bouw en sloop | | exploitatie | gasgebruik (vermeden) | transport beheer | chemicaliën | drinkwater |
|------------------------------------|--------------|-----------|-------------------|-----------|-------------|--------------------------|---------------------|-------------|------------|
| | | | aanleg systeem | onderhoud | | | | | |
| uitputting abiotische grondstoffen | kg Fe eq | 6,08E+07 | 1,56E+07 | 3,24E+07 | 1,72E+07 | -7,61E+06 | 9,81E+04 | 2,92E+03 | 3,12E+06 |
| uitputting fossiele grondstoffen | kg oil eq | -8,96E+07 | 9,47E+06 | 1,31E+07 | 1,69E+08 | -2,96E+08 | 3,73E+05 | 3,44E+04 | 1,39E+07 |
| uitputting drinkwater | m3 | 1,88E+08 | 1,96E+05 | 3,10E+05 | 2,12E+06 | -2,98E+05 | 4,00E+03 | 2,91E+03 | 1,86E+08 |
| klimaatverandering | kg CO2 eq | -1,12E+08 | 2,25E+07 | 3,90E+07 | 5,08E+08 | -7,43E+08 | 1,06E+06 | 8,41E+05 | 5,21E+07 |
| aantasting ozonlaag | kg CFC-11 eq | -8,75E+01 | 1,57E+00 | 2,93E+00 | 1,96E+01 | -1,15E+02 | 1,51E-01 | 7,48E-03 | 2,65E+00 |
| fotochemische oxidantvorming | kg NMVOC | 3,51E+05 | 7,44E+04 | 1,07E+05 | 7,50E+05 | -7,31E+05 | 6,45E+03 | 9,79E+02 | 1,40E+05 |
| verzuring | kg SO2 eq | 5,93E+05 | 7,72E+04 | 1,23E+05 | 7,50E+05 | -5,74E+05 | 4,02E+03 | 1,06E+03 | 2,06E+05 |
| vermesting zoet water | kg P eq | 2,71E+05 | 1,11E+04 | 2,11E+04 | 2,22E+05 | -2,48E+04 | 2,23E+02 | 8,87E+01 | 4,12E+04 |
| vermesting marien | kg N eq | 2,49E+05 | 1,92E+04 | 3,08E+04 | 3,01E+05 | -1,56E+05 | 1,77E+03 | 2,77E+02 | 4,84E+04 |
| humane toxiciteit | kg 1,4-DB eq | 2,38E+08 | 1,34E+07 | 2,91E+07 | 1,79E+08 | -2,47E+07 | 2,83E+05 | 3,38E+05 | 3,78E+07 |
| zoetwater ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 5,56E+06 | 4,25E+05 | 1,09E+06 | 3,25E+06 | -4,51E+05 | 5,50E+03 | 1,22E+04 | 1,03E+06 |
| mariene ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 5,27E+06 | 4,36E+05 | 1,11E+06 | 3,41E+06 | -6,47E+05 | 6,15E+03 | 1,07E+04 | 7,60E+05 |
| terrestrische ecotoxiciteit | kg 1,4-DB eq | 6,23E+04 | 2,31E+03 | 4,00E+03 | 5,86E+04 | -1,33E+04 | 1,62E+02 | 3,03E+01 | 1,03E+04 |

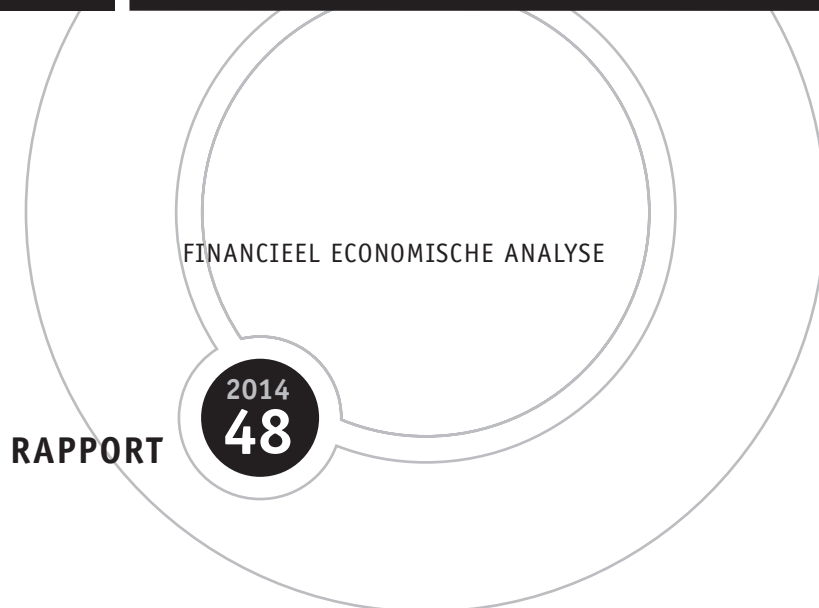
Cumulatieve milieubelasting gedurende levenscyclus van 50 jaar, 100.000 i.e.

BIJLAGE 3

MATERIALENSTAAT SYSTEEM 79 I.E.

TABEL III.3 MATERIALENSTAAT DECENTRAAL SYSTEEM 79 INWONERS

| gegevens | decentraal systeem | eenheid | levensduur |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|------------|
| algemeen | | | |
| aantal bewoners | 79 | i.e. | |
| gemiddeld huishouden | 2,2 | i.e./woning | |
| belasting systeem | 90 | % | |
| oppervlakte zuiveringsinstallatie | 0,015 | ha | |
| zuiveringsinstallatie | | | |
| beton | 1.911 | kg/i.e. | 30 jaar |
| wapeningsstaal | 68 | kg/i.e. | 30 jaar |
| staal - onbehandeld | 211 | kg/i.e. | 15 jaar |
| staal - onbehandeld | 69 | kg/i.e. | 30 jaar |
| staal - rvs | 13 | kg/i.e. | 15 jaar |
| aluminium | 0,14 | kg/i.e. | 15 jaar |
| aluminium | 4,09 | kg/i.e. | 30 jaar |
| koper | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| zink | 0,59 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PVC-buis | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| PVC-buis | 2,48 | kg/i.e. | 15 jaar |
| PE-buis | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| PE-buis | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| HDPE | 92 | kg/i.e. | 30 jaar |
| glasvezel versterkt kunststof | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| PU-rubber | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| asfalt | - | kg/i.e. | 30 jaar |
| baksteen | 322 | kg/i.e. | 30 jaar |
| kalkzandsteen | 884 | kg/i.e. | 30 jaar |
| beton dakpannen | 73 | kg/i.e. | 30 jaar |
| minerale wol | 4,2 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PS isolatie | 11 | kg/i.e. | 30 jaar |
| PUR schuim | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| PF schuim | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| raamkozijn | 0,03797 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| buitendeur merbau | 0,03418 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| dubbel glas | 0,04684 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| spaanplaat | 24 | m ² /i.e. | 30 jaar |
| bestrating | 151 | kg/i.e. | 30 jaar |
| glasvezel | - | kg/i.e. | 15 jaar |
| elektronica | 6,33 | kg/i.e. | 15 jaar |



ISBN 978.90.5773.669.8



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

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

FINANCIËEL ECONOMISCHE ANALYSE

INHOUD

| | | |
|----------|---|------------|
| | SAMENVATTING | 271 |
| 1 | INLEIDING | 273 |
| | 1.1 Opzet en doel rapportage | 273 |
| | 1.2 Omschrijving financiële economische component DeSaH | 273 |
| 2 | METHODE | 274 |
| | 2.1 Documenten | 274 |
| | 2.2 Uitgangspunten kostenberekeningen | 274 |
| | 2.3 Besparingen | 276 |
| | 2.4 Kosten DeSaH Noorderhoek | 277 |
| | 2.5 Kosten DeSaH in de toekomst | 277 |
| | 2.6 Vergelijking tussen DeSaH en referentiestelsel | 278 |
| | 2.7 Buiten de scope van de analyse | 278 |
| 3 | RESULTATEN KOSTENBEREKENINGEN | 279 |
| | 3.1 Wat heeft DeSaH Noorderhoek gekost? | 279 |
| | 3.2 Wat kost DeSaH in een wijk met 1200 inwoners? | 280 |
| | 3.3 Onzekerheidsmarge | 284 |
| | 3.4 Prijsvolatiliteit (de invloed van schaalgrootte) | 284 |
| | 3.5 Prijsvergelijking met afvoer naar RWZI | 285 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4 | CONCLUSIE | 287 |
| 4.1 | Doel 1: Kosten DeSaH Noorderhoek | 287 |
| 4.2 | Doel 2: DeSaH-systeem bij herhaalde realisatie | 287 |
| 4.3 | Kantttekeningen | 287 |
| 4.4 | Doel 3: Vergelijking met traditionele RWZI | 288 |
| 5 | AANBEVELINGEN | 289 |
| | BIJLAGEN | |
| | 1. Configuratie DeSaH | 290 |
| | 2. Gerealiseerde kosten Noorderhoek | 294 |
| | 3. Kosten DeSaH optimaal 1200 inwoners | 297 |
| | 4. Prijsvolatiliteit | 300 |
| | 5. Kosten 1200 inwoners op RWZI | 301 |

SAMENVATTING

Ten behoeve van integrale evaluatie van het Decentrale Sanitatiesysteem (DeSaH) in Noorderhoek Waterschoon te Sneek is door RDGM in samenwerking met Van Hell Advies de financiële economische analyse (FEA) opgesteld. De conceptversie is in juni 2014 besproken met de opdrachtgever en de expertgroep. In deze versie 2 van de rapportage is de behoefte aan verdieping en aanvulling vanuit andere deelonderzoeken ingevoegd.

Doel van deze FEA is drieledig. Het dient ter bepaling van:

- 1 De directe kosten en opbrengsten van DeSaH in Sneek
- 2 De kosten voor DeSaH bij herhaalde realisatie
- 3 De verschillen in directe kosten en opbrengsten van DeSaH met een referentiestelsel in een vergelijkbare situatie.

DOEL 1: KOSTEN DESAH NOORDERHOEK

In deze berekeningen zijn de werkelijk gemaakte kosten en gerealiseerde besparingen voor het DeSaH-systeem in Noorderhoek opgenomen.

| Onderdeel | Investering [euro] | Afschrijving [euro/jaar] | Onderhoud/exploitatie [euro/jaar] |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Inzamelsysteem | 431.000 | 11.259 | 6.420 |
| Woningen | 261.000 | 8.027 | - |
| Zuivering | 1.265.000 | 44.261 | 84.980 |
| Besparingen | - | - | -3.164 |
| Totaal | 1.957.000 | 63.547 | 88.236 |
| Totaal per inwoner | 24.463 | 794 | 1.103 |

Aangezien de installatie in 2008 is opgezet voor circa 600 woningen en er tot op heden slechts 80 inwoners op de installatie zijn aangesloten, komen de kosten met EUR 1.897 per inwoner hoog uit.

DOEL 2: KOSTEN VOOR DESAH BIJ HERHAALDE REALISATIE

Locatiespecifiek

Het grootste aandeel van kosten en opbrengsten bij DeSaH is niet-locatiespecifiek. Dat betekent dat de vertaling naar een andere situatie/locatie eenvoudig te maken is.

Optimalisatie

Uit de verschillende deelonderzoeken blijkt dat er veel mogelijkheden zijn om het DeSaH-systeem, zoals in Noorderhoek gerealiseerd is, te optimaliseren. Zo is berekend dat op een systeem met de omvang in Noorderhoek circa 1200 inwoners hun afvalwater kunnen lozen. Bij deze belasting zal het systeem optimaler gaan werken en nemen de opbrengsten fors toe. Daarnaast kan er bezuinigd worden op onderdelen die specifiek in Noorderhoek zijn toegepast vanwege het pilotkarakter van deze locatie.

