

# DEUGD



DUURZAME ENERGIE UIT GECONCENTREERDE STROMEN DEVENTER

RAPPORT



DEUGD

DUURZAME ENERGIE UIT GECONCENTREERDE STROMEN DEVENTER

RAPPORT

2011

27

ISBN 978.90.5773.538.7



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

PROJECTLEIDER  
ing. J.J. (Johan) Blom

AUTEUR(S)  
ir. P. (Paul) Telkamp  
ir. A.G. (Tony) Flaming (Tauf)  
prof.dr. J.F.D.B. (Johan) Wempe  
ir. J.B. (Jan) de Wit (Saxion)

DRUK Krugt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-27

ISBN 978.90.5773.538.7

**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

Energiebesparing en opwekken van groene-energie staat hoog op de agenda van overheden bedrijfsleven en particulieren.

De vergisting van zwart water (w.c.water) eventueel in combinatie met GF-afval is dan ook een optie die steeds vaker in overweging wordt genomen. Probleem hierbij is dat vrijwel overal in Nederland infrastructuur aanwezig is voor de inzameling en verwerking van afvalwater. Het benutten van deze aanwezige infrastructuur is vrijwel altijd de goedkoopste optie. Om uit deze vicieuze cirkel te kunnen ontsnappen is in deze studie nagegaan wat de mogelijkheden zijn om de bestaande infrastructuur van de RWZI ( de vergister) op een innovatieve manier in te zetten door daar direct zwart water naar toe te leiden.

Dit onderzoek beperkt zich niet tot het maximaliseren van de positieve effecten op de rwzi, maar ook voor de omgeving van de rwzi (woningbouw en utiliteitsbouw).

Dit rapport bevat interessante aanknopingspunten voor de energiezuinige inrichting van de woonomgeving en de afvalwaterketen.

Amersfoort, september 2011

De directeur van de STOWA  
Ir. J.M.J. Leenen

# SAMENVATTING

Samen met het waterschap Groot Salland en Saxion heeft Tauw onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de hoeveelheid energie die op de zuivering van Deventer gewonnen kan worden uit geconcentreerd afvalwater en organisch keukenafval (groente en fruitafval ofwel GF) te vergroten. Het onderzoek wordt ondersteund met bijdragen van de provincie Overijssel, de STOWA en de gemeente Deventer. De door Groot Salland geproduceerde energie zou lokaal benut kunnen worden, bijvoorbeeld om te verwarmen of om elektriciteit te produceren. Er is onder andere gekeken naar de nieuwe wijk Steenbrugge. De gemeente wil dat deze wijk duurzaam wordt gebouwd en gebruikt. Het idee is verder relevant voor enkele andere nieuwbouwwijken in de buurt van de rioolwaterzuivering (rwzi) in het noorden van Deventer. Op rwzi Deventer wordt afvalwater gezuiverd en wordt het zuiveringsslib dat hierbij vrijkomt vergist. Het biogas dat bij de vergisting ontstaat wordt benut in een warmte kracht-installatie (WKK-installatie) die zowel elektriciteit als warmte produceert. Deze elektriciteit en een klein deel van de warmte worden nu gebruikt voor de eigen zuivering. Een grotere productie van biogas kan betekenen dat de zuivering van Deventer energie gaat produceren in plaats van consumeren. De extra vrijkomende elektriciteit kan op het net worden ingevoerd. De hoeveelheid warmte die beschikbaar komt zou dan in Steenbrugge en mogelijk in andere noord-Deventerse wijken benut worden.

Het onderzoek gaat uit van nieuwe sanitatie. Hierbij wordt het toiletwater (zwartwater) bij de huishoudens gescheiden ingezameld van het minder geconcentreerde afvalwater, zoals het keukenwater, het bad- en douchewater en het wasmachinewater (grijswater). Het zwartwater bevat met name de organische stoffen die geschikt zijn voor vergisting. Door de zwartwater-stroom apart te houden en direct naar de vergistinginstallatie te leiden kan de energieopbrengst van de vergistingsinstallatie van Groot Salland verhoogd worden. Een tweede stap is het keukenafval (groente en fruitafval) aan het zwartwater toe te voegen en zo de energieproductie verder te verhogen. Het DEUGD-concept houdt in dat nieuwe sanitatie wordt toegepast waarbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de bestaande infrastructuur (riool, rwzi en slibgisting). Het is daarmee een transitieconcept.

In het kader van het onderzoek zijn proeven uitgevoerd met verschillende mengsels slib. Ook is het gehele proces geanalyseerd. Daarbij is gekeken naar de effecten van het DEUGD-concept op:

- Het watergebruik
- De energiebalans (dat wil zeggen het energieverbruik en de energieopbrengsten in de gehele keten: de productie en het transport van het leidingwater, de verwerking van het afvalwater en het energieverbruik en de energieopbrengst bij de rwzi)
- De financiën, zowel de extra kosten voor de aanpassingen van de woningen en de extra leidingen en de kosten en opbrengsten van de aanpassingen op de rwzi

Het waterverbruik in de woning neemt af en de energiebalans verbetert. De productie van biogas zal toenemen door het gebruik van nieuwe sanitatie en het direct leiden van het geconcentreerde zwarte water naar de vergistingsinstallatie. Ten gevolge van het afvoeren van keukenafval (GF-afval) via het afvalwater kan de productie van biogas bij Groot Salland verder worden vergroot.

Er is echter sprake van een groter voordeel. Nieuwe sanitatie maakt een andere manier van zuiveren mogelijk. Het afvalwater is geconcentreerder, waardoor het samen met het zuiveringsslib of apart kan worden vergist. Hierdoor kan de hoeveelheid energie die het waterschap zelf nodig heeft om te zuiveren beduidend worden teruggebracht en wordt meer biogas geproduceerd. Doordat het afvalwater geconcentreerd is wordt het ook makkelijker om fosfaat te winnen, stikstof te verwijderen en eventueel medicijnen en hormonen uit het afvalwater te verwijderen. Het onderzoek schetst een stapsgewijze uitrol van het DEUGD-concept:

- 1 Gestart wordt met nieuwe sanitatie in Steenbrugge. Het geconcentreerde zwartwater wordt samen met het GF-afval in de bestaande slibgisting gebracht. Dit leidt tot een iets lager energiegebruik op de rwzi en een iets grotere biogasproductie
- 2 Zodra ook nieuwbouw en renovatiewoningen uit andere wijken van noord Deventer overgaan op nieuwe sanitatie wordt het aantrekkelijk op de rwzi over te stappen op een aparte anaerobe zuivering voor het zwartwater en het GF-afval. Het energiegebruik op de rwzi Deventer daalt hierdoor verder en de biogasproductie neemt verder toe

Het onderzoek maakt duidelijk dat het DEUGD-concept technisch haalbaar is. Alle technologie is beschikbaar of is eenvoudig beschikbaar te maken. Het ontbreekt nog wel aan ervaring.

In de huidige situatie wegen de opbrengsten van nieuwe sanitatie niet op tegen de kosten. De directe opbrengsten zijn beperkt, terwijl er sprake is van aanzienlijke investeringen in de woningen en voor het riool. De ramingen zijn behoudend. Er lijken dan ook goede mogelijkheden om de financiële haalbaarheid te verbeteren, maar deze moeten nog wel nader worden uitgewerkt.

Er zijn 3 verbeterrichtingen vastgesteld voor de financiële haalbaarheid:

- 1 In het onderzoek is uitgegaan van een gelijkblijvend grijswater riool. Het vacuümriool geeft daardoor alleen extra kosten. De financiële haalbaarheid kan verbeteren, indien onderzocht wordt hoe het totale rioolsysteem (zwart, grijs en hemelwater) in de wijk geoptimaliseerd kan worden. Verder zijn er op locaties met veel zettingen
- 2 De besparingen door een andere wijze van GF-inzameling is in eerste instantie zeer behouden geraamd. Er lijken hier grotere besparingen mogelijk, maar dit vereist een andere inzamelmethode voor GFT
- 3 Energiernormering nieuwbouw. De energiewinst van gescheiden sanitatie wordt onder de huidige EPC-berekening voor woningbouw niet toegerekend aan de woning. Indien de energiewinst van gescheiden sanitatie wel wordt toegerekend aan de woning, ontstaat er op woningniveau een grotere bereidheid om in gescheiden sanitatie te investeren. Het systeem moet dan kunnen concurreren met andere energiemaatregelen voor woningbouw, waarmee de woning aan de EPC-normen kan voldoen.

De belangrijkste conclusie uit het DEUGD-project is dat het bij nieuwbouw technisch mogelijk is om zwartwater, grijswater en GF in te zamelen en te behandelen op rwzi Deventer. De energiebalans over de waterketen wordt beter en de hoeveelheid duurzame energie (biogas) die wordt geproduceerd wordt groter. Het is nu financieel niet haalbaar, maar er zijn mogelijkheden om de financiële haalbaarheid te verbeteren.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# DEUGD

## INHOUD

	TENGELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN</b>	<b>3</b>
	2.1 Nieuwbouwplannen	3
	2.2 Rwzi Deventer	4
	2.3 Warmtevraag huishoudens	5
<b>3</b>	<b>NIEUWE SANITATIE</b>	<b>7</b>
	3.1 Nieuwe sanitatie	7
	3.2 Inzameling van zwartwater	8
	3.3 Afvalwater	9
	3.4 Groente en fruitafval	10
	3.5 Organische stof en vergisting	11



<b>4</b>	<b>ZUIVERING</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	Anaeroob/aeroob	13
<b>4.2</b>	Stikstofverwijdering conventioneel of met Anammox	14
<b>4.3</b>	Fosfaatverwijdering conventioneel of met een struvietreactor	14
<b>4.4</b>	Conventionele RWZI	15
<b>4.5</b>	RWZI met nieuwe sanitatie	15
<b>4.6</b>	De Transitie rwzi	16
<b>5</b>	<b>HET DEUGD-EFFECT</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	Scenario's	17
<b>5.2</b>	Waterverbruik	17
<b>5.3</b>	Emissies	18
<b>5.4</b>	Energiebalans	18
	5.4.1 Productie en distributie van leidingwater	18
	5.4.2 Transport van afvalwaterinzameling	19
	5.4.3 RWZI	20
<b>5.5</b>	Financieel	23
	5.5.1 Inzamel- en transportsysteem	23
	5.5.2 Rwzi	24
	5.5.3 Kosten en opbrengsten	24
	5.5.4 Toelichting bij de kostenraming	25
	5.5.5 Investerings in DEUGD en kosten EPC verlaging woningen	25
<b>6</b>	<b>BESPREKING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	Technische en financiële haalbaarheid	27
<b>6.2</b>	Voordelen	29
<b>6.3</b>	Nadelen en risico's	30
<b>6.4</b>	Maatschappelijke doelstellingen	30
<b>6.5</b>	Hoofdconclusie	30
<b>6.6</b>	Aanbevelingen	31
	<b>BIJLAGE</b>	
	BIJLAGENRAPPORT R001-4641073PTK-KZO-V01-NL	33

# 1

## INLEIDING

De gemeente Deventer is op weg naar meer duurzaamheid. Het streven is een klimaatneutraal Deventer in 2030. De speerpunten van de gemeente zijn klimaat, ecologie en afval. Energiebesparing en de inzet van duurzame energie, zijn de belangrijkste manieren om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

*Wethouder Gerrit Berkelder: 'Door bewust om te gaan met energie kunnen we grote stappen maken voor onszelf, maar ook voor de generaties na ons. Dat sluit goed aan bij onze toekomstwensen in het project 2030. We willen de kringlooeconomie stimuleren door duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen. De hoeveelheid afval wordt teruggedrongen of doet als grondstof dienst. Zo kunnen we de aantasting van ons leefmilieu en dat van onze kinderen zoveel mogelijk beperken'.*

Er moet veel gebeuren om de duurzaamheidsambities te verwezenlijken. De gemeente Deventer is bezig met de voorbereiding van een aantal woningbouwprojecten in het noorden van de stad. Een van de grotere nieuwbouwprojecten; Steenbrugge, zou de eerste klimaatneutrale wijk in Overijssel moeten worden. In de woningbouw staan ook veranderingen op stapel, sinds 1 januari 2011 is de energieprestatienorm voor nieuwbouw woningen verlaagd en een verdere verlaging in de toekomst is gepland.

Ook het waterschap Groot Salland heeft de lat hoog gelegd. Met de deelname aan de MJA 3 (meerjarenafspraak) voor het zuiveringsbeheer heeft het waterschap voorgenomen om het energiegebruik op de rwzi's (rioolwaterzuiveringsinstallaties) in 15 jaar met 30 % terug te brengen. Ook het Klimaatakkoord is een duidelijk bestuurlijke ambitie om energie hoger op de agenda te krijgen. Vanuit deze bestuurlijke en maatschappelijke stimulans zijn al diverse stappen gezet. Het waterschap Groot Salland en energiebedrijf Essent hebben een samenwerkingsovereenkomst gesloten voor levering van duurzame energie vanuit de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) Deventer aan Park Zandweerd, een nabijgelegen nieuwbouwproject.

Het project DEUGD (Duurzame Energie Uit Geconcentreerde stromen Deventer) sluit nauw aan bij deze ambities. In het project wordt vastgesteld of het mogelijk is om de energie die op de rwzi Deventer wordt geproduceerd in de vorm van biogas te vergroten met geconcentreerd toiletwater (zwartwater) en organisch keukenafval (GF) uit nieuwe woningen in het noorden van Deventer. Het biogas zou gebruikt kunnen worden als duurzame energiebron voor dezelfde woningen. Een nevendoel is de ontwikkeling van nieuwe sanitatie en de vergroting van de energieopbrengst bij de zuivering van huishoudelijk afvalwater. Anders geformuleerd: is het mogelijk om de energie-inhoud van het afvalwater en het organisch keukenafval die in Deventer vrij zal gaan komen, te gebruiken in het noorden van de stad voor de verwarming van woningbouwprojecten?

Dit onderzoek beperkt zich dus niet tot het maximaliseren van de positieve effecten op de rwzi, maar ook voor de omgeving van de rwzi (woningbouw en utiliteitsbouw). Dit omvat ook het nuttig gebruik van biogas en restwarmte. Uitgangspunt is in eerste instantie het

gebruiken van de bestaande infrastructuur op de rwzi (bestaande slibgisting en Warmte-Kracht Koppeling (WKK)) en in tweede instantie (middellange termijn) een uitbreiding van deze infrastructuur of het leveren van biogas. In deze rapportage wordt verslag gedaan van de uitkomsten van dit haalbaarheidsonderzoek.

*Dit project is uitgevoerd door drie samenwerkende partijen: Waterschap Groot Salland, Saxion en Tauw. Het project wordt ondersteund door de Provincie Overijssel vanuit het programma Duurzame energie Overijssel 2008-2011, STOWA en gemeente Deventer.*

# 2

## UITGANGSPUNTEN

Binnen de gemeente Deventer bestaan plannen voor het bouwen van ruim 9.000 woningen in de periode tot 2018. Het gaat hier om een inschatting van november 2008 en het betreft hier zowel harde plannen als nog onzekere plannen. Het programma voor het wonen gaat uit van netto 4.500 extra woningen (6.000 nieuwe woningen en 1.500 vervanging door sloop). Deze nieuwbouwplannen bieden kansen voor toepassing van nieuwe technieken voor een efficiëntere en duurzamere manier van inzameling en verwerking van huishoudelijk afvalwater.

### 2.1 NIEUWBOUWPLANNEN

Er zijn in totaal vier nieuwbouw c.q. renovatieplannen in noord Deventer geïnventariseerd. Het gaat om de volgende wijken:

- Landsherenkwartier
- Centrumplan Borgele
- Steenbrugge
- Park Zandweerd

In bijlage 3 is meer informatie opgenomen over de betreffende plannen en de locatie ten opzichte van de rwzi Deventer.

*Landsherenkwartier*, *Centrumplan Borgele* en *Park Zandweerd* worden binnen het DEUGD-project niet verder onderzocht. De vernieuwing van Landsherenkwartier is namelijk al gestart waardoor implementatie van een ander type toilet (en riolering) niet meer kan worden doorgevoerd. Centrumplan Borgele is buiten beschouwing gelaten vanwege de beperkte hoeveelheid woningen (100 tot 150 woningen). Van Park Zandweerd is niet duidelijk op welke termijn deze nieuwbouwwijk gerealiseerd gaat worden. Om deze reden en mede vanwege de relatief kleine schaal is Park Zandweerd niet verder beschouwd binnen het DEUGD-project.

*Steenbrugge* (omvangrijkste nieuwbouwplan) is in het DEUGD-project wel meegenomen, aangezien dit plan een aanzienlijke omvang heeft en daarnaast de tijdsplanning van dit plan toepassing van een ander type toilet en riolering toe laat. Steenbrugge zal gefaseerd worden gebouwd over een periode van 6 - 8 jaar. De verwachting is dat er in de eerste 2 jaar 150 woningen per jaar worden gerealiseerd en navolgend 200 woningen per jaar. Het accent van Steenbrugge ligt op laagbouw (90 % van de woningen), de overige 10 % is gestapelde bouw (appartementen). De appartementencomplexen die gerealiseerd zullen worden zijn allemaal kleinschalig (gemiddeld gezien < 15 appartementen per appartementencomplex).

De verdeling van het totaal aantal wooneenheden per fase zal ongeveer als volgt zijn:

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| • Sallands Dorp    | 650 wooneenheden |
| • Buurtschappen    | 300 wooneenheden |
| • Zwermdorp        | 100 wooneenheden |
| • Boswonen         | 80 wooneenheden  |
| • Zandweteringzone | 70 wooneenheden  |

Totaal aantal wooneenheden Steenbrugge: circa 1.200 stuks. Op basis van het totaal aantal wooneenheden en de gemiddelde huishoudengrootte in Deventer omvat Steenbrugge in totaal 2.880 personen (2,4 inwoners per woning).

## 2.2 RWZI DEVENTER

De rwzi Deventer zuivert afvalwater uit Deventer en omliggende kernen. De capaciteit is 7.000 m<sup>3</sup>/uur en 168.000 inwonerequivalenten (i.e. à 150 g). Op dit moment wordt de rwzi niet volledig belast. Er worden ongeveer 105.000 inwonerequivalenten op de rwzi aangevoerd. De rwzi Deventer is een laagbelast actief slibproces met biologische fosfaatverwijdering. Het slib wat wordt aangevoerd met het afvalwater en het slib wat ontstaat in het zuiveringsproces wordt bij de voorbezinking en nabezinking afgescheiden. Het slib wordt vervolgens ingedikt voordat het wordt vergist. De slibgisting van rwzi Deventer verwerkt ook slib van twee andere laagbelaste actief slibinstallaties (rwzi's Olst en Heino).

Het slib, dat bij de zuivering van het afvalwater vrijkomt, wordt op rwzi Deventer in de gistingstanks gebracht. Hier breken bacteriën de organische stoffen af die nog in het slib voorkomen. Dit gebeurt onder zuurstofloze omstandigheden en bij een temperatuur van 30-35 °C. Tijdens dit proces wordt door de bacteriën in de gistingstank brandbaar methaangas geproduceerd.

Het zuiveren van afvalwater kost elektriciteit. Maar bij het vergisten van het slib komt methaangas vrij dat op de grotere rwzi's wordt opgevangen in een gashouder. Dit biogas wordt gebruikt om gasmotoren aan te drijven die elektriciteit opwekken. Daarmee kan rwzi Deventer een groot deel van de benodigde energie voor het zuiveringsproces zelf produceren.

FIGUUR 2.1

RWZI DEVENTER



De installatie bestaat onder andere uit 2 gasmotor-generator units van elk 250 kWe. Het elektrisch rendement van de installatie in vollast is gemiddeld 40,5 %. Dit betekent dat het biogas voor 40,5 % wordt omgezet kan worden in elektrische energie. Bijna 60 % van de energie in biogas wordt dan omgezet in warmte (en een klein beetje in geluid en trillingen). Een deel van de warmte wordt nog benut, het merendeel gaat echter verloren. Toch is het rendement van een gasmotor vergelijkbaar met een gas- of kolengestookte energiecentrale.

In de slibgisting van de rwzi Deventer worden sinds 2009 externe afvalstromen naast slib vergist om de capaciteit van de gisting beter te benutten. Momenteel heeft de slibgisting nog steeds een beperkte overcapaciteit. De WKK-installatie heeft een grotere overcapaciteit (draait momenteel op circa 70 % van theoretisch maximale capaciteit).

De navolgende tabel presenteert de uitgangspunten die voor de berekening van de exploitatiekosten zijn gehanteerd.

TABEL 2.1 UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENING VAN DE EXPLOITATIEKOSTEN

	Eenheid	Waarde
Inkoop energie	EUR/kWh	0,10
Teruglevering energie	EUR/kWh	0,10
Slibverwerkingskosten (all-in)	EUR/ton ds	600,00
Elektrisch rendement WKK	%	37,4 % <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dit betreft een aanname voor het gemiddelde rendement. Dit gemiddelde rendement houdt rekening met een niet optimaal gebruik en is lager dan de eerder genoemde 40,5 % voor bij volbelasting.

### 2.3 WARMTEVRAAG HUISHOUDENS

De warmte die op de rwzi ontstaat kan gebruikt worden voor het verwarmen van bestaande of nieuwe woningen in de nabijheid van de rwzi. In 2007 gebruikten we gemiddeld in Nederland 1.200 m<sup>3</sup> aardgas per huishouden voor woningverwarming.

In de gebouwde omgeving wordt veel aandacht besteed aan de energie- en duurzaamheidsprestatie van nieuwbouwwoningen. Zo ligt in de regelgeving (bouwbesluit) vast dat voor nieuwe woningen de energieprestatie coëfficiënt (EPC) wordt vastgesteld. De bepaling en rekenmethodiek van deze EPC is vastgelegd in de normen NEN 5128 (woningen) en NEN 2916 (gebouwen). Tot 2011 moesten nieuwe woningen een EPC van 0,8 hebben. Dit is het totale primaire gebouwgebonden energiegebruik gedeeld door een in de NEN 5128 vastgesteld normverbruik. Per 1 januari 2011 is de vereiste EPC verlaagd tot 0,6. Dit betekent, dat na deze datum gebouwde woningen 25 % zuiniger moeten zijn dan nieuwbouwwoningen die tussen 2006 en 2011 zijn opgeleverd. De rijksoverheid heeft zich voorgenomen de EPC in 2015 verder te verlagen naar 0,4 en in 2020 uiteindelijk naar nul. Voor de goede orde: dit geldt voor het gebouwgebonden energiegebruik. Het gebruiksgebonden energiegebruik, dat ontstaat door het gebruik van huishoudelijke apparatuur, blijft buiten beschouwing.

**CONSEQUENTIES VAN DE EPC-VERLAGING**

De maatregelen om van EPC 0,8 naar 0,6 te komen, zijn relatief gezien niet zeer kostbaar. Er is vooral meer en betere vloer-, dak- en gevelisolatie nodig. Dit is bij nieuwbouw goed mogelijk. Een andere noodzakelijke maatregel is het plaatsen van een cv-ketel met een hoog rendement (een Top HR ketel met gelijkwaardigheidsverklaring). Deze is niet duurder dan een standaard ketel. Andere noodzakelijke maatregelen zijn bijvoorbeeld een douche warmtewisselaar (WTW) en balansventilatie. Het verder verlagen van de EPC van 0,6 naar 0,5 kan met een zonneboiler (circa 4 m<sup>2</sup>). Deze kost na subsidie ongeveer EUR 2.000,00. Verondersteld dat deze geplaatst kan worden, dit kan moeilijk zijn bij gestapelde bouw. Het nog verder verlagen van de EPC in de traditionele bouw is relatief kostbaar. Een indicatie voor de benodigde investeringen is EUR 10.000,00 - 20.000,00 per 0,1 EPC punt.

Een EPC van 1,0 betekent bij een aardgasverwarmde woning een gasverbruik van 1.000 m<sup>3</sup>/jaar of 34 GJ/jaar.

De systematiek die gehanteerd wordt bij het berekenen van de EPC houdt geen rekening met het energievoordeel dat ontstaat door aanpassingen in de sanitatie. Dat is begrijpelijk. Immers het directe energieverbruik als gevolg van het watergebruik en de sanitatie is gering. Wanneer de systeemgrenzen ruimer getrokken worden en niet alleen naar het directe energiegebruik wordt gekeken, maar ook naar het indirecte energiegebruik ten gevolge van de waterproductie en de sanitatie, wordt duidelijk dat hier mogelijkheden liggen om het energieverbruik van nieuw te bouwen woningen verder terug te dringen. Dit vergt wel een aanpassing van de EPC-systematiek. Met name wanneer de aanpassingen in de waterzuivering meetellen in de EPC van een woning ontstaat ruimte om te investeren in aanpassingen in de sanitatie binnen woningen. In bijlage 2 wordt nader ingegaan op de beoordelingsystematiek van de energiezuinigheid van woningen.

# 3

## NIEUWE SANITATIE

Afvalwater en voedselresten (organisch keukenafval/GF) bevatten veel chemische energie in de vorm van organische stof. Een manier om aan de bestuurlijke en maatschappelijke doelstellingen voor energie te voldoen, is door deze chemische energie beter te benutten dan nu het geval. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de rol van nieuwe sanitatie in het ontsluiten van deze potentiële energiebron.

### 3.1 NIEUWE SANITATIE

Betere afvalwaterzuivering is een belangrijke reden voor de sterke verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de afgelopen 50 jaar. Maar effluentlozingen vormen nog altijd een belangrijke emissiebron. Met name voor meststoffen, zware metalen, hormonen en medicijnresten is het rwzi effluent op een aantal plaatsen een significante bron van emissies. In het huidige inzamelingssysteem worden alle afvalwaterstromen van een huishouden samengevoegd en naar de zuivering getransporteerd. Hierbij wordt relatief geconcentreerd afvalwater verdund met minder geconcentreerd afvalwater.

Sinds begin deze eeuw wordt in Nederland onderzoek uitgevoerd naar slimmere manieren om afvalwater in te zamelen, te transporteren en te zuiveren. Hierbij ligt de focus op een brongescheiden aanpak. Het geconcentreerde afvalwater, zoals toiletafvalwater, wordt gescheiden ingezameld en getransporteerd. Deze manier van afvalwater inzamelen noemen we 'nieuwe sanitatie'.

De basisgedachte achter nieuwe sanitatie is dat geconcentreerde afvalwaterstromen niet meer vermengd worden met relatief schone waterstromen. Het is efficiënter om het geconcentreerde afvalwater apart te houden en apart te zuiveren. Het is technisch mogelijk om dit te doen. Met urinoirs en vacuümtoiletten kan urine en feces apart worden ingezameld. Met vacuüm- of drukriool kan het apart naar de zuivering worden getransporteerd.

Binnen een huishouden zijn de volgende uitgaande afval(water)stromen te onderscheiden:

- **Zwartwater:** Zwartwater bestaat uit urine en fecaliën en is een geconcentreerde stroom. Het zwartwater kan nog verder onderverdeeld worden naar in fecaliën (bruinwater) en enkel urine (geelwater). Zwartwater bevat 80 % van de organische stof die aanwezig is in het huishoudelijke afvalwater, terwijl het minder dan 10 % van het totaal debiet uitmaakt. Daarnaast bevat zwartwater ten opzichte van de totale huishoudelijke afvalwaterstroom zo goed als alle ziekte verwekkende micro organismen (pathogenen) en vrijwel alle medicijnresten en hormonen
- **Grijswater:** Grijswater is water afkomstig van keuken, bad, douche en wasmachine. De grijswaterstroom is een relatief licht vervuilde stroom
- **Regenwater:** Regenwater is de minst vervuilde stroom. Bij nieuwbouw wordt regenwater zo min mogelijk geloosd op het vuilwaterriool. Bij oudere wijken wordt een deel van het regenwater van verharding wel op het riool geloosd



- **Groente en fruitafval:** Groente en fruitafval (voedselresten) bevatten relatief veel organische stof. Per huishouden wordt bijna net zoveel organische stof via het groente- en fruitafval afgevoerd als met het zwartwater en grijswater

Voor meer informatie over nieuwe sanitatie wordt verwezen naar bijlage 3.