Bij een fictieve wijk van 1200 inwoners, ziet het kostenplaatje er als volgt uit:

| Onderdeel | Investering [euro] | Afschrijving [euro/jaar] | Onderhoud/exploitatie [euro/inw.jaar] |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| Inzamelsysteem | 737.000 | 16.193 | 3.217 |
| Woningen | 707.000 | 23.578 | - |
| Zuivering | 800.000 | 31.238 | 73.499 |
| Besparingen | - | - | -69.683 |
| Totaal | 2.244.000 | 71.010 | 7.033 |
| Totaal per inwoner | 2.078 | 65,75 | 6,51 |

Prijsvolatiliteit

Met volatiliteitberekeningen is een inschatting te maken van de prijsontwikkeling bij verandering van de schaalgrootte van het systeem. Bij verdubbeling van het aantal woningen in de fictieve wijk verlagen de kosten per inwoner per jaar met circa 51%. Een halvering verhoogt de prijs per inwoner per jaar met 58%.

DOEL 3: VERGELIJKING MET TRADITIONELE RWZI

Uit vergelijkende kostenberekeningen blijkt dat het DeSaH-systeem bij de onderzochte schaalgrootte iets duurder (circa 11%) is dan afvoer naar de traditionele RWZI (EUR 72 /inw. vs EUR 65 /inw.).

Op basis van de prijsvolatiliteitsberekening lijkt bij een schaalgrootte van circa 2400 inwoners het DeSaH-systeem goedkoper te worden dan afvoer naar traditionele zuivering.

1

INLEIDING

Ten behoeve van integrale evaluatie van het Decentrale Sanitatie-systeem (DeSaH) in Noorderhoek Waterschoon te Sneek is in juni 2014 de financiële-economische component geanalyseerd. Na bespreking met de opdrachtgever en de expertgroep, bleek dat er behoefte was aan verdieping en aanvulling vanuit andere deelonderzoeken. Dit is in deze versie 2 van de rapportage bijgevoegd.

1.1 OPZET EN DOEL RAPPORTAGE

Dit FEA beoogt een antwoord te geven op de volgende vragen:

- 1 Wat heeft het DeSaH-systeem in Noorderhoek gekost?
- 2 Wat zou het DeSaH-systeem in de situatie van Noorderhoek kosten, als er geen sprake is van pilotkosten en het systeem geoptimaliseerd is?
- 3 Wat kost het aansluiten van een wijk als Noorderhoek op een conventioneel rioolsysteem + RWZI? En hoe is de vergelijking met DeSaH?

1.2 OMSCHRIJVING FINANCIËLE ECONOMISCHE COMPONENT DESAH

Wat verstaan we onder de financiële economische component DeSaH:

“het geheel aan directe en indirecte kosten en opbrengsten om het DeSaH aan te leggen, in te regelen, te beheren en te onderhouden. Zowel binnen de woning als in het openbaar gebied”.

Hieronder wordt *niet* verstaan de ontwikkelkosten voor het ontwerp van het decentrale Sanitatie-systeem. Bij de start van de ontwikkeling gaan we er van uit dat de specificaties van het systeem bekend zijn en dat geen kosten meer worden gemaakt. Anders gezegd: de kosten voor de ontwikkeling van het systeem (dus alle componenten bij elkaar) zijn geëxcludeerd uit de analyse.

2

METHODE

2.1 DOCUMENTEN

Als basis voor de FEA zijn de volgende documenten gebruikt:

- 1 Configuratie voor vergelijking met referentiesysteem (docx, DeSaH, 10-03-2014);
- 2 Referentiesysteem voorstel 02_1_def (docx, Witteveen en Bos, 10-10-2012);
- 3 Riool revisie - Noorderhoek Waterschoon incl. (4) (PDF, De Waard Grondverzet BV, 21-10-2010);
- 4 Noorderhoek Waterschoon Analyse kosten in niet-experimentele omgeving (xlsx, DeSaH BV, 06-03-2014);
- 5 Leidraad Riolerings, module D1100 kostenkengetallen rioleringszorg (RioNed, juli 2007);
- 6 Het riool in cijfers 2005-2006, RIONED
- 7 Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2012 (Unie van Waterschappen, september 2013);
- 8 Prijsindexcijfers van de productie van gebouwen (CBS.nl)
- 9 Emails tussen verzending concept op 15-5-2014 en einde reactietermijn op 26-5-2014 van Peter Hermans (WIBO), Jan de Wit (Saxion) Bert Palsma (STOWA), Tony Flameling (Waterschap Dommel), Marcel Zandvoort (Waternet) en Sybren Gerbens (Wetterskip Fryslân)
- 10 Verkenning mogelijkheden toekomstige afvalinzameling (De Jonge Milieu Advies, 2012)

2.2 UITGANGSPUNTEN KOSTENBEREKENINGEN

- Alle verkregen kosten en opbrengsten zijn uitgesplitst naar netto bedragen en inclusief BTW van 21%. Prijspeil is 2011. Alle bedragen zijn naar 2011 gerekend met behulp van de CBS-Prijsindexcijfers van de productie van gebouwen
 - Alle rioleringsvoorzieningen (leidingen, putten, kolken, perceelaansluitingen) in openbaar gebied worden afgeschreven in 60 jaar. Voor bouwkundige installaties is een afschrijvingstermijn van 50 jaar genomen en voor mechanische en elektrische installaties 15 jaar. Voor de afschrijving op de DeSaH-voorzieningen in de woningen en het civieltechnische deel van de zuivering is 30 jaar gekozen door de opdrachtgever. Dit is de gebruikelijk afschrijvingstermijn bij RWZI's
 - De onderhoudspercentages en intervallen zijn als volgt:

| | |
|--|----------------------------|
| • grijswaterriolen | 1x/14jr |
| • vacuümriolen | geen (alleen calamiteiten) |
| • kolk en kolkaansluitingen | 0,5x/jr |
| • perceelaansluitingen tot aan de erfgrans | geen (alleen calamiteiten) |
| • Zuiveringsgebouw | 1,5%/jr* |
| • Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 1,5%/jr* |
| • Mechanisch/elektrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 3,5%/jr* |
| • Voorzieningen in de woning | geen |
- *) deze percentages betreffen alleen de reservering voor het vervangen van onderdelen. Overig onderhoud is apart weergegeven in de kostenberekeningen.
- Bekend is dat er verschuivingen tussen eigenaren kan plaatsvinden bij het DeSaH.

Voor de eigenarenanalyse zijn de kosten en opbrengsten verdeeld naar kosten- en opbrengsteneigenaar.

- Woningeigenaar: Woningstichting De Wieren
- Gemeente Súdwest Fryslân
- Verantwoordelijke voor DeSaH: Woningstichting De Wieren
- Waterschap: Wetterskip Fryslân

Onder eigenaar wordt verstaan de realisator, exploitant en beheerder.

- Uitgangspunt bij de FEA is een goed ingeregeld en geoptimaliseerd werkende systeem. Het eindsysteem is het systeem dat wordt geëvalueerd in deze FEA. Gedurende de evaluatie hebben de onderzoeksdelen Onderhoud en Energie aanpassingen aan het systeem toegepast om het systeem optimaal te laten werken. Deze optimalisatie zijn als ontwikkelkosten bepaald en niet meegenomen bij de FEA.
- Opbrengsten van DeSaH (voornamelijk regenererbare en afzetbare Energie) zijn verdisconteerd in de kostenberekeningen. In feite zijn het 'minderkosten' die het systeem terugverdiend gedurende het proces en een vermindering geven van de kosten. NB. Er zijn nog geen opbrengsten meegenomen voor de struvietwinning. Daarnaast zijn voor slibverwerking kosten opgenomen, terwijl de kwaliteit van het slib in de toekomst wellicht tevens opbrengsten kan genereren.
- Voor de exploitatie van het DeSaH is elektriciteit nodig. In Noorderhoek worden deze kosten gedragen door de woningstichting en is gerekend met het consumententarief. Bij de kostenberekening voor herhaalde realisatie van het DeSaH-systeem is er vanuit gegaan dat deze systemen in eigendom / beheer komen van een waterschap. Voor deze situatie zijn de energiekosten berekend op basis van grootverbruik.

KOSTENKENGETALLEN RIOLERING

Voor de kostenberekeningen is uitgegaan van de systematiek van de Leidraad riolering, module D1100 Kostenkengetallen rioleringszorg. De kostenkengetallen in de Leidraad zijn inclusief:

- uitvoeringskosten, CAR-verzekering (opdrachtnemer): 10%;
- algemene kosten, winst en risico (opdrachtnemer): 12%;
- voorbereiding, toezicht en advies (opdrachtgever): 15%.

De kostenkengetallen zijn exclusief kosten voor:

- grondaankoop of de vestiging van zakelijke rechten;
- reiniging van verontreinigde grond;
- ingrijpende maatregelen voor kabels en leidingen;
- inrichting van terreinen na aanleg van voorzieningen;
- kosten voor vergunningen en leges;
- kosten voor bijvoorbeeld het ophalen van riolering vanwege slechte grondslag;
- funderingsmaatregelen anders dan grondverbetering;
- stempeling of toepassing van damwanden;
- intensieve bemaling;
- invloeden van de marktsituatie.

De kostenkengetallen van de Leidraad gaan uit van het prijspeil per 1 januari 2007. In de kostenvergelijking zijn de prijzen geïndexeerd conform de prijsindexcijfers van het CBS (CBS.nl) naar het prijspeil 1 januari 2011. Hierbij zijn de indexcijfers gehanteerd voor bouwwerken.

SLIBKOSTEN

De kosten voor het verwerken van slib zijn gebaseerd op de rapportage “Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2012” van de Unie van Waterschappen. Gemiddeld bedragen de kosten voor slibverwerking EUR 615 /ton droge stof. Deze kosten betreffen de totale kapitaallasten en operationele kosten voor transport, ontwatering, eindverwerking en afzet van restproducten.

KOSTEN RWZI

De kosten van de RWZI zijn gebaseerd op de Stowa-rapportage 2005_26 Slibketenstudie, Onderzoek naar de energie- en kostenaspecten in de water- en slibketen. In deze rapportage zijn de aanlegkosten en exploitatiekosten niet uitgesplitst. Hoewel dat in de feitelijke situatie niet geheel overeenstemt, hebben we vanwege het beperkte verschil, één inwonerequivalent gelijkgesteld met één inwoner.

2.3 BESPARINGEN

Bij het DeSaH-systeem treden ook besparingen op. Bij die besparingen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De biogasproductie en warmteproductie is via de calorische waarde van aardgas omgerekend naar vermeden aardgasverbruik. Voor de calorische waarde is de bovenwaarde van aardgas (35,17 MJ/Nm³) gebruikt. Als prijs voor aardgas is een bedrag van EUR 0,65 / m³ gehanteerd. Uit de deelrapportage betreffende energie volgt voor het huidige systeem Noorderhoek een biogas- en warmteproductie van 199,6 kWh/inw.jaar. Voor de geoptimaliseerde installatie neemt dit toe tot 575,0 kWh/inw.jaar.

Deze besparingen komen in mindering op het energieverbruik van de bewoners. Derhalve is gerekend met de consumentenprijs voor gas.

NB. Ten behoeve van de installatie is er ook sprake van energiegebruik. Dit is aan de kostenkant meegenomen.