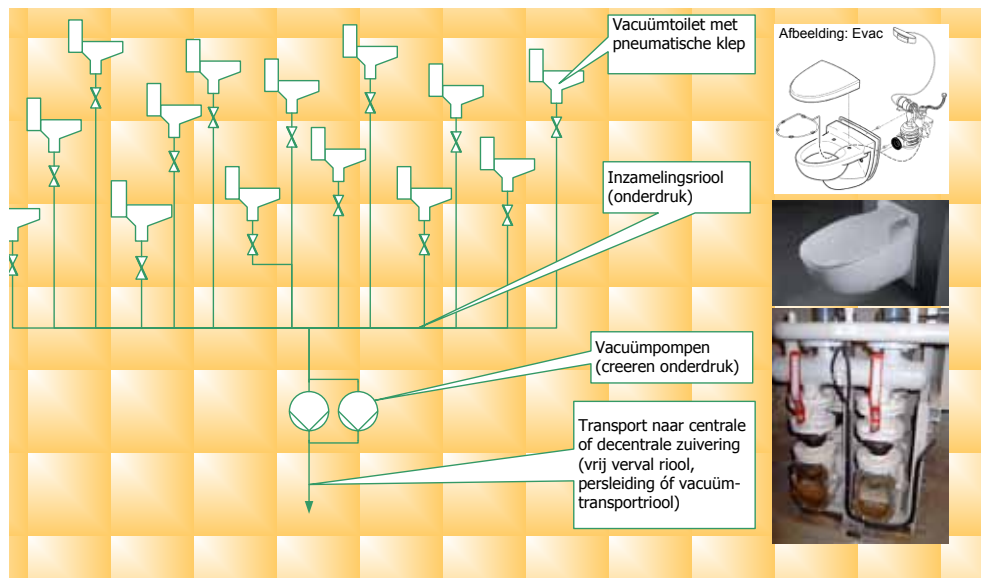
### 3.2 INZAMELING VAN ZWARTWATER

Voor dit project zijn de verschillende opties voor gescheiden inzameling van toiletwater afgevoegen. In bijlage 4 wordt hier nader op ingegaan. Uitgaande van de huidige stand van de techniek is gekozen voor afvalwaterinzameling met een vacuümsysteem. Dit betekent de volgende wijze van afvalwaterinzameling:

- In nieuwe woningen worden speciale toiletten (vacuümtoiletten) geplaatst. Deze toiletten zijn geschikt om op een vacuüminzamelsysteem aangesloten te worden
- Het afvalwater wordt ingezameld met vacuümriool. Dit is een leidingstelsel met een relatief kleine diameter waarin een onderdruk heerst. De onderdruk wordt gecreëerd met één of meerdere vacuümpompen. Eén vacuümpomp kan het afvalwater van tientallen toiletten afvoeren
- Na de vacuümpomp wordt het afvalwater verpompt naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie

In figuur 3.1 is schematisch weergegeven hoe dit eruit kan zien.

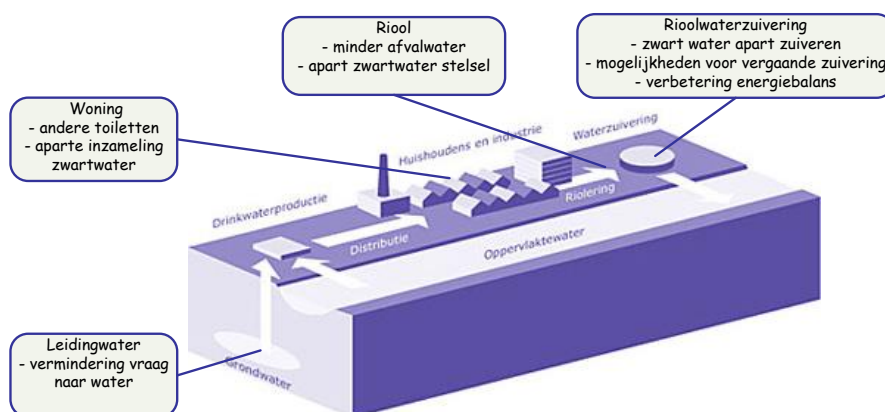
FIGUUR 3.1 INZAMELING VAN TOILETWATER MET EEN VACUÛMSYSTEEM (FOTO'S RECHTSBOVEN: VACUÛMTOILETTEN, FOTO RECHTSONDER VACUÛMPOMP)



Toepassing van een vacuümsysteem heeft gevolgen voor de gehele waterketen. In figuur 3.2 is dit schematisch weergegeven.

FIGUUR 3.2

EFFECTEN VACUÛMSYSTEEM ZWARTWATER OP WATERKETEN (BRON ACHTERGRONDFIGUUR: WWW.VITENS.NL)



### 3.3 AFVALWATER

Urine en fecaliën (zwartwater) hebben samen een volume van 1,5 liter per persoon per dag. In het huidige stelsel wordt deze relatief kleine waterstroom verdund met toiletspoelwater (gemiddeld 42 liter per persoon per dag) en met het veel minder geconcentreerde grijswater (90 liter per persoon per dag). Het volumeaandeel urine en fecaliën ten opzichte van het toiletwater is niet significant.

Bij toepassing van een vacuümsysteem neemt de hoeveelheid toiletspoelwater sterk af. Voor de inzameling van zwartwater wordt uitgegaan dat er 6 liter toiletwater per persoon per dag wordt gebruikt. Het volumeaandeel urine en fecaliën is bij toepassing van een vacuümsysteem wel significant. Om deze reden moet boven op het toiletwaterverbruik het volumeaandeel urine en fecaliën worden opgeteld. Totaal wordt er dus per persoon per dag 7,5 liter op het riool geloosd. Tabel 3.1 presenteert de hoeveelheden geloosd afvalwater bij toepassing van nieuwe sanitatie (vacuümsysteem voor zwartwater) versus conventionele inzameling.

TABEL 3.1

HERKOMST EN VOLUME AFVALWATER PER PERSOON

	Nieuwe sanitatie (vacuümsysteem) l/inwoner per dag	Conventioneel l/inwoner per dag
Zwartwater	7,5	42
Grijswater	90	90
Totaal	97,5	132

Om iets te kunnen zeggen over de effecten van nieuwe sanitatie moet bekend zijn wat de samenstelling van het zwartwater en grijswater is ten opzichte van conventioneel afvalwater. Als echter naar de samenstelling van afvalwater wordt gekeken dan valt op dat de (betrekkelijk schaarse) samenstellingsgegevens van zwartwater niet overeenstemmen met de gangbare uitgangspunten over de hoeveelheid afvalwater die op de rioolwaterzuivering aankomt. Er zijn twee opties:

- Gescheiden inzameling van grijswater en geconcentreerd zwartwater leidt tot een andere afvalwatersamenstelling dan wanneer het afvalwater gemengd wordt ingezameld. Het mengen van de verschillende soorten afvalwater en processen in het riool kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn

- De gegevens over de zwartwatersamenstelling bij nieuwe sanitatie zijn niet representatief. De gegevens over conventionele riolering zijn in het verleden via uitgebreid onderzoek bepaald. Hierbij is bijvoorbeeld ook rekening gehouden met uithuizigheid, et cetera. Er zijn echter maar enkele plekken in Nederland waar nieuwe sanitatie in de praktijk wordt toegepast. De gegevens over de zwartwatersamenstelling zijn gebaseerd op enkele tientallen woningen en appartementen. Dit is een relatief kleine groep mensen en de samenstelling is wellicht niet representatief voor Deventer of Nederland

Een eensluidende verklaring is er nu nog niet. In bijlage 5A wordt nader op deze kwestie ingegaan. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen in een volgend stadium. Voor deze studie wordt er van uitgegaan dat er geen verschil is in de geloosde vrachten tussen conventionele sanitatie en nieuwe sanitatie. Er wordt dus uitgegaan van de gangbare uitgangspunten voor de samenstelling van afvalwater. In tabel 3.2 zijn de uitgangspunten weergegeven.

TABEL 3.2 UITGANGSPUNT VOOR DE AANVOER VAN STOFFEN VOOR ZWARTWATER EN GRIJSWATER

Parameter	Eenheid	Zwartwater (toilet)	Grijswater
Organische stof (CZV-totaal)	gram p.p.p.d.	49,5	50,8
Organische stof (BZV)	gram p.p.p.d.	18,3	18,8
Zwevende stof	gram p.p.p.d.	22,0	22,6
Stikstof (N-Kjeldahl)	gram p.p.p.d.	10,2	0,4
Fosfor (P-totaal)	gram p.p.p.d.	1,8	0,5

De tabel laat zien dat vrijwel alle stikstof (uitgedrukt als N-Kjeldahl) en fosfaat (uitgedrukt als P-totaal) met het zwartwater wordt ingezameld. Stikstof en fosfaat zijn meststoffen (nutriënten) en worden bij de zuivering van het afvalwater op de rwzi verwijderd. Organische stof is een verzamelnaam voor alle koolstofverbindingen in het afvalwater. De organische stof wordt ook op de zuivering verwijderd. Een deel hiervan wordt in de slibgisting omgezet in biogas. In zwartwater en grijswater zit ongeveer evenveel organische stof. In het grijswater is het echter veel meer verdund.

### 3.4 GROENTE EN FRUITAFVAL

Organisch keukenafval/groente en fruitafval (GF) bevat veel organische stof. Het is niet exact bekend hoeveel groente en fruitafval huishoudens produceren. De organische stof kan worden gecomposteerd of vergist. Bij vergisting ontstaat biogas. Een deel van het groente- en fruitafval wordt in de 'groene bak' gescheiden ingezameld als GFT (groente-fruit-tuinafval). Er komt ook echter een deel terecht in het gemengde afval (grijze bak). Tenslotte wordt een klein deel door mensen zelf tot compost verwerkt of op een andere wijze afgevoerd (bijvoorbeeld door het toilet gespoeld).

Het is mogelijk om organisch keukenafval in te zamelen met het afvalwater. Dit is interessant omdat het rijk is aan organische stof. Het kan samen met het zwartwater worden gebruikt als bron voor biogas. In Nederland is enige ervaring met het vergisten van GFT, maar met het gezamenlijk behandelen van GF en zwart afvalwater bestaat nagenoeg geen ervaring. Wel kan worden aangegeven hoe een inzamelsysteem voor GF met een vacuümriool eruit zou kunnen zien:

- Het GF moet worden verkleind voordat het in het vacuümriool kan worden gebracht. Hiervoor is een voedselrestenvermaler (grinder) nodig, zie figuur 3.3. In het buitenland zijn deze zeer gangbaar. Aan het GF wordt beperkt water toegevoegd ten behoeve van de vermaling en het transport

- De voedselrestenvermaler is via een speciale klep aangesloten op het vacuümriool. Als de klep wordt geopend wordt het vermalen GF in het vacuümriool gezogen. Daarna sluit de klep weer

FIGUUR 3.3

VOEDSELRESTENVERMALER



Deze wijze van GF inzamelen heeft tot gevolg dat er minder GFT en grijs afval hoeft te worden opgehaald. Dit betekent minder transportbewegingen in de wijk. Het is niet moeilijk te voorstellen dat het inzamelen van GF via een zwartwater-riool minder energie kost en minder arbeidsintensief is dan transport per as. In de praktijk kan dit tot een lager energiegebruik en lagere gemeentelijke lasten voor afvalinzameling leiden.

In bijlage 5B wordt nader ingegaan op de productie van GF per persoon. Hierin wordt ook ingegaan op de verdeling van het GF afval over de groene bak en de grijze bak. In tabel 3.3 zijn de uitgangspunten voor de productie van GF per persoon opgenomen.

TABEL 3.3

GEHANTEERDE GRAMMEN PER PERSOON PER DAG VOOR GF-AFVAL

Parameter	Eenheid	Waarde
Organische stof (CZV-totaal)	gram p.p.p.d.	88,4
Organische stof (BZV)	gram p.p.p.d.	63,1
Zwevende stof	gram p.p.p.d.	56,7
Stikstof (N-Kjeldahl)	gram p.p.p.d.	1,5
Fosfor (P-totaal)	gram p.p.p.d.	0,2

Vergeleken met zwartwater bevat GF dus veel organische stof en weinig stikstof en fosfaat.

### 3.5 ORGANISCHE STOF EN VERGISTING

Organische stof kan worden gebruikt om energie te produceren. Er zijn verschillende manieren om de energie die in de organische stoffen is opgeslagen vrij te maken. De meest gangbare techniek is vergisting. De organische stof wordt door de aanwezige bacteriën gebruikt als voedsel en produceren methaan als bijproduct. Methaan is een zeer brandbaar gas (hoofdbestanddeel van aardgas) en kan gebruikt worden om warmte en elektrische energie te produceren. Bij dit onderzoek is nader gekeken naar vergisting als manier om biogas te produceren. Bijlage 6 gaat in op de uitgevoerde testen. Het uitvoeren van vergistingsproeven is in de praktijk niet simpel. Er zijn dan ook twee series proeven uitgevoerd; eenmaal door studenten van Saxion (zie ook bijlage 7) en eenmaal door Proces.

In de tabel is uitgegaan van 'organische droge stof' als eenheid. Een kilo organische droge stof komt overeen met ongeveer 2 kilo CZV. Dit verschilt overigens wel per soort organische droge stof.

**TABEL 3.4** BIOGASPRODUCTIE PROEFNEMINGEN (DETAILS ZIE BIJLAGE 6 EN 7) EN DE UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENINGEN IN DE BEREKENINGEN MET DE TAUW ONTWERP- EN TERUGREKENTOOL VOOR RWZI'S

	Proeven Saxion (methaangehalte is niet bepaald) [L biogas/kg ODS]	Proeven Proces [L biogas/kg ODS]	Uitgangspunten berekeningen [L biogas/kg ODS]
Biogasproductie in liters per aangevoerde kilo organische droge stof			
Primair + secundair (methaan 165)	540	318	340
GF	NB	598	(methaan 330)
Zwartwater	0	375 (methaan 244)	NVT
Primair + secundair + zwartwater	480 – 710	NB	340
Primair + secundair + zwartwater + GF	550	461 (methaan 239)	336
Biogasproductie in liters per afgebroken kilo organische droge stof			
Primair + secundair	860	NB	810
Zwartwater	0	NB	NVT
Primair + secundair + zwartwater	970 – 1.140	NB	820
Primair + secundair + zwartwater + GF	880	NB	NVT

NB= niet bepaald

NVT = niet van toepassing

De belangrijkste conclusies zijn:

- De organische stof in het GF is veel beter vergistbaar dan de organische stof in het zwartwater of de slibben die op de rwzi vrijkomen. Elke gram organische stof in GF levert dus meer methaan (biogas) op dan de organische stof in zwartwater of zuiveringsslib
- De organische stof in het zwartwater is beter vergistbaar dan de organische stof in het zuiveringsslib

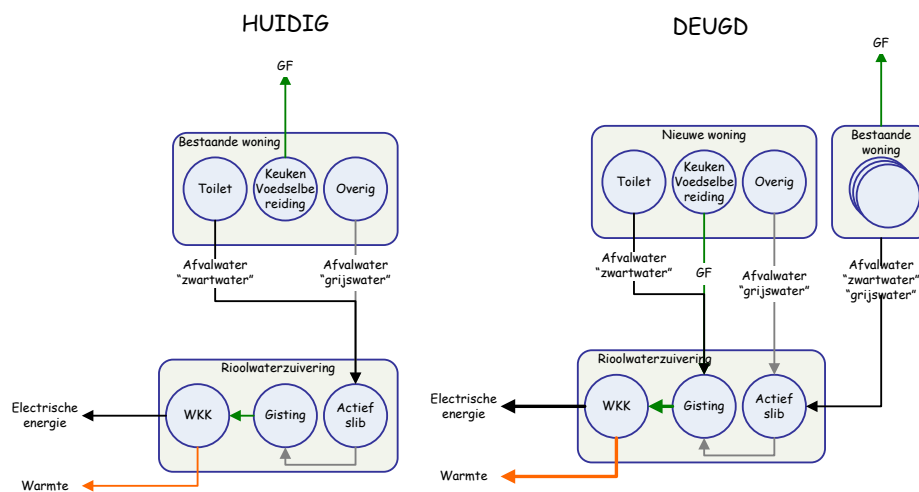
Er zijn echter een paar knelpunten bij het interpreteren van de proeven waardoor het lastig is om exacte uitspraken te doen over de hoeveelheid biogas die per kg organische droge stof kan worden geproduceerd. De proeven van Saxion en Proces zijn onderling moeilijk vergelijkbaar: het tijdstip van uitvoeren en de aanpak verschillen teveel. Daarnaast kunnen de uitkomsten ook nog eens moeilijk getoetst worden aan de praktijk: op de rwzi Deventer worden ook externe slibstromen aangevoerd, waardoor de productie van biogas in het verleden soms erg hoog is geweest. In tabel 3.4 zijn de uitkomsten van de proeven samengevat. Verder is in de tabel het uitgangspunt voor de berekeningen van de effecten op de waterzuivering en de biogasproductie (zie ondermeer bijlage 9D en hoofdstuk 5) opgenomen.

## 4

## ZUIVERING

Uitgangspunt voor deze studie is dat zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de bestaande infrastructuur op de rwzi Deventer. Om de voordelen van het gescheiden aanleveren van zwartwater en het GF op de rwzi tot hun recht te laten komen zijn aanpassingen nodig. Bij een toenemende implementatie van nieuwe sanitatie is een geleidelijke aanpassing van de rwzi nodig, zie figuur 4.1. Op dit transitietraject wordt in dit hoofdstuk ingegaan.

FIGUUR 4.1 STROOMSCHEMA HUIDIGE SITUATIE EN DEUGD



## 4.1 ANAEROOB/AEROOB

De ontwikkeling van huishoudelijk afvalwaterzuivering is altijd sterk gefocust geweest op biologische technieken met aerobe micro-organismen (actief slib). Aerobe zuivering is robuust en geeft een goed zuiveringsresultaat. Dit komt omdat de aerobe omzetting (met opname van zuurstof) van stoffen de micro organismen meer energie oplevert dan anaerobe omzetting. De bacteriën groeien daardoor sneller en zijn beter in staat om bij lage temperatuur of onder moeilijke omstandigheden te zuiveren. Het grote nadeel van aerobe zuivering is dat het energie kost. De bacteriën hebben zuurstof nodig die met oppervlaktebeluchters of met beluchtingselementen ingebracht moet worden. Beluchting is de belangrijkste consument van elektrische energie op de rwzi. Ter illustratie: van de 3.750.000 kWh die op rwzi Deventer werd gebruikt in 2009 werd 1.940.000 kWh (52 %) gebruikt voor beluchting van het afvalwater.

Anaerobe zuivering heeft dit nadeel niet, er wordt minder energie elektrische energie gebruikt en komt zelfs biogas (65 % - 70 % methaan) vrij wat gebruikt kan worden om energie op te wekken. Voor directe zuivering van 'gewoon' huishoudelijk afvalwater wordt anaerobe zuivering in Nederland niet gebruikt. Het gemengde huishoudelijk afvalwater is daarvoor te koud en teveel verdund. Anaerobe zuivering van afvalwater wordt in Nederland wel toegepast, maar dan voor warme geconcentreerde organische afval(water) stromen of slurries. Op rwzi's wordt anaerobe gisting toegepast, om uit het slib biogas te winnen en de slibmassa

te verkleinen. De anaerobe behandeling van afval(water)stromen heeft de laatste 10 jaar een flinke stimulans gekregen door de stijgende energieprijzen en diverse bestuurlijke doelstellingen zoals de meerjarenaafspraken energiebesparing voor de waterschappen (30 % besparing in 15 jaar).

#### 4.2 STIKSTOFVERWIJDERING CONVENTIONEEL OF MET ANAMMOX

Anaerobe behandeling van 'gewoon' huishoudelijk afvalwater is in Nederland niet mogelijk, omdat het afvalwater in de winter te veel verdund is en te koud is. Daarnaast was anaerobe behandeling niet interessant, omdat na anaerobe zuivering nog stikstof en fosfaat aanwezig is. Voor de verwijdering van stikstof is organisch stof noodzakelijk. De komst van de Anammox-reactor in de jaren negentig heeft echter een verandering teweeg gebracht in het denken over anaerobe zuivering. Een Anammox-reactor kan stikstof omzetten met slechts een zeer beperkte hoeveelheid benodigde organische stof in relatie tot de conventionele behandeling (actief slib). Hierdoor is deze techniek goed toe te passen na een anaerobe zuivering. Nadeel van deze zuiveringstechniek is dat de bacteriën zeer langzaam groeien. Hierdoor is deze techniek alleen mogelijk als het te behandelen water warm genoeg is. Bij conventioneel huishoudelijk afvalwater is de afvalwaterstroom te groot en te veel verdund om deze effectief te kunnen verwarmen. Zwartwater is een relatief kleine geconcentreerde waterstroom en kan wel worden verwarmd. Hierdoor wordt de anaerobe zuivering haalbaar. Het afvalwater is na de gisting geconcentreerd en warm genoeg voor verwijdering van stikstof via de Anammox-route, waardoor stikstof ook efficiënt (weinig energie) kan worden verwijderd. De energiebalans verbeterd dus ten opzichte van de conventionele situatie doordat er meer biogas wordt geproduceerd en stikstof op een energiezuinige wijze wordt afgevoerd.

#### 4.3 FOSFAATVERWIJDERING CONVENTIONEEL OF MET EEN STRUVIETREACTOR

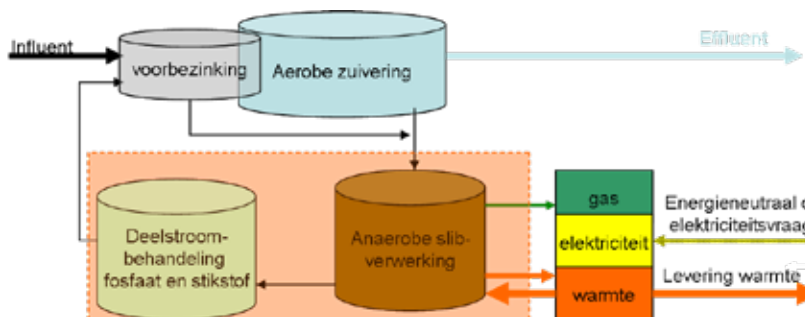
Na stikstof is fosfaat eigenlijk de tweede grote probleemstof in afvalwater. Sinds de invoering van de WVO in 1970 is fosfaat in eerste instantie vooral met chemicaliën uit het afvalwater verwijderd. Nadeel hiervan is de grote hoeveelheid slib en het gebruik van chemicaliën. In de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw is de biologische fosfaatverwijdering ontwikkeld en breed toegepast op Nederlandse rwzi's. Hoewel biologische fosfaatverwijdering in principe een duurzamere techniek is dan chemische fosfaatverwijdering zitten er ook nadelen aan. Het bleek in de praktijk dat gistingen met schuimproblemen te kampen kregen en dat de ontwaterbaarheid van uitgestist slib met enkele procenten afnam. Dit laatste heeft met name voor de exploitatiekosten van een rwzi negatieve gevolgen. Onderzoek naar verbetering van de slibontwatering en onderzoek naar het sluiten van de fosfaatkringloop hebben er toe geleid dat in de eerste 10 jaar van deze eeuw de struvietreactor is ontwikkeld. Struviet is een kristal van fosfaat, ammonium en magnesium. Randvoorwaarde voor een effectieve terugwinning is onder andere dat fosfaat in hoge concentraties aanwezig is, zoals bijvoorbeeld na de slibgisting. De winning van struviet uit uitgestist slib vindt in Nederland plaats op onder andere rwzi Amsterdam-West. Het product mag, in tegenstelling tot Nederland, in Duitsland worden gebruikt als meststof. Omdat fosfaat een eindige grondstof is, zal de terugwinning van fosfaat de komende decennia steeds belangrijker worden. Deze ontwikkeling sluit goed aan bij de mogelijkheden die anaerobe zuivering van geconcentreerd zwartwater biedt. Het zwartwater bevat het merendeel van het fosfaat en is geconcentreerd genoeg om het fosfaat als struviet terug te winnen.

#### 4.4 CONVENTIONELE RWZI

Het conventionele ontwerp is vooral gericht op de aerobe behandeling van de gemengde afvalwaterstroom. Eerst wordt in de voorbezinking een deel van organische vuillast verwijderd en naar de gisting afgevoerd en daarna worden stikstof met de nog aanwezige organische stof verwijderd. Het fosfaat wordt biologisch gebonden en met het spuislib naar de gisting afgevoerd. In de gisting wordt organisch vuil omgezet naar biogas en komt een deel van de aan het slib gebonden stikstof en fosfaat weer vrij. Het biogas wordt omgezet naar elektriciteit die op de rwzi wordt benut, evenals een deel van de warmte. Er is een warmteoverschot dat kan worden gebruikt voor levering aan de omgeving.

FIGUUR 4.2

CONVENTIONELE RWZI

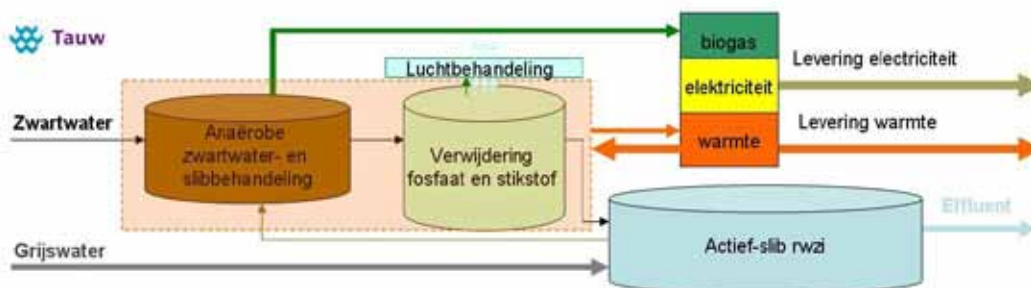


#### 4.5 RWZI MET NIEUWE SANITATIE

Nieuwe sanitatie (toepassing vacuümsysteem) maakt het mogelijk om geconcentreerd zwartwater direct door een anaerobe zuiveringsstap te leiden. Deze relatief kleine afvalwaterstroom wordt opgewarmd tot 30 °C zodat de processen optimaal verlopen. De grote waterstroom, het grijswater wordt verwerkt volgens het conventionele rwzi-concept.

FIGUUR 4.3

RWZI MET NIEUWE SANITATIE



Deze rwzi (gebaseerd op een 100 % gescheiden aanvoer van grijswater en geconcentreerd zwartwater) maakt gebruik van een logische combinatie van een aantal nieuwe technieken zoals de Anammox- en struvietreactoren en de robuuste actief-slib- en gistingstechnologie. De belangrijkste randvoorwaarde is dat het zwartwater in geconcentreerde vorm moet worden aangeleverd. GF kan samen met het zwart afvalwater worden aangevoerd en vergist.



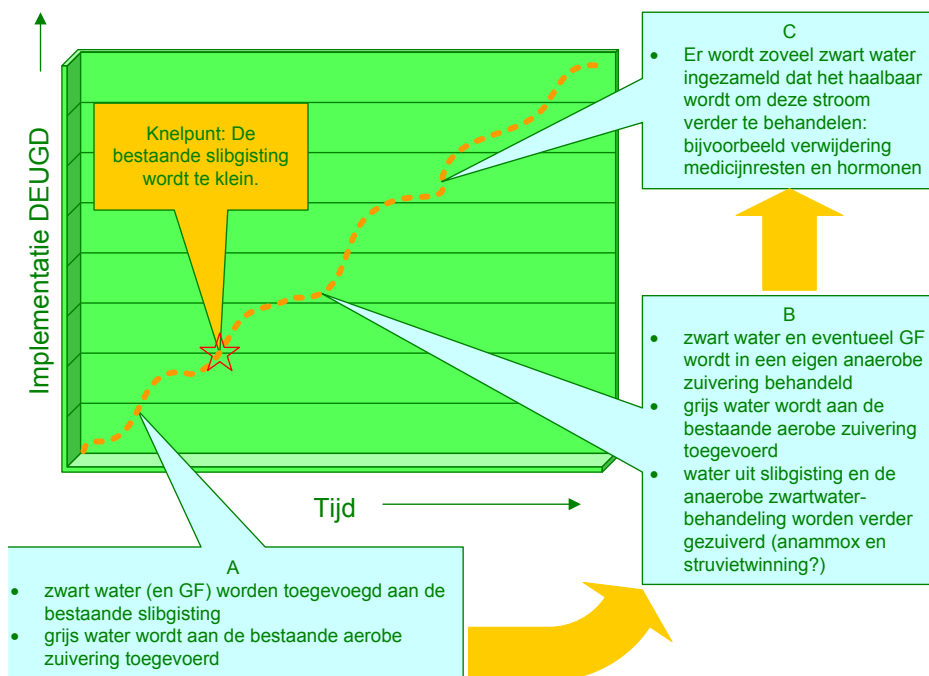
Tauw heeft een verkenning uitgevoerd naar deze rwzi met nieuwe sanitatie. Deze verkenning heeft geleid tot een nieuw zuiveringsconcept genaamd DENNIS (Drinkwaterbesparing, Energiefabriek, Nutriëntenterugwinning en nieuwe sanitatie). In bijlage 8 is een artikel over dit onderwerp opgenomen. De DENNIS rwzi vormt de blauwdruk voor deze rwzi met een 100 % gescheiden aanvoer van grijs- en zwartwater.

#### 4.6 DE TRANSITIE RWZI

De rwzi die in de vorige paragraaf is beschreven is gebaseerd op 100 % implementatie van nieuwe sanitatie. In de praktijk in Deventer zal dit alleen op zeer lange termijn (>100 jaar) realistisch kunnen zijn. Nieuwe sanitatie zal de komende decennia naast de conventionele sanitatie blijven bestaan. Uitgaande van rwzi Deventer ligt een traject voor de hand, waarbij eerst gebruik gemaakt wordt van de bestaande vergisting. Als er genoeg zwartwater wordt aangevoerd kan een speciale zwartwater behandeling worden gerealiseerd. Figuur 4.4 laat dit schematisch zien.

FIGUUR 4.4

IMPLEMENTATIETRAJECT



Aan een transitie van de rwzi kleven natuurlijk nog veel haken en ogen maar het geeft wel een beeld van wat er mogelijk is. Een van de belangrijkste kenmerken is natuurlijk dat de meeste grote onderdelen op een rwzi gewoon gebruikt kunnen worden, alleen is de inpassing in het proces anders. De transitie maakt het mogelijk om veel meer organisch vuil op de rwzi te verwerken door stapsgewijs de zwartwater- en GF-behandeling (anaerobe behandeling en Anammox, struvietreactoren) uit te breiden.

# 5

## HET DEUGD-EFFECT

Het gescheiden inzamelen van geconcentreerd afvalwater heeft een aantal effecten. In dit hoofdstuk worden deze effecten zoveel mogelijk gekwantificeerd voor de situatie dat Steenbrugge volledig op het DEUGD-concept overgaat (1.200 woningen; 2.880 personen). Dit is scenario A. Er wordt achtereenvolgens ingegaan op de waterbalans, de energiebalans en financiële consequenties. De totale omvang van de lozing vanuit Steenbrugge is enkele procenten van de biologische capaciteit, de rwzi hoeft hiervoor dus geen ingrijpende veranderingen te ondergaan, het is het prille begin van de transitie. De vervolgstap is dat een groter deel van Deventer overgaat op DEUGD. Binnen de gemeente Deventer bestaan plannen voor het bouwen van ruim 9.000 woningen (= 21.600 personen) in de periode tot 2018. Voor het tweede scenario gaan we er vanuit dat 40 % van de nieuwbouw woningen gebruik gaat maken van het DEUGD concept. Dit is het scenario B: 10 % (ofwel circa 3.550 woningen (= 8.500 personen).

### 5.1 SCENARIO'S

Voor het bepalen van de effecten van DEUGD is uitgegaan van een aantal verschillende situaties en mogelijkheden. In bijlage 4 wordt hier nader op ingegaan. Voor de bepaling van het DEUGD-effect is gekeken naar de wijk Steenbrugge, maar is ook een doorkijk gegeven een grotere hoeveelheid woningen. Tabel 5.1 presenteert de scenario's.

TABEL 5.1 SCENARIO'S

	Steenbrugge: 2880 personen	40 % van nieuwbouw: 8500 personen	Opmerking zuivering
Zwartwater en grijswater	A 1	B 1	Zwartwater op bestaande gisting, grijswater met het overige afvalwater op aerobe zuivering
Zwartwater, grijswater en GF (organisch keukenafval)	A 2	B 2	Zwartwater en GF op eigen toegesneden zuivering, grijswater met het overige afvalwater op aerobe zuivering

### 5.2 WATERVERBRUIK

Wanneer nieuwe sanitatie (in dit geval vacuümsysteem voor zwart water) wordt toegepast, daalt het leidingwaterverbruik door de afname van toiletspoelwater. Het leidingwaterverbruik voor de huidige en nieuwe sanitatie variant zijn in tabel 5.2 weergegeven. In deze tabel is te zien dat het toepassen van nieuwe sanitatie leidt tot een afname van het leidingwaterverbruik met 21 tot 24 %.

TABEL 5.2 EFFECTEN DEUGD OP LEIDINGWATERGEBRUIK (IN M<sup>3</sup>/JAAR)

	Per persoon (A en B)	Per huishouden: 2,4 personen (A en B)	Steenbrugge: 2880 personen (A)	40 % van nieuwbouw: 8500 personen (B)
Huidig	46	111	133.000	394.000
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	35,6	85	103.000	303.000
Zwartwater, grijswater en GF (2)	36,0	87	104.000	306.000

### 5.3 EMISSIES

Afvalwaterinzameling met vacuümtechnologie en zwartwatertransport heeft effect op de emissies uit het riool en op de emissies naar water. Beide effecten zijn moeilijk te kwantificeren. Er kan echter wel een aantal uitspraken over worden gedaan:

- 1 Emissies naar de lucht: In het riool wordt methaan en koolzuur geproduceerd door bacteriën. De bacteriën voeden zich met de organische stof in het afvalwater. In een conventioneel gemengd riool wordt de methaan en de koolzuur diffuus naar de lucht geëmitteerd. Als het zwartwater via een gesloten systeem wordt getransporteerd dan kan methaan op de rwzi worden afgevangen en eventueel gebruikt worden
- 2 Emissies naar water. Hier is sprake van twee effecten. Het eerste effect heeft te maken met riooloverstortingen. Een conventioneel gemengd riool heeft riooloverstorten waarmee een overvloedige aanvoer van (hemel)water kan worden verwerkt. Door zwart water gescheiden in te zamelen en te transporteren kan deze relatief vervuilde stroom niet meer overstromen. Er is dus sprake van een kleinere emissie van huishoudelijk afvalwater naar oppervlaktewater. Een tweede effect heeft te maken met zuivering op de rwzi. In eerste instantie zal het zwartwater aan de vergisting worden toegevoerd. In deze fase zal de effluentkwaliteit niet sterk veranderen. Als er voldoende woningen zwartwater gescheiden op de rwzi aanvoeren kunnen technieken worden ingezet om deze waterstroom gericht aan te behandelen (zie vorig hoofdstuk, DENNIS). De kwaliteit van het effluent wordt dan nog beter. De mate waarin dit gebeurt, hangt af van het aantal woningen en de ingezette technieken.

### 5.4 ENERGIEBALANS

Eén van de doelen van DEUGD is het verbeteren van de energiebalans van de woningen en de rwzi Deventer. Er zijn effecten op de verschillende punten in de waterketen, te weten:

- 1 Vermindering productie en transport van leidingwater
- 2 Vermeerdering van energie voor afvalwatertransport
- 3 Vermindering van het energiegebruik en vergroting van de biogasopbrengst op de rwzi

#### 5.4.1 PRODUCTIE EN DISTRIBUTIE VAN LEIDINGWATER

Doordat er minder leidingwater wordt gebruikt is sprake van energiebesparing. De productie en distributie van 1 m<sup>3</sup> leidingwater vergt gemiddeld 0,61 kWh. Het energiegebruik voor de productie en distributie van leidingwater voor de huidige en nieuwe sanitatie variant is in tabel 5.3 weergegeven. In deze tabel is te zien dat het energiegebruik door toepassen van nieuwe sanitatie leidt tot een afname van circa 21 %. Als GF-afval gezamenlijk met zwartwater moet worden afgevoerd, neemt het waterverbruik met 1 liter per persoon per dag toe. Het extra leidingwaterverbruik voor de voedselrestenvermalder ten opzichte van het totaal is nihil. Daardoor zijn er relatief kleine verschillen waar te nemen.

TABEL 5.3 EFFECTEN DEUGD OP ENERGIEGEBRUIK VOOR DE PRODUCTIE EN DISTRIBUTIE VAN LEIDINGWATER (IN GJ//JAAR)

	Per persoon (A en B)	Per huishouden: 2,4 personen (A en B)	Steenbrugge: 2880 personen (A)	40 % van nieuwbouw: 8500 personen (B)
Huidig	0,102	0,24	293	865
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	0,078	0,19	225	664
Zwartwater, grijswater en GF (2)	0,079	0,19	228	673

#### 5.4.2 TRANSPORT VAN AFVALWATERINZAMELING

Bij de conventionele toiletten wordt het afvalwater onder vrijverval in het riool verzameld. Het afvalwater wordt vervolgens met persleidingen of onder vrijverval naar de rwzi getransporteerd. Het landelijke energiegebruik voor afvalwaterinzameling ligt op 204.000.000 kWh/jaar. De jaarlijkse afvalwater transporthoeveelheid bedraagt circa 2.068.000.000 m<sup>3</sup>. Het energiegebruik voor afvalwatertransport komt hiermee op 0,10 kWh/m<sup>3</sup>. De toiletwaterhoeveelheid bij conventionele toiletten bedraagt per persoon per jaar circa 14,8 m<sup>3</sup>. Het aandeel toiletwater van huishoudelijk afvalwater is circa 32 %. Hiermee kunnen we de grijswaterhoeveelheid berekenen. Deze bedraagt per persoon per jaar 30,8 m<sup>3</sup>. Totaal wordt dan een afvalwaterhoeveelheid per persoon per jaar van 45,6 m<sup>3</sup> verkregen. Dit vermenigvuldigt met het landelijke energiegebruik voor afvalwatertransport resulteert in een jaarlijks energieverbruik van 4,5 kWh/ie.jr.

Bij toepassing van vacuümtoiletten is voor de inzameling van afvalwater meer energie benodigd. Dit wordt veroorzaakt door de vacuümpompen. Uit metingen bij het appartementencomplex Casa Vita (voorzien van vacuümtoiletten) blijkt dat de benodigde energie voor de vacuümpompen 12 kWh/pp.jr bedraagt. Er is vanuit gegaan dat het grijswater ten opzichte van de conventionele wijze van afvalwaterinzameling geen effect heeft op het energiegebruik

In tabel 5.4 is het energiegebruik voor het inzamelen van afvalwater opgenomen voor de conventionele toiletten en voor vacuümtoiletten.

TABEL 5.4 ENERGIEBALANS AFVALWATERINZAMELING

Omschrijving	Conventioneel Aandeel zwart- en grijswater	Energiegebruik [kWh/ie.jr]	Vacuümtoiletten Aandeel zwart- en grijswater	Energiegebruik [kWh/ie.jr]
Zwartwater	32 %	1,5	8 %	12,0
Grijswater	68 %	3,0	92 %	3,0
Huishoudelijk afvalwater	100 %	4,5	100 %	15,0

Het energiegebruik voor de afvalwaterinzameling is voor de huidige en nieuwe sanitatie variant in Tabel 5.5 weergegeven. In deze tabel is te zien dat het energiegebruik door toepassen van nieuwe sanitatie leidt tot een toename van circa 225 %. Als GF-afval gezamenlijk met zwartwater moet worden afgevoerd, neemt het waterverbruik met 1 liter per persoon per dag toe. Het extra leidingwaterverbruik voor de voedselrestenvermaler ten opzichte van het totaal is nihil verondersteld. Daardoor zijn er relatief kleine verschillen waar te nemen.

TABEL 5.5 EFFECTEN DEUGD ENERGIEGEBRUIK VOOR AFVALWATERINZAMELING (IN GJ/JAAR)

	Per persoon (A en B)	per huishouden: 2,4 personen (A en B)	Steenbrugge: 2880 personen (A)	40 % van nieuwbouw: 8500 personen (B)
Huidig	0,016	0,04	47	138
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	0,054	0,13	156	460
Zwartwater, grijswater en GF (2)	0,055	0,13	159	470

### 5.4.3 RWZI

Het kwantificeren van de effecten van DEUGD op het energiegebruik en de biogasproductie op de rwzi is complex. Er zijn veel keuzes die een groot effect kunnen hebben op energiebalans. In bijlage 9 wordt hier uitgebreid op ingegaan. Het eerste scenario betreft het gescheiden aanleveren van zwartwater van Steenbrugge. Dit water wordt vervolgens zonder enige aanpassing op de rwzi aan de gisting toegevoerd. Deze stap is doorgerekend met de ontwerp en terugreken tool (zie bijlage 9d). Hieruit blijkt het volgende:

- 1 Het toevoeren van zwartwater aan de gisting is niet de ideale oplossing: de verblijftijd in de gisting neemt af waardoor de relatieve biogasopbrengst iets daalt. Doordat er relatief beter vergistbaar materiaal in de gisting wordt ingebracht neemt de biogasopbrengst in absolute zin toch toe
- 2 Het energiegebruik op de rwzi is echter lager dan voor de conventionele optie doordat de hoeveelheid organische stof die aeroob moet worden afgebroken afneemt
- 3 De slibproductie is in theorie lager, omdat meer organische stof wordt vergist en omgezet naar biogas in plaats van omzetting naar actief-slibmassa, dat minder goed vergistbaar is. Het één en ander is nog afhankelijk van de afvalwatersamenstelling zwartwater. Deze is, zoals in paragraaf 3.3 aangegeven, anders van aard dan die van conventioneel

De tweede stap is het toevoegen van GF aan het zwartwater. Deze gezamenlijke stroom wordt aan de gisting toegevoegd. De volgende effecten treden op:

- 1 De verblijftijd in de gisting daalt nog iets. Het GF is echter een kleine stroom en het effect op de verblijftijd en de relatieve biogasopbrengst is gering. Er wordt echter veel meer organisch materiaal in de gisting gebracht, wat ook nog eens goed vergistbaar is, waardoor de absolute biogasopbrengst sterk toeneemt
- 2 Het energiegebruik op de rwzi neemt door de extra inbreng van organisch materiaal en stikstof weer iets toe. Er is van uitgegaan dat de toename van het energiegebruik evenredig is met de extra inbreng van stikstof
- 3 De slibproductie neemt toe

In tabel 5.6 is het effect DEUGD voor Steenbrugge op het energiegebruik en de biogasproductie van rwzi Deventer voor Steenbrugge weergegeven.

TABEL 5.6 EFFECTEN DEUGD OP ENERGIEGEBRUIK EN DE BIOGASPRODUCTIE RWZI DEVENTER (IN GJ/JAAR) STEENBRUGGE

	Elektrisch (GJ/jaar)			Methaan (GJ/jaar)
	Per persoon	Per huishouden	Totaal (2.880 personen)	Totaal (2.880 personen)
Huidig	0,054	0,13	155	-355
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	0,012	0,03	35	-445
Zwartwater, grijswater en GF (2)	-0,017	-0,04	-49	-967

Uit de tabel (en bijlage 9d) blijkt dat het gescheiden aanleveren van zwartwater leidt tot een vermindering van het energiegebruik (elektrisch) op de rwzi. Het aanvoeren en vergisten van het GF leidt tot een positieve energiebalans. Kortweg: iedere woning die zwartwater en GF gescheiden aanlevert zorgt voor een daling van het energiegebruik op de rwzi.

Het tweede scenario (B) betreft de verdere implementatie van DEUGD (40 % van de nieuwbouw woningen) voor respectievelijk zwartwater en zwartwater en GF. Er wordt dan uitgegaan van de nieuwe sanitatie rwzi/transitie rwzi (zie paragraaf 4.6).

In tabel 5.7 is het effect van implementatie van DEUGD bij 40 % van de nieuwbouw in Deventer op het energiegebruik van de rwzi en de opbrengst aan biogas (uitgedrukt als methaan) weergegeven voor zwartwater en grijswater (scenario B 1) en zwartwater, grijswater en GF (scenario B 2).

TABEL 5.7 EFFECT DEUGD OP ENERGIEGEBRUIK EN DE BIOGASPRODUCTIE RWZI DEVENTER (IN GJ/JAAR) 40% NIEUWBOUW

	Elektrisch (GJ/jaar)			Methaan (GJ/jaar)
	Per persoon	Per huishouden	40 % van de nieuwbouw woningen 8.500 personen	40 % van de nieuwbouw woningen 8.500 personen
Huidig	0,054	0,13	458	-1.048
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	-0,027	-0,06	-227	-2.376
Zwartwater, grijswater en GF (2)	-0,095	-0,23	-804	-3924

Ten opzichte van een conventionele zuivering daalt het gebruik van energie, terwijl de biogasopbrengst toeneemt. Dit geldt voor zowel scenario A als B. In tabel 5.8 is de biogasproductie opgenomen.

TABEL 5.8 EFFECTEN DEUGD OP BIOGASOPBRENGSR (LITER PER PERSOON PER DAG)

	A Steenbrugge	B 40 % van de nieuwbouw
Huidig	-8,4	-8,4
DEUGD		
Zwartwater en grijswater (1)	-10,6	-19,1
Zwartwater, grijswater en GF (2)	-23,0	-31,6

Uit deze tabel blijkt dat GF relatief veel biogas oplevert. GF bevat veel goed vergistbaar materiaal. Verder valt op dat de biogasopbrengst bij scenario B relatief groot is. De toegesneden zwartwater- (en GF) zuivering produceert veel meer biogas dan de huidige situatie en het mee- vergisten van in de slibgisting. Er is een tweede effect wat de biogasproductie bevordert. In het beluchte deel van de zuivering (actiefslibtank) wordt relatief gezien meer en energierijker spuislib geproduceerd. Dit is gerelateerd aan de gunstige verhouding tussen CZV en stikstof in grijswater. Het spuislib wordt naar de slibgisting gevoerd en levert meer biogas op.

In tabel 5.9 is een samenvatting opgenomen van het totaal effect op de energiehuishouding van de waterketen.

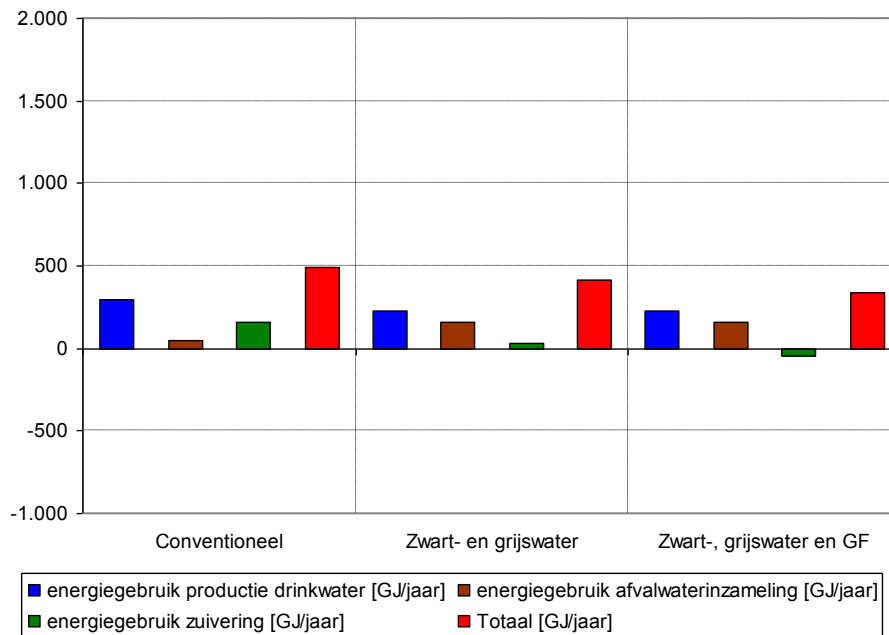
TABEL 5.9 EFFECTEN DEUGD OP HET ENERGIEGEBRUIK (IN GJ/JAAR) TOTALE WATERKETEN

	A Steenbrugge 2880 personen		B 40 % van de nieuwbouw woningen 8500 personen	
	Per persoon	Totaal	Per persoon	Totaal
<b>Huidig</b>	<b>0,172</b>	<b>495</b>	<b>0,172</b>	<b>1461</b>
DEUGD				
Zwartwater en grijswater (1)	0,144	416	0,106	897
Zwartwater, grijswater en GF (2)	0,117	338	0,040	339

Uit deze tabel blijkt dat het energiegebruik over de gehele waterketen (van waterwinning tot lozing) daalt bij toenemende implementatie van DEUGD. Ondanks de aanzienlijke reductie van het energiegebruik wordt de waterketen nog niet energieneutraal. Daarvoor zijn nog meer woningen met nieuwe sanitatie noodzakelijk.

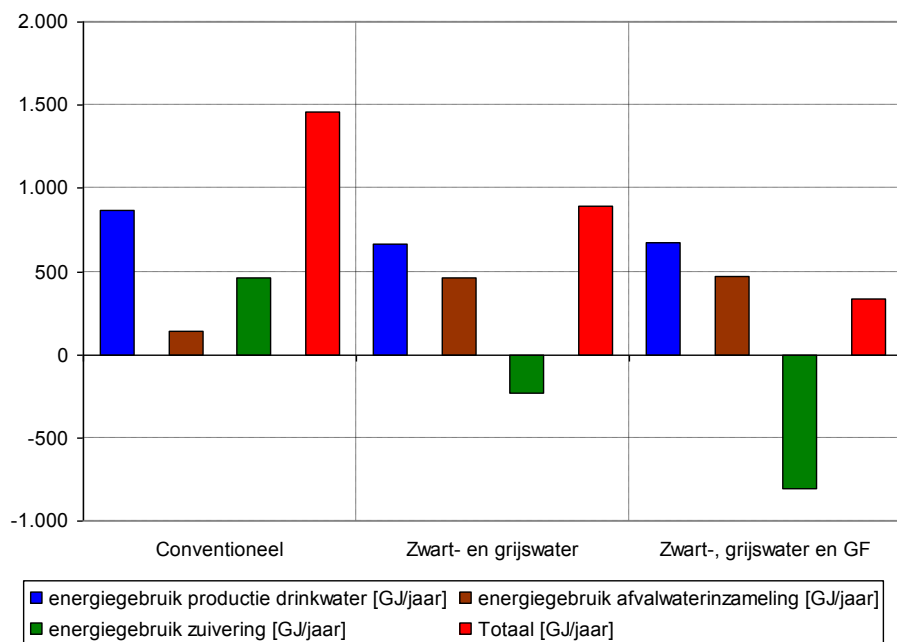
Figuur 5.1 geeft het DEUGD effect op de energiebalans weer voor scenario A. Figuur 5.2 geeft het effect op de energiebalans weer als de implementatiegraad wordt verhoogd naar 40 % van de nieuwbouw woningen (scenario B).

FIGUUR 5.1 EFFECTEN OP ENERGIEGEBRUIK IN WATERKETEN BIJ NIEUWBOUW WONINGEN SCENARIO A



Figuur 5.1 laat zien in welke mate het energiegebruik voor leidingwaterproductie afneemt en het energiegebruik bij de afvalwaterinzameling toeneemt. Het energiegebruik voor zuiveren van afvalwater wordt bij implementatie van DEUGD verlaagd. Dit wordt vooral veroorzaakt door de toename van de biogasproductie. Op de totale waterketen wordt door de nieuwe sanitatie verlaging van het energiegebruik bereikt. De grootste besparing wordt behaald, als ook GF vergist wordt. Iedere DEUGD-woning die wordt aangesloten levert dan op rwzi Deventer netto energie op. Er is dan op rwzi Deventer voor zo'n woning geen sprake meer van een energiegebruik voor het zuiveren van afvalwater en verwerken van GF, maar van energieproductie.

FIGUUR 5.2 EFFECTEN OP ENERGIEGEBRUIK IN WATERKETEN BIJ SCENARIO B



Figuur 5.2 laat in principe hetzelfde beeld zien als figuur 5.1. In deze figuur is echter de implementatiegraad groter. De effecten zijn hierdoor groter dan bij de 'kleinschalige' toepassing. Als bij 40 % van de nieuwbouw woningen nieuwe sanitatie toegepast wordt, kan de zuivering meer energie leveren. Als ook GF op de zuivering vergist wordt, neemt de energielevering drastisch toe. In dit geval levert de zuivering meer dan er voor leidingwaterproductie en distributie benodigd is. De gehele waterketen vraagt echter nog wel energie. Een grotere implementatiegraad biedt echter wel goede perspectieven voor een energieleverende waterketen.

## 5.5 FINANCIËEL

### 5.5.1 INZAMEL- EN TRANSPORTSISTEEM

Het belangrijkste verschil tussen traditionele riolering en DEUGD-concept zijn de kosten voor in pandige aanpassingen, een extra leidingstelsel, vacuÛmpompen, persgemalen, afsluiters en doorspuitvoorzieningen. Deze maken het DEUGD-concept voor Steenbrugge circa EUR 3.000.000,00 duurder dan een traditioneel systeem (EUR 2.400,00 per woning)

55 % van de meerkosten is gerelateerd aan de in pandige aanpassingen in de woning. De meerkosten van een vacuÛmtoilet ten opzichte van een conventioneel toilet zijn circa EUR 250,00 per toilet. De meerkosten zijn in principe voor rekening van de woning-/gebouweigenaren of worden verdisconteerd in de koopprijs. De overige 45 % van de meerkosten komt voor rekening van vacuÛmpompstations, extra leidingwerk, persleidingen, afsluiters en doorspuitvoorzieningen.

Overigens is Steenbrugge door de verspreide bebouwing en veel laagbouw een relatief dure casus. Een locatie met veel hoogbouw (zoals Park Zandweerd) heeft per woning veel lagere rioleringskosten en in absolute zin lagere meerkosten voor DEUGD.



### 5.5.2 RWZI

De zuivering Deventer heeft op dit moment voldoende capaciteit om de lozing van Steenbrugge te kunnen behandelen. Om deze redenen behoeft de zuivering, voor de conventionele en de DEUGD-variant, geen aanpassingen. Er is van uitgegaan dat de kosten op de rwzi voor scenario A (alleen Steenbrugge) verwaarloosbaar zijn.

Voor scenario B ligt de situatie complexer. Rwzi Deventer heeft in principe voldoende capaciteit om alle nieuwbouw zonder aanpassing van de bestaande zuivering te behandelen. Het bouwen van een eigen zwartwater (en GF) zuivering levert dus meerkosten op ten opzichte van de conventionele situatie. Het meerekenen van deze kosten levert echter geen eerlijke vergelijking op omdat de kwaliteit van het effluent zal veranderen. Om toch een indruk te geven van de benodigde investering is een indicatieve raming opgesteld voor de bijkomende kosten. De kosten voor aanpassingen op de rwzi bedragen ongeveer EUR 1.000,00 per woning. De totale investering op de rwzi voor scenario B is dan 3.500.000,00.

### 5.5.3 KOSTEN EN OPBRENGSTEN

De zuiveringskosten worden voornamelijk bepaald door de slibverwerkingskosten en de benodigde beluchtingsenergie. Voor de conventionele variant liggen de slibverwerkingskosten hoger. De slibproductie voor de DEUGD-variant is in theorie lager, omdat meer organische stof wordt vergist en omgezet naar biogas in plaats van omzetting naar actief-slibmassa, dat minder goed vergistbaar is. Het één en ander is echter nog afhankelijk van de afvalwatersamenstelling van het zwartwater. Deze is, zoals in paragraaf 3.3 aangegeven, anders van aard dan die van conventioneel.

Er is een raming opgesteld voor de investeringen per scenario, zie tabel 5.10.

TABEL 5.10 OVERZICHT INVESTERING (MEERKOSTEN TOV COVENTIONEEL)

	Scenario A: Steenbrugge		Scenario B: 40 % nieuwbouw	
	Per woning	Totaal	Per woning	Totaal
Zwartwater en grijswater (1)	EUR 2.400,00	EUR 3.000.000,00	EUR 3.400,00	EUR 12.000.000,00
Zwartwater, grijswater en GF (2)	EUR 3.800,00	EUR 4.600.000,00	EUR 4.800,00	EUR 17.000.000,00

Er is ook sprake van opbrengsten. Er wordt minder water verbruikt. Verder heeft het biogas een zekere waarde. In het geval van DEUGD wordt er meer biogas geproduceerd, waardoor meer elektrische energie op locatie kan worden geproduceerd en minder hoeft te worden ingekocht. De hoeveelheid beluchtingsenergie wordt lager. Daarentegen is wel meer energie benodigd voor de afvalwaterinzameling dan conventioneel. Tenslotte hoeft minder afval te worden afgevoerd.

De drinkwaterbesparing bedraagt ongeveer EUR 40,00 per huishouden per jaar. Het biogas vertegenwoordigt een waarde van EUR 2,00 (scenario A1) tot EUR 20,00 (scenario B2) per huishouden per jaar (uitgaande van een waarde van EUR 25,00/GJ). De besparing op het inzamelen van afval bij inzameling van GF is geraamd op EUR 2,30 per huishouden per jaar.

In tabel 5.11 is een eenvoudig berekende terugverdientijd weergegeven (meerkosten/besparing).