- Het waterverbruik is verminderd door het gebruik van vacuümtoiletten. De besparing bedraagt 30 liter per inwoner per dag. Voor drinkwater is een bedrag van EUR 1,12 /m³ gehanteerd.
- De besparing GF-inzameling en verwerking is als volgt berekend:
 - Tweewekelijkse inzameling van GFT kost EUR 23,99 /huishouden.jaar (EUR10,43 /inw.jaar) (Bron: De Jonge Milieu Advies, 2012)
 - Verwerking van GFT kost EUR 21,56 /huishouden.jaar (EUR 9,37 /inw.jaar) (Bron: 2012)
 - Aandeel GF in totaal GFT bedraagt circa 25%, circa 20 kg/inw.jaar van de circa 80 kg/inw.jaar (CBS.nl, gemeentelijke afvalstoffen)
 - Bij het verwijderen van het aandeel GF blijft alleen tuinafval over. Het aanbod aan tuinafval is erg seizoen afhankelijk en in stedelijk gebied is de hoeveelheid tuinafval veel minder dan gemiddeld. De ophaalfrequentie zal fors omlaag kunnen. Ingeschat is, dat de frequentie van 25 maal per jaar terug kan naar circa 8 maal per jaar.
 - Belangrijker is echter nog dat het gemiddeld aantal aanbiedingen van de container per huishouden fors omlaag gaat. Zeker in stedelijk gebied zal het aantal aanbiedingen van de groene container lager worden dan drie maal per jaar.
 - Als we ervan uitgaan dat de helft van de inzamelkosten wordt bepaald door het rijden van de vrachtwagen (ophaalfrequentie) en de andere helft door de daadwerkelijke ledigingen (aanbodfrequentie), dan komen we op de volgende besparing: $0,5 * \text{EUR } 10,43/\text{inw.jaar} * 17/25 = \text{EUR } 3,55/\text{inw.jaar}$ (ophaalfrequentie) $0,5 * \text{EUR } 10,43/\text{inw.jaar} * 22/25 = \text{EUR } 4,59/\text{inw.jaar}$ (aanbodfrequentie)
 - Voor de verwerkingskosten geldt sowieso een volumereductie van 25% (aandeel GF in

GFT). Daarnaast worden echter ook de verwerkingskosten van het overblijvende deel lager. Tuinafval kan namelijk gewoon in de open lucht gecomposteerd worden, terwijl GF-afval, vanwege de stank, overdekt verwerkt wordt. De kostenreductie is ingeschat op 50%

- De besparing op de verwerkingskosten wordt dan:
 $25\% * \text{EUR } 9,37 / \text{inw.jaar} = \text{EUR } 2,34 / \text{inw.jaar}$ (volumereductie)
 $50\% * 75\% * \text{EUR } 9,37 / \text{inw.jaar} = \text{EUR } 3,52 / \text{inw.jaar}$ (lagere verwerkingskosten)
- De totale besparing wordt dan EUR 14 /inw.jaar

NB. Indien het DeSaH-systeem maar op enkele plaatsen wordt toegepast, is de kostenreductie op de verwerking niet te realiseren, aangezien de verwerkingsbedrijven het tuinafval van de wijk met DeSaH-systeem niet apart zullen gaan verwerken.

NB. In de berekeningen van de besparingen is niet meegenomen dat ook in het restafval zich een deel van het GF bevindt. Door de toepassing van de keukenvermalers zal dit aandeel afnemen.

2.4 KOSTEN DESAH NOORDERHOEK

In bijlage I is een beschrijving opgenomen van het systeem zoals dat is aangelegd in Noorderhoek in Sneek. Alle gerealiseerde kosten en opbrengsten van het gerealiseerde systeem zijn verkregen van de projectcontroller van het project Waterschoon, dhr. Meinardi, op 6-3-2014¹. Hierop zijn verduidelijkende vragen gesteld² en is een afstemmingsvergadering met dhr. B. Meulman op 10-4-2014³ gehouden. Daarnaast zijn per email diverse verduidelijkende vragen gesteld aan B. Meulman en Witteveen en Bos in haar rol als coördinator van het onderzoek.

- Voor het DeSaH-systeem zijn de volgende kosten opgenomen:
- Vacuümriool + vacuümpomp
- Grijswaterriool en bijbehorende voorzieningen
- Zuiveringsgebouw. Het gebouw heeft een volume van circa 450 m³ inclusief kelder.
- Meerkosten voor voorzieningen in de woningen (o.b.v. DeSaH-gegevens). Deze bedragen zijn aangepast aan de fictieve wijk. In de huidige wijk zijn 32 van de 71 woningen voorzien van vermalers. In de fictieve wijk zijn alle woningen voorzien van vermalers. In de huidige wijk zijn er 79 toiletten in 71 appartementen. In de fictieve wijk zijn twee vacuüm toiletten per woning opgenomen
- Er zijn geen grondkosten opgenomen
- Voorbereiding, advies en toezicht: 12%

NB. In de projectkosten zoals aangeleverd door de projectcontroller (dhr. Meinardi) zijn facturen opgenomen voor advieskosten (circa 3% van de investering). Voor de kosten van de inzet bij de opdrachtgever is 9% aangehouden.

2.5 KOSTEN DESAH IN DE TOEKOMST

De kosten voor het DeSaH, in een woonwijk van 1200 inwoners, zijn gebaseerd op de daadwerkelijk gerealiseerde kosten in Noorderhoek. Op deze kosten hebben de volgende correcties plaatsgevonden:

- Uitbreiding van het aantal aangesloten woningen tot 521 (1200 inwoners) en dus ook uitbreiding van het inzamelstelsel

1 Meinardi H, 6-3-2014 7:45.WaterSchoon Analyse kosten in niet-experimentele omgeving.xlsx; 3006, en 6-3-2014 17:00. Configuratie voor vergelijking met referentiesysteem.doc
 2 Graaf, de R, 18-3-2014 12:54. Opmerkingen op kostenschema.doc, kenmerk 20140318 O001-20140318rga-V01
 3 Graaf de R, 17-04-2014 21:38. Email Re: Voortgang evaluatie decentrale sanitatie Sneek en reactie hierop van Meulman B, 23-4-2014 16:20. RE: Betr.: Re: Voortgang evaluatie decentrale sanitatie Sneek

- Inschatting van kostenvoordelen bij herhaalde productie (geen pilotkosten, ontwikkelingskosten en eenmalige kosten)
- Optimalisaties en versoeringen zoals door deelonderzoekers in de eerste fase van dit project aangegeven.

2.6 VERGELIJKING TUSSEN DESAH EN REFERENTIESTELSEL

Ten behoeve van deze vergelijking is de methode van aanpak:

- Er is een referentiesysteem bepaald waarvoor vergelijkbare kengetallen zijn bepaald. (zie ook bijlage 5 eerste tabel)
- De kengetallen uit van het DeSaH-systeem in de toekomst worden afgezet tegen de kengetallen van het referentiestelsel.
- Conclusies worden getrokken over verschillen en overeenkomsten
- In de kostenvergelijking is de regenwaterriolering buiten beschouwing gelaten.

Voor het referentiesysteem zijn de volgende kosten meegenomen:

- Afvalwaterriool (o.b.v. RIONED-gegevens)
- Gemaal, persleiding (o.b.v. RIONED-gegevens)
- RWZI (o.b.v. Stowa-rapportage)

De kosten van de RWZI zijn gebaseerd op de Stowa-rapportage 2005_26 Slibketenstudie, Onderzoek naar de energie- en kostenaspecten in de water- en slibketen.

Voor een RWZI met een omvang van 100.000 i.e. bedragen de totale kosten EUR 42,50 /i.e.jaar (prijspeil 2005). Geïndexeerd naar 2011 bedragen de kosten EUR 46,50 /i.e.jaar. Deze kosten zijn niet uitgesplitst in afschrijving en exploitatiekosten, aangezien in voornoemde rapportage hier geen gegevens over beschikbaar zijn.

In de kostenvergelijking is er van uitgegaan dat aangesloten wordt op een bestaande RWZI van circa 100.000 i.e. en dat de kosten voor deze RWZI, per i.e., niet stijgen of dalen. Met andere woorden, indien er een uitbreiding van de RWZI nodig is, om de 1200 i.e. extra te kunnen aansluiten, dan zijn de kosten aan afschrijving en exploitatie per i.e. voor de uitbreiding hetzelfde als de kosten per i.e. voor de gehele zuivering.

2.7 BUITEN DE SCOPE VAN DE ANALYSE

Wat niet wordt geanalyseerd zijn effecten op de heffingssystematiek van afvalwater, riolering en groenafval. Aangenomen mag worden dat er in later stadium bij andere DeSaH-systemen een effect kan zijn op de heffingssystematiek. Voor de keuze of een systeem aangelegd gaat worden is inzicht in de heffingssystematiek niet relevant. Wel worden bij de conclusies opmerkingen geplaatst en voorstellen gedaan.

De financieringsstromen (thesaurie) en de mogelijkheden van goedkope leningen worden niet geanalyseerd en vergeleken. De verschillende mogelijkheden zijn te divers om eenduidig een vergelijking mogelijk te maken. Voor de keuze voor een systeem is inzicht hierin niet relevant. Er wordt van uitgegaan dat in de beschrijving van de case de gemaakte keuzes op dit vlak worden beschreven.

I.e. (inwonerequivalentvervuilingseenheid) wordt niet als algemeen kengetal meegenomen. Dit omdat het afvalwater geconcentreerder is (meer vervuild) dan bij het referentiestelsel. Aangesloten wordt daarom bij de eenheid 'per inwoner'.

3

RESULTATEN KOSTENBEREKENINGEN

3.1 WAT HEEFT DESAH NOORDERHOEK GEKOST?

In deze berekeningen zijn de werkelijk gemaakte kosten en gerealiseerde besparingen voor het DeSaH-systeem in Noorderhoek opgenomen. Zie hoofdstuk 2 voor een toelichting op de kostenberekeningen.

Het DeSaH-systeem is in 2008 ontworpen voor 232 woningen (circa 600 inwoners). Tot op heden is slechts het afvalwater van 80 inwoners op het systeem aangesloten. Op basis van de resultaten van zowel Noorderhoek als andere projecten, is berekend dat op de installatie, zoals in Noorderhoek is gerealiseerd, circa 1200 inwoners aangesloten kunnen worden.

In de tabellen 1 en 2 is het overzicht van de kosten weergegeven. In de laatste kolom is tevens weergegeven wie de (voornaamste) eigenaar van het de betreffende onderdeel is.

De totale investeringen in Noorderhoek bedroegen ruim 1,96 miljoen euro. Voor afschrijving en exploitatie is jaarlijks een bedrag van EUR 155.000 nodig. Daar staan circa EUR 3.000 aan besparingen op gas- en waterverbruik en op de GF-inzameling en -verwerking tegenover.

Het grootste aandeel in de investering heeft de zuivering met bijna 1,3 miljoen euro (65%). Het zuiveringsgebouw kostte EUR 280.000. Dit komt neer op een prijs van 625,- euro per m³ Bruto Inhoud (BIH).

Bij de afschrijvingen en bij de exploitatiekosten is het aandeel van de zuivering met respectievelijk ruim EUR 44.000 en bijna EUR 85.000 eveneens de grootste post.

In navolgende tabellen zijn eveneens percentages opgenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het inzamelsysteem momenteel slechts gerealiseerd is voor 80 inwoners, terwijl de zuivering een maximale capaciteit van 1200 inwoners heeft.