TABEL 5.11 OVERZICHT TERUGVERDIENTIJDEN INVESTERING (MEERKOSTEN TOV COVENTIONEEL/BESPARINGEN T.O.V. CONVENTIONEEL)

	Scenario A: Steenbrugge	Scenario B: 10 % nieuwbouw
Zwartwater en grijswater (1)	57	68
Zwartwater, grijswater en GF (2)	69	77

#### 5.5.4 TOELICHTING BIJ DE KOSTENRAMING

Uit de kostenraming volgt dat er sprake is een significante investering. Deze kan met de berekende besparingen slechts op de lange termijn (50-100 jaar) worden terugverdiend. Opgemerkt wordt het voor de huidige situatie een accuraat beeld geeft, maar voor de toekomst is een nuancering op zijn plaats:

- De energiekosten en waterkosten zullen in de toekomst waarschijnlijk stijgen
- Het is te verwachten dat de investeringen zullen dalen bij grootschalige implementatie van nieuwe sanitatie. Met name de kosten die in de woning gemaakt worden (riolering en toiletten) kunnen dalen door grootschalige toepassing
- De kosten voor de riolering zijn zeer bepalend. Er is nu vanuit gegaan dat conventionele riolering EUR 4.300,00 per woning kost. De meerkosten in tabel 5.10 zijn berekend ten opzichte van dit bedrag. Er is hierbij nog geen rekening mee gehouden dat het riool voor het inzamelen van grijswater wellicht eenvoudiger en goedkoper kan worden uitgevoerd dan het huidige conventionele gemengde riool. Misschien hoeft er geen sprake te zijn van een meerinvestering. Aanbevolen wordt om hier in een latere fase aandacht aan te besteden. Ook verschillen in de beheerskosten en de emissies uit het riool zouden hierbij aan de orde moeten komen
- De opbrengsten van een andere wijze van inzameling van GF zijn relatief laag verondersteld. Er is hierbij alleen uitgegaan van het verminderen van het volume. Omdat het verwerken van GF relatief goedkoop is zijn de besparingen gering. Echter de besparing is alleen gerelateerd aan de huidige situatie, oftewel de contracten die er nu liggen tussen de gemeente en de inzamelaar. Bij grootschalige implementatie van DEUGD is een geheel andere wijze van GFT-inzameling mogelijk, waardoor de besparing hoger zullen zijn. De afvalstoffenheffing bedraagt nu EUR 268,00 per jaar voor grijs afval en GFT. De kosten voor het verwerken van het afval bedragen 10-15 % van dit bedrag. De grootste jaarlijkse besparing is dus vooral te bereiken door een andere afvallogistiek. Als uitgegaan wordt van een besparing van 30 % op de afvalstoffenheffing (er wordt dan geen GF meer opgehaald) dan daalt de terugverdientijd tot 30-40 jaar
- Afvalstoffenheffing (er wordt dan geen GF meer opgehaald, besparing EUR 80,00/ huishouden per jaar) dan daalt de terugverdientijd voor respectievelijk scenario A 2 en B 2 tot 28 en 34 jaar

In deze kostenraming is nog niet ingegaan op de financiële consequenties van strengere lozingseisen. Het verwijderen van bijvoorbeeld medicijnresten kan veel efficiënter worden gerealiseerd in een kleine waterstroom

#### 5.5.5 INVESTERINGEN IN DEUGD EN KOSTEN EPC VERLAGING WONINGEN

In paragraaf 2.3 is ingegaan op de EPC. Hierbij is gesteld dat investeringen om te komen tot een EPC van 0,6 niet bijzonder hoog zijn. Pas als de EPC kleiner moet worden dan 0,5 is sprake van hoge investeringen (indicatie: EUR 10.000,00 tot 20.000,00 per 0,1 punt van de EPC ofwel een investering van EUR 2.500,00 tot EUR 5.000,00 voor een energiewinst van een GJ/jaar). De energiewinst voor DEUGD bedraagt maximaal 0,13 GJ/huishouden per jaar voor scenario A 2

en 0,3 GJ/huishouden per jaar voor scenario B 2. Gerekend vanuit de EPC zou dit een investering rechtvaardigen van EUR 300,00 tot EUR 1.500,00 per huishouden (scenario B 2). Dit is voldoende om een belangrijk deel van de investeringen in de woning te bekostigen.

Er moet hierbij rekening mee worden gehouden dat de energiewinst op woningniveau wordt bepaald en dat de rwzi daarin niet meetelt. Voor het wegen van de opbrengsten van nieuwe sanitatie is dit echter relevant. De kosten worden namelijk gemaakt bij het inzamelen van afvalwater terwijl de opbrengsten liggen bij het zuiveren van het afvalwater.

# 6

## BESPREKING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de resultaten en de conclusies van het DEUGD-onderzoek.

### 6.1 TECHNISCHE EN FINANCIËLE HAALBAARHEID

Het DEUGD onderzoek is een uitwerking van nieuwe sanitatie in een bestaande infrastructuur: de Deventer waterketen. Het uitvoeren van het Deugd onderzoek moet inzicht geven in een aantal zaken:

- De technische en financiële haalbaarheid van de productie van duurzame energie uit geconcentreerd toiletwater (zwartwater) voor Deventer
- De technische en financiële haalbaarheid van de productie van duurzame energie uit geconcentreerd toiletwater en GFT voor Deventer
- De technische en financiële haalbaarheid van de productie van duurzame energie uit geconcentreerd toiletwater voor de Nederlandse situatie op middellange termijn (verkenmend)

De conclusie over de technische haalbaarheid is eenduidig. De technologie om zwartwater in te zamelen is beschikbaar. Transport en zuivering van zwartwater is ook mogelijk. Voor GF is de technologie niet direct beschikbaar. De benodigde apparatuur (voedelrestenvermaler/grinder) is echter niet bijzonder complex en in het buitenland is hiermee veel ervaring. Geconcludeerd wordt dat het inzamelen, transporteren en behandelen van zwartwater en GF technisch haalbaar is. In eerste instantie kan het zwartwater worden toegevoerd aan de bestaande slibgisting. Dit levert direct een verbetering van de energiebalans op. In tweede instantie is een op zwartwater toegesneden behandeling (zoals via het DENNIS concept) beter. De energiebalans verbetert hierdoor en de zuivering wordt minder zwaar belast. Het ontbreekt echter aan praktijkervaring op een wat grotere schaal. Het technische risico zit in de toepassing van grinders in de Nederlandse situatie, opschaling en de nieuwigheid.

De financiële haalbaarheid is minder eenduidig. Voor scenario A (Steenbrugge) is sprake van significante investeringen in de woning en het riool. De kosten op de rwzi zijn nihil verondersteld. Voor scenario B is ook op de rwzi een investering nodig. Vergelijking met de conventionele sanitatie is echter niet goed mogelijk. Rwzi Deventer heeft voldoende capaciteit voor de een aanzienlijke uitbreiding van de belasting. Het toepassen van DEUGD levert daardoor in Deventer geen uitstel van investeringen voor uitbreiding op. Wel zal de kwaliteit van het rwzi effluent bij implementatie van DEUGD beter zal zijn dan conventionele sanitatie zonder aanpassingen op de rwzi.

De aanpassingen in de woningen wegen niet op tegen het voordeel van energiebesparing op de rwzi, het extra Groene Gas dat beschikbaar komt en de waterbesparing. Deze besparingen hebben in de huidige situatie een waarde van ongeveer EUR 50,00 per huishouden per jaar. De terugverdientijd voor de investeringen in de woning is daarmee relatief lang (50-100 jaar).

Bij de kostenraming kunnen enkele kanttekeningen gemaakt worden. Op basis van deze kanttekeningen wordt geconcludeerd dat voor een betere financiële haalbaarheid vooral aandacht besteed moet worden aan:

- De dimensionering van het riool en de in pandige voorzieningen. Deze bepalen het grootste deel van investeringen. En verdere kostenoptimalisatie lijkt mogelijk. Er is nu weinig ervaring met nieuwe sanitatie. Er zitten nu een aantal veiligheidsmarges in de kostenraming die in de toekomst mogelijk achterwege kunnen blijven. Verder zijn specifieke onderdelen (bijvoorbeeld het grijswaterriool en het vacuümtoilet) nu relatief duur omdat de markt hiervoor klein is ten opzichte van het conventionele toilet
- Locaties waar conventionele sanitatie niet optimaal functioneert. In gebieden met veel zettingen is het conventionele betonnen riool niet optimaal. Het nieuwe sanitatieriool biedt hier een alternatief wat robuuster kan zijn
- De inzameling van GF. Er is nu gerekend met relatief lage besparingen door de andere wijze van GF-inzameling. Gelet op de kosten die met afvalstoffeninzameling zijn gemoeid lijkt hier een grotere besparing haalbaar. Als uitgegaan wordt van een besparing van 30 % op de afvalstoffenheffing (er wordt dan geen GF meer opgehaald) dan daalt de terugverdientijd tot circa 30 jaar
- Integratie van sanitatie in beoordelingsmethodieken voor nieuwbouw. Waterbesparing en de winning van energie uit het afvalwater worden binnen de bestaande methodieken voor het beoordelen van de 'duurzaamheid' van nieuwbouw nu niet gewaardeerd. De belangrijkste beoordelingsmethodiek is de EPC-norm. Het is de verwachting dat een verdere verlaging van de EPC-norm zal leiden tot steeds hoger wordende kosten in de bouwfase. Door sanitatie te betrekken in de EPC-norm krijgt nieuwe sanitatie op zich een financiële waarde (ordegrootte EUR 300,00 tot 1.500,00 per woning). Immers bouwbedrijven zullen in de toekomst aan een lagere EPC-norm moeten voldoen. De aanpassingen in de sanitatie zijn dan wellicht een kosteneffectieve manier om aan deze steeds scherper gestelde norm te voldoen
- Nazuivering van afvalwater specifieke stoffen. Voor het bereiken van waterkwaliteitsdoelen kan het nodig zijn om een aantal specifieke vervuilende stoffen verdergaand te verwijderen uit het afvalwater, zoals medicijnresten en hormoonverstorende stoffen. Met de huidige zuiveringsmethoden gebeurt dit niet volledig. Door het verzamelen en zuiveren van een kleine waterstroom (zwartwater) kan dit naar verwachting veel efficiënter worden gerealiseerd.

## 6.2 VOORDELEN

Binnen het DEUGD-project is ingegaan op de effecten van nieuwe sanitatie binnen de bestaande infrastructuur. Het toepassen van nieuwe sanitatie volgens het DEUGD-concept brengt voordelen met zich mee voor duurzaamheid. De belangrijkste pluspunten zijn:

- 1 Er wordt minder water gebruikt door de huishoudens. De inzameling van het toiletwater met vacuümtoiletten levert een aanzienlijke waterbesparing (30-40 liter per persoon per dag) op
- 2 De emissies naar water en lucht worden lager. Met name de emissie van methaan uit het riool zal afnemen
- 3 Er wordt minder energie gebruikt bij het zuiveren van het afvalwater
- 4 Op de rwzi wordt meer duurzame energie geproduceerd in de vorm van biogas. Het zwartwater (toiletwater) wordt vergist. Hierbij komt meer biogas vrij dan bij aerobe zuivering

Andere potentiële voordelen zijn de mogelijkheden voor winning van fosfaat en het verwijderen van medicijnresten. Dit zou eenvoudiger moeten zijn omdat deze aanwezig zijn in een kleinere stroom. Deze effecten zijn binnen het DEUGD-onderzoek echter niet gekwantificeerd.

Als ook keukenafval wordt ingezameld met grinders en het vacuümriool dan is er sprake van nog een aantal pluspunten:

- 1 Er wordt minder grijs afval geproduceerd door de huishoudens. Dit zal vooral een voordeel zijn bij hoogbouw waar de inzameling van GF(T) in de praktijk erg beperkt is
- 2 Er wordt nog meer duurzame energie in de vorm van biogas geproduceerd op de rwzi

Een derde voordeel zou kunnen zijn dat minder GFT ingezameld hoeft te worden. Het is voorstelbaar dat 's winters helemaal geen GFT met groene bakken en vrachtwagens ingezameld hoeft te worden. Ook in de zomer is het afval uit deze studie volgt niet of het zinvol is om GF met het zwartwater in te zamelen. Nu wordt een deel van de GF immers ook vergist en het wordt gebruikt voor de productie van compost. Het inzamelen van GF met het zwartwater lijkt een goede route omdat er meer GF wordt ingezameld en er minder transport nodig is, maar de effecten moeten nog beter gekwantificeerd worden. Hierbij moet ook aandacht besteed worden aan de eindverwerking voor zuiveringsslib versus de verwerking van GFT.

- Door samenwerking te zoeken met andere groen gasproducenten (onder andere agrariërs) kan efficiency gerealiseerd worden bij het opwerken van biogas tot aardgas kwaliteit. Ook is gecombineerde vergisting, transport en opwerking en voorts de digestaat-verwerking samen met boeren uit de regio mogelijk aantrekkelijk.

De DEUGD-methodiek biedt verder kansen wanneer het maatschappelijke systeem verbreed wordt:

- Door de lage temperatuurwarmte die in de huizen beschikbaar komt voor verwarmingsdoelen te benutten kan bespaard worden op het energiegebruik van de woningen. Hiervoor is een lage temperatuurnet nodig. Zo'n lage temperatuurnet kan gekoppeld worden aan een hoge temperatuurnet. Dit laatste kan mede draaien op biogas dat door de rwzi is geproduceerd
- Door samenwerking te zoeken met andere groen gasproducenten (onder andere agrariërs) kan efficiency gerealiseerd worden bij het opwerken van biogas tot aardgas kwaliteit. Ook is gecombineerde vergisting, transport en opwerking en voorts de digestaat-verwerking samen met boeren uit de regio mogelijk aantrekkelijk

### 6.3 NADELEN EN RISICO'S

Er zijn enkele nadelen te benoemen:

- 1 De inzameling van het afvalwater meer elektrische energie gaat kosten. Het vacuüminzamelsysteem en het transport naar de rwzi vraagt energie. Dit is wel veel minder energie dan wordt bespaard, maar dit hogere energiegebruik ligt bij een andere partij
- 2 Er zijn investeringen nodig voor het inzamelsysteem en voor het transportsysteem voor zwartwater. De omvang van de investeringen kan redelijk goed worden geraamd (prijspeil 2011). De prijs van vacuümtoiletten is redelijk stabiel, over het leidingwerk is nog discussie. Er zijn waarschijnlijk nog wel verdere optimalisaties te maken. Aanpassingen op de rwzi (alleen nodig bij scenario B) kunnen slechts indicatief worden geraamd. De meerkosten uitgedrukt per woning liggen rond EUR 2.400,00 (alleen zwartwater en grijswater, zonder aanpassingen op de rwzi) tot EUR 4.800,00 (zwartwater, grijswater en GF, inclusief kosten voor aanpassingen op de rwzi)

Daarnaast is sprake van onzekerheid over de aanvoer van stoffen met zwartwater. Bij de gescheiden inzameling van geconcentreerd zwartwater en grijswater lijkt de vuilvracht hoger te zijn dan bij de conventionele gecombineerde inzameling. Als naar de beschikbare gegevens wordt gekeken dan lijkt het zwartwater meer organische stof (CZV en BZV) en gesuspendeerde (vaste) stoffen te bevatten (zie bijlage 5).

Als het inderdaad zo is dat er bij vacuümriolering en gescheiden aanvoer minder organisch vuil wordt omgezet in de riolering dan zou dat ook een vermindering van methaanemissies kunnen betekenen. Dit zou dan weer een positieve bijdrage aan de klimaatdoelstellingen kunnen leveren. Het fenomeen wordt ook wel het 'zwartwatergat' genoemd. aanbevolen wordt om dit 'zwartwatergat' nader te onderzoeken.

### 6.4 MAATSCHAPPELIJKE DOELSTELLINGEN

Het DEUGD-concept kan bijdragen aan een aantal belangrijke maatschappelijk doelstellingen. Deze zijn in onderstaande tabel verwoord.

Doelstelling	Conventioneel	Nieuwe sanitatie
Energiedoelstellingen waterschappen	Met bestaande technieken kunnen grote rwzi's energieneutraal worden gemaakt	Nieuwe sanitatie technieken gebaseerd op inzameling van geconcentreerd afvalwater maken van rwzi's energiefabrieken die circa 1,5 tot 2,5 maal zoveel energie produceren als dat deze gebruiken
Klimaatakkoord	In conventionele open riolering vinden afbraakprocessen plaats waardoor o.a. methaan emitteert	Inzameling via gesloten vacuümsystemen geven geen methaanemissies in het systeem

### 6.5 HOOFDCONCLUSIE

Het DEUGD-project is een haalbaarheidsonderzoek naar het winnen van duurzame energie uit geconcentreerde stromen. De beschouwde geconcentreerde stromen zijn toiletwater (zwartwater) en organisch keukenafval (GF). Uitgangspunt is dat zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de bestaande infrastructuur. De belangrijkste conclusies

- a. Het is technisch mogelijk
- b. De energiebalans over de waterketen wordt beter en de hoeveelheid duurzame energie (biogas) die wordt geproduceerd wordt groter
- c. Het is nu financieel niet haalbaar, maar er zijn mogelijkheden om de financiële haalbaarheid te verbeteren

*Ad a. Technische haalbaarheid*

Uitgaande van nieuwbouwwoningen is het technisch haalbaar geconcentreerde stromen (zwartwater en GF) in te zamelen en nauw aan te sluiten op de bestaande infrastructuur. De technologie om zwartwater in te zamelen en te transporteren is beschikbaar. Voor inzameling van GF via het inzamelsysteem voor zwartwater, is de technologie in Nederland niet beschikbaar. De benodigde apparatuur is echter niet bijzonder complex en inzameling lijkt technisch zeker haalbaar.

*Ad b. energiebalans*

Het gescheiden inzamelen en behandelen van zwartwater en GF verbetert de energiebalans van de waterketen. Dit effect is een optelsom van verschillende effecten: er hoeft minder drinkwater geproduceerd en getransporteerd te worden, het inzamelen van afvalwater kost meer energie, het zuiveren van afvalwater kost minder energie en de hoeveelheid biogas die wordt geproduceerd neemt toe.

*Ad c. Financiële haalbaarheid*

In de huidige situatie wegen de opbrengsten van nieuwe sanitatie niet op tegen de kosten. De directe opbrengsten zijn beperkt, terwijl er sprake is van aanzienlijke investeringen in de woningen en voor het riool. De ramingen zijn behoudend. Er lijken dan ook goede mogelijkheden om de financiële haalbaarheid te verbeteren, maar deze moeten nog wel nader worden uitgewerkt.

Er zijn 3 verbeterrichtingen vastgesteld voor de financiële haalbaarheid:

- 1 In het onderzoek is uitgegaan van een gelijkblijvend grijswater riool. Het vacuümriool geeft daardoor alleen extra kosten. De financiële haalbaarheid kan verbeteren, indien onderzocht wordt hoe het totale rioolsysteem (zwart, grijs en hemelwater) in de wijk geoptimaliseerd kan worden. Verder zijn er op locaties met veel zettingen
- 2 De besparingen door een andere wijze van GF-inzameling is in eerste instantie zeer behouden geraamd. Er lijken hier grotere besparingen mogelijk, maar dit vereist een andere inzamelmethode voor GFT
- 3 Energiernormering nieuwbouw. De energiewinst van gescheiden sanitatie wordt onder de huidige EPC-berekening voor woningbouw niet toegerekend aan de woning. Indien de energiewinst van gescheiden sanitatie wel wordt toegerekend aan de woning, ontstaat er op woningniveau een grotere bereidheid om in gescheiden sanitatie te investeren. Het systeem moet dan kunnen concurreren met andere energiemaatregelen voor woningbouw, waarmee de woning aan de EPC-normen kan voldoen.

## 6.6 AANBEVELINGEN

Het 'zwartwatergat' vormt een onzekere factor. Als er daadwerkelijk veel verontreiniging in het riool wordt afgebroken dan mogelijk sprake van een aanzienlijke methaanemissie uit het riool. Verder is dit relevant voor de energiebalans over de waterketen. Aanbevolen wordt om het zwartwatergat in beeld te brengen. Het maken van goede balansen is daarbij belangrijk. Casa Vita is wellicht geschikt als locatie om de water- en stoffenbalans over enkele woningen op te stellen.

Aanbevolen wordt in de praktijk de inzameling van zwartwater en GF-onderzoeken. Steenbrugge of een andere nieuwbouwlocatie zou hiervoor geschikt kunnen zijn. Het doel hiervan is het opdoen van praktijkervaring en het krijgen van beter inzicht in de productie van vergistbaar materiaal. Dit zou de basis kunnen zijn voor een proefneming met vergisting van zwartwater en GF.



Aanbevolen wordt om nader te kijken naar de te verwachten kosten en opbrengsten van nieuwe sanitatie. Aandachtspunten zijn de investeringen in het leidingwerk en riool, de inzameling van het afval en de relatie met de bouwwetgeving (EPC) en investeringen in de bouwfase.

Aanbevolen wordt om de mogelijkheden van de aanpassing van de EPC te verkennen, zodanig nieuwe sanitatie gewaardeerd wordt.

Aanbevolen wordt om synergievoordeel ten gevolge van inpassing van de rwzi in groen gas hubs te onderzoeken.

**BIJLAGE 1**

# BIJLAGENRAPPORT

R001-4641073PTK-KZO-V01-NL



**Concept**Kenmerk R002-4641073PTK-kzo-V01

---

## Verantwoording

<b>Titel</b>	Bijlagenrapport DEUGD: Duurzame Energie Uit Geconcentreerde stromen in Deventer
<b>Opdrachtgever</b>	Waterschap Groot Salland
<b>Projectleider</b>	ing. J.J. (Johan) Blom
<b>Auteur(s)</b>	ir. P. (Paul) Telkamp en ir. A.G. (Tony) Flameling (Tauw), prof. dr. J.F.D.B. (Johan) Wempe en ir. J.B. (Jan) de Wit (Saxion)
<b>Projectnummer</b>	4641073
<b>Aantal pagina's</b>	8 (exclusief bijlagen)
<b>Datum</b>	5 oktober 2011
<b>Handtekening</b>	

## Colofon

Tauw bv  
afdeling Waterbouw  
Handelskade 11  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
Telefoon +31 57 06 99 91 1  
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

## Inhoud

**Verantwoording en colofon ..... 5**

### **Bijlage(n)**

1. Nieuwbouwplannen in relatie tot rwzi Deventer
2. Beoordelingscriteria
3. Huidige inzameling & Nieuwe sanitatie
4. Sanitatieconcepten en varianten
5. Uitgangspunten afval(water)stromen
6. Vergistingsproeven
7. Rapporten studenten
8. H<sub>2</sub>O Dennis
9. Effect varianten op rwzi Deventer
10. Financiële uitwerking

# Bijlage

## 1

Nieuwbouwplannen in relatie tot rwzi Deventer

Er zijn in totaal vier nieuwbouw c.q. renovatieplannen in noord Deventer geïnventariseerd. Het gaat om de volgende plannen:

1. Steenbrugge
2. Park Zandweerd
3. Landsherenkwartier
4. Centrumplan Borgele

Onderstaand is meer informatie over de betreffende plannen opgenomen en de locatie ten opzichte van de rwzi Deventer. Aan het eind van deze bijlage is de afbakening van de nieuwbouwplannen voor het project DEUGD weergegeven.

### 1. Steenbrugge

In Steenbrugge is ruimte gereserveerd voor circa 1.200 woningen. Het wordt een mix van goedkope, middeldure en dure woningen. Het accent van Steenbrugge ligt op laagbouw in een dorpse setting passend in deze regio. Maar ook gestapelde bouw zal een plaats krijgen in Steenbrugge. De wijk staat rondom in verbinding met het Sallandse landschap. Steenbrugge is voor voorzieningen sterk gericht op de stad Deventer. In de wijk komen op beperkte schaal medische voorzieningen zoals een apotheek, huisarts en tandarts. In figuur 1 is de locatie van Steenbrugge weergegeven.



Figuur 1 Locatie Steenbrugge

De verdeling naar woningcategorie/prijsklasse die moet worden gerealiseerd in Steenbrugge, is als volgt:

- Goedkope woningen: huur (tot EUR 535,-/maand) 20 %, koop (tot EUR 174.000,-) 10 %, totaal 30 %
- Middeldure woningen: lage categorie (tot EUR 200.000,-) 10-12 %, hoge categorie (tot EUR 250.000,-) 15-17 %, totaal 27 %
- Dure woningen (> EUR 250.000,-): 23 %
- Vrije kavels (> EUR 250.000,-): 10 %
- Appartementen middelduur/duur: Huur (> EUR 535,-/maand) 5 %, koop (> EUR 174.000,-) 5 %, totaal 10 %

Figuur 2 presenteert de plankaart van Steenbrugge.



**Figuur 2 Plankaart Steenbrugge**



Steenbrugge zal in meerdere deelgebieden worden onderverdeeld. In figuur 3 zijn de verschillende deelgebieden weergegeven.



**Figuur 3 Vijf deelgebieden in Steenbrugge**

Gemiddeld gezien is het de bedoeling circa 150 woningen per jaar op te leveren. De totale bouwtijd zal dus circa 8 jaar zijn.

### *Locatie Steenbrugge in relatie tot rwzi*

In figuur 4 is de locatie van Steenbrugge weergegeven in relatie tot de locatie van de rwzi.



**Figuur 4** Locatie Steenbrugge in relatie tot locatie rwzi (bron: GoogleMaps)

## **2. Park Zandweerd**

Park Zandweerd wordt gerealiseerd op de oude ijsbaanlocatie die schuin tegenover de rwzi is gesitueerd. De locatie leent zich bij uitstek voor een creatie van markante gebouwen die de stad bijzonder en leefbaar maken. Qua uitzicht en zichtbaarheid is de locatie uniek.

De omgeving die wordt bepaald door de rivier en het landschap biedt een kans om een bijzonder woonmilieu tot stand te brengen. Deventer wil de kans om op deze locatie een landmark in de woningbouw te realiseren ten volle benutten.

In Park Zandweerd gaan 350 woningen gerealiseerd worden (eengezinswoningen, compacte woningen en hoogbouw).

Onder het motto: 'geef de stad een nieuw icoon' is de gemeentelijke ambitie ten aanzien van Park Zandweerd:

- Een kwalitatief hoogwaardige integrale ontwikkeling, zowel in stedenbouwkundig en architectonisch opzicht, als in vormgeving van de openbare ruimte
- Tot de verbeelding sprekende architectuur levert markante gebouwen op

### Locatie Park Zandweerd in relatie tot rwzi

In figuur 5 is de locatie van Park Zandweerd weergegeven in relatie tot de locatie van de rwzi.



Figuur 5 Locatie Park Zandweerd in relatie tot locatie rwzi (bron: GoogleMaps)

### 3. Landsherenkwartier

In tegenstelling tot Steenbrugge en Park Zandweerd is het Landsherenkwartier geen nieuwbouwplan, maar een grootschalig vernieuwingsplan.

Heel Keizerslanden (Landsherenkwartier is een deel van Keizerslanden) is door de minister van VROM aangewezen als een van de prioriteitswijken van Nederland. Landsherenkwartier is een gemêleerde en levendige buurt, waar veel ouderen en gezinnen met verschillende culturele achtergronden samenleven. De ruim opgezette en groene buurt ligt centraal en nabij veel voorzieningen.

Naast deze sterke punten heeft het Landsherenkwartier ook minder sterke kanten. Het woningaanbod is verouderd en eenzijdig. De woningen zijn veelal ongeschikt voor ouderen en mensen die slecht ter been zijn. Bewoners die een betere woning willen huren of kopen kunnen nauwelijks in de buurt terecht of verhuizen naar elders. Het eenzijdige woningaanbod heeft geleid tot een eenzijdige bevolkingsopbouw van ouderen en gezinnen met een laag inkomen. De openbare ruimte is versleten en in de wijk zijn verschillende verkeersonveilige plekken. Ook zijn de vele voorzieningen niet goed bereikbaar.



**Figuur 6 Impressie vernieuwing Landsherenkwartier (bron: [www.ieder1.nl](http://www.ieder1.nl))**

---

Om tot een gemêleerde wijk te komen met een divers woningaanbod, worden verouderde huurwoningen vervangen door een variatie van nieuwe huur- en koopwoningen. Na de vernieuwing is de verhouding huur-koop 50 % - 50 % (nu 90 %-10 %). De aanpak van de woningen verloopt gefaseerd. De sloop van de eerste woningen is reeds in april 2008 gestart. In de komende jaren worden circa 450 huurwoningen gesloopt en circa 400 nieuwe koop- en huurwoningen gebouwd in verschillende prijsklassen.

*Locatie Landsherenkwartier in relatie tot rwzi*

In figuur 7 is de locatie van Landsherenkwartier weergegeven in relatie tot de locatie van de rwzi.



**Figuur 7** Locatie Landsherenkwartier in relatie tot rwzi (bron: GoogleMaps)

#### **4. Centrumplan Borgele**

Centrumplan Borgele betreft een herstructureringsplan waarin het dorps karakter van de wijk zoveel mogelijk behouden blijft. Senioren vormen het sleutelwoord in Woonpark Borgele. Er wonen al veel ouderen en het is ook de bedoeling dat die er zo lang mogelijk blijven. Borgele heeft momenteel al een dorps opzet en het is de bedoeling dat dit gevoel behouden blijft. De gemoedelijke sfeer wordt alom geroemd. Er komt een soort dorpsplein over de Dreef waar mensen elkaar ontmoeten. Dat moet het pareltje van de wijk worden. Verder moet er voldoende zorg komen en worden de voorzieningen opgekrikt. Het winkelcentrum in de wijk wordt opgeknapt en twee keer zo groot gemaakt.

Om het parkachtige karakter van de wijk te benadrukken, komt er veel groen naast en rond de nieuwe woningen. Verder worden de doorgaande wegen voor gemotoriseerd verkeer beperkt.

In totaal worden er 91 woningen gesloopt waarvoor er 153 terugkomen. Het gaat om 100 (zorg)appartementen die zowel in de huur als verkoop gaan. Daarnaast komen er winkels, patiowoningen (huur en koop), rijtjeshuizen (huur en koop), twee-onder-één-kap woningen en vrijstaande huizen (koop).

##### *Locatie Centrumplan Borgele in relatie tot rwzi*

In figuur 8 is de locatie van Centrumplan Borgele weergegeven in relatie tot de locatie van de rwzi.



**Figuur 8** Locatie Centrumplan Borgele in relatie tot locatie rwzi (bron: GoogleMaps)

### **Afbakening nieuwbouwplannen binnen DEUGD-project**

Landsherenkwartier en Centrumplan Borgele zijn binnen het DEUGD-project niet verder onderzocht. De vernieuwing van Landsherenkwartier is namelijk al gestart waardoor implementatie van een ander type toilet (+ riolering) niet meer kan worden doorgevoerd. Centrumplan Borgele is buiten beschouwing gelaten vanwege de beperkte hoeveelheid woningen (100 tot 150 woningen). Steenbrugge en Park Zandweerd zijn wel betrokken bij het DEUGD-project, aangezien het beide plannen zijn met een aanzienlijke omvang en daarnaast de tijdsplanning van deze plannen eventuele implementatie van een ander type toilet en riolering toelaat.



# Bijlage

## 2

Beoordelingscriteria



In hoofdstuk 2 is gesproken over het belang van de EPC.

Uit het onderzoek komt naar voren dat de voordelen van het scheiden van het zwarte water van het grijze water vooral leiden tot lagere energiekosten bij de waterzuivering. Deze voordelen wegen echter niet op tegen de extra kosten van de nieuwe sanitatie. Wanneer de voordelen die de nieuwe sanitatie met zich meebrengt ook meegerekend worden in de EPC ontstaat echter een ander beeld. De EPC-systematiek laat dit op dit moment nog niet toe. Het is daarom van belang nader in te gaan op de methoden om de energieprestaties van een woning (of een aantal woningen) te berekenen.

De EPC wordt vastgesteld met de volgende formule.

$$EPC = \frac{Q_{pres,tot}}{65 \times A_{verlies} + 330 \times A_g} \times \frac{1}{C_{epc}}$$

Hierin is  $Q_{pres,tot}$  het berekende totale primaire energiegebruik in MJ van de woning volgens NEN 5128

$A_{verlies}$  is het buitenoppervlak van de woning volgens NEN 5128

$A_g$  is het gebruiksvloeroppervlak van de woning volgens NEN 5128

$C_{epc}$  is een correctiefactor volgens NEN 5128

Er zijn naast de genoemde NEN 5128 en 2916 momenteel 8 (milieu/energie) prestatie beoordelingsinstrumenten die ingezet kunnen worden:

- DPL (DuurzaamheidsProfiel van een Locatie)
- EPL (EnergiePrestatie op Locatie)
- GPR-gebouw
- GreenCalc+
- BREEAM-nl Nieuwbouw
- Afwegingskader locaties
- EPCheck
- LEED

Onderstaand overzicht is ontleend aan rapportage voor Agentschap NL [1]. In navolgende tabel staan de eigenschappen per instrument weergegeven. Daarbij is aandacht voor: het schaalniveau van het instrument (gebouw of gebied), de breedte van het instrument (alleen energie of breder), de energieposten die meegenomen worden door het instrument (het gebouwgebonden energiegebruik zoals verwarming, koeling en ventilatie, het gebruikersgebonden deel als apparatuur en/of het energiegebruik gerelateerd aan het toepassen van materialen), de fasen van het Gebiedsontwikkelingsproces (visie tot en met beheer) en de toepasbare normen en keurmerken.

Tabel 1 Overzicht van de verschillende (milieu/energie) prestatie beoordelings instrumenten

	Schaal-niveau		Breedte		Energie-posten			Fase gebiedsontwikkeling					Norm en/of Keurmerk		
	Gebied	Gebouw	Energie	Duurzaamheid	Gebouw-gebonden	Gebruikers-gebonden	Materiaal	Vrije	Masterplan	Stedebouwkundig plan	Bouw- en inrichtingsplan	Uitvoering	Beheer	Norm	Keurmerk
DPL	X		X	X	X	X	X	X	X				X		
EPL	X		X		X	X		X	X	X	X		X		
GPR-gebouw		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X		
GreenCalc+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		
EPU		X	X		X			X	X	X	X		X	X	
EPW		X	X		X			X	X	X	X		X	X	
BREEAM-nl		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X
Afwegingskader loc.	X		X		X	X		X							
EPCheck		X	X		X						X				
LEED	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X
OEI	X		X		X	X		X	X						
BouwTransparant		X	X		X							X			

<sup>1)</sup> GreenCalc+ heeft een wijkinvoeroptie, het instrument wordt echter vooral op gebouwniveau toegepast.

In geen enkele prestatie beoordelingsinstrument wordt expliciet en kwantitatief rekening gehouden met de milieu- en energie effecten van watergebruik in de gehele keten, behalve door het gebruik van warm tapwater. GPR en BREEAM houden rekening met de effecten van toiletspoeling (liters per toilet doorspoeling) en met waterbesparende douchekoppen.

Bovengenoemde (milieu/energie) prestatie beoordelingsinstrumenten worden in de huidige Nederlandse praktijk gebruikt. Omdat alleen de EPN (NEN 5128 en NEN 2916) zijn opgenomen in het bouwbesluit is de EPN het enige instrument waarmee de energieprestatie kan worden afgedwongen.

Gesteld kan worden dat, uitgezonderd drinkwaterbesparing en een composttoilet (Zie bijlage C.2, GPR), nieuwe en alternatieve vormen van sanitatie niet worden gewaardeerd in de bestaande (milieu/energie) prestatie beoordelingsinstrumenten.

Hoewel de hoeveelheden energie die naast het terugwinnen van voelbare warmte uit douchewater gering zijn, worden de hoeveelheden te besparen energie met nieuwe sanitatie relatief groter als er sprake is van zeer zuinige woningen (< 350 aardgas equivalenten voor verwarming en warm tapwater).

[1] *Centraal stellen van duurzame energie ambities in het gebiedsontwikkelingsproces*, DHV groep, Juni 2010, in opdracht van Agentschap.nl


Omschrijving GPR gebouw (bron: [8])

<b>Wat</b>	Wat doet het instrument?	Prestatie-instrument voor het meetbaar en bespreekbaar maken van duurzaam bouwen.
<b>Wanneer</b>	Wanneer in het proces is het instrument toepasbaar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ GPR-gebouw kan in de Visiefase worden gebruikt om een ambitieniveau op gebouwniveau te benoemen. Er wordt dan nog niet gerekend, maar een na te streven ambitieniveau benoemd;</li> <li>➤ Een GPR-gebouw-ambitie kan worden vastgelegd in het Bestemmingsplan (en het contract) in de Masterplanfase en/of Stedenbouwkundige planfase. Hierdoor wordt voor de Bouwplannen in de volgende fase een ambitie vastgelegd;</li> <li>➤ Als vooraf een GPR-gebouw-ambitie is vastgelegd moeten in de Bouwplanfase de berekeningen van de private partijen worden gecontroleerd;</li> <li>➤ Tot slot kan in de Gebruik- en Beheerfase – als de gebiedsontwikkeling is gerealiseerd - de daadwerkelijke GPR-gebouw score van objecten geëvalueerd worden middels GPR-gebouw.</li> </ul>
<b>Waarvoor</b>	Waarvoor kan het instrument worden toegepast?	Op gebouwniveau voor het afspreken van ambities, voor het toetsen en optimaliseren van prestaties en voor het communiceren over niveaus van duurzaamheid. Voor woning-, kantoor- en onderwijsgebouwen meet GPR Gebouw kwaliteit en duurzaamheid op

		kwantitatieve wijze.
<b>Waarbij</b>	Schaalgrootte en bebouwingstype waar het instrument kan worden toegepast?	Het instrument is geschikt om op gebouwniveau te worden toegepast, voorlopig alleen voor woon-, kantoor- en onderwijsgebouwen. Nieuwe functies zijn in ontwikkeling. Het instrument is geschikt voor zowel bestaande als nieuwbouw.
<b>Wie</b>	Wie kan het instrument gebruiken?	Overheden, met name gemeenten, projectontwikkelaars, corporaties, architecten, adviseurs en onderwijsinstellingen. Het GPR instrument is niet vrij beschikbaar.
<b>Ervaring</b>	Waar zijn ervaringen met het instrument?	Vanaf 1995 is het programma ontwikkeld en toegepast in Tilburg en omgeving. Vanaf 2004 is versie 3.0 van start gegaan met een project bij 18 gemeenten, o.a. in Den Haag, Eindhoven, Haarlem, Nijmegen en Utrecht. Met de meest recente versie (4.0) zijn diverse projecten doorgerekend, o.a. renovatie school (gemeente Bameveld), St. Maartenspoort (gemeente Maastricht), Wooncomplex Dotterlei (Gemeente Capelle a/d IJssel), Nieuwbouw Stadhuis Beverwijk (Beverwijk). Voor meer projecten, zie <a href="http://www.gprgebouw.nl">www.gprgebouw.nl</a> .
<b>Detailniveau</b>	Op welk detailniveau zijn inputgegevens nodig?	GPR-gebouw neemt een breed scala aan aspecten mee op een relatief laag detailniveau. Er wordt voor een groot deel gebruik gemaakt van referentiegegevens. Indien gewenst kunnen referentiegegevens als gebouwkenmerken aangepast worden naar de eigen situatie.
<b>Hoe</b>	Hoe werkt het instrument?	Duurzaamheidsambities kunnen vroeg in het planproces in prestatieafspraken vastgelegd worden voor 5 thema's: energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde.  Vanaf het voorlopig ontwerp kan een verkenning worden uitgevoerd op alle thema's die naarmate gedetailleerdere gegevens bekend zijn verder uitgewerkt kunnen worden. Dit kan dienen als tussentijdse toetsing en optimalisatie.  Het instrument zelf is webbased. Via internet kan ingelogd worden en een nieuw gebouw worden aangemaakt. Per thema kunnen de gegevens van het ontwerp ingevoerd worden. Dit gebeurt grotendeels door het aanvinken van de keuzes. Verbeteropties zijn direct te zien en de totale prestatie wordt inzichtelijk.
<b>Relatie</b>	Relatie met andere instrumenten?	De GPR-score wordt bepaald op basis van genommerde rekenregels, zoals de EPC-berekening, LCA studies naar milieueffect van materialen en Politiekeurmerk Veilig Wonen. Het resultaat uit een GPR-gebouw kan gebruikt worden als input voor het thema materialen van BREEAM-nl.
<b>Meer info</b>	Waar is meer gedetailleerde informatie over dit	De internetsite <a href="http://www.gprgebouw.nl">www.gprgebouw.nl</a> biedt aanvullende informatie en is tevens de locatie waar ingelogd kan worden op het instrument.

## Overzicht puntentoekening GPR


Figuur 1 Blad milieubeoordeling met subbladen Water, Milieuzorg en Materiaal



BEDRIJFSGEGEVENS  
INTERNE GEBRUIKERS  
EIGEN GEGEVENS  
PROJECTEN  
GEBOUWEN  
HANDLEIDING  
Contact  
Disclaimer



UITLOGGEN

bestaande sanitatie » heerhugowaard » probeer  
GPR gebouw 4.1 nieuwbouw woongebouwen




		max.	
2	Milieu	9,6	1000
▶ 2.1	Water	8,8	200
▶ 2.2	Milieuzorg	8,5	100
▶ 2.3	Materiaal	10	700


U bent ingelogd als:  
Dhr. J de Wit  
Met de website-rol:  
Licentiebeheerder



Figuur 2 Subblad water met puntentoekenning water



bestaande sanitatie » heerhugowaard » probeer  
GPR gebouw 4.1 nieuwbouw woongebouwen




<b>2 Milieu</b>		<b>9,7</b>		max. 1000
<b>2.1 Water</b>		<b>8,8</b>		200
<b>2.1.1 Startwaarde nieuwbouw 2006 = 6,0</b>				120
<b>2.1.2 Waterbesparende toiletsystemen</b>				
>9 liter reservoir zonder spoelonderbreker	<input type="radio"/>		-8	(i) ✎
6 tot 9 liter reservoir zonder spoelonderbreker	<input type="radio"/>		0	(i) ✎
6 tot 9 liter reservoir én spoelonderbreker	<input type="radio"/>		3	(i) ✎
6 liter reservoir én spoelonderbreker	<input type="radio"/>		8	(i) ✎
4 liter reservoir, spoelonderbreker en stroomvergroter	<input type="radio"/>		11	(i) ✎
composttoilet	<input checked="" type="radio"/>		14	✎
<b>2.1.3 Waterbesparende kranen</b>				
normale kranen	<input type="radio"/>		0	(i) ✎
ééngreepsmengkranen	<input type="radio"/>		2	(i) ✎
kranen met volumebegrenzers	<input checked="" type="radio"/>		5	(i) ✎
<b>2.1.4 Waterbesparende douches</b>				
standaard-douchekoppen	<input type="radio"/>		0	(i) ✎
thermostatische douchemengkraan	<input type="radio"/>		1	(i) ✎
waterbesparende douchekop	<input checked="" type="radio"/>		13	(i) ✎
<b>2.2 Milieuzorg</b>		<b>8,5</b>		100
<b>2.3 Materiaal</b>		<b>10,0</b>		700

U bent ingelogd als:  
Dhr. J de Wit  
Met de website-rol:  
Licentiebeheerder

BEDRIJFSGEGEVENS  
INTERNE GEBRUIKERS  
EIGEN GEGEVENS  
PROJECTEN  
GEBOUWEN  
HANDLEIDING  
Contact  
Disclaimer

UITLOGGEN

Figuur 3 Blad Energie



bestaande sanitatie » heerhugowaard » probeer  
GPR.gebouw® 4.1 nieuwbouw woongebouwen

? 🖨️ 📄 📊 🔄 🏠 🌞 🌬️ 🌊

---

1

Energie

max.  
6,0 1000

---

1.1

Energieprestatie

5,8 750

Berekening op basis van:

Ik voer de resultaten uit een externe energieprestatie-berekening in

Ik maak zelf een indicatieve energieprestatie-berekening met GPR Gebouw

▼ indicatieve energieprestatie-berekening

bouwkundig
verwarming
tapwater
ventilatie
koeling
zonne-energie

**Bouwtype**

traditioneel, gemengd zwaar

gemengd licht

volledig houtskelbouw

**Thermische bruggen**

forfaitair volgens EPN

SBR details

SBR details energiezuinig

**Constructies**

Dichte delen			
type constructie	Rc	%	
begane grondvloer	3,5	100	+
dichte gevel delen	3,5	100	+
hellend dak	3,5	100	+

Transparante delen						
type constructie	U	ZTA	orientatie	%	zonwering	
eigen invoer	1,6	0,6	N	35	<input type="checkbox"/>	+
eigen invoer	1,6	0,6	Z	65	<input checked="" type="checkbox"/>	🗑️

1.2

Aanvullende energiemaatregelen

6,6 250

U bent ingelogd als:  
 Dhr. J de Wit  
 Met de website-rol:  
 Licentiebeheerder





Figuur 5 Blad gebruikskwaliteit



bestaande sanitatie » heerhugowaard » probeer  
GPR gebouw 4.1 nieuwbouw woongebouwen



4

Gebruikskwaliteit

max.  
7,4 / 1000

4.1 Toegankelijkheid	6,2	250
<b>4.1.1 Startwaarde nieuwbouw 2006 = 6,0</b>		150
<b>4.1.2 Bereikbaarheid perceel</b>		
OV halte op max. 300 m	<input type="checkbox"/>	3
overdekte fietsstalling aanwezig	<input checked="" type="checkbox"/>	3
<b>4.1.4 Verkeersroute op perceel tot entree woning: breedte</b>		
niet aanwezig	<input type="radio"/>	9
breedte: b >= 1,2 m EN hoogteverschil <= 0,02 m of hellingbaan in looprichting max. 1:25	<input type="radio"/>	9
breedte: 0,9 m <= b < 1,2 m EN hoogteverschil <= 0,02 m of hellingbaan in looprichting max. 1:25	<input checked="" type="radio"/>	0
<b>4.1.11 Trap in de woning en gemeenschappelijke verkeersruimte: optrede</b>		
optrede <= 0,185 m OF geen trap	<input type="radio"/>	9
0,22 >= optrede > 0,185 m	<input checked="" type="radio"/>	0
<b>4.2 Functionaliteit</b>	6,2	250
<b>4.3 Technische kwaliteit</b>	10,0	250
<b>4.4 Sociale veiligheid</b>	6,7	250

U bent ingelogd als:  
Dhr. J de Wit  
Met de website-rol:  
Licentiebeheerder

BEDRIJFSGEGEVENS  
INTERNE GEBRUIKERS  
EIGEN GEGEVENS  
PROJECTEN  
GEBOUWEN  
HANDLEIDING  
Contact  
Disclaimer

UITLOGGEN

Figuur 6 Blad Toekomstwaarde



bestaande sanitatie » heerhugowaard » probeer

GPR gebouw\* 4.1 nieuwbouw woongebouwen



5
Toekomstwaarde

max.  
5,8 / 1000

5.1 Toekomstgerichte voorzieningen	5,7	333
5.1.1 Startwaarde nieuwbouw 2006 = 6,0		200
5.1.2 Hoogwaardige elementen		
afstemmen onderhoud en levensduur bouwdelen	<input checked="" type="checkbox"/>	11
dakoverstek, d >= 0,75 m	<input type="checkbox"/>	11
dichte geveldelen van verblijfsruimten Rc >= 5,0 m²K/W	<input type="checkbox"/>	11
dichte geveldelen van niet-verblijfsruimten Rc >= 3,5 m²K/W	<input checked="" type="checkbox"/>	11
gevel gereed voor buitenzonwering	<input type="checkbox"/>	11
gevel gereed voor vraaggestuurd ventilatierooster	<input type="checkbox"/>	11
niet-vandaalbestendige bouwdelen en producten op kwetsbare plaatsen	<input type="checkbox"/>	-11
woningscheidende wand en vloer onder niveau ll; k >= 5 dB en lco >= 10 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	-11
geen lagetemperatuurverwarming (LTV)	<input checked="" type="checkbox"/>	-11
geen extra loze elektraleidingen met aansluitpunt naar alle verblijfsruimten	<input checked="" type="checkbox"/>	-11
5.1.3 Toekomstige duurzamere uitrusting		
trap geschikt voor zweef- of trapplateaulift OF geen trap	<input type="checkbox"/>	22
ruimte in meterkast voor domotica EN wandcontactdoos	<input type="checkbox"/>	22
bereikbare leidingtracés	<input type="checkbox"/>	22
gebouw ongeschikt voor actieve zonne-energie	<input type="checkbox"/>	-22
geen ruimte gereserveerd voor uitbreiding installatie	<input type="checkbox"/>	-22
5.2 Flexibiliteit	5,3	333
5.3 Belevingswaarde	6,2	333

U bent ingelogd als:  
 Dhr. J de Wit  
 Met de website-rol:  
 Licentiebeheerder

BEDRIJFSGEGEVENS  
 INTERNE GEBRUIKERS  
 EIGEN GEGEVENS  
 PROJECTEN  
 GEBOUWEN  
 HANDLEIDING  
 Contact  
 Disclaimer

UITLOGGEN

Figuur 7 Totaaloverzicht



# **Bijlage**

## **3**

**Huidige inzameling & Nieuwe sanitatie**

In deze bijlage worden de volgende onderwerpen besproken:

- Wat is Nieuwe Sanitatie?
- Het effect van Nieuwe Sanitatie op de waterketen
- Inzamelings- en behandelingstechnieken Nieuwe Sanitatie
- Acceptatie

### Wat is Nieuwe Sanitatie?

In het huidige inzamelingsysteem komen alle afvalwaterstromen van een huishouden samen in een buis. Meestal wordt hemelwater ook nog afgevoerd via de riolering. Het gezamenlijke afvoeren van het afvalwater is vanuit procestechnologisch oogpunt niet praktisch, geconcentreerd afvalwater wordt verdund met minder geconcentreerd afvalwater. Nieuwe Sanitatie doelt op een brongescheiden inzameling en behandeling om deze verdunning te voorkomen. De brongescheiden inzameling en behandeling sluit tevens aan bij de prioriteitsstelling van het afvalstoffenbeleid volgens de ladder van Lansink (preventie → hergebruik en nuttige toepassing → verbranden → storten).

Binnen een huishouden zijn de volgende afvalwaterstromen te onderscheiden:

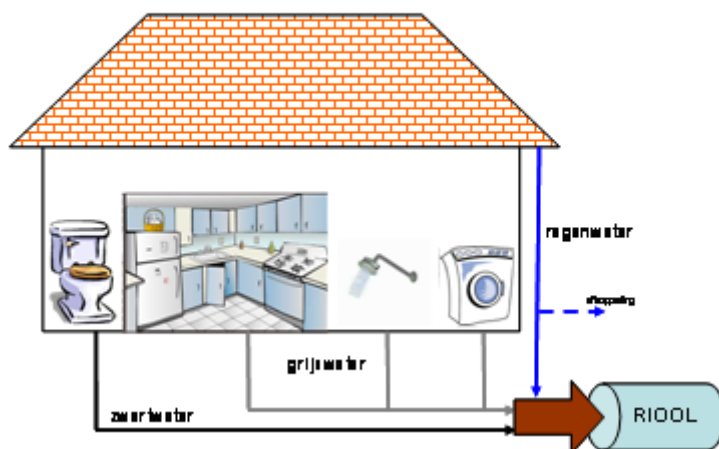
- Zwartwater. Zwartwater bestaat uit urine en fecaliën en is een geconcentreerde stroom
- Grijswater. Grijswater is water afkomstig van keuken, bad, douche en wasmachine. De grijswaterstroom is een relatief licht vervuilde stroom
- Regenwater. Regenwater is de minst vervuilde stroom

Tevens kan zwartwater nog verder onderverdeeld worden naar enkel fecaliën (bruinwater) en enkel urine (geelwater).

In figuur 9 zijn de verschillende huishoudelijke afvalwaterstromen schematisch weergegeven en hoe deze stromen in de huidige situatie worden afgevoerd.

---

### Huidige situatie



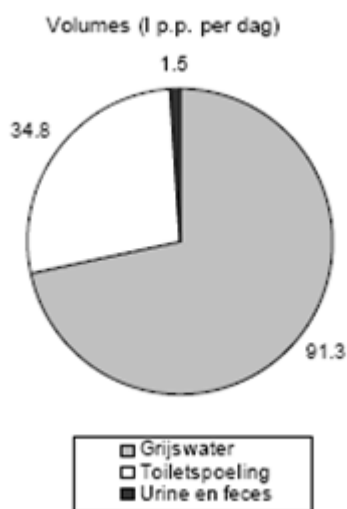
---

Figuur 9 Schematische weergave huishoudelijke afvalwaterstromen in huidige situatie

---

Menselijke afvalstoffen bedragen slechts 1 tot 2 volumeprocent van de totale afvalstroom, maar het overgrote deel van de nutriënten (onder andere stikstof en fosfaat), menselijke pathogenen, medicijnresten en hormoonverstorende stoffen in stedelijk afvalwater is afkomstig van de menselijke afvalstoffen.

In figuur 10 is de omvang van de verschillende huishoudelijke afvalwaterstromen weergegeven. De hoeveelheid urine samen met fecaliën (zwartwater) bedraagt 1,5 liter per persoon per dag. In het huidige stelsel wordt het zwartwater verdund met toiletspoelwater (gemiddeld 35 liter per dag) en met het relatief licht vervuilde grijswater (90 liter per dag).



---

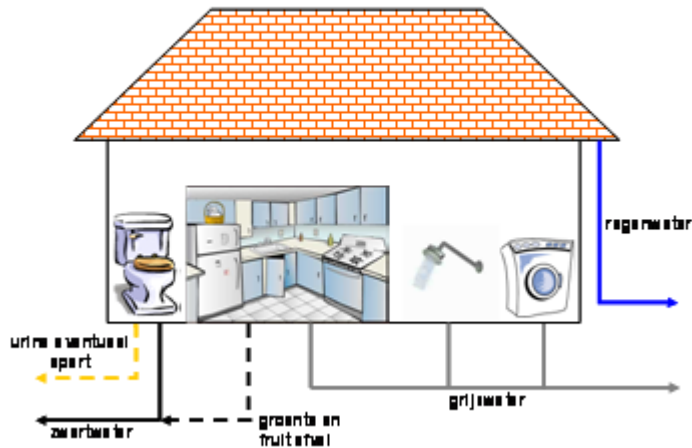
**Figuur 10 Omvang van de verschillende huishoudelijke afvalstromen**

---

In de huidige situatie worden nutriënten circa 85 keer verdund waarna ze verwijderd moeten worden op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Door de verdunning is de verwijdering minder effectief.

In de huidige situatie wordt eigenlijk de spreekwoordelijke speld in een hooiberg gezocht. Het is veel logischer om de meest vervuilde stroom apart te houden van de licht vervuilde stromen. In figuur 11 zijn de verschillende huishoudelijke afvalwaterstromen in de toekomstige situatie weergegeven.

## Toekomstige situatie

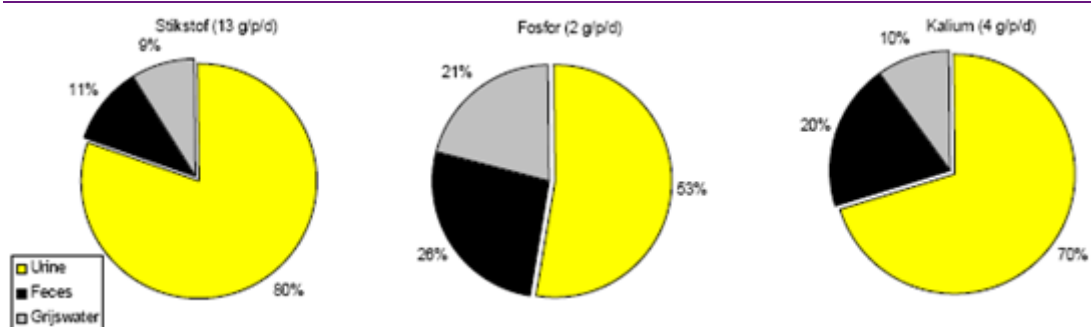


Figuur 11 Schematische weergave huishoudelijke afvalstromen in toekomstige situatie

De grootste bron van nutriënten is urine. Urine bevat 80 % van het totaal stikstof, 53 % van het totaal fosfor en 70 % van het Kalium van de totale vracht van een communale zuivering, terwijl urine slechts 1 % van de totale afvalwaterstroom is. Urine is een relatief schone, nutriëntrijke grondstof met een zeer laag gehalte aan zware metalen.

Urine + fecaliën gezamenlijk (= zwartwater) bevat 91 % van het totaal stikstof, 79 % van het totaal fosfor en 90 % van het Kalium van de totale vracht van een communale zuivering. Daarnaast bevat zwartwater ten opzichte van de totale huishoudelijke afvalwaterstroom zo goed als alle pathogenen en alle medicijnresten en hormonen.

In figuur 12 is ter informatie middels taartdiagrammen de herkomst van mineralen in stedelijk afvalwater weergegeven (bron: STOWA, 2005-12).



Figuur 12 Herkomst van mineralen in stedelijk afvalwater (Bron: STOWA, 2005-12)

Geconcentreerd zwartwater is een potentiële meststof die in het verleden als zodanig is erkend. Daarnaast bevat de organische stof in zwart water een bepaalde hoeveelheid energie die

gewonnen kan worden in de vorm van methaangas. Indien organisch keukenafval aan het zwartwater wordt toegevoegd neemt de hoeveelheid methaangas toe.

Tevens kan gescheiden inzameling en behandeling van zwart water leiden tot de productie van schoner slib in vergelijking met de productie van zuiveringsslib op de rwzi's. Het oorspronkelijke materiaal (fecaliën) bevat relatief weinig zware metalen, maar wordt in de riolering vermengd met andere stromen die zwarte metalen bevatten. Dit kunnen industriële lozingsen zijn, maar ook afspoelwater van weg en daken.