TABEL 1 GEREALISEERDE KOSTEN NOORDERHOEK

| Totaal | Investering (EUR) | aandeel in totaal | Afschrijving (EUR/jaar) | Exploitatie (EUR/jaar) | Totaal (EUR/jaar) | aandeel in totaal |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Inzamelsysteem | | | | | | |
| Grijswaterriool | 79.553 | 4% | 1.223 | 35 | 1.258 | 1% |
| Vacuümstation bouwkundig + vacuümriolering | 268.902 | 14% | 4.959 | 3.719 | 8.678 | 6% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 82.600 | 4% | 5.078 | 2.666 | 7.743 | 5% |
| subtotaal inzamelsysteem | 431.054 | 22% | 11.259 | 6.420 | 17.679 | 12% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 261.146 | 13% | 8.027 | 0 | 8.027 | 5% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 261.146 | 13% | 8.027 | 0 | 8.027 | 5% |
| Zuivering | | | | | | |
| Gebouw | 283.791 | 15% | 5.234 | 3.925 | 9.159 | 6% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 692.365 | 35% | 21.281 | 9.576 | 30.857 | 20% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 288.696 | 15% | 17.747 | 9.317 | 27.064 | 18% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | 0 | 0% | 0 | 52.270 | 52.270 | 34% |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | 0 | 0% | 0 | 226 | 226 | 0% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | 0 | 0% | 0 | 9.665 | 9.665 | 6% |
| Subtotaal zuivering | 1.264.853 | 65% | 44.261 | 84.980 | 129.241 | 85% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | | |
| minder gasgebruik | 0 | 0% | 0 | -1.062 | -1.062 | -1% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | 0 | 0% | 0 | -981 | -981 | -1% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | 0 | 0% | 0 | -1.120 | -1.120 | -1% |
| Subtotaal besparingen | 0 | 0% | 0 | -3.164 | -3.164 | -2% |
| TOTAAL | 1.957.053 | | 63.547 | 88.236 | 151.783 | |

TABEL 2 SAMENVATTING GEREALISEERDE KOSTEN NOORDERHOEK

| Samenvatting | Totaal | Totaal per inwoner | aandeel | Eigenaar |
|---|------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|
| Onderdeel | | | | |
| Investerings | | | | |
| - Inzamelsysteem | 431.000 | 5388 EURO | 22% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 261.000 | 3263 EURO | 13% | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 1.265.000 | 15813 EURO | 65% | Woningstichting / realisator |
| Totaal investeringen | 1.957.000 | 24.463 EURO | 100% | |
| Afschrijvingen | | | | |
| - Inzamelsysteem | 11.259 | 141 EURO/jaar | 18% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 8.027 | 100 EURO/jaar | 13% | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 44.261 | 553 EURO/jaar | 70% | Woningstichting / realisator |
| Totaal afschrijvingen | 63.547 | 794 EURO/jaar | 100% | |
| Onderhoud / exploitatie / besparingen | | | | |
| - Inzamelsysteem | 6.420 | 80 EURO/jaar | 7% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 0 | 0 EURO/jaar | 0% | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 84.980 | 1062 EURO/jaar | 96% | Woningstichting / realisator |
| - Besparingen | -3.164 | -40 EURO/jaar | -4% | Bewoners / gemeente |
| Totaal onderhoud / exploitatie / besparingen | 88.236 | 1.103 EURO | 100% | |
| Totaal | | | | |
| - Inzamelsysteem | 17.679 | 220,99 EURO/jaar | 12% | |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 8.027 | 100,33 EURO/jaar | 5% | |
| - Zuivering | 129.241 | 1615,51 EURO/jaar | 85% | |
| - Besparingen | -3.164 | -39,54 EURO/jaar | -2% | |
| Totaal jaarlijkse kosten | 151.783 | 1.897 EURO | 100% | |

3.2 WAT KOST DESAH IN EEN WIJK MET 1200 INWONERS?

De DeSaH-installatie in Noorderhoek is ontworpen voor 1200 inwoners. Dat maakt een kostenrekening voor dit concept, waarbij het inzamelsysteem eveneens uitgebreid is tot 1200 inwoners, een zinvolle exercitie.

Uit de eerste financieel economische analyse, maar ook uit de andere deelonderzoeken, bleek dat er behoorlijk wat mogelijkheden zijn om de DeSaH-installatie verder te optimaliseren. Daarnaast zitten in de gerealiseerde kosten in Noorderhoek nog veel pilotkosten en ontwikkelkosten. In onderstaande opsomming is weergegeven welke wijzigingen ten opzichte van het huidige systeem in Noorderhoek zijn uitgevoerd:

- 1 Grijswaterriool kleiner gedimensioneerd. Het grijswaterriool in Noorderhoek is gedimensioneerd als een regulier DWA-riool. Vanwege het ontbreken van feces in het afstromende afvalwater, kan dit riool echter kleiner gedimensioneerd worden. In de kostenberekeningen is uitgegaan van een riool van 110 mm.
- 2 Ontwikkelkosten voedselvermalers en vacuümtoiletten (meerkosten woningen): in Noorderhoek zijn voedselvermalers en vacuümtoiletten toegepast die niet eerder in deze configuratie in Nederland zijn gebruikt. In de facturen van de installateur zijn de meerkosten die hierdoor gemaakt moesten worden, niet apart inzichtelijk gemaakt. De totale kosten van de installateur kunnen dus niet één op één geëxtrapoleerd worden naar een wijk met 1200 inwoners. Met behulp van de inkoopprijzen van verschillende onderdelen is door DeSah ingeschat, dat de meerkosten in de woningen in Noorderhoek voor circa 60% te maken hebben met dit eenmalige karakter. Bij het vaker toepassen van dit systeem hoeven deze kosten niet opnieuw gemaakt te worden.
- 3 Loonkosten: Op dit moment worden alle analyses handmatig uitgevoerd terwijl normaliter de meeste waterschappen dit via hun eigen geautomatiseerde lab uitvoeren. Dit gaat vele malen sneller en goedkoper. De normale procedure is dan dat er enkel de meest basale metingen worden gedaan en dat rest door het lab wordt uitgevoerd. Daarnaast is in de kosten voor Noorderhoek het doorberekende bedrag (commercieel tarief) voor een onderzoeker op HBO+ niveau meegenomen. Bij toepassing op grotere schaal, zullen beheer en onderhoud en de analyses uitgevoerd worden door een medewerker van het waterschap. Dit betreft een functie op MBO+ niveau en in de kostenberekening kan het FTE-tarief hiervan genomen worden. Uit de deelrapportage betreffende beheer en onderhoud blijkt dat voor het DeSaH-systeem de volgende beheer- en onderhoudskosten nodig zijn:
 - a. Personeelskosten: circa 0,25 FTE (4 uur monsternamen en 3 uur onderhoud en 2 uur data-verwerking per week) á EUR 60.000 (= EUR 15.000 /jaar)
 - b. Laboratoriumkosten: circa EUR 14.000 /jaar (2 x per maand verplichte a-selecte bemonstering en analyse op vijf parameters van de twee influentstromen en van het effluent = 360 analyses per jaar á EUR 31,50 = EUR 11.340 incl. BTW. Bovenop de verplichte analyses is uitgegaan van 25% extra analyses die weliswaar niet verplicht, maar operationeel wel benodigd zijn)
- 4 Het zuiveringsgebouw in Noorderhoek heeft een luxe uitstraling, vanwege de pilotfunctie die dit project heeft. Op basis van de kentallenkompas bouwkosten 2013 behoeft een sober zuivergebouw een totale investering (incl. bijkomende kosten en incl. BTW) van minimaal 250,- en maximaal 300,- euro per m³ BIH. Daarnaast kan het gebouw verkleind worden tot een omvang van 400 m³ BIH. (Bron: DeSah, per mail 24-07)
- 5 Voor de verwerking van het slib is uitgegaan van periodiek vervoer naar een verwerkingsinstallatie. Hiertoe is een slibopslag van circa 30 m³ nodig. Naast de extra benodigde ruimte in het zuiveringsgebouw vergt dit investeringen voor luiken, meng-enspoelvoorzieningen en voor ventilatie. De totale investeringskosten voor de slibopslag zijn geschat op 30 m³ x EUR 800 /m³ = EUR 24.000. Ter vergelijking: bouwkosten gebouw zijn EUR 250 á EUR 300 per m³ (kentallenkompas bouwkosten 2013) en bouwkosten voor een bergbezinkbassin variëren van EUR 800 tot EUR 1.750 per m³ (Leidraad riolerings)
- 6 In de kosten die gemaakt zijn voor het civieltechnische en mechanisch/elektrische deel van de zuivering, zitten veel ontwikkelkosten, er zijn componenten in het systeem ingebouwd ten behoeve van metingen en monitoring en er zijn verschillende onderdelen nog niet uitontwikkeld en geoptimaliseerd. Uit de rapportage betreffende de energie-analyse Noorderhoek volgt dat er enkele componenten toegevoegd dienen te worden om het systeem optimaal te laten functioneren. Onderstaand een grove raming:

- a Investering Noorderhoek: EUR 810.000 (alleen civieltechnisch + M&E)
- b Onderdelen ten behoeve van onderzoek: EUR -50.000
- c Lagere ontwerpkosten: EUR -50.000
- d Niet opnieuw schrijven besturingssoftware: EUR -75.000
- e Materiaalkeuzes: EUR -50.000
- f Modulair prefabriceren: EUR -75.000
- g Extra isolatie vergister: EUR +5.000
- h Extra isolatie OLAND: EUR +2.500
- i Extra WTW effluent OLAND: EUR +25.000

Deze grove raming levert een reductie van de investeringskosten ten opzichte van Noorderhoeks eerste FEA op van circa 35%.

- 7 Het vacuümstation in Noorderhoek is in een aparte kelder ingebouwd. Dit kan in het zuiveringsgebouw geïntegreerd worden.
- 8 Type vacuümpomp kan goedkoper. Prijs gebaseerd op offerte (BioCompact Environmental Technology B.V. aan DeSaH, mei 2008).

De kosten voor slibverwerking zijn toegelicht in hoofdstuk 2.

In de post overige kosten is het vastrecht opgenomen van de nutsaansluitingen en daarnaast de kosten voor elektriciteitsverbruik. De vaste kosten bedragen EUR 2.500 (excl. BTW) en het elektriciteitsverbruik 156,2 kWh/ie.jaar (deelrapportage energie-analyse) wordt afgerekend tegen EUR 0,10 /kWh (op basis van grootverbruik, zie uitgangspunten in hoofdstuk 2).

De zuivering wordt aangelegd voor 1200 inwoners. In de praktijk wordt een zuivering slechts zelden belast op 100% van de capaciteit. In de kostenberekeningen is een belasting van 90 % aangehouden (m.a.w. de kosten per inwoner zijn bepaald door de totale kosten te delen op 1080 inwoners).

In de tabellen 3 en 4 is het overzicht van de kosten weergegeven. In de laatste kolom is tevens weergegeven wie de (voornaamste) eigenaar van het de betreffende onderdeel is.