Onderzoek van Wageningen Universiteit laat zien dat het slib dat als restproduct vrijkomt bij gescheiden inzameling van zwart water aanzienlijk minder zware metalen bevat in vergelijking met communaal zuiveringsslib. Het slib kan voor de metalen chroom, lood, cadmium en nikkel aan de BOOM-normen voldoen. Voor koper en zink werden overschrijdingen gevonden; de gemeten waarden lagen echter aanzienlijk lager dan in zuiveringsslib. De betere slibkwaliteit opent perspectieven voor toepassing als meststof in de landbouw.

Het grijswater is relatief eenvoudig te behandelen (zuiveren) aangezien grijswater relatief lage concentraties nutriënten bevat. Dit leidt tot een efficiënte behandeling van het grootste deel (70 %) van stedelijk afvalwater. Door lokale behandeling ontstaat een nieuwe extra bron van water die mogelijkheden biedt voor lokale verdrogingbestrijding. Daarnaast zijn er extra mogelijkheden om een aantrekkelijke woonomgeving te creëren. De lokale behandeling van grijswater past binnen de gestelde prioriteitsvolgorde ten aanzien van waterkwantiteit en –afvoer ('vasthouden, bergen, afvoeren').

Grijswater kan in sommige gevallen een aanzienlijke hoeveelheid metalen bevatten waardoor de grijswater stroom mogelijk moeilijker is te zuiveren.

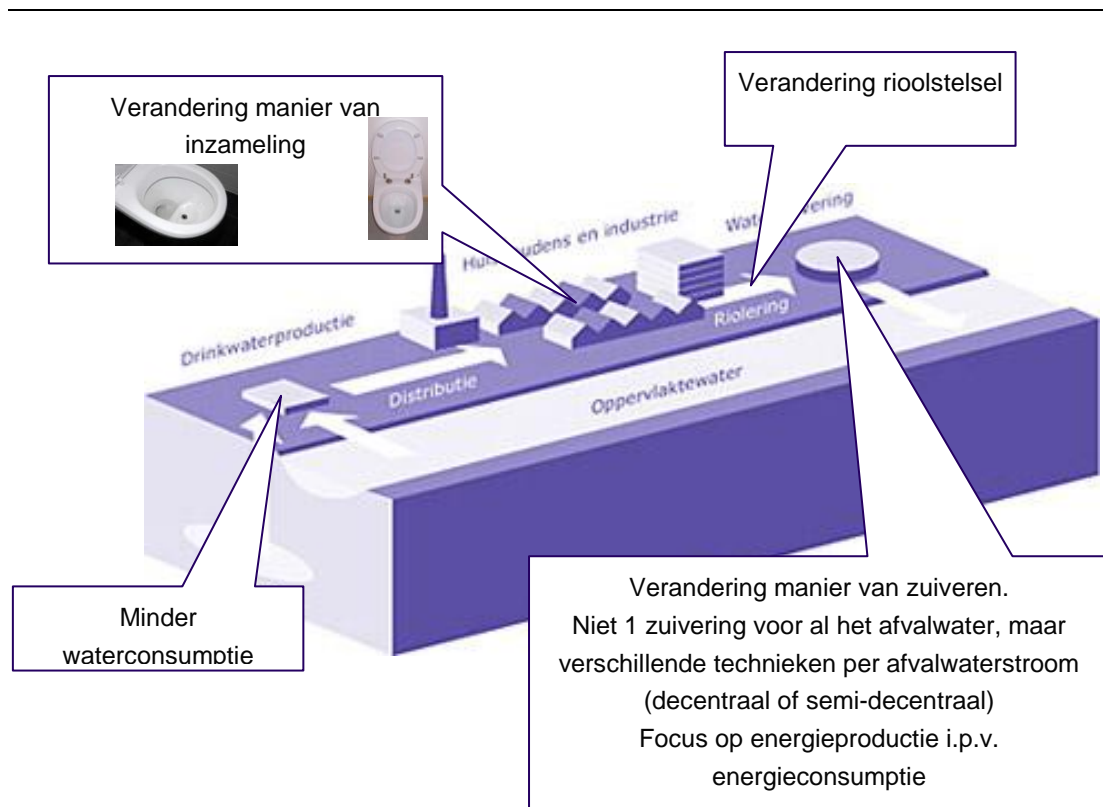
Door gescheiden inzameling van fecaliën en/of urine, en veel minder of geen spoelwater gebruik bij het toilet, blijven nutriënten, menselijke pathogenen, medicijnenresten en hormoonverstorende stoffen geconcentreerd. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid tot efficiënte verwerking, energiewinning en mogelijk hergebruik van meststoffen. Op deze manier worden emissies van nutriënten en microverontreinigingen via riooloverstorten en rwzi-effluenten verminderd of voorkomen. De verwachting is dat brongescheiden inzameling en behandeling het om bovengenoemde redenen beter doet dan het huidige systeem.

Nieuwe Sanitatie hoeft niet per definitie totaal decentraal te zijn. Mengvormen van centrale en decentrale behandeling zijn ook mogelijk. Grijswater zou bijvoorbeeld decentraal kunnen worden behandeld terwijl het zwartwater naar de conventionele rwzi gaat en vice versa. Of dat bijvoorbeeld enkel de urine apart wordt opgevangen terwijl het overige water naar de conventionele rwzi gaat. Per situatie en locatie zijn verschillende uitvoeringsvormen mogelijk.

### **Effect Nieuwe Sanitatie op waterketen?**

Toepassing van Nieuwe Sanitatie heeft gevolgen voor de gehele waterketen. In figuur Fout! Geen tekst met opgegeven opmaakprofiel in document.13 is dit schematisch weergegeven.





Figuur 13 Nieuwe Sanitatie op waterketen (bron figuur: [www.vitens.nl](http://www.vitens.nl))

## Inzamelings technieken

De in deze paragraaf besproken inzamelings technieken zijn technieken die het meest perspectiefvol lijken in Nederland.

- **Geconcentreerd zwartwater**

In een conventioneel toilet wordt zwartwater verdund met 6 tot 8 liter spoelwater per spoeling. Deze hoeveelheid is nodig om het toilet schoon te spoelen en om transport in vrijvervalriolering mogelijk te maken. 6 liter per spoeling wordt in NEN 3215 als minimum beschouwd voor transport in afvoerleidingen in een huis. Zwartwater kan worden gecomposteerd en in de landbouw worden afgezet of worden vergist mits het zwartwater zo geconcentreerd mogelijk is.

Er zijn verschillende systemen bekend voor de inzameling van geconcentreerd zwartwater. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen waterloze toiletten (ook wel droogtoiletten genoemd) en toiletten met minimale waterspoeling. Droogtoiletten worden vaak toegepast op afgelegen gebieden waar geen watervoorziening aanwezig is of ze worden toegepast op locaties waar een sterk ecologisch uitgangspunt centraal staat. Droogtoiletten zijn in het algemeen bewerkelijke toiletten. De eindgebruikers dient namelijk eens in de zoveel tijd de container waarin de urine + fecaliën worden opgevangen te ledigen. Daarnaast is vaak noodzakelijk een additief zoals bijvoorbeeld zaagsel toe te voegen om de urine + fecaliën droog te houden. Vanwege

bovenstaande redenen wordt een droogtoilet niet als optie voor inzameling van geconcentreerd zwartwater bij dit project meegenomen.

Urine + fecaliën dienen zo geconcentreerd mogelijk te worden ingezameld. Een inzamelingsysteem die teveel verdunning voorkomt is vacuümtechnologie. Vacuümtoiletten gebruiken slecht 0,5 tot 1 liter water per spoeling. Op deze manier wordt het water zeer geconcentreerd en is een effectieve behandeling mogelijk. Een vacuümtoilet ziet er iets anders uit dan een conventioneel toilet. In figuur 14 is dit te zien.

Een vacuümtoilet heeft een kleinere opening ten behoeve van de vacuümwerking. Bij elke spoeling wordt samen met 0,5 – 1 liter water ook 30 à 40 liter lucht meegezogen voor een goede vacuümwerking. Dit heeft tevens als voordeel dat de lucht in de toiletruimte deels wordt ververs.



**Figuur 14 Voorbeeld vacuümtoilet**

---

Een vacuümtransportsysteem werkt onder een constante negatieve druk. Dit houdt niet in dat de pomp(en) van een vacuümtransportsysteem constant draaien. Op basis van een instelbaar bereik van de onderdruk schakelen de pompen in en uit. In figuur 15 is een voorbeeld van een vacuümstation weergegeven. Het weergegeven vacuümstation is dubbel uitgevoerd (1+1 reserve) en transporteert het afvalwater van circa 60 personen.



**Figuur 15 Voorbeeld vacuümstation**

Vacuümtechnologie is een doorontwikkelde techniek en wordt al jaren in de luchtvaart en scheepvaart (zoals luxe cruiseschepen) toegepast.

Het geconcentreerde zwartwater kan op de conventionele riolering worden aangesloten. In dit geval is het enige voordeel de waterbesparing.

Nadeel genoemd bij vacuümtoiletten is het energieverbruik. De conventionele toiletten hebben geen energie nodig om te kunnen functioneren. Bij vacuümtoiletten is er echter wel energie nodig om de onderdruk te creëren. Echter de kosten voor de extra energie voor opwekking van de onderdruk zijn flink lager dan de baten van drinkwaterbesparing vanwege de lage hoeveelheid water per spoeling.

De concentraties in zwartwater zijn hoog genoeg voor anaerobe vergisting (biogasproductie). Slib van een eventueel on-site grijswatersysteem kan samen met het zwartwater worden vergist. Toevoeging van organisch keukenafval (groente, fruit, bloemen) aan een anaerobe vergister zal het proces verbeteren (meer biogasproductie). Toevoeging van keukenafval kan met behulp van een voedselrestenvermaler die geïnstalleerd is in de keuken geschieden. Het vermalen keukenafval kan via het vacuümstelsel worden afgevoerd. Een goede voedselrestenvermaler in combinatie met een vacuümsysteem is momenteel nog niet ontwikkeld, maar lijkt perspectiefvol. Toevoeging van organisch keukenafval aan geconcentreerd zwartwater vereenvoudigt de huidige inzameling van organisch afval en biedt extra gemak aan bewoners. Voordeel voor de bewoners is dat het niet meer nodig is om een kleine (vaak stinkende) groene bak in de keuken te hebben staan.

De waterstroom die uit de vergister komt, ook wel supernatant genoemd, is nog steeds stikstof- en fosfaatrijk en kan dus niet zondermeer worden geloosd op oppervlaktewater. Voor de verwijdering c.q. terugwinning dient een techniek of meerdere technieken te worden nageschakeld.

- **Urinescheiding (No Mix technologie)**

No-mix kan betekenen grijs van zwart scheiden, maar in het algemeen wordt met NoMix scheiding van urine en fecaliën bedoeld. Afkoppeling en aparte behandeling van urine

Voor het apart opvangen van urine zijn reeds urinescheidingstoiletten (no mix toiletten) op de markt en waterloze urinoirs. In figuur 16 is een voorbeeld weergegeven van zowel een urinescheidingstoilet als een waterloos urinoir.



**Figuur 16** Voorbeeld urinescheidingstoilet (Bron: [www.reestenwieden.nl](http://www.reestenwieden.nl)) en voorbeeld urinoir ([www.urimat.de](http://www.urimat.de))

De waterloze urinoirs gaan gepaard met een aanzienlijke waterbesparing, aangezien geen water meer nodig is voor spoeling.

Verdunning van urine bij scheidingsystemen moet zoveel mogelijk voorkomen worden, omdat (bron: STOWA, 2005-11):

- Bij verdunning moeten de opslagtanks en reactoren groter zijn
- Bij transport per as is verdund urine uiteraard veel duurder (grotere hoeveelheden)
- Fosfaatterugwinning (struvietprecipitatie) is ook efficiënter bij hogere concentraties
- Daarnaast kan hydrolyse van ureum en de resultante aanslag van precipitanten beperken door geconcentreerde urine te hanteren
- Indien microverontreinigingen in de toekomst verwijderd moeten worden, is verdunning ook minder efficiënt

Het opvangen urine wordt doorgaans middels vrijval getransporteerd naar een opvangbak waarna het per as wordt getransporteerd of wordt behandeld. Urine is direct of na bewerking toepasbaar als meststof, als toeslagstof bij compostering of als nutriëntenbron bij industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties. Het transport per as is uiteraard een knelpunt vanwege de hoge kosten die hiermee gepaard gaan. Meer innovatieve methoden zijn nodig voor hergebruik van mineralen. Terugwinning van mineralen als vaste stof zal veel voordeliger zijn.

## Behandelingstechnieken

- **Geconcentreerd zwartwater**

### *Omzetting organische fractie*

Een eerste stap bij de behandeling van geconcentreerd zwartwater is vergisting. Bij vergisting van geconcentreerd zwartwater wordt door middel van een anaeroob proces (zonder zuurstof) de aanwezige organische fractie door micro-organismen omgezet naar biogas.

De gisting geschiedt doorgaans in een ronde afgesloten tank waarbij een bepaalde temperatuur wordt gehanteerd. De meeste gistingen draaien onder mesofiele omstandigheden (tussen 20 en 45 °C) met een optimum rond de 33 - 35 °C. Het effluent van een zwartwater gisting, ook wel supernatant genoemd, is een stikstof- en fosfaatrijke stroom. Deze stroom kan niet zondermeer worden geloosd op het oppervlaktewater en dient te worden behandeld.

Voor stikstof- en fosfaatbehandelingstechnieken wordt verwezen naar paragraaf 4.2 waarin technieken voor urine zijn beschreven.

- **Urinescheiding**

Urine bevat voornamelijk stikstof en fosfaat en een zeer kleine organische fractie. Om deze reden heeft toepassing van vergisting voor alleen urine geen meerwaarde.

### *Stikstofverwijdering/terugwinning*

Stikstof is geen eindige bron. Om deze reden is terugwinning van stikstof geen speerpunt. Stikstofverwijdering lijkt ook eerder haalbaar dan stikstofterugwinning. Er zijn verschillende stikstofbehandelingstechnieken op de markt zoals SHARON, Anammox, DEMON of Canon. Toepassing van deze technieken lijkt perspectiefvol, maar zal in veel situaties vooralsnog economisch niet of moeilijk haalbaar zijn.

### *Fosfaatterugwinning*

Fosfaat is in tegenstelling tot stikstof wel een eindige bron en begint wereldwijd een schaars goed te worden. De verwachting is dat het fosfaaterts over 50 – 100 jaar is uitgeput. Dit is inmiddels ook terug te zien in de prijs van fosfaaterts. Jarenlang was de prijs van fosfaaterts stabiel op EUR 40,- per ton. Tussen 2006 en begin 2009 is de prijs explosief gestegen (zie figuur 17) en met een piek van circa EUR 440,- per ton. In 2009 is de prijs wel weer gezakt en is momenteel (eind 2009) circa EUR 80,- per ton.



**Figuur 17 Verloop prijs fosfaaterts**

De verwachting is dat fosfaatterugwinning de komende jaren steeds meer onder de aandacht zal komen.

Twee verschillende technieken zijn momenteel beschikbaar voor fosfaat kristallisatie; via calciumfosfaat of struviet (STOWA, 2005-11).

The Crystalactor (een fluidised bed reactor) produceert een vervanger voor ruwe fosfaaterts, maar het Crystalactor-proces is relatief complex en duur. Een fluidised bed reactor kan ook gebruikt worden voor de kristallisatie van struviet.

Een veel simpele techniek is precipitatie in een compleet gemixt systeem (CSTR) waarna het struviet wordt verwijderd door middel van een bezinktank. Operationele problemen die vaak samengaan met een kristallisatie proces zijn aanslag van struviet op de reactor en pijpverstoppingen. Het bedrijf Paques in Balk heeft het PHOSPAQ® proces ontwikkeld. Dit is een CSTR waarin ook struviet wordt verwijderd, maar waarbij geen aparte bezinktank nodig is.

- **Grijswater**

Grijswater wordt gedefinieerd als het huishoudelijke afvalwater wat binnenshuis wordt geproduceerd en wat niet afkomstig is van toiletspoeling. Het is voornamelijk afkomstig van de douches, (af)wasmachines, wasbakken en voedselbereiding. Ten opzichte van zwartwater is grijswater een relatief grote verdunde waterstroom. Het is verder een warme waterstroom. Specifiek voor de samenstelling van grijswater is de aanwezigheid van zeepresten en voedselresten. Het bevat verder zware metalen, voornamelijk koper en zink.

Het grijswater kan lokaal of op rwzi Deventer behandeld worden. Lokale behandeling heeft als potentieel voordeel dat het water in de wijk blijft en dat er mogelijk bespaard kan worden op de aanleg van riolering. De volgende opties voor behandeling van het grijswater worden beschouwd:

1. Zuivering op rwzi Deventer
2. Anaerobe behandeling

3. Aerobe behandeling
4. Helofytenfilter

#### Ad 1. Zuivering op de rwzi

Het grijswater kan via het gemeentelijk riool worden geloosd en samen met het gemengde huishoudelijk afvalwater worden gezuiverd op de rwzi.

#### Ad 2. Anaerobe behandeling

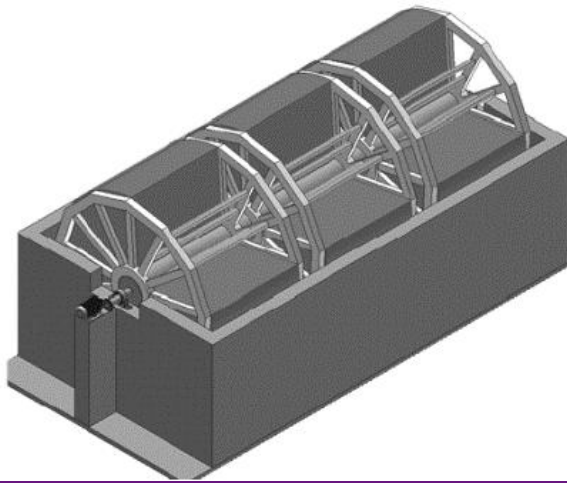
Grijswater kan net als het zwartwater anaeroob worden behandeld. Door Wetsus is onderzoek uitgevoerd naar deze mogelijkheid. Bij laboratoriumonderzoek naar de anaerobe behandeling van grijswater is vastgesteld dat de verwijdering van organische stoffen en de productie van biogas relatief laag is. Als verklaring hiervoor werd de aanwezigheid van organische microverontreinigingen (zepen, conserveermiddelen uit cosmetica) genoemd. Geconcludeerd wordt dat anaerobe behandeling geen goede optie voor behandeling van grijswater is. Deze mogelijkheid zal verder buiten beschouwing worden gelaten.

#### Ad 3. Lokale aerobe behandeling

Grijswater kan aerobisch worden behandeld. Bij aerobe behandeling wordt een deel van de verontreinigingen afgebroken door micro organismen. Een ander deel wordt gebonden aan het zuiveringsslib. Bij het eerder genoemde laboratoriumonderzoek van Wetsus waarbij grijswater met actief slib werd behandeld is een verwijderingsrendement van 88 % voor organische stof (uitgedrukt als CZV) vastgesteld. Dit rendement stemt overeen met waarden uit de literatuur over dit onderwerp. Een tweetal uitvoeringsvormen van aerobe behandeling wordt genoemd:

1. Actief slib
2. Slib op drager

Behandeling in een actief slibinstallatie komt globaal overeen met de behandeling in rwzi Deventer. Het actief slib wordt gewoonlijk afgescheiden door bezinking. Een alternatief is afscheiding met een membraan (membraanbioreactor). Bij slib op drager systemen zijn de micro organismen gefixeerd op een dragermateriaal. Het bekendste voorbeeld is een biorotor (zie figuur 18), maar er zijn ook andere uitvoeringsvormen mogelijk.



---

**Figuur 18 Biorotor**

---

#### Ad 4. Helofytenfilters

Ook bij helofytenfilters zijn verschillende uitvoeringsvormen mogelijk. Er zijn open watersystemen (vloeivelden) en infiltratievelden (verticaal en horizontaal doorstroomd). Infiltratievelden zijn gewoonlijk superieur aan vloeivelden voor het verwijderen zwevende stof, organische stoffen en fosfaat. Voor de verwijdering van stikstof is het verschil veel kleiner. Een voorbeeld van een toepassing is een biofilter in combinatie met een horizontaal doorstroomd filter, gevuld met kleiaggregaten.

---

---

**Figuur 19 Behandeling van grijswater in een infiltratieveld (Noors systeem)**

---

Dergelijke systemen worden in Noorwegen toegepast en is daar commercieel verkrijgbaar. Het effluent van het grijswatersysteem kan op lokaal oppervlaktewater worden geloosd.



## Ervaringen in Nederland met grijswaterbehandeling

Uit een inventarisatie van Nederlandse projecten blijkt dat bij lokale behandeling van grijswater in de meeste gevallen gebruik gemaakt wordt van helofytenfilters. Het behandelde grijswater wordt geloosd in lokale waterpartijen die onderdeel uitmaken van het stedenbouwkundig ontwerp. In gebieden met waterschaarste kan gezuiverd grijswater worden ingezet voor bijvoorbeeld verdrogingsbestrijding. De zuiveringsresultaten van deze systemen zijn over het algemeen goed en kunnen voldoen aan de gestelde lozingsseisen.

Er zijn in Nederland verschillende voorbeelden te vinden van decentrale behandeling en gedeeltelijk hergebruik van grijswater, ondermeer de wijk Polderdrift in Arnhem, de wijk Lanxmeer in Culemborg en De Drielanden in Groningen. Het behandelde grijswater wordt in deze voorbeelden geloosd in lokale watersystemen. De motieven om te komen tot lokale behandeling van grijswater komen vooral voort uit het creëren van een lokale watervoorraad of ter bestrijding van verdroging. In de wijk Polderdrift wordt het gezuiverde water bovendien gebruikt voor toiletspoeling.

## Acceptatie

Een sanitair systeem kan technologisch nog zo goed doordacht zijn, wanneer het niet geaccepteerd wordt door de gebruikers zal het niet op grote schaal ingevoerd worden. In deze paragraaf worden de gebruikerservaringen met vacuümtoiletten, urinescheiding en grijswater systemen beschreven.

- **Acceptatie vacuümtoiletten**

In het kader van het project SWITCH (Sustainable Water management Improving Tomorrow's Cities' Health) heeft Wageningen Universiteit onderzoek laten uitvoeren naar de acceptatie van vacuümtoiletten in Nederland en de omliggende landen. Hierbij zijn onder andere de eindgebruikers geïnterviewd over hun ervaringen middels een gestandaardiseerd interview. In tabel 2 is een deel van de uitkomsten weergegeven.

**Tabel 2 Acceptatie vacuümtoiletten**

Vragen over het vacuümsysteem	Antwoorden		
	<i>Kaja – Ås, Noorwegen</i>  (n = 20) <small>bron: Telkamp, 2006</small>	<i>Wohnen &amp; Arbeiten – Freiburg, Duitsland</i>  (n = 11) <small>bron: Koetse, 2006</small>	<i>Casa Vita – Deventer</i>  (n = 20) <small>bron: Van den Bulk, 2008</small>
Bent u tevreden met het vacuümsysteem? <sup>1</sup>	Gemiddelde score: 0,9 (tevreden)	Gemiddelde score: 0,9 (tevreden)	Niet gevraagd.
Is het vacuümtoilet gemakkelijk schoon te houden? (graag commentaar bij antwoord 'nee')	Ja: 70 % Nee: 30 % (meer dan één keer spoelen)	Ja: 83 % Nee: 17 % (kleinere doorlaat lastiger schoon te maken)	Ja: 65 % Matig: 30 % Nee: 5 % (door laag waterverbruik)

Vragen over het vacuümsysteem	Antwoorden		
	<i>Kaja – Ås, Noorwegen</i>  (n = 20) <small>bron: Telkamp, 2006</small>	<i>Wohnen &amp; Arbeiten – Freiburg, Duitsland</i>  (n = 11) <small>bron: Koetse, 2006</small>	<i>Casa Vita – Deventer</i>  (n = 20) <small>bron: Van den Bulk, 2008</small>
Bent u van mening dat het vacuümtoilet een vervelend geluid maakt bij het doorspoelen?	Ja: 40 % Nee: 60 %	Ja: 64 % Nee: 36 %	Ja: 70 % Nee: 30 %
Zou u het vacuümtoiletsysteem aan anderen aanraden?	Ja: 70 % Weet niet: 15 % Niet zonder verbeteringen: 15 %	Ja: 91 % Niet zonder verbeteringen: 9 %	Ja: 65 % Weet niet: 15 % Niet zonder verbeteringen: 20 %
Welk cijfer zou u het vacuümsysteem geven zoals het nu is? (schaal 1 – 10 → van laag naar hoog)	Gemiddelde score: 7,1	Gemiddelde score: 7,8	Gemiddelde score: 7,2

<sup>1</sup> op een 0-4 score (0= zeer tevreden, 1 = tevreden, 2 = neutraal, 3= ontevreden, 4 = zeer ontevreden)

Als referentie zijn ook huishoudens in Wageningen geïnterviewd die een conventioneel toilet hebben. Het cijfer dat de Wageningse huishoudens geven voor het conventionele toilet is een 7,1. Deze score ligt in dezelfde orde grootte als de score van de huishoudens met vacuümtoiletten. Hieruit is te concluderen dat de acceptatie van een vacuümtoilet vergelijkbaar is met een conventioneel toilet.

Het geluid wordt in veel gevallen als hinderlijk ervaren. Het geluidsaspect lijkt nu ook meer aandacht te krijgen van de fabrikanten van de vacuümtoiletten. Er is een fabrikant van vacuümtoiletten die beweert dat zij sinds dit jaar een vacuümtoilet hebben die op hetzelfde geluidsniveau zit als een conventioneel toilet.

- **Acceptatie urinescheiding**

No-Mix toiletten zijn nog niet op grote schaal toegepast. Er zijn meerdere projecten in Nederland met No-Mix toiletten, maar deze zijn allen op pilotschaal. Het Zwitserse onderzoeksinstituut EAWAG heeft enkele jaren onderzoek uitgevoerd naar urinescheiding en de acceptatie van deze techniek. Voor de acceptatie was een focus groep betrokken (44 burgers). Deze focus groep is geïnformeerd over de achterliggende gedachte van urinescheiding en hebben deelgenomen in groepsgesprekken. Ter aanvulling hebben ze een geïnstalleerd No-Mix toilet bezocht bij EAWAG. Uit dit acceptatieonderzoek kwam naar voren dat het merendeel van de mensen urinescheiding een goed idee vindt en dat het merendeel bereid is om in een appartement te wonen waarin urinescheidingstoiletten zijn geïnstalleerd met als opmerking dat de kosten, onderhouds- en schoonmaak inspanningen niet aanzienlijk hoger zouden liggen dan bij een conventioneel toilet.

Een sociaal aandachtspunt bij No-Mix toiletten is het gebruik door mannen. Om urine effectief te kunnen scheiden dienen mannen ook zittend te plassen. Dit is een potentieel knelpunt, aangezien niet iedere man hiertoe bereid. Daarnaast is de zitpositie voor kinderen lastig. Door deze aspecten gaat een deel van de effectiviteit verloren.

- **Acceptatie grijswater systeem**

De ervaringen van bewoners van woonwijken met decentrale systemen voor de behandeling van grijswater zijn over het algemeen positief. In tabel 3 is de acceptatie van de huishoudens in de wijk Kaja in Ås en de wijk Torvetua in Bergen (beide in Noorwegen) weergegeven. Beide wijken zijn voorzien van een biofilter in combinatie met een vloeiveld. Uit de tabel blijkt dat de acceptatie goed te noemen is, aangezien het merendeel van de respondenten heeft aangegeven tevreden tot erg tevreden te zijn met het grijswatersysteem.

**Tabel 3 Acceptatie grijswater systemen in Noorwegen**

Tevredenheid	Kaja – Ås, Noorwegen Aantal respondenten	Torvetua - Bergen, Noorwegen Aantal respondenten
Erg tevreden	7	5
Tevreden	1	9
Neutraal	0	3
Ontevreden	1	1
Erg ontevreden	0	0

### Literatuur

- Koetse E. (2006) The implementation of DESAR concepts in two projects in Germany, MSc-thesis Wageningen Universiteit
- STOWA (2005) DESAR – options for separate treatment of urine, rapportnummer 2005-11, Utrecht
- STOWA (2005) Afvalwater ontketend, rapportnummer 2005-12, Utrecht
- STOWA (2005) Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater, rapportnummer 2005-13, Utrecht
- Telkamp P. (2006) Separate collection and treatment of domestic wastewater in Norway. A research into the establishment and performance of nonconventional sanitation systems at the sites 'Kaja' and 'Torvetua', MSc-thesis Wageningen Universiteit
- Van den Bulk J. (2008) New initiatives in sanitation systems, MSc-thesis Wageningen Universiteit

# Bijlage

## 4

Sanitatieconcepten en varianten

Bij dit haalbaarheidsonderzoek wordt een slimme koppeling van nieuwbouwwijken met de reeds bestaande infrastructuur op de rwzi Deventer beoogd. De bedachte concepten zijn vanuit dit oogpunt opgezet. Bij het startoverleg van 9 juli 2009 is besloten om de volgende 4 sanitatieconcepten uit te gaan werken:

1. Zwartwater apart inzamelen en transporteren naar de slibgisting van rwzi Deventer.  
Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
2. Zwartwater apart inzamelen samen met organisch keukenafval en transporteren naar gisting rwzi. Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
3. Geelwater (urine) en bruinwater (fecaliën) apart inzamelen. Bruinwater naar gisting rwzi, geelwater nader te bepalen. Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
4. Geelwater en bruinwater + organisch keukenafval apart inzamelen. Bruinwater + organisch keukenafval naar gisting rwzi, geelwater nader te bepalen. Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi

Voor alle concepten geldt dat regenwater zal worden afgekoppeld. De vier concepten zijn navolgend kort toegelicht.



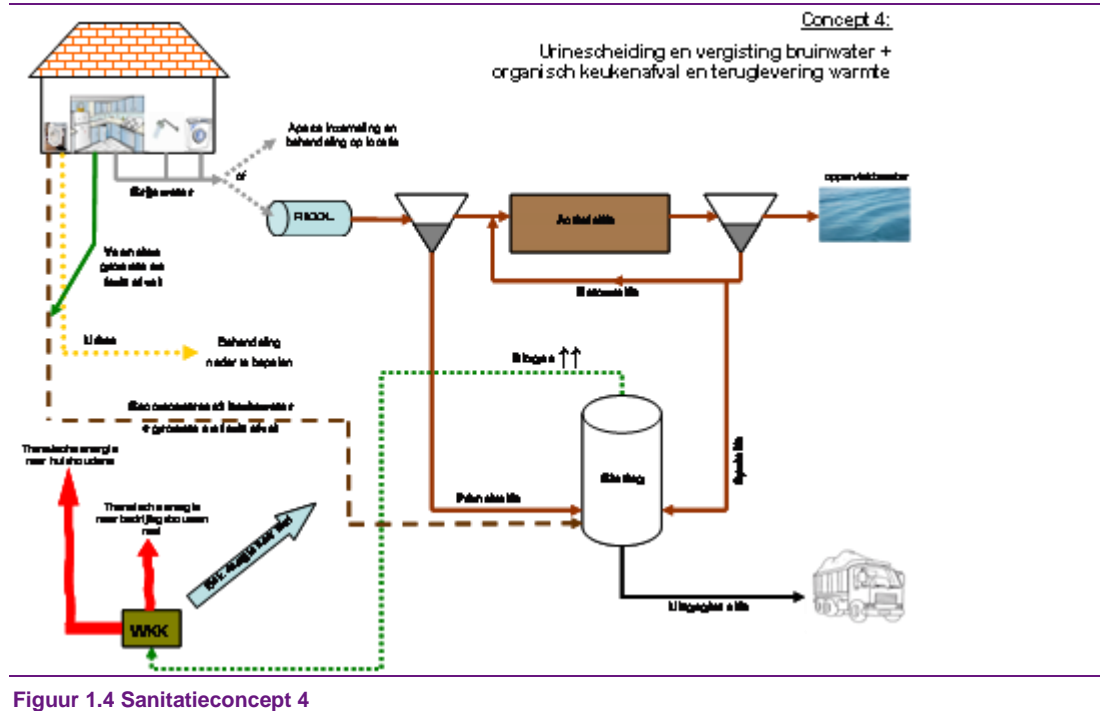






## Sanitatieconcept 4

Sanitatieconcept 4 is identiek aan sanitatieconcept 3 met als aanvulling dat bij sanitatieconcept 4 ook groente- en fruitafval wordt ingezameld. Het groente- en fruit zal gezamenlijk met het bruin water worden ingezameld. In figuur 1.4 is sanitatieconcept 4 schematisch weergegeven.



Figuur 1.4 Sanitatieconcept 4

## Overzichtsmatrix

Om de verschillen tussen de vier sanitatieconcepten makkelijker inzichtelijk te maken is een overzichtsmatrix gemaakt (zie tabel 1.1). In de overzichtsmatrix is per huishoudelijke afval(water)stroom de voorgestelde manier van inzameling, transport en behandeling weergegeven.







### Sanitatieconcept 3 en 4

Gedurende het onderzoek is de meerwaarde van sanitatieconcept 3 en 4 bij dit project ter discussie gekomen. Bij de sanitatieconcepten 3 en 4 is het de bedoeling om urinescheidingstoiletten toe te passen. Oftewel scheiding van urine (geel water) van de fecaliën (bruin water). Bij toepassing van urinescheiding zijn No-Mix toiletten (urinescheidingstoiletten) noodzakelijk. Voor projecten die op korte termijn gerealiseerd moeten worden is sprake van een aantal principiële en praktische problemen. Navolgend zijn deze principiële en praktische problemen weergegeven.

Bij toepassing van urinescheiding zijn No-Mix toiletten (urinescheidingstoiletten) noodzakelijk. Voor projecten die op korte termijn gerealiseerd moeten worden is sprake van een aantal principiële en praktische problemen:

- No-Mix toiletten zijn nog niet op grote schaal toegepast. Er zijn meerdere projecten in Nederland met No-Mix toiletten, maar deze zijn allen op pilotschaal. De urinescheidingstechniek staat nog in de kinderschoenen. Deze opmerking is in veel mindere mate van toepassing voor vacuümtechnologie. Met vacuümtechnologie is veel ervaring met name bij cruiseschepen en in het buitenland bij vakantieparken, appartementen en grootschalige kantoorgebouwen. Ter illustratie, een universiteitsgebouw in São Paulo (voorzien van vacuümtoiletten) verwerkt het afvalwater van circa 22.000 studenten (60.000 toiletspoelingen per dag)
- Volgens het Zwitserse instituut EAWAG is het No-Mix toilet nog niet geschikt voor grootschalige implementatie in woonwijken. De huidige No-Mix toiletten hebben nog verschillende zwakke plekken die eerst door de producenten verholpen dienen te worden. Pilot projecten met No-Mix toiletten kunnen volgens EAWAG het beste plaatsvinden in publieke gebouwen omdat daar technische staf aanwezig is wat in woonwijken niet het geval is (EAWAG, 2007)
- Het tot op heden beste scheidingstoilet (gebaseerd op minste verdunning van urine) is van de leverancier Roediger. Bij dit toilet wordt urine niet tot nauwelijks verdund waardoor je een goed geconcentreerde urinestroom krijgt. Roediger heeft aangegeven dat de fabrikant van het toilet failliet is gegaan. Roediger is dus op zoek naar nieuwe fabrikant. Verwachting is dat ze binnen nu en 1 à 2 jaar geen urinescheidingstoiletten kunnen leveren. Bij de overige leveranciers wordt de urine te veel verdund met spoelwater om urine effectief en geconcentreerd te kunnen scheiden
- Bij urinescheidingstoiletten wordt het bruinwater niet geconcentreerd ingezameld. Bij alle verkrijgbare urinescheidingstoiletten (dus ook die van Roediger) wordt de bruine fractie weggespoeld met minimaal 4 liter water. Het bruinwater wordt dan dusdanig verdund dat invoeden op de gisting van de rwzi geen meerwaarde heeft (het opwarmen van deze verdunde afvalwaterstroom kost meer energie dan dat oplevert). Een interessante oplossing zou een urinescheidingsvacuümtoilet zijn. Roediger heeft als enige leverancier in het verleden een urinescheidingsvacuümtoilet gemaakt voor een test in Berlijn. De aanvraag hiervoor kwam van een eigenaar van een normaal urinescheidingstoilet. Roediger had van tevoren al verwacht dat dit concept weinig vruchtbaar was. Uit de test met het urinescheidingsvacuümtoilet bleek dat dit toilet niet goed functioneerde. Er waren veel problemen met het doorspoelen en schoonhouden van het toilet vanwege de rand in het toilet ten behoeve van urinescheiding. Dit heeft als gevolg dat er 3 -5 keer moest worden gespoeld

voordat het toilet schoon was. Aangezien op deze manier geen water wordt bespaard heeft Roediger besloten om dit idee niet te volgen. Tot op heden zijn ze nog steeds van mening dat dit idee geen nieuw leven moet worden ingeblazen

- Wat te doen met de ingezamelde urine? Transport per as is erg kostbaar en dient te worden geminimaliseerd c.q. voorkomen. Directe afzet in de landbouw wordt vanwege wet- en regelgeving niet toegelaten
- Zoals vermeld is er geen urinescheidingsvacuümtoilet beschikbaar. Bij sanitatieconcept 4 is het de bedoeling om ook GF-afval af te voeren met het bruine water. Op basis van de beschikbare urinescheidingsstoiletten zal dit bruinwater al verdund zijn. Aangezien het bruinwater bij de beschikbare urinescheidingsstoiletten middels een gravitair rioelstelsel zal worden afgevoerd dient de voedselrestenvermaler ook hierop te worden aangesloten. Indien een voedselrestenvermaler op een vrij verval riool wordt aangesloten is de richtlijn van de leverancier dat er dan 4 liter water per persoon per dag nodig is om het GF-afval goed te kunnen afvoeren en verstoppingen te voorkomen. Bij gebruik van een vacuümriool is de verwachting dat slechts 1 liter water per persoon per dag noodzakelijk is. Oftewel bij toepassing van een urinescheidingsstoilet zal de bruine fractie per spoeling met 4 liter water worden verdund en wordt het GF-afval bij sanitatieconcept 4 ook nog eens aanzienlijk verdund. Het afvoeren van deze afvalwaterstroom naar de gisting van de rwzi is geen logische keuze. Een eventuele optie zou nog kunnen zijn om geen voedselrestenvermalers per huishouden te installeren maar een aantal shredders in de wijk. Afhankelijk van de locatie is mogelijk geen extra water nodig om het GF-afval af te voeren. Nadeel hiervan is wel dat het comfort afneemt ten opzichte van voedselrestenvermaler per huishouden omdat mensen nu nog steeds een klein groene bak nodig hebben in hun keuken en ze ook eerst nog naar buiten moeten lopen om de inhoud van deze bak ergens in de wijk in de shredder te gooien. De toepassing van een aantal decentrale shredders in de wijk wordt om deze redenen dan ook niet haalbaar geacht, aangezien de kans klein is dat in de praktijk goed zal functioneren

Het doel van het DEUGD-onderzoek is het optimaal benutten van de energieopbrengst van slibgisting en WKK op rwzi Deventer. Zoals gezegd wordt bij urinescheidingsstoiletten de bruine fractie met minimaal 4 liter verdund. Dit verdunde bruinwater rechtstreeks afvoeren naar de gisting van de rwzi is geen logische oplossing omdat dit water te veel verdund is.

Bij veronderstelling dat bijvoorbeeld een urinescheidingsvacuümtoilet in praktijk goed zou functioneren en dus ook het bruinwater geconcentreerd wordt ingezameld, is met 'gezond boerenverstand' en een snelle verkenning te concluderen dat dit geen haalbare optie is in kader van DEUGD-project. Binnen een nieuwbouwplan is dan naast een riolering voor het grijswater, ook een vacuümriolering noodzakelijk voor het bruinwater, maar daarnaast ook nog apart rioelstelsel voor de urine. Aangezien regenwater ook nog apart wordt afgevoerd, zou je dan binnen een nieuwbouwplan 4 verschillende types riolering hebben. Daarnaast dient de opgevangen urine separaat te worden afgevoerd en verwerkt. Hiervoor zou eventueel een aparte leiding naar de rwzi Deventer moet worden voorzien of de urine zou per as naar de rwzi Deventer kunnen worden vervoerd. Op de rwzi Deventer dient dan nog een aparte behandelingsstap te worden geïnstalleerd. Eventueel zou het mogelijk zijn de urine af te voeren naar de rwzi Zwolle waar al een behandelingsinstallatie (SHARON-installatie) staat om urine in te kunnen verwerken. Echter transport per as van Deventer naar Zwolle is erg kostbaar en niet duurzaam.

## Samengevat

Grootschalige toepassing van gescheiden inzameling van urine is de komende jaren niet praktisch toepasbaar. Belangrijkste nadelen van de urinescheidingsstoiletten bij concept 3 en 4:

- Het bruinwater wordt te veel verdund. Dit is nadelig voor de vergisting
- Het kan niet worden gecombineerd met GF-inzameling

Gescheiden inzameling van urine in combinatie met vacuümtechnologie is met uitzondering van de specifieke test in Berlijn nergens toegepast en lijkt op basis van de praktische problemen ook geen toekomst te hebben. Ook bij veronderstelling dat een urinescheidingsvacuümtoilet in de toekomst goed zou functioneren is met 'gezond boerenverstand' te redeneren dat dit geen haalbare optie is in het kader van het DEUGD-project. Om deze redenen is besloten om de sanitatieconcepten 3 en 4 niet verder in beschouwing te nemen.

## Afbakening sanitatieconcepten + varianten binnen DEUGD-project

Binnen het DEUGD-project zijn de sanitatieconcepten 1 en 2 in beschouwing genomen, oftewel:

1. Zwartwater apart inzamelen en transporteren naar de slibgisting van rwzi Deventer.  
Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
2. Zwartwater apart inzamelen samen met organisch keukenafval en transporteren naar gisting rwzi. Grijswater apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi

Deze twee sanitatieconcepten zijn uitgewerkt voor de nieuwbouwplannen Steenbrugge en Park Zandweerd. Dit resulteert in de volgende varianten:

Variant	Nieuwbouwplan	Sanitatieconcept
Variant 1	Steenbrugge	<u>Zwartwater</u> apart inzamelen en transporteren naar de slibgisting van rwzi ..... <u>Grijswater</u> apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
Variant 2	Steenbrugge	<u>Zwartwater</u> apart inzamelen samen met <u>organisch keukenafval</u> en transporteren naar gisting rwzi ..... <u>Grijswater</u> apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi
Variant 3	Park Zandweerd	<u>Zwartwater</u> apart inzamelen en transporteren naar de slibgisting van rwzi ..... <u>Grijswater</u> apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi

---

<b>Variant</b>	<b>Nieuwbouwplan</b>	<b>Sanitatieconcept</b>
Variant 4	Park Zandweerd	<u>Zwartwater</u> apart inzamelen samen met <u>organisch keukenafval</u> en transporteren naar gisting rwzi <u>Grijswater</u> apart inzamelen en decentraal behandelen of afvoer naar rwzi

---





# Bijlage

## 5

Uitgangspunten afval(water)stromen

## BIJLAGE 5A: Uitgangspunten afval(water)stromen

### Aantal personen nieuwbouwplannen

*Opmerking:*

Voor beide nieuwbouwplannen geldt dat zowel de planning, fasering en uitvoering nog niet definitief zijn. Voor beide plannen kan de planning, fasering en uitvoering veranderen als gevolg van bijvoorbeeld veranderende marktontwikkelingen. De in deze paragraaf genoemde uitgangspunten voor Steenbrugge en Park Zandweerd zijn de uitgangspunten zoals deze gehanteerd zijn voor dit haalbaarheidsonderzoek. De toekomstige werkelijke situatie kan dus afwijken van de in deze paragraaf gestelde uitgangspunten.

Voor de gemiddelde huishoudensgrootte wordt uitgegaan van 2,4 personen per huishouden (gemiddelde situatie Deventer in 2009, bron statistisch jaarboek 2009 gemeente Deventer).

Bij Steenbrugge is de verwachting dat er totaal 1.200 wooneenheden worden gerealiseerd. Op basis van het totaal aantal wooneenheden en de gemiddelde huishoudengrootte omvat Steenbrugge in totaal **2.880 personen**.

Bij Park Zandweerd is de verwachting dat er 350 wooneenheden worden gerealiseerd. Op basis van het totaal aantal wooneenheden en de gemiddelde huishoudengrootte omvat Park Zandweerd in totaal **840 personen**.

Binnen het haalbaarheidsonderzoek is dit aantal personen als uitgangspunt gehanteerd voor de bepaling van de grootte van de afval(water)stromen.

### Zwartwater

Een vacuümtoilet gebruikt maximaal 1 liter water. De gemiddelde hoeveelheid urine (+ eventueel fecaliën) is 300 ml per toiletbezoek. Er is uitgegaan van 5,8 toiletbezoeken per dag per persoon binnenshuis (STOWA 1998-40). Per dag wordt er per persoon dus 7,5 liter zwartwater geproduceerd.

Voor de samenstelling van het geconcentreerde zwartwater is een literatuurstudie verricht. Hierbij zijn resultaten uit Nederland (onderzoek Wageningen Universiteit (2x) en Sneek), Zweden en Duitsland verkregen (Zeeman, 2008 & Meulman, 2008). De Nederlandse resultaten hebben betrekking op onderzoek uitgevoerd door Wageningen Universiteit bij 2 vacuümtoiletten in Wageningen en het demonstratieproject in Sneek (32 woningen voorzien van vacuümtoiletten). Daarnaast zijn in kader van het project een tweetal zwartwater monsters genomen bij het complex Casa Vita in Deventer (38 appartementen voorzien van vacuümtoiletten) en geanalyseerd. Er is verondersteld dat de Nederlandse resultaten het meest representatief zijn. Voor de gemiddelde samenstelling van het zwartwater zijn de resultaten van Sneek en Deventer gemiddeld en is het onderzoek in Wageningen buiten beschouwing gelaten vanwege de kleinschaligheid. In tabel 1.1 zijn de concentraties van het geconcentreerd zwartwater weergegeven.

**Tabel 1.1 Concentraties geconcentreerd zwartwater**

<b>Parameter</b>	<b>Eenheid</b>	<b>Waarde</b>
CZV <sub>totaal</sub>	g/l	16,9
CZV <sub>particulate</sub>	g/l	12,0
CZV <sub>opgelost</sub>	g/l	4,1
N <sub>totaal</sub>	g/l	1,8
N <sub>ammonium</sub>	g/l	1,3
P <sub>totaal</sub>	g/l	0,26

## Grijswater

De gemiddelde hoeveelheid geproduceerd grijswater per persoon is vastgesteld op 90 liter per persoon per dag (bron: STOWA 2005-13 en Zeeman (2008)).

Voor de samenstelling van het grijswater is een literatuurstudie verricht. Hierbij zijn resultaten uit Nederland (Groningen en Sneek), Zweden en Duitsland verkregen. Er is verondersteld dat de Nederlandse resultaten (Zeeman, 2008) het meest representatief zijn. De gemiddelde waarde van de Nederlandse resultaten is als uitgangspunt gehanteerd. In Tabel 1.2 zijn de concentraties van het grijswater weergegeven.

**Tabel 1.2 Concentraties grijswater**

<b>Parameter</b>	<b>Eenheid</b>	<b>Waarde</b>
CZV <sub>totaal</sub>	mg/l	526
CZV <sub>particulate</sub>	mg/l	102
CZV <sub>opgelost</sub>	mg/l	262
BZV	mg/l	263
N <sub>totaal</sub>	mg/l	18,3
N <sub>ammonium</sub>	mg/l	5,7
P <sub>totaal</sub>	mg/l	5,3
P <sub>opgelost</sub>	mg/l	2,0

## Correctie zwart- en grijswater (CZV-gat)

Tijdens het opstellen van de balans met hierin de gemeten concentraties zwart water volgens de literatuur (zoals bij Sneek) en de door Tauw eigen uitgevoerde metingen bij het appartementencomplex Casa Vita in Deventer is een discrepantie geconstateerd. Het betreft een discrepantie tussen de gemeten aanvoer op rwzi Deventer en de berekende aanvoer op basis van de gemeten concentraties zwartwater en het te verwachten debiet.

In 1998 heeft STOWA de i.e. getoetst door middel van literatuurstudie en metingen (wassen van textiel en lozing door gootsteen). De resultaten hiervan zijn beschreven in het STOWA rapport 'huishoudelijk afvalwater, berekening van de zuurstofvraag' (1998-40). Hierin zijn de frequentie van het toiletgebruik binnens- en buitenshuis van het NIPO in 1995 gepresenteerd, zie tabel 1.3.

**Tabel 1.3 Toiletgebruik volgens STOWA rapport huishoudelijk afvalwater**

Geslacht	Binnenshuis	Buitenshuis	Totaal
Mannelijk*	5,3	1,3	6,6
Vrouwelijk	6,3	0,8	7,1
Gemiddeld	5,8	1,1	6,9

Indien uitgegaan wordt van de gemiddelde toiletspoeling binnenshuis (5,8 spoelingen) kunnen voor zwart water de volgende vrachten worden berekend, zie tabel 1.4.

**Tabel 1.4 Vergelijking gemeten geconcentreerd zwartwater en STOWA rapport huishoudelijk afvalwater**

Parameter	Eenheid	STOWA rapport huishoudelijk afvalwater zwart water (binnenshuis)	Berekende vrachten zwart water
CZV-totaal	gram p.p.p.e	49,6*	121,4
Kjeldahl-N	gram p.p.p.e	10,2**	13,6

\* Fecaliën 37,1 gram p.p.p.e., urine 1,6 gram p.p.p.e, toiletpapier 10,9 gram p.p.p.e

\*\* Fecaliën 1,36 gram p.p.p.e, urine 8,80 gram p.p.p.e

De vracht voor COD-totaal ligt ruim 2x hoger op basis van de gemeten zwartwater concentraties in relatie tot de waarde volgens het STOWA-rapport.

De gevoeligheid van het aantal toiletspoelingen voor het gemeten geconcentreerde zwartwater zijn getoetst. De resultaten hiervan zijn opgenomen in tabel 1.5.

**Tabel 1.5 Gevoeligheid toiletspoelingen**

Parameter	Eenheid	5 toiletspoelingen	4 toiletspoelingen	3 toiletspoelingen
CZV-totaal	gram p.p.p.e	104,7	83,7	62,8
Kjeldahl-N	gram p.p.p.e	11,7	9,4	7,0

Zelfs bij 3 toiletspoelingen is de CZV-vracht per persoon per etmaal groter dan de in de literatuur beschreven vuilvracht. Hiervoor kan vooralsnog geen verklaring worden gegeven. Er zijn twee opties:

- Gescheiden inzameling van grijswater en geconcentreerd zwartwater leidt tot een andere afvalwatersamenstelling te leiden dan wanneer het afvalwater gemengd wordt ingezameld. Het mengen van de afvalwater en processen in het riool kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn
- De gegevens over de afvalwaterkwaliteit zijn niet representatief. Er zijn maar enkele plekken waar de zwartwatersamenstelling is bepaald. Het is mogelijk dat deze plekken niet representatief zijn

### Almere

In een vergelijkbare studie voor nieuwbouw in Almere is gevonden dat er circa 10 % meer aan vuilvracht binnenkomt en 250 % meer zwevende stof. Het is mogelijk dat bij de gescheiden aanvoer het organisch vuil meer in gesuspendeerde vorm blijft en dat er minder organisch vuil in de riolering wordt omgezet. Bij gemengd afvalwater zijn er mogelijk stoffen actieven in de vorm van zeepresten en dergelijke die er voor zorgen dat gesuspendeerde organische stoffen in oplossing gaan.

Het 'CZV-gat' is voorgelegd aan de STOWA. Binnen het project DEUGD is het niet mogelijk om de oplossing voor het CZV-gat te onderzoeken. Om deze reden zijn voor het DEUGD-onderzoek de grammen CZV en Kjeldahl-N per persoon per dag gehanteerd zoals opgenomen in het besproken STOWA-rapport (1998-40). Voor de bepaling van de BZV-vracht en de zwevende stof vracht zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- BZV → De vracht BZV is bepaald met behulp van een factor ten opzichte van CZV. De gehanteerde CZV/BZV factor is 2,7. Dit is de CZV/BZV factor zoals van toepassing op rwzi Deventer
- Zwevende stof → Voor de bepaling van de vracht zwevende stof is een factor van 1,2 x BZV gehanteerd

Voor de hoeveelheid P-totaal in het zwart- en grijswater zijn de gemeten concentraties in het zwart- en grijswater gehanteerd. Deze concentraties zijn teruggerekend naar grammen per persoon per etmaal en zijn vergeleken met de aanvoer van een aantal rioolwaterzuiveringen. De vrachten komen goed overeen (zelfde ordegrrootte) met de vrachten op de rioolwaterzuiveringen.

De gehanteerde grammen per persoon per dag zijn in tabel 1.6 weergegeven.

**Tabel 1.6 Gehanteerde grammen per persoon per dag voor zwart- en grijswater**

Parameter	Eenheid	Zwartwater	Grijswater
CZV-totaal	gram p.p.p.d.	49,5	50,8
BZV	gram p.p.p.d.	18,3	18,8
Zwevende stof	gram p.p.p.d.	22,0	22,6
N-Kj	gram p.p.p.d.	10,2	0,4
P-totaal	gram p.p.p.d.	1,8	0,5

## BIJLAGE 5B: Organisch keukenafval (GF-afval)

### Algemeen

Organisch keukenafval kan samen met het geconcentreerde zwartwater worden ingezameld en vergist. De hoeveelheid organisch keukenafval per persoon is lastig te bepalen, aangezien deze stroom niet apart wordt gemeten. In deze bijlage wordt ingegaan op de hoeveelheid, samenstelling en verwachte biogasproductie voor organisch keukenafval.

### GFT

Bijna de helft van het huishoudelijk afval in Nederland bestaat in 2003 uit groente-, fruit- en tuinafval (GFT-afval). In totaal gaat het om zo'n 1,5 miljard kilogram GFT per jaar. Het CBS verzamelt gegevens over de hoeveelheid GFT per jaar. Hier zit, zoals de naam al aan geeft, ook het tuinafval deel in. Bijna de helft van het huishoudelijk afval bestaat uit GFT. GFT bestaat uiteraard uit groenteresten en fruitschillen, maar bijvoorbeeld ook uit theezakjes, visgraten, klein snoeiafval, broodkorsten en etensresten als aardappelen en pasta.

In tabel 1.1 zijn de kilogrammen GFT per inwoner weergegeven voor de periode 2005 – 2008. Zowel het landelijk gemiddeld als de situatie voor de gemeente Deventer is weergegeven.

Tabel 1.1 Kg GFT per inwoner 2005 – 2008 (Bron: Statistisch jaarboek 2009 gemeente Deventer)

Jaar	Kg GFT per inwoner	
	Landelijk	Gemeente Deventer
2005	84	89
2006	79	85
2007	80	88
2008	79	88

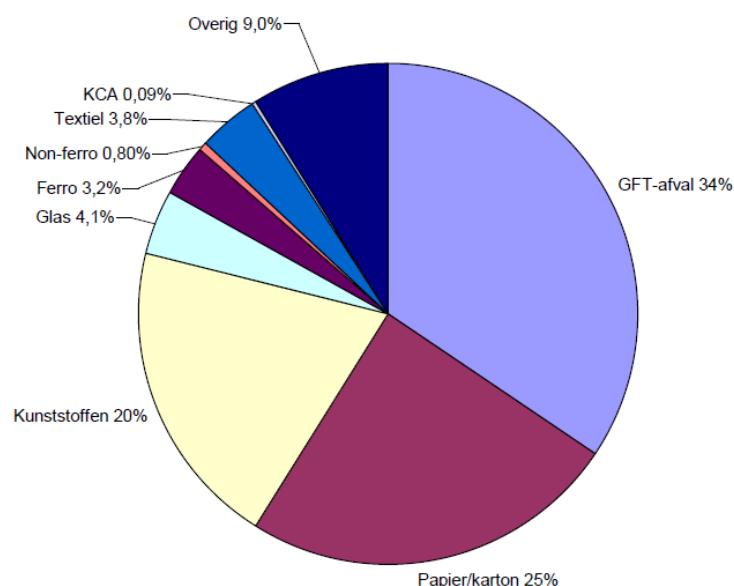
De landelijke gemiddelde hoeveelheid kilogrammen GFT per inwoner voor de periode 2005 – 2008 is 80,5 kilogram. De gemiddelde hoeveelheid kilogrammen GFT per inwoners voor de gemeente Deventer (87,5 kilogram per inwoner) is voor de periode 2005 – 2008 iets hoger dan het landelijk gemiddelde.

Sinds januari 1994 moeten gemeenten in Nederland het GFT-afval gescheiden inzamelen en vervolgens verwerken tot compost. In de loop van de jaren is er veel onderzoek gedaan naar de samenstelling van huishoudelijk afval en de verandering daarvan.

Figuur 1 presenteert de gemiddelde samenstelling van het afval<sup>1</sup>. Het scheidingsrendement voor GFT bedraagt in Nederland gemiddeld circa 60 %. Dit betekent dat van alle geproduceerde GFT-afval gemiddeld 60 % in de 'groene bak' terecht komt, en ongeveer 40 % in het restafval, ook wel grijs afval genoemd.