TABEL 3

KOSTEN GEOPTIMALISEERD DESAH-SYSTEEM VOOR 1200 INWONERS

| Totaal | | | | | | |
|--|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Investering | | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | aandeel |
| | (EUR) | | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | | | |
| Grijswaterriool | 296.452 | 13% | 4.941 | 477 | 5.418 | 4% |
| Vacuümriool | 222.687 | 10% | 3.711 | - | 3.711 | 3% |
| perceels aansluitingen t.a. erfgrans | 139.308 | 6% | 2.322 | - | 2.322 | 2% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 78.288 | 3% | 5.219 | 2.740 | 7.959 | 5% |
| subtotaal inzamelsysteem | 736.736 | 33% | 16.193 | 3.217 | 19.411 | 13% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 707.343 | 32% | 23.578 | - | 23.578 | 16% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 707.343 | 32% | 23.578 | - | 23.578 | 16% |
| Zuivering | | | | | | |
| Gebouw | 127.831 | 6% | 2.557 | 1.917 | 4.474 | 3% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 483.247 | 22% | 16.108 | 7.249 | 23.357 | 16% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 188.604 | 8% | 12.574 | 6.601 | 19.175 | 13% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | - | - | - | 29.150 | 29.150 | 20% |
| Kosten slibtransport en -verwerking | - | - | - | 7.394 | 7.394 | 5% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | - | - | - | 21.188 | 21.188 | 14% |
| Subtotaal zuivering | 799.681 | 36% | 31.238 | 73.499 | 104.737 | 71% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | | |
| minder gasgebruik | - | - | - | -41.318 | -41.318 | -28% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | - | - | - | -13.245 | -13.245 | -9% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | - | - | - | -15.120 | -15.120 | -10% |
| Subtotaal besparingen | - | - | - | -69.683 | -69.683 | -47% |
| TOTAAL | 2.243.760 | | 71.010 | 7.033 | 78.043 | |

TABEL 4 SAMENVATTING KOSTEN GEOPTIMALISEERD DESAH-SYSTEEM VOOR 1200 INWONERS

| Samenvatting | Totaal | Totaal per inwoner | aandeel | Eigenaar |
|---|------------------|---------------------------|----------------|------------------------------|
| Onderdeel | | | | |
| Investeringsen | | | | |
| - Inzamelsysteem | 737.000 | 682 EURO | 33% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 707.000 | 655 EURO | 32% | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 800.000 | 741 EURO | 36% | Woningstichting / realisator |
| Totaal investeringen | 2.244.000 | 2.078 EURO | 100% | |
| Afschrijvingen | | | | |
| - Inzamelsysteem | 16.193 | 14,99 EURO/jaar | 23% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 23.578 | 21,83 EURO/jaar | 33% | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 31.238 | 28,92 EURO/jaar | 44% | Woningstichting / realisator |
| Totaal afschrijvingen | 71.010 | 65,75 EURO/jaar | 100% | |
| Onderhoud / exploitatie / besparingen | | | | |
| - Inzamelsysteem | 3.217 | 2,98 EURO/jaar | 46% | Gemeente |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | - | - EURO/jaar | - | Woningstichting / realisator |
| - Zuivering | 73.499 | 68,05 EURO/jaar | 1045% | Woningstichting / realisator |
| - Besparingen | -69.683 | -64,52 EURO/jaar | -991% | Bewoners / gemeente |
| Totaal onderhoud / exploitatie / besparingen | 7.033 | 6,51 EURO | 100% | |
| - Inzamelsysteem | 19.411 | 17,97 EURO/jaar | 25% | |
| - Meerkosten sanitair en binnenhuisriolering | 23.578 | 21,83 EURO/jaar | 30% | |
| - Zuivering | 104.737 | 96,98 EURO/jaar | 134% | |
| - Besparingen | -69.683 | -64,52 EURO/jaar | -89% | |
| Totaal jaarlijkse kosten | 78.043 | 72,26 EURO/jaar | 100% | |

De totale investering bedraagt 2,24 miljoen euro. De investeringen in het inzamelsysteem, de meerkosten in woningen en het zuiveringssysteem zijn met 7 - 8 ton alle drie ongeveer een derde van het totaal.

Vanwege de verschillen in afschrijvingstermijnen is het aandeel van de kosten bij de zuiveringsinstallatie met 44% het hoogst. De exploitatiekosten zitten vrijwel volledig bij de DeSaH-installatie. Binnen deze exploitatiekosten zijn de loonkosten (+bemonstering en analyses) en het energieverbruik met respectievelijk EUR 29.000 en EUR 21.000 verreweg de grootste kostenposten.

Aan de opbrengstenkant blijkt DeSaH het goed te doen. Tegenover de totale jaarlijkse afschrijvings- en exploitatielasten van ruim EUR 148.000 staat een jaarlijkse opbrengst / besparing van bijna EUR 70.000 (berekeningsmethode van de besparingen staat toegelicht in hoofdstuk 2)

De totale exploitatielasten (afschrijving en onderhoud minus opbrengsten) voor het DeSaH-systeem in een woonwijk met 1200 inwoners, komen op EUR 78.043 per jaar. Dit is EUR 72 per inwoner/jaar.

3.3 ONZEKERHEIDSMARGE

Tussen de oplevering van de eerste FEA en deze rapportage zijn er door betrokken partijen discussies gevoerd over een aantal nieuwe randvoorwaarden, uitgangspunten en bijbehorende besparingen en kosten. In de FEA zijn deze opgenomen. Echter daar waar partijen verschillend tegen aankijken is de onzekerheidsmarge hiervan berekend. Hieronder een opsomming van deze en de invloed die ze nog kunnen hebben op de totale prijs zoals die in deze FEA is opgenomen.

- De meerkosten in woningen (vacuümtoiletten, GF-vermalers en vacuümriolering in de woningen) zijn gebaseerd op 40% van de gerealiseerde kosten in Noorderhoek. Deze 40% is ingeschat op basis van aanschafprijzen voor deze onderdelen in andere landen. Gezien het grote aandeel van ruim 30% in de investeringskosten, werkt een onzekerheidsmarge op dit onderdeel fors door in de totaalinvestering en dus ook in de afschrijvingskosten. (± EUR 5 /inw.jaar)
- De afschrijvingstermijn op de meerkosten in woningen is op 30 jaar gesteld. Voor een apparaat als de voedselvermaler is dit aan de lange kant. Daartegenover gaat de binnenhuisriolering net zolang mee als de woning zelf. Dit is vaak langer dan 30 jaar. (± EUR 5 / inw.jaar)
- Bij de loonkosten / analysekosten is nog discussie over de benodigde beheer- en onderhoudsinspanning en over de operationeel (bovenwettelijk) benodigde analyses. (± EUR 7 / inw.jaar)
- De elektriciteitskosten voor het exploiteren van het DeSaH-systeem zijn in de kostenberekeningen berekend op basis van grootverbruik (DeSaH in beheer bij een waterschap of gemeente). Als het DeSaH in beheer is bij een kleinverbruiker (bijv. een woningstichting), wordt de elektriciteit afgerekend tegen consumententarief (+ EUR 20 /inw.jaar)
- Over de besparingen op GF-inzameling is nog discussie gaande. (± EUR 6 /inw.jaar)

Omdat onbekend hoe groot de kans is dat elk van deze onzekerheden optreedt, is het statistisch gezien niet mogelijk om deze te sommeren. Nemen we aan dat de helft van de onzekerheden zullen optreden voor de helft van de prijs dan ligt de totale onzekerheid op ± EUR 12 /inw/jaar. Waarmee de totaalkosten binnen een range van EUR 60 - EUR 84 /inw./jaar liggen.

3.4 PRIJSVOLATILITEIT (DE INVLOED VAN SCHAALGROOTTE)

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een systeem voor 1200 inwoners. Het is statistisch mogelijk om een inschatting te maken van de kosten voor opschaling. Voor het gemak wordt onder opschalen zowel de vergroting als verkleining van de omvang van het systeem bedoeld. In deze rapportage is opgenomen dat opschalen door de techniek en door de financiën kan worden bepaald. Andere mogelijkheden (ruimtelijk, maatschappelijk) zijn niet opgenomen, vanwege de (bijna) onmogelijkheid van exacte berekening.

Voor DeSaH is er geen technische beperking aan opschaling. Het minimum van de DeSaH-zuivering is 1 woning en het maximum is oneindig veel woningen.

Om te bepalen wat het effect is op de financiën bij opschaling, zijn twee analyses uitgevoerd op de resultaten: een halvering en een verdubbeling van het aantal inwoners. Hierbij is door

ons gekeken welke consequenties dit op het systeem van 1200 inwoners heeft.

De door ons bepaalde uitgangspunten in de componenten van het systeem dienen nader te worden getest op haalbaarheid in de praktijk. Echter als expert-opinion en als analyse op het prijsvolatilititeit is het een goede methode om te bekijken welke financiële consequenties opschaling heeft. Het gaat dan om de verschillen tussen de systemen en niet om de exacte waarden. Hierbij is door ons aangenomen dat bij verdubbeling / halvering van het aantal woningen in de wijk:

- De kosten voor het zuiveringsgebouw, de civieltechnische, mechanische en elektrotechnische delen met 30% toe- / afnemen
- De kosten voor het vacuümstation met 30% toe- / afnemen
- De meerkosten van de woning naar rato veranderen⁴
- De kosten voor het inzamelsysteem in de openbare ruimte naar rato veranderen

Bij een installatie voor 600 inwoners wordt het bedrag met EUR 114 /inw.jaar 58 % duurder dan bij een installatie voor 1200 inwoners (EUR 72 /inw.jaar). Bij opschaling tot een installatie voor 2400 inwoners neemt de prijs daarentegen fors af met 49 % tot ongeveer EUR 36 /inw.jaar.

Zoals vermeld, betreffen deze volatilitieitsberekeningen geen exacte getallen, maar geven ze wel de orde grootte van verandering in de prijs weer. In ieder geval wijzen deze berekeningen uit dat het DeSaH-systeem in deze configuratie goedkoper wordt, als er wordt opgeschaald en duurder als er een kleiner installatie wordt aangelegd.

3.5 PRIJSVERGELIJKING MET AFVOER NAAR RWZI

Waar staat het DeSaH-systeem op financieel gebied in vergelijking met de afvoer en bewerking naar een traditionele zuivering (RWZI). Om deze vergelijking te kunnen maken, is een berekening uitgevoerd voor een vergelijkbare wijk van 1200 inwoners.

De vergelijking betreft nieuwe aanleg of grootschalige reconstructie van een woonwijk, waarbij de keuze gemaakt kan worden om een DeSaH-systeem aan te leggen, dan wel aan te sluiten op een bestaande RWZI.

TABEL 5 KOSTEN VOOR AFVOER NAAR RWZI

| Totaal | Investering | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | aandeel |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | (EUR) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | | |
| DWA-riolering | 856.985 | 14.283 | 530 | 14.813 | 19% |
| perceelsaansluitingen | 154.644 | 2.577 | 0 | 2.577 | 3% |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | 0 | 0 | 0 | | |
| - bouwkundig | 7.732 | 155 | 155 | 309 | 0% |
| - mechanisch / electrisch | 15.464 | 1.031 | 773 | 1.804 | 2% |
| - persleiding (2 km) | 154.644 | 2.577 | 0 | 2.577 | 3% |
| subtotaal inzamelsysteem | 1.189.469 | 20.623 | 1.458 | 22.081 | 28% |
| Zuivering | | | | | |
| Kosten RWZI* | - | - | - | 55.800 | 72% |
| TOTAAL | 1.189.469 | 20.623 | 1.458 | 77.881 | |

TABEL 6 SAMENVATTING KOSTEN VOOR AFVOER NAAR RWZI

4 Naar rato veranderen betekent dat bij verdubbeling van de kosten, de meerkosten ook verdubbelen. Bij de reductie met de helft, verminderden de kosten ook met de helft.

| Samenvatting | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| Onderdeel | Totaal | Totaal per inwoner | aandeel in totaal |
| Investering inzamelsysteem | 1.189.000 | 991 EURO | |
| Investering RWZI | - | - EURO | |
| Afschrijving inzamelsysteem | 20.623 | 17,19 EURO/jaar | 26% |
| Onderhoud inzamelsysteem | 1.458 | 1,21 EURO/jaar | 2% |
| Totale RWZI-kosten | 55.800 | 46,50 EURO/jaar | 72% |
| Totaal jaarlijkse kosten | 77.881 | 64,90 EURO/jaar | |

Uit vergelijking tussen de tabellen 5 en 6 met de tabellen 3 en 4 (zie pag. 15 en 16) op blijkt dat het DeSaH-systeem bij de onderzochte schaalgrootte van 1200 inwoners circa 11% duurder is dan afvoer naar de traditionele RWZI.

Houden we ook rekening met de prijsvolatiliteitsberekening (zie pag. 17) en de onzekerheidsmarge op de berekeningen (zie pag. 16), schatten wij in dat bij een schaalgrootte tussen de 1.000 en 1.500 inwoners, het DeSaH-systeem goedkoper is, dan afvoer naar de traditionele zuivering (RWZI)

4

CONCLUSIE

4.1 DOEL 1: KOSTEN DESAH NOORDERHOEK

De DeSaH-installatie in Noorderhoek vergde een investering van 1,96 miljoen euro. Hiervan was EUR 431.000 nodig voor het inzamelsysteem. De aanpassingen in de woningen kostten EUR 261.000 en voor de zuivering EUR 1.265.000. Jaarlijks kost het systeem EUR 91.000 voor onderhoud en exploitatie en EUR 64.000 aan afschrijvingen. Daar staan EUR 3.000 aan besparingen tegenover. De totale jaarlijkse kosten komen daarmee op EUR 152.000 (EUR 1.897 /inw.)

De opbrengsten van het systeem zitten in regenerereerbare en afzetbare energieopbrengsten. Deze zijn verdisconteerd in de bedragen. Deze opbrengsten zorgen direct voor een vermindering van de kosten voor energie voor de totale installatie.

4.2 DOEL 2: DESAH-SYSTEEM BIJ HERHAALDE REALISATIE

Indien het DeSaH-systeem op een andere locatie wordt herhaald, kunnen er besparingen gerealiseerd worden en kan het systeem geoptimaliseerd worden. De voornaamste besparing bestaat er uit dat op het systeem beter wordt benut. Op een systeem als in Noorderhoek gerealiseerd is, kunnen circa 1200 inwoners hun afvalwater lozen. In Noorderhoek zijn dat er tot op heden slechts circa 80.

Bij herhaalde realisatie voor een wijk van 1200 inwoners wordt de benodigde investering 2,24 miljoen euro. Aan afschrijving en onderhoud vergt dit systeem jaarlijks een bedrag van EUR 148.000. Daar staan circa EUR 70.000 aan opbrengsten en besparingen tegenover, waarmee het saldo van de jaarlijkse baten en lasten uitkomt op EUR 78.000 (EUR 72 /inw.jaar).

4.3 KANTEKENINGEN

De op DeSaH aangesloten bewoners wordt op dit moment, als gevolg van het feit dat zij niet zijn aangesloten op de RWZI, geen kwijtscheldingsmogelijkheid van de zuiveringsheffing van het Wetterskip geboden. Dit zijn extra lasten die bij het referentiesysteem niet optreden. Voor een juiste implementatie zullen deze extra lasten moeten worden opgeheven. Dit kan plaatsvinden op drie manieren:

- door de belastingopleggende instantie de verantwoordelijkheid te geven over DeSaH en de reguliere zuiveringsheffing te innen
- de zuiveringsverantwoordelijke van DeSaH belastingrecht te verstrekken en de DeSaH-specifieke zuiveringsheffing te innen
- de belastingopleggende instantie verleent de gebruikers van DeSaH vrijstelling/kwijtschelding van zuiveringsheffing en de zuiveringsverantwoordelijke int DeSaH-specifieke zuiveringsheffing

Alle drie hebben zo hun voor- en nadelen en aandachtspunten. Het valt buiten deze studie om hier verder op in te gaan.

Het aanbod van te zuiveren materialen bij DeSaH is wezenlijk anders dan bij een RWZI. De gebruikelijke riool-, afvalstoffen- en zuiveringsbelastingen worden opgelegd. Bij de DeSaH worden meer reststoffen dan gebruikelijk uit de woning gezuiverd. Fecaliën worden samen met GF gecomposteerd/gezuiverd. Er is geen of weinig massa aan Groente en Fruitafval (GF) dat separaat (met tonnen) moet worden opgehaald. Er is nog geen aanpassing van de hoogte van de afvalstoffenheffing gerealiseerd.

De DeSaH geeft een beter effluent en werkt effectiever. Dit voordeel kan echter niet zonder meer op opbrengsten worden gezet. De berekening hiervan valt echter buiten het bereik van de reikwijdte van deze FEA.

Afvalstoffenheffingen en rioolrecht zijn niet meegenomen in de berekening. Opgemerkt wordt dat dit echter wel mogelijke inkomsten zijn, op gemeentelijke schaal, waarmee een dergelijk project een (mede)gefinancierd kan worden. Er is geen berekening gemaakt wat de werkelijke reductie in kosten is voor de inzameling en verwerking van GF.

Regenwater wordt in zijn geheel buiten het zuiveringssysteem gehouden. Met het bepaalde referentiesysteem is dit geen verschil. Echter het merendeel van de rioleringsystemen in Nederland is nog van het gemengde stelsel. Hier heeft DeSaH een extra voordeel.

Er is bij de verschillenanalyse zo helder en duidelijk mogelijk gezocht naar overeenkomsten. Toch zijn wij van mening dat DeSaH een meer transparanter kostenoverzicht heeft dan dat van de RWZI. We kunnen niet uitsluiten dat bij de RWZI kosten niet zijn opgenomen die het verschil met DeSaH kunnen verkleinen. Maar stel dat dit in de orde grootte van 10-20% zou zijn. Dan nog is DeSaH substantieel duurder.

4.4 DOEL 3: VERGELIJKING MET TRADITIONELE RWZI

Uit vergelijking tussen kostenberekeningen voor het DeSaH-systeem en een referentiestelsel dat afvoert naar de RWZI, blijkt het DeSaH-systeem bij de onderzochte schaalgrootte van 1200 inwoners circa 11% duurder is afvoer naar de traditionele RWZI.

Op basis van de prijsvolatiliteitsberekening en rekening houdend met de onzekerheidsmarges schatten wij in dat bij een schaalgrootte van 1.000 – 1.500 inwoners het DeSaH-systeem goedkoper wordt, dan afvoer naar traditionele zuivering.

5

AANBEVELINGEN

De implementatie van DeSaH in een nieuwe situatie is lastig. Met de kennis die binnen het project Noorderhoek Waterschoon aanwezig is, raden wij aan om een implementatieplan op te stellen. Dit om de zorgen en aandachtspunten die er natuurlijk bestaan rondom het nieuwe DeSaH het hoofd te bieden.

Zorg bij het uitrollen van DeSaH voor een concept waarbij Early Adopters kunnen worden aangesproken. Gezien de kennis binnen dit project adviseren we om daarover een Plan van Aanpak op te stellen met daarin de 4P's van marketing (Product, Prijs, Promotie, Plaats). Hierbij zal moeten worden opgenomen welke voordelen DeSaH heeft voor de inwoner zelf.

We adviseren om een plan op te stellen met een transparante verdeling van de kosten en opbrengsten van DeSaH over de eigenaren en inwoners, waarbij tevens de verschillende inkomsten (compensatie in huur- en koopsom) en heffingen (zuiveringsheffing, rioolrecht en afvalstoffenheffing) worden verwerkt.

In de huidige analyse zijn geen grondkosten opgenomen. Voor een nieuwe situatie adviseren we vooraf afspraken te maken of het openbare gebouw van dergelijke omvang ook als nutsgebouw wordt gezien en behandeld.

Er is in de FEA feitelijk geen opbrengst uit de reststoffen. Deze is verdisconteerd in de kosten als minderkosten. Deze opbrengsten zijn niet inzichtelijk gemaakt binnen de projectbegroting. Hiervoor zal t.z.t de berekening van Saxion die gemaakt wordt voor de energiebalans (warmte/biogas) de input moeten zijn. Omdat de kwaliteit van de restproducten (slib en gezuiverd water) anders is dan bij een conventionele aanpak, is de vraag hoe dit berekend moet worden. Wij adviseren vanwege het feit dat dit naast een feitelijke financiële ook een maatschappelijke opbrengst is, hierover te rapporteren.

BIJLAGE 1

CONFIGURATIE DESAH

WELKE CONFIGURATIE VERGELIJKEN MET HET REFERENTIESYSTEEM?

ZWARTWATER

- **Inzameling:** Gescheiden zwartwater (incl. GF-afval) inzameling middels vacuümtoilet en voedselrestenvermaler, 1 toilet en 1 vermaler per appartement.
- **Transport:** Vacuümriolering, buffer in vacuüm(buffer)tank.
- **Verwerking:** Vergisting in UASB, stikstofverwijdering d.m.v. OLAND-proces gevolgd door struvietprecipitatie voor de terugwinning van fosfaat.

GRIJSWATER

- **Inzameling en transport:** Gescheiden grijswater inzameling en transport middels vrijverval riolering. Buffer in grijswatertank.
- **Verwerking:** middels het AB-systeem.

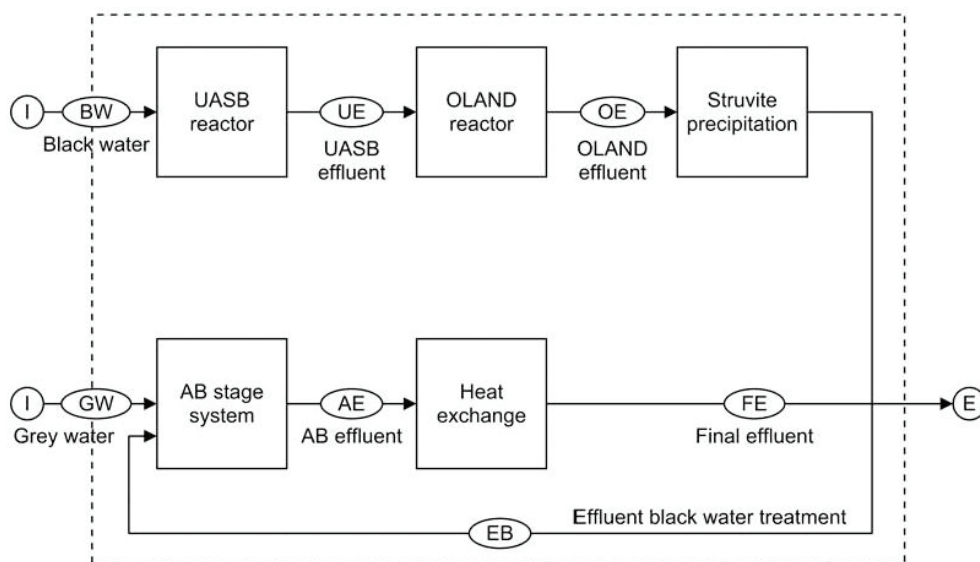
INTEGRATIE ZWART- EN GRIJS

- Zwartwatereffluent wordt toegevoegd aan het grijswaterinfluent. Dit gebeurt in de grijswaterbufferput!
- Uit het grijswatereffluent wordt warmte teruggewonnen voordat het geloosd wordt (momenteel nog niet op het oppervlaktewater, maar zal dat op termijn wel worden). Daartoe moet kwaliteit van deze stroom vergeleken worden met thans geldende de lozingseisen.

HEMELWATER

- Is afgekoppeld en wordt rechtstreeks geloosd op het oppervlaktewater. Valt buiten deze studie!!

Hieronder een flowschema van het zuiveringssysteem (de bufferputten staan niet in dit schema weergegeven).



Er was aangegeven dat het (modulaire) *verwerkingsysteem* te groot is gedimensioneerd voor de huidige afvalwaterstromen. Dit als gevolg van:

- 1 een aanzienlijke vertraging met betrekking tot de bouw van de 232 woningen (tot nu toe gerealiseerd: 32 appartementen + 32 zorgappartementen)
- 2 een lage bewonersbezetting (gemiddeld 1,2)
- 3 een ander waterverbruik dan verwacht op basis van gemiddeld Nederlands verbruik.

Daarom hebben we het bestaande verwerkingssysteem “geherdefinieerd”. Per stap in het verwerkingsproces hebben we berekend hoeveel personen er op aangesloten kunnen worden. Dat houdt in dat er voor de opschaling/ dan wel berekeningen uitgedrukt in “per inwoner” rekening gehouden moet worden met het nieuwe aantal mensen. Op het huidige systeem kunnen gemiddeld **1200 personen** worden aangesloten (mits deze dezelfde hoeveelheden afvalwater, met dezelfde karakteristieken en dus vuilvrachten produceren!)

Indien 1200 personen zijn aangesloten op het systeem heeft dit ook impact op de restproducten. Voor het systeem in de Noorderhoek Waterschoon wordt dit door DeSaH inzichtelijk gemaakt. Witteveen en Bos doet dit voor het conventionele (referentie) systeem. Hierbij gaat het om de inzameling, het transport en de verwerking!

PRODUCTIE VAN BIOGAS EN SLIB UASB

| Parameter | eenheid | Huidige situatie (79 personen) | Bij 1200 personen |
|----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|
| HRT | dagen | 34 | 2,00 |
| CZV _t verwijderd | % | 92 | 92 |
| CZV _t vracht influent | kg/d | 11 | 168 |
| Methaangehalte | % | 61,8 | 61,8 |
| Methaanproductie | liters CH ₄ /dag | 3013 | 42106* |
| Methaanproductie | liters CH ₄ / kg CZV aanvoer /dag | 272 | 259 |
| slibproductie | g CZV-VSS d ⁻¹ en % | 717 en 7,1 | 1417 en 14,2 |
| Slib te verwijderen | kg VSS/dag | 0 | 51,6 (overeenkomend met ca. 1300 l/d) |

* berekend op basis van De Graaff (2010), blz 50-51

WARMTERUGWINNING

- Huidige situatie: 44,5 kWh per dag, is 6,56 kWh per dag per kuub.
- 1200 personen: De transportlengte zal langer zijn, dus daar iets meer afkoeling. Door het grotere volume van de grijswaterstroom zal de afkoeling in de put minder zijn en de aanvoertemperatuur dus iets hoger. De opwarming in het systeem zal juist weer lager zijn. Aanname dat de terug te winnen warmte uiteindelijk ongeveer gelijk blijft. En daarmee dus ook het aantal kWh per dag per kuub.

ENERGIEVERBRUIK

Vacuümstation

Huidige situatie totaal: 7 kWh per dag,

Het verbruik per inwoner blijft gelijk in geval van 1200 personen.

UASB

Energie is nodig voor opwarming van het influent en voor het warm houden. In totaal geeft dat:

- Huidige situatie: 54 kWh per dag
- 1200 personen: 482 kWh per dag

OLAND

- Huidige situatie: 13 kWh per dag, continu draaiend bij 20Hz
- 1200 personen: 15 kWh per dag, continu draaiend bij 50 Hz

Struvietprecipitatie

- Huidige situatie: 4 kWh per dag, bij 1,5 draaiuur.
- 1200 personen: aantal draaiuren zal toenemen, maar het verbruik per draaiuur blijft gelijk

Grijswatersysteem

- Huidige situatie: A-trap 0,35 kWh per dag, B-trap 1 kWh per dag, totaal is 1,35 kWh per dag. Beluchttingsenergie is 51% van totale verbruik, dus 100% is 2,65 kWh per dag.
- Voor 1200 personen ca. 40 kWh per dag

CHEMICALIËNVERBRUIK*Natronloog*

- Huidige situatie: 100 gram per dag voor de opstart, gedurende een periode van ?? Voor het in bedrijf houden is er niets nodig.
- Voor het in bedrijf houden bij 1200 personen is geen natronloog nodig.

Magnesiumoxide

- In de huidige situatie zou er 32 mg MgO l⁻¹ nodig (op basis van molverhouding en gemeten concentraties). Bij een debiet van 1084 l d⁻¹ is dit 34688 mg per 79 personen. Per inwoner dus 439 mg MgO.
- In het geval van 1200 personen, uitgaande van gelijkblijvende vrachten, zal de benodigde hoeveelheid magnesiumoxide per inwoner niet veranderen.

HOEVEELHEID STRUVIET

- Huidige situatie: wordt niet gemeten, kunnen we (theoretisch) uitrekenen
- Bij 1200 personen: uitgaande van gelijkblijvende vrachten, zal de hoeveelheid geproduceerd struviet verhoudingsgewijs gelijk blijven. Dus zelfde aantal grammen per inwoner

BEHEER EN ONDERHOUD*Regulier onderhoud*

2 maal per week à 2 uur per keer geeft in totaal 4 uur per week

1 keer heen en weer is 7 km.

Onderzoek

Op locatie + doen van analyses

4 uren per keer per waterstroom (dus grijs en zwart samen = 8 uren).

Aantal keren wordt bepaald door de wettelijke taak die de frequentie bepaald.

Daarvoor moet ook een keer op en neer worden gerekend.

Dataverwerking (incl. digitale monitoring)

In de huidige situatie: 4 uur per week. Dit is afhankelijk van het aantal analyses dat gedaan wordt. Indien daar dus veranderingen in zijn, zal ook de benodigde tijd voor dataverwerking wijzigen.

BIJLAGE 2

GEREALISEERDE KOSTEN NOORDERHOEK

(zie ook Tabel 1: Gerealiseerde kosten Noorderhoek

Tabel 2: Samenvatting gerealiseerde kosten Noorderhoek)

| Onderdeel Investering | | |
|--|------------------|------------------|
| | Totaal | aandeel |
| | (EUR) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | |
| Grijswaterriool | 79.553 | 4% |
| Vacuümstation bouwkundig + vacuümriolering | 268.902 | 14% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 82.600 | 4% |
| subtotaal inzamelsysteem | 431.054 | 22% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | |
| Meerkosten in woningen | 261.146 | 13% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 261.146 | 13% |
| Zuivering | | |
| Gebouw | 283.791 | 15% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 692.365 | 35% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 288.696 | 15% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | |
| Kosten slibtransport en -verwerking | | |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | |
| Subtotaal zuivering | 1.264.853 | 65% |
| Opbrengsten / besparingen | | |
| minder gasgebruik | 0 | |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | 0 | |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | 0 | |
| Subtotaal besparingen | 0 | 0% |
| TOTAAL | 1.957.053 | |

| Onderdeel Afschrijving | | | |
|--|----------------|-------------------|------------------|
| | termijn | Totaal | aandeel |
| | (jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | |
| Grijswaterriool | 60 | 1.223 | 2% |
| Vacuümstation bouwkundig + vacuümriolering | 50 | 4.959 | 8% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 15 | 5.078 | 8% |
| subtotaal inzamelsysteem | | 11.259 | 18% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | |
| Meerkosten in woningen | 30 | 8.027 | 13% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | | 8.027 | 13% |
| Zuivering | | | |
| Gebouw | 50 | 5.234 | 8% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 30 | 21.281 | 33% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 15 | 17.747 | 28% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | | |
| Kosten slibtransport en -verwerking | | | |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | | |
| Subtotaal zuivering | | 44.261 | 70% |
| Opbrengsten / besparingen | | | |
| minder gasgebruik | | 0 | |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | | 0 | |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | | 0 | |
| Subtotaal besparingen | | 0 | 0% |
| TOTAAL | | 63.547 | |

| Onderdeel Onderhoud / exploitatie | | | |
|--|-----------------|-------------------|------------------|
| | interval | Totaal | aandeel |
| | (jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | |
| Grijswaterriool | 14 | 35 | 0% |
| Vacuümstation bouwkundig + vacuümriolering | 1,5%/jaar | 3.719 | 4% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 3,5%/jaar | 2.666 | 3% |
| subtotaal inzamelsysteem | | 6.420 | 7% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | |
| Meerkosten in woningen | - | 0 | 0% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | | 0 | 0% |
| Zuivering | | | |
| Gebouw | 1,5%/jaar | 3.925 | 4% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 1,5%/jaar | 9.576 | 11% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 3,5%/jaar | 9.317 | 11% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | 52.270 | 59% |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | | 226 | 0% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | 9.665 | 11% |
| Subtotaal zuivering | | 84.980 | 96% |
| Opbrengsten / besparingen | | | |
| minder gasgebruik | | -1.062 | -1% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | | -981 | -1% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | | -1.120 | -1% |
| Subtotaal besparingen | | -3.164 | -4% |
| TOTAAL | | 88.236 | |

| Totaal | Investing | aandeel | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | aandeel |
|--|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | (EUR) | in totaal | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | | | |
| Grijswaterriool | 79.553 | 4% | 1.223 | 35 | 1.258 | 1% |
| Vacuümstation bouwkundig + vacuümriolering | 268.902 | 14% | 4.959 | 3.719 | 8.678 | 6% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 82.600 | 4% | 5.078 | 2.666 | 7.743 | 5% |
| subtotaal inzamelsysteem | 431.054 | 22% | 11.259 | 6.420 | 17.679 | 12% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 261.146 | 13% | 8.027 | 0 | 8.027 | 5% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 261.146 | 13% | 8.027 | 0 | 8.027 | 5% |
| Zuivering | | | | | | |
| Gebouw | 283.791 | 15% | 5.234 | 3.925 | 9.159 | 6% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 692.365 | 35% | 21.281 | 9.576 | 30.857 | 20% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 288.696 | 15% | 17.747 | 9.317 | 27.064 | 18% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | 0 | 0% | 0 | 52.270 | 52.270 | 34% |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | 0 | 0% | 0 | 226 | 226 | 0% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | 0 | 0% | 0 | 9.665 | 9.665 | 6% |
| Subtotaal zuivering | 1.264.853 | 65% | 44.261 | 84.980 | 129.241 | 85% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | | |
| minder gasgebruik | 0 | 0% | 0 | -1.062 | -1.062 | -1% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | 0 | 0% | 0 | -981 | -981 | -1% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | 0 | 0% | 0 | -1.120 | -1.120 | -1% |
| Subtotaal besparingen | 0 | 0% | 0 | -3.164 | -3.164 | -2% |
| TOTAAL | 1.957.053 | | 63.547 | 88.236 | 151.783 | |

BIJLAGE 3

KOSTEN DESAH OPTIMAAL 1200 INWONERS

(zie ook Tabel 3: Kosten geoptimaliseerd DeSaH-systeem voor 1200 inwoners en

Tabel 4: Samenvatting kosten geoptimaliseerd DeSaH-systeem voor 1200 inwoners)

| Onderdeel | diameter (mm) | Lengte (m) | putafmetingen (mm x mm) | aantal (-) |
|--|--------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| Inzamelsysteem | | | | |
| Grijswaterriool | 110 | 4.320 | Ø315 | 108 |
| Vacuümriool | 90 | 4.320 | - | |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | | | | 470 |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | | | | |
| subtotaal inzamelsysteem | | | | |
| Onderdeel Investering | riolen (EUR/m1) | putten (EUR/stuk) | Totaal (EUR) | aandeel in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | |
| Grijswaterriool | 45 | 330 | 296.452 | 13% |
| Vacuümriool | 40 | | 222.687 | 10% |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | | 230 | 139.308 | 6% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | | | 78.288 | 3% |
| subtotaal inzamelsysteem | | | 736.736 | 33% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | |
| Meerkosten in woningen | | | 707.343 | 32% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | | | 707.343 | 32% |
| Zuivering | | | | |
| Gebouw | | | 127.831 | 6% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | | | 483.247 | 22% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | | | 188.604 | 8% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | | - | 0% |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | | | - | 0% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | | - | 0% |
| Subtotaal zuivering | | | 799.681 | 36% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | |
| minder gasgebruik | | | - | 0% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | | | - | 0% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | | | - | 0% |
| Subtotaal besparingen | | | 0 | 0% |
| TOTAAL | | | 2.243.760 | |

| Onderdeel Afschrijving | | | |
|--|----------------|-------------------|------------------|
| | termijn | Kosten | aandeel |
| | (jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | |
| Grijswaterriool | 60 | 4.941 | 7% |
| Vacuümriool | 60 | 3.711 | 5% |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | 60 | 2.322 | 3% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 15 | 5.219 | 7% |
| subtotaal inzamelsysteem | | 16.193 | 23% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | |
| Meerkosten in woningen | 30 | 23.578 | 33% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | | 23.578 | 33% |
| Zuivering | | | |
| Gebouw | 50 | 2.557 | 4% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 30 | 16.108 | 23% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 15 | 12.574 | 18% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | - | 0% |
| Kosten slibtransport en -verwerking | | - | 0% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | - | 0% |
| Subtotaal zuivering | | 31.238 | 44% |
| Opbrengsten / besparingen | | | |
| minder gasgebruik | | - | 0% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | | - | 0% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | | - | 0% |
| Subtotaal besparingen | | - | 0% |
| TOTAAL | | 71.010 | |

| Onderdeel Onderhoud / exploitatie | | | | |
|--|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| | reiniging (EUR/m) | interval (jaar) | kosten (EUR/jaar) | aandeel in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | |
| Grijswaterriool | 1,20 | 14 | 477 | 7% |
| Vacuümriool | | | - | 0% |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | | | - | 0% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | | 3,5% | 2.740 | 39% |
| subtotaal inzamelsysteem | | | 3.217 | 46% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | |
| Meerkosten in woningen | | | - | 0% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | | | - | 0% |
| Zuivering | | | | |
| Gebouw | | 1,5% | 1.917 | 27% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | | 1,5% | 7.249 | 103% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | | 3,5% | 6.601 | 94% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | | | 29.150 | 414% |
| Kosten slibtransport en -verwerking | | | 7.394 | 105% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | | | 21.188 | 301% |
| Subtotaal zuivering | | | 73.499 | 1045% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | |
| minder gasgebruik | | | -41.318 | -587% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | | | -13.245 | -188% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | | | -15.120 | -215% |
| Subtotaal besparingen | | | -69.683 | |
| TOTAAL | | | 7.033 | |

| Totaal | | | | | | |
|--|----------------------|------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| | Investering (EUR) | | Afschrijving (EUR/jaar) | Exploitatie (EUR/jaar) | Totaal (EUR/jaar) | aandeel in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | | | |
| Grijswaterriool | 296.452 | 13% | 4.941 | 477 | 5.418 | 4% |
| Vacuümriool | 222.687 | 10% | 3.711 | - | 3.711 | 3% |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | 139.308 | 6% | 2.322 | - | 2.322 | 2% |
| Vacuümstation mechanisch / electrisch | 78.288 | 3% | 5.219 | 2.740 | 7.959 | 5% |
| subtotaal inzamelsysteem | 736.736 | 33% | 16.193 | 3.217 | 19.411 | 13% |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 707.343 | 32% | 23.578 | - | 23.578 | 16% |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 707.343 | 32% | 23.578 | - | 23.578 | 16% |
| Zuivering | | | | | | |
| Gebouw | 127.831 | 6% | 2.557 | 1.917 | 4.474 | 3% |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 483.247 | 22% | 16.108 | 7.249 | 23.357 | 16% |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 188.604 | 8% | 12.574 | 6.601 | 19.175 | 13% |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | - | - | - | 29.150 | 29.150 | 20% |
| Kosten slibtransport en -verwerking | - | - | - | 7.394 | 7.394 | 5% |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | - | - | - | 21.188 | 21.188 | 14% |
| Subtotaal zuivering | 799.681 | 36% | 31.238 | 73.499 | 104.737 | 71% |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | | |
| minder gasgebruik | - | - | - | -41.318 | -41.318 | -28% |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | - | - | - | -13.245 | -13.245 | -9% |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | - | - | - | -15.120 | -15.120 | -10% |
| Subtotaal besparingen | - | - | - | -69.683 | -69.683 | -47% |
| TOTAAL | 2.243.760 | | 71.010 | 7.033 | 78.043 | |

BIJLAGE 4

PRIJSVOLATILITEIT

| Volatiliteitsberekening 2400 inw. | | | | | |
|--|------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | Investering | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | Totaal/inw. |
| | (EUR) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) |
| Inzamelsysteem | | | | | |
| Grijswaterriool | 592.905 | 9.882 | 954 | 10.836 | 5,02 |
| VacuüMRIOL | 445.374 | 7.423 | - | 7.423 | 3,44 |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | 278.617 | 4.644 | - | 4.644 | 2,15 |
| VacuüMstation mechanisch / electrisch | 101.775 | 6.785 | 3.562 | 10.347 | 4,79 |
| subtotaal inzamelsysteem | 1.418.671 | 28.733 | 4.516 | 33.250 | 15,39 |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 1.414.685 | 47.156 | - | 47.156 | 21,83 |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 1.414.685 | 47.156 | - | 47.156 | 21,83 |
| Zuivering | | | | | |
| Gebouw | 166.180 | 3.324 | 2.493 | 5.816 | 2,69 |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 628.221 | 20.941 | 9.423 | 30.364 | 14,06 |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 245.185 | 16.346 | 8.581 | 24.927 | 11,54 |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | - | - | 37.895 | 37.895 | 17,54 |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | - | - | 9.612 | 9.612 | 4,45 |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | - | - | 27.544 | 27.544 | 12,75 |
| Subtotaal zuivering | 1.039.586 | 40.610 | 95.548 | 136.158 | 63,04 |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | |
| minder gasgebruik | - | - | -82.635 | -82.635 | -38,26 |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | - | - | -26.490 | -26.490 | -12,26 |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | - | - | -30.240 | -30.240 | -14,00 |
| Subtotaal besparingen | - | - | -139.365 | -139.365 | -64,52 |
| TOTAAL | 3.872.942 | 116.499 | -39.301 | 77.199 | 35,74 |

| Volatiliteitsberekening 600 inw. | | | | | |
|--|------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | Investering | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | Totaal/inw. |
| | (EUR) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) |
| Inzamelsysteem | | | | | |
| Grijswaterriool | 148.226 | 2.470 | 239 | 2.709 | 5,02 |
| VacuüMRIOL | 111.344 | 1.856 | - | 1.856 | 3,44 |
| perceelsaansluitingen t.a. erfgrans | 69.654 | 1.161 | - | 1.161 | 2,15 |
| VacuüMstation mechanisch / electrisch | 54.802 | 3.653 | 1.918 | 5.572 | 10,32 |
| subtotaal inzamelsysteem | 384.026 | 9.141 | 2.157 | 11.297 | 20,92 |
| Sanitair en binnenhuisriolering | | | | | |
| Meerkosten in woningen | 353.671 | 11.789 | - | 11.789 | 21,83 |
| subtotaal sanitair en binnenhuisriolering | 353.671 | 11.789 | - | 11.789 | 21,83 |
| Zuivering | | | | | |
| Gebouw | 89.481 | 1.790 | 1.342 | 3.132 | 5,80 |
| Civieltechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 338.273 | 11.276 | 5.074 | 16.350 | 30,28 |
| Mechanisch/electrotechnisch gedeelte zuiveringsinstallatie | 132.023 | 8.802 | 4.621 | 13.422 | 24,86 |
| Loonkosten (beheer, analyse, dataverwerking) | - | - | 20.405 | 20.405 | 37,79 |
| Kosten slijbtransport en -verwerking | - | - | 5.176 | 5.176 | 9,58 |
| Overige kosten (gebouwkosten, electra, telefoon, gas, water) | - | - | 14.831 | 14.831 | 27,47 |
| Subtotaal zuivering | 559.777 | 21.867 | 51.449 | 73.316 | 135,77 |
| Opbrengsten / besparingen | | | | | |
| minder gasgebruik | - | - | -20.659 | -20.659 | -38,26 |
| minder waterverbruik (toiletspoelingen) | - | - | -6.623 | -6.623 | -12,26 |
| Geen GF-inzameling en -verwerking | - | - | -7.560 | -7.560 | -14,00 |
| Subtotaal besparingen | - | - | -34.841 | -34.841 | -64,52 |
| TOTAAL | 1.297.474 | 42.796 | 18.764 | 61.561 | 114,00 |

BIJLAGE 5

KOSTEN 1200 INWONERS OP RWZI

(zie ook Tabel 5: Kosten voor afvoer naar RWZI en
Tabel 6: Samenvatting kosten voor afvoer naar RWZI)

| Onderdeel | diameter (mm) | Lengte (m) | putafmetingen (mm x mm) | aantal (-) |
|--|------------------|---------------|----------------------------|---------------|
| Inzamelsysteem | | | | |
| DWA-riolering | 250 | 4.800 | Ø600 | 120 |
| perceelsaansluitingen | | | | 521 |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | | | | |
| - bouwkundig | | | | |
| - mechanisch / electrisch | | | | |
| - persleiding (2 km) | | 2.000 | | |
| subtotaal inzamelsysteem | | | | |
| Zuivering | | | | |
| Kosten RWZI* | | | | |
| TOTAAL | | | | |

*) Voor de RWZI-kosten zijn geen investeringen, afschrijvingen en onderhoudskosten uitgesplitst. Op basis van de Stowa-rapportage 2005_26 Slibketenstudie, Onderzoek naar de energie- en kostenaspecten in de water- en slibketen, en prijsindexatie zijn de totale kosten op EUR 46,50 per ve (prijspeil 2011) gesteld (bedrag inclusief BTW)

| Onderdeel investering | riolen (EUR/m1) | putten (EUR/stuk) | Totaal (EUR) | aandeel in totaal |
|--|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Inzamelsysteem | | | | |
| DWA-riolering | 100 | 1.540 | 856.985 | 72% |
| perceelsaansluitingen | | 230 | 154.644 | 13% |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | | | | |
| - bouwkundig | | 6.000 | 7.732 | 1% |
| - mechanisch / electrisch | | 12.000 | 15.464 | 1% |
| - persleiding (2 km) | 60 | | 154.644 | 13% |
| subtotaal inzamelsysteem | | | 1.189.469 | 100% |
| Zuivering | | | | |
| Kosten RWZI* | | | | |
| TOTAAL | | | | |

| Onderdeel afschrijving | termijn (jaar) | Totaal (EUR/jaar) | aandeel in totaal |
|--|-------------------|----------------------|----------------------|
| Inzamelsysteem | | | |
| DWA-riolering | 60 | 14.283 | 69% |
| perceelsaansluitingen | 60 | 2.577 | 12% |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | | | |
| - bouwkundig | 50 | 155 | |
| - mechanisch / electrisch | 15 | 1.031 | |
| - persleiding (2 km) | 60 | 2.577 | 12% |
| subtotaal inzamelsysteem | | 20.623 | 100% |
| Zuivering | | | |
| Kosten RWZI* | | | |
| TOTAAL | | | |

| Onderdeel Onderhoud / exploitatie | | | | |
|--|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| | reiniging | interval | Totaal | aandeel |
| | (EUR/m) | (jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | |
| DWA-riolering | 1,20 | 14 | 530 | 36% |
| perceelsaansluitingen | - | 0 | 0 | 0% |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | | | | |
| - bouwkundig | | 2%/jaar | 155 | 11% |
| - mechanisch / electrisch | | 5%/jaar | 773 | 53% |
| - persleiding (2 km) | - | 0 | 0 | 0% |
| subtotaal inzamelsysteem | | | 1.458 | 100% |
| Zuivering | | | | |
| Kosten RWZI* | | | | |
| TOTAAL | | | | |

| Totaal | | | | | |
|--|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Investing | Afschrijving | Exploitatie | Totaal | aandeel |
| | (EUR) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | (EUR/jaar) | in totaal |
| Inzamelsysteem | | | | | |
| DWA-riolering | 856.985 | 14.283 | 530 | 14.813 | 19% |
| perceelsaansluitingen | 154.644 | 2.577 | 0 | 2.577 | 3% |
| gemaal, nat met capaciteit 9 m ³ /h | 0 | 0 | 0 | | |
| - bouwkundig | 7.732 | 155 | 155 | 309 | 0% |
| - mechanisch / electrisch | 15.464 | 1.031 | 773 | 1.804 | 2% |
| - persleiding (2 km) | 154.644 | 2.577 | 0 | 2.577 | 3% |
| subtotaal inzamelsysteem | 1.189.469 | 20.623 | 1.458 | 22.081 | 28% |
| Zuivering | | | | | |
| Kosten RWZI* | - | - | - | 55.800 | 72% |
| TOTAAL | 1.189.469 | 20.623 | 1.458 | 77.881 | |