<sup>1</sup> SenterNovem, SAMENSTELLING VAN HET HUISHOUELIJK RESTAFVAL Resultaten sorteeranalyses 2007 UITVOERING AFVALBEHEER, februari 2008

Het huishoudelijk afval zoals in figuur 1 is weergegeven is een samenstelling van het totaal aan huishoudelijk (grijs) afval, exclusief het gescheiden GFT-afval.



**Figuur 1 Samenstelling van het Nederlands huishoudelijk restafval in 2007**

In de context van dit onderzoek is vooral het aandeel in een huishouden aan groente en fruitafval, ook wel keukenafval genoemd, van belang. Het groente- en tuinafval (GF) bestaat voornamelijk uit organische resten zoals groenteresten, fruitresten, etensresten en koffie- en thee-resten die binnenshuis vrijkomen.

#### **GF-aandeel in GFT-aandeel in huishoudelijk afval**

Volgens het onderzoek van SenterNovem bestond het Nederlands huishoudelijk restafval in 2007 voor 34 % uit GFT-afval. Deze 34 % is opgebouwd uit een aandeel GF, een aandeel tuinafval en een ondefinieerbare rest. In tabel 1.2 is een overzicht gegeven van het aandeel GF, het aandeel tuinafval en de ondefinieerbare rest in het huishoudelijk restafval.

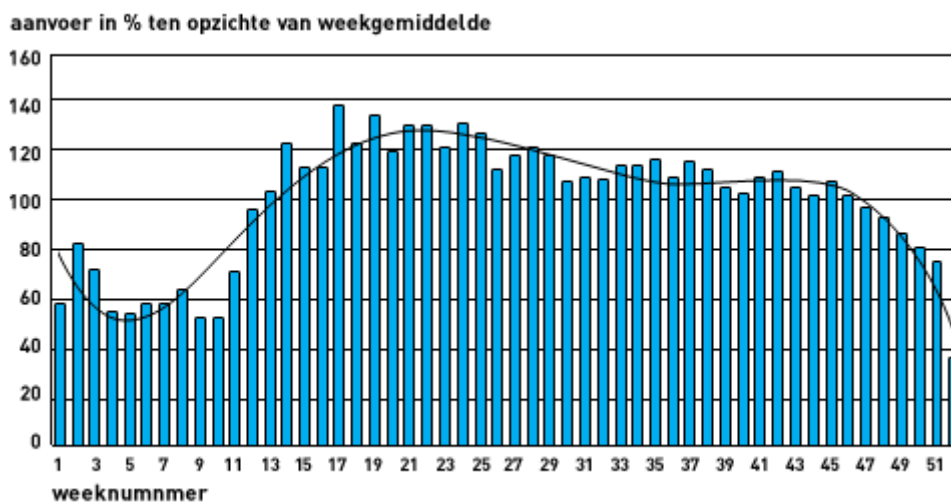
**Tabel 1.2 GFT-afval in het huishoudelijk restafval**

Component	Samenstelling 2007 (%)	Betrouwbaarheidsinterval 2007 (%)	
		Min	Max
GFT-afval totaal	34	33	35
• GF-aandeel	23	22	24
• Tuinafval	3,0	2,6	3,5
• Ondefinieerbare rest	8,7	8,1	9,1



### GF-aandeel totaal in afval

Een indruk van het GF-aandeel in het voorgescheiden GFT-afval is verkregen door analyses van het GFT door het jaar heen (zie figuur 2). Tijdens de kerst en in januari wordt er geen of weinig tuinafval ingezameld. De aanvoer zakt in de weken 51 tot en met 10 naar 40 % van het aanvoerniveau in de weken 13 tot en met 40. Uitgebreide analyses verspreid over het jaar uitgevoerd, ondersteunen de aanname dat het GFT-afval in de weken 50 tot en met 4 niet of nauwelijks tuinafval bevat. Het afval bevat in die weken een hoog aandeel organisch en een zeer laag asgehalte. Dit duidt op afwezigheid van zand en grond. Dit wijst dus op 30 tot 40 % keukenafval of in elk geval GFT-afval van 'binnenshuis'.



Figuur 2 Gemiddeld aanvoerpatroon GFT-afval<sup>2</sup>

Gemiddeld wordt 280 kg GFT in het afval gegooid per Nederlands huishouden per jaar. Daarvan wordt ongeveer 150 kg gescheiden aangeleverd. Gemiddeld is daarvan 30-40 % GF, oftewel 45 tot 60 kg GF. Van het afval dat niet wordt voorgescheiden (= ongeveer 130 kg) is nog eens gemiddeld 68 % GF, oftewel nog eens bijna 90 kg. Gemiddeld wordt in een huishouden per jaar 135 – 150 kg groente en fruit afval weggegooid.

### Keuze uitgangspunten

De 87,5 kilo die gemiddelde per persoon per jaar in de gemeente Deventer als GFT wordt ingezameld (zie tabel 1.1) bevat ook het tuindeel. Het tuindeel kan niet via de voedselrestenvermaler worden afgevoerd en dient op de conventionele manier te worden verwerkt. De hoeveelheid organisch keukenafval is dus kleiner dan 87,5 kilo per persoon per jaar. Er is bij de nieuwbouwplannen vanuit gegaan dat door toepassing van voedselrestenvermalers het bewustzijn en het comfort bij de huishoudens toeneemt, waardoor meer organisch keukenafval apart zal worden ingezameld. Tevens is de verwachting dat bepaalde stromen die nu veelal door het toilet worden gespoeld, zoals overtollige soep en zuivelproducten die over de houdbaarheidsdatum zijn, dan met de voedselrestenvermaler worden afgevoerd. Deze stromen

<sup>2</sup> NVRD-congres Ede, presentatie Tim Brethouwer (Essent Milieu), gft-afval: minder CO<sub>2</sub> en meer C2C, 2008

zijn ook bevorderlijk voor de biogasproductie. Om deze redenen is de gemiddelde hoeveelheid kilogrammen GFT in de periode 2005 – 2008 gelijk gesteld aan de toekomstige hoeveelheid organisch keukenafval (oftewel GF-afval) die met behulp van voedselrestenvermalers wordt ingezameld. Voor het haalbaarheidsonderzoek is dus uitgegaan van 87,5 kilo aan organisch keukenmateriaal (GF-afval) per persoon per jaar.

### Organisch keukenafval en nieuwe sanitatie

Voor de inzameling van organisch keukenafval is uitgegaan van toepassing van voedselrestenvermalers. Het waterverbruik dat gepaard gaat met de voedselrestenvermaling in combinatie met een vacuümsysteem is in overleg met de leverancier van de voedselrestenvermaler geschat op 1 liter per persoon per dag.

Voor de bepaling van de hoeveelheid organisch keukenafval is een kort onderzoek uitgevoerd omdat de hoeveelheid organisch keukenafval per persoon moeilijk te bepalen is. Deze stroom wordt namelijk niet apart gemeten. In bijlage 6b wordt ingegaan op de uitkomsten van dit onderzoek. Op basis van bijlage 6b wordt uitgegaan van 87,5 kilo aan organisch keukenmateriaal (GF-afval) per persoon per jaar. Dit resulteert in 240 g per persoon per dag. In tabel 1.3 zijn de grammen GF-afval per persoon per dag weergegeven.

**Tabel 1.3 Gehanteerde grammen per persoon per dag voor GF-afval**

Parameter	Eenheid	Waarde
CZV-totaal	gram p.p.p.d.	88,4
BZV	gram p.p.p.d.	63,1
Zwevende stof	gram p.p.p.d.	56,7
N-Kj	gram p.p.p.d.	1,5
P-totaal	gram p.p.p.d.	0,2

Door toepassing van voedselrestenvermalers kan worden bespaard op de conventionele inzameling en verwerking van afval. Doordat het GF-afval middels de voedselrestenvermalers in combinatie met het vacuümsysteem wordt afgevoerd is de verwachting dat op de inzameling van GFT-afval aanzienlijk kan worden bespaard. Voor dit onderzoek is als uitgangspunt een besparing van 20 % aangenomen.

Naast de besparing op de inzameling zal er ook een besparing op verwerking van toepassing zijn, aangezien 87,5 kilogram GF-afval middels het vacuümsysteem zal worden afgevoerd naar de gisting.

Er mag worden verwacht dat het bewustzijn en het comfort bij de huishoudens toeneemt door het gebruik van voedselrestenvermalers. Op basis hiervan wordt verwacht dat er minder GFT-afval bij het restafval terecht zal komen. Voor dit onderzoek is als uitgangspunt een vermindering van 60 kg per huishouden per jaar aangenomen.

## Literatuur

- STOWA (1998) Huishoudelijk afvalwater – Berekening van de zuurstofvraag, rapportnummer 1998-40, Utrecht
- STOWA (2005) Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater, rapportnummer 2005-13, Utrecht
- Meulman, B., Zeeman, G., Buisman, C.J.N. (2008) Treatment of concentrated black water on pilot scale: options and challenges, 'Sanitation challenge', Wageningen, 19 -21 mei 2008
- 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. (2008) Anaerobic treatment as a core technology for energy, nutrients and water recovery from source-separated domestic waste(water), *Water Science and Technology* 57 p1207

# Bijlage

## 6

Vergistingsproeven

### 6.a.1. Inleiding

De hoeveelheid methaan die per eenheid zwart water (eventueel in combinatie met GF) geproduceerd kan worden is cruciaal voor de energiewinning die met nieuwe sanitatietechnieken bereikt kan worden, en daarmee een van de belangrijkste grootheden om wijzigingen in en innovaties aan rioolwaterzuivering met als doel: duurzaamheid en energiebesparing te motiveren. Om deze reden is aan Saxion gevraagd om van verschillende monsters de methaanopbrengst vast te stellen. Door studenten van Saxion zijn batchtesten en continu testen uitgevoerd [3][4][5], gericht op de vaststelling van de biogasproductie van de volgende voeding/influentstromen:

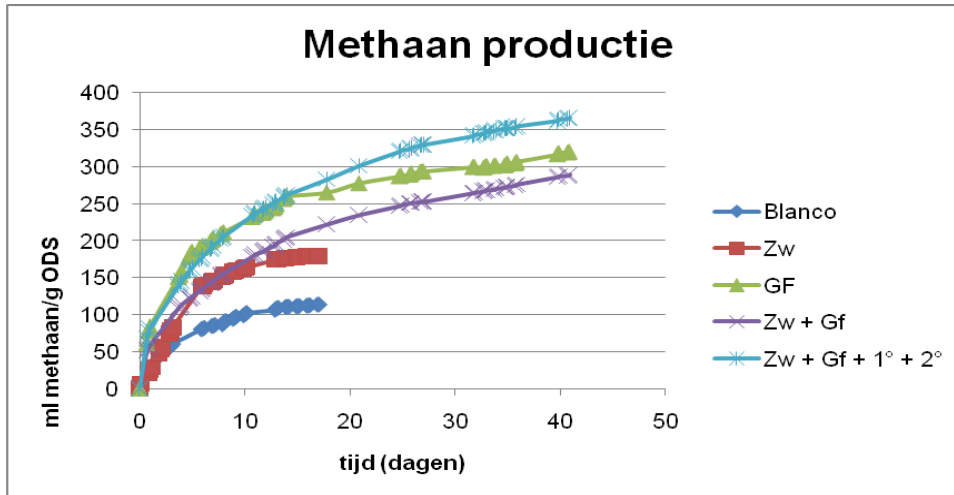
- Zwart water (in batch- en continuproeven)
- GF (in batch- en continuproeven)
- Zwart water + GF (i batch proeven)
- Primair slib + secundair slib (in continu proeven)
- Primair + secundair slib + zwart water (in continu proeven)
- Primair slib + secundair slib + zwart water + GF (in batch- en continuproeven)

Het mengsel van primair slib en secundair slib is vergelijkbaar met de voeding van de slibvergister op een RWZI. Deze proeven zijn uitgevoerd om de potentie van de verschillende, al dan niet gescheiden aangeboden mogelijke influentstromen (voedingsvarianten) van waterzuiveringen voor de productie van biogas te bepalen. De belangrijkste influentvariabelen zijn de vrachten aan ODS, de concentraties en de aard/oorsprong van de influentstromen (bijvoorbeeld zwart water, GF, rioolslib, et cetera) . Achteraf gezien was het zinvol geweest als ook een mengsel van zwart water en GF in het continu proevenschema op te nemen.

Ter meerdere zekerheid van genoemde proefresultaten is eveneens aan het onderzoeksbureau PROCES gevraagd de genoemde batch en continu proeven met bovenstaande voeding uit te voeren met identieke monsters.

## 6.a.2. Resultaten van de proeven van Saxion

Door studenten van Saxion zijn een aantal batchproeven uitgevoerd om vast te stellen hoeveel biogas de verschillende voedingsvarianten leveren, zie figuur 1. Het methaangehalte van het biogas was gemiddeld 72 %. De blanco proeven en de proeven met zwart water zijn voortijdig afgebroken in verband met storingen.



**Figuur 1 Resultaten batch proeven studenten Saxion [2]**

De resultaten van de continu proeven van de studenten worden weergegeven door tabel 1.1. Uit deze continu proeven blijkt dat de biogasproductie per gram afgebroken ODS niet heel erg varieert - bij gelijke verblijftijd wordt 0,86 l/g tot 1,14 l/g ofwel 860 tot 1140 liter biogas per kg afgebroken ODS geproduceerd. Tabel 1.2 geeft de samenstelling van de monsters aan.

**Tabel 1.1**

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Waterschap
Voeding	• Zwart water	• Primair slib • Secundair slib • Zwart water	• Primair slib • Secundair slib • Zwart water	• Primair slib • Secundair slib	• Primair slib • Secundair slib • Zwart water • GF	• Primair slib Secundair slib
Debiet per dag	0,72 l	0,48 l	0,228 l	0,228 l	0,228 l	194.000 l
Gasproductie per dag	0 l	4,78 l	4,4 l	3,5 l	4,06 l	2.863.065 l
Gas per ODS voeding	0 l/g	0,48 l/g	0,71 l/g	0,54 l/g	0,55 l/g	0,39 l/g
Gas per afgebroken ODS	0 l/g	0,97 l/g	<b>1,14 l/g</b>	<b>0,86 l/g</b>	<b>0,88 l/g</b>	
Hoeveelheid methaan (70%)	0 l	3,35 l	3,08 l	2,45 l	2,84 l	

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Waterschap
Methaan per ODS voeding	0 l	0,33 l/g	0,50 l/g	0,30 l/g	0,40 l/g	
Methaan per afgebroken ODS	0 l	0,68 l/g	0,79 l/g	0,60 l/g	0,61 l/g	
Maximale verblijftijd in dagen	6,9 dagen	10,4 dagen	22 dagen	22 dagen	22 dagen	22 dagen

**Tabel 1.2**

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5
Voeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwart water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primair slib</li> <li>• Secundair slib</li> <li>• Zwart water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primair slib</li> <li>• Secundair slib</li> <li>• Zwart water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primair slib</li> <li>• Secundair slib</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primair slib</li> <li>• Secundair slib</li> <li>• Zwart water</li> <li>• GF</li> </ul>
Verhouding voeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 37 %</li> <li>• 48 %</li> <li>• 15 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 37,9 %</li> <li>• 49,5 %</li> <li>• 12,6 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 43,5 %</li> <li>• 56,5 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 38,2 %</li> <li>• 50 %</li> <li>• 10,2 %</li> <li>• 1,6 %</li> </ul>

Zoals blijkt, is de biogasproductie van biogas ongeveer 1.000 liter biogas per afgebroken kg ODS. Het methaangehalte is ongeveer 70 %. De resultaten van de continu proeven van de Saxion studenten zijn redelijk in lijn met de batch proeven van de Saxion studenten.

### 6.a.3. Resultaten van de proeven van PROCES

#### Inleiding

In het kader van het DEUGD-onderzoek zijn door Proces bv vergistingproeven uitgevoerd om de vergistbaarheid van verschillende afval(water) en slibstromen te onderzoeken. Deze afval(water)stromen betreffen zwart water, groen afval, primair slib, secundair slib en mengsels van deze stromen.

#### Onderzoeksopzet

De verschillende afval(water)stromen die door Proces in vergist zijn worden weergegeven in tabel 1.3.

Tabel 1.3 Verschillende afval(water)stromen

Afvalstroom	Omschrijving	
1	Zwart water Casa Vita	Afkomstig van vacuüm toilet stelsel Casa Vita
2	Primair slib rwzi Deventer	Afkomstig uit voorbezinktank rwzi Deventer
3	Surplus slib rwzi Deventer	Afkomstig uit nabezinktank rwzi Deventer
4	Groente en Fruit afval	Waar vandaan? Geshredderd?
5	Standaard	Standaardmeting van Proces
6	Mix 1	64 % primair slib (2), 36 % secundair slib (3)
7	Mix 2	16 % zwart water (1), 9 % gf afval (4), 48 % primair slib (2), 27 % secundair slib (3)
8	Blanco	0 meting van Proces

De vergistingsproeven zijn uitgevoerd in maatkolven van 250 ml bij een temperatuur van 37 graden. Van de verschillende afvalstromen is 1.000 ml toegevoegd aan een maatkolven.

Voorafgaand aan de vergistingsproeven is door Proces de samenstelling van de verschillende afvalstromen onderzocht. Hiervoor is het droge stof gehalte en organische stof gehalte in de verschillende afvalwaterstromen bepaald (In tabel 1.4 worden de verschillende afvalstromen en hun kenmerken weergegeven).

Tabel 1.4 Samenstelling

Parameter	Zwart water	Primair slib	Surplus slib	GF	Mix 1	Mix 2	Blanco	Proces standaard
Droge stof (% ds)	1,5 %	4,1 %	1,0 %	25,5 %	1,9 %	1,9 %	4,0 %	87,2 %
Organisch (massa % van ds)	83,3 %	60,7 %	64,4 %	87,6 %	57,8 %	64,6 %	70,6 %	96,2 %
Fractie organisch (% org.)	1,21%	2,47%	0,66%	22,3%	1,11%	1,20%	2,83 %	83,9 %



De samenstelling van de verschillende afval(water) en slibstromen is tevens onderzocht door het laboratorium van waterschap Groot Salland.

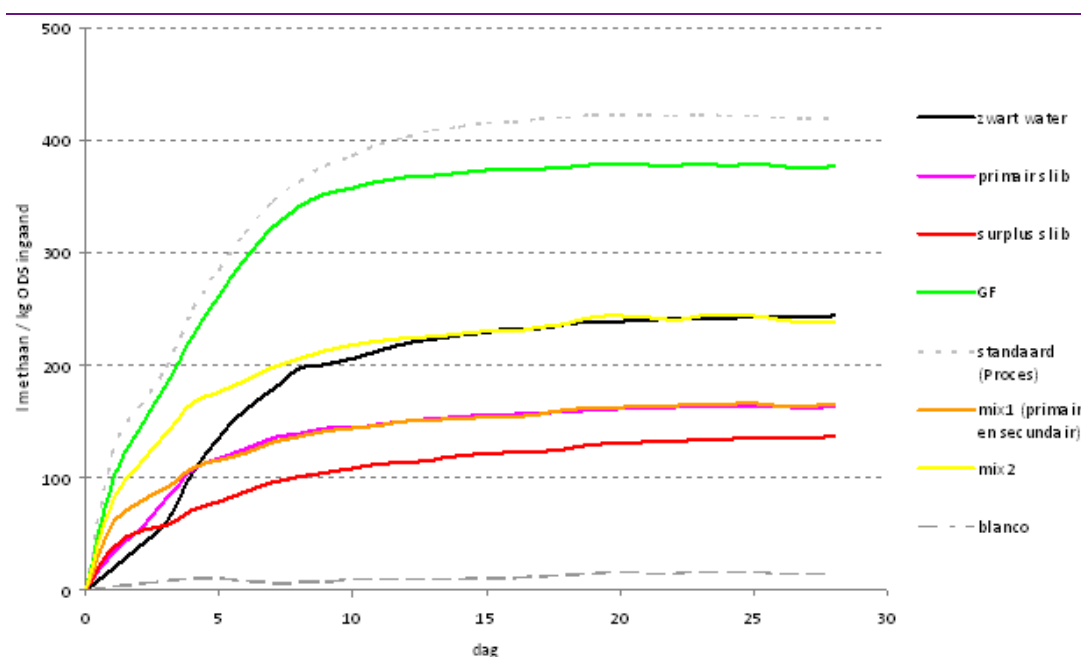
### Biogasproductie batchproeven

Aan de hand van de meetgegevens van de batchproeven is de biogasproductie voor de verschillende afvalstromen bepaald (tabel 1.5). Het betreft de biogasproductie per kg toegevoegd product en de afgeleide biogasproductie per kg toegevoegde organische droge stof (ODS).

Tabel 1.5 Biogasproductie

Parameter	Zwart water	Primair slib	Surplus slib	GF	Mix 1	Mix 2	Blanco	Proces standaard
l biogas/kg materiaal	4,5	6,8	1,7	134	3,5	5,5	0,6	540
l/kg ODS toegevoegd	375	273	262	598	318	461	23	644
%	65 %	60 %	52 %	63 %	52 %	52 %	30 %	65 %
l methaan/kg ODS toegevoegd	244	164	136	376	165	239	7	419

In figuur 2 is de ontwikkeling van de biogasproductie van de batches grafisch weergegeven.



Figuur 2 Liter biogas per kg ODS toegevoegd

Uit figuur 2 blijkt dat groente en fruitafval (GF) de hoogste biogasproductie realiseert per kg toegevoegde ODS. Ook de mix van primair slib, surplusslib, zwartwater en GF vertoont een hoge biogasproductie per kg toegevoegde ODS. Verder volgt uit het figuur dat de vergistbaarheid van zwart water beter is dan de vergistbaarheid van primair en secundair slib.

### Continu testen

Door Proces is nader gekeken naar de verschillen tussen batch testen en continu testen. Dit onderzoek is op kosten en initiatief van Proces uitgevoerd en er is geen gedetailleerde verslaglegging beschikbaar gesteld. De continu testen zijn uitgevoerd met secundair slib van rwzi Deventer en de mix van primair slib en surplus (secundair) slib. De resultaten zijn vermeld in de onderstaande tabel.

**Tabel 1.6 Biogasproductie**

Parameter	Surplus slib	Mix 1 (2/3 primair, 1/3 secundair)	Standaard oplossing
Biogasproductie batch test			
na 28 dagen	262	318	461
(liter biogas/ kg org. stof)			
Biogasproductie continu test			
na 28 dagen	230	280	550

De continu testen laten een 14-17 % lagere biogasproductie zien. Dit is overeenkomstig de verwachting: batch testen worden beschouwd als representatief voor de maximum biogasproductie.

### Controleberekeningen batch testen

Ter controle van de biogasopbrengst van mix1 en mix 2 zijn door Tauw controleberekeningen uitgevoerd. Op basis van de vergistbaarheid van de afzonderlijke afvalstromen en het gemeten droge stof gehalte in de monsters mix 1 en mix 2 is in tabel 1.7 de biogasproductie berekend.

**Tabel 1.7 Controleberekeningen biogasproductie Mix 1 en mix 2**

Mix 1	Primair slib	Surplus slib	Mix 1
Mengverhouding	64 %	36 %	100 %
Droge stof			gemeten
(% ds)	1,23 %	0,69 %	1,92 %
Organisch			berekend
(massa % van ds)	60,7 %	64,4 %	62,0 %
Fractie organisch			berekend
(% org.)	0,7 %	0,4 %	1,2 %
Biogas			berekend
(liter methaan / kg organisch materiaal)	123	60	183
(liter methaan / kg organisch materiaal)			gemeten
			165

<b>Mix 2</b>	Zwart water	Primair slib	Surplus slib	GF	<b>Mix 2</b>
Mengverhouding	16 %	48 %	27 %	9 %	100 %
Droge stof					gemeten
(% ds)	0,3 %	0,9 %	0,5 %	0,2 %	1,9 %
Organisch					berekend
(massa % van ds)	83,3 %	60,7 %	64,4 %	87,6 %	67,7 %
Fractie organisch					berekend
(% org.)	0,3 %	0,5 %	0,3 %	0,1 %	1,25 %
Biogas					berekend
(liter / kg materiaal)	61	89	44	53	247
Biogas					239
(liter / kg materiaal)					gemeten

Uit tabel 1.7 blijkt dat de berekende biogasproductie voor mix 1 en mix 2 goed overeen komt met de gemeten biogasproductie.

#### **Uitgangspunt voor de biogasproductie**

Voor de biogasproductie wordt uitgegaan van de waarden in tabel 1.8. Hierbij is uitgegaan van de uitkomsten van de batch testen, met een correctie van -14 % voor vertaling naar een continu vergister.

**Tabel 1.8: Uitgangspunten voor de biogasproductie in de praktijk**

	<b>biogasproductie</b>
	l methaan/kg ODS ingaand
GF	330
zwart water	210
primair slib	140
secundair slib	120

### ***Samenvatting proefresultaten***

- De batchproeven van Saxion duiden op een conversie van 30-35 % van zwart water en voor 40 – 45 % van GF
- De batchproeven van PROCES duiden op een conversie van circa 35-40 % van zwart water en van circa 60 % van GF
- De continu proeven van Saxion duiden op een hogere conversie dan in de batchproeven, zie tabel 1.1. Voor zwart water + primair slib en secundair slib ligt dit zelfs in de buurt van 80 %
- De continu proeven van PROCES geven onwaarschijnlijk lage biogasproducties en zijn daarom buiten beschouwing gelaten

## **Bijlage 6.b. De vergisting van geconcentreerd zwart water en GF en de interpretatie van de proeven van Saxion en PROCES B.V.**

### **6.b.1 Inleiding**

De gasopbrengst van biomassa, en dus ook voor zwart water en GF, wordt grosso modo bepaald door:

- De aard, en de mate van ontsluiting, van biomassa
- Het reactortype, dat de verblijftijdspreiding mede bepaalt
- De reactie omstandigheden (verblijftijd, verblijftijdspreiding, temperatuur, et cetera)

Wanneer de massa behandelde organisch droge stof bekend is en de gasopbrengst dan is de conversiegraad bekend en dus de massa omgezette ODS - en dus ook de massa niet omgezette ODS.

Per kg afgebroken organische droge stof (ODS) kan theoretisch ongeveer 1000 liter biogas met een methaangehalte van 65 -70 % geproduceerd.

De verhouding CZV/ODS is voor een referentie RWZI [De Energiefabriek,1] ongeveer 2 -voor RWZI Deventer: 2,06. De conversie van CZV en daarmee van ODS op RWZI's blijft beperkt tot circa 35-40 %. (RWZI Deventer: 34,6 %) [1]. Het lijkt erop, dat de mate van ontsluiting, meer nog dan de reactoren de reactie omstandigheden, een harde beperking is voor de conversie.

## 6.b.2 Interpretatie van de proefresultaten

Zoals gezegd is de conversiegraad van de vergistbare massa bepalend voor de biogasopbrengst van zwart water en GF, en daarmee is deze conversiegraad bepalend voor de perspectieven van (decentrale) vergisting van geconcentreerde afvalstromen.

Uit de batchproeven komt naar voren dat een conversie van 35-40 % verwacht kan worden. Deze conversie is in dezelfde orde van grootte als de huidige RWZI van Deventer.

De continu proeven van Saxion en de continue proeven van Wendland [9] duiden er op, dat conversies van 60 -70 % niet onmogelijk zijn.

Dit komt aardig in de buurt van de resultaten van Wendland [9], zie onderstaande tabel 1.1 uit [9]. Wellicht worden deze gunstige resultaten veroorzaakt door het grote aandeel GF, dat wellicht beter ontsloten is dan zwart water. De batchproeven van PROCES duiden hier op, zie figuur 1.2 (bijlage 6.a.3).

### **Tabel 1.1 Methaan productie uit zwart water en GF**

**Table 20:** Methane production based on accumulated loads for AD of untreated blackwater and kitchen refuse at 20, 15 and 10 days HRT

Methane production	Unit	BW	BW+KR	BW+KR	BW+KR
		(20 d HRT)	(20 d HRT)	(15 d HRT)	(10 d HRT)
based on COD	1 CH <sub>4</sub> /kg COD <sub>input</sub>	209	255	248	172
	1 CH <sub>4</sub> /kg COD <sub>removed</sub>	342	349	336	336
based on COD and related to capita and day	1 CH <sub>4</sub> /cap/day	8.4	25	25	17
Expected based on 100% BW collection and treatment	1 CH <sub>4</sub> /cap/day	14	32	31	22

Ter vergelijking: In het proefschrift van De Graaff [8, p 166] wordt 347 liter biogas per kg ODS<sup>3</sup> geproduceerd, dus een conversie van circa 34,7 %. Anderzijds wordt een conversie van 78 % geclaimd [8, p 166]. Dit lijkt met elkaar in tegenspraak, en dit zal nader worden uitgezocht met De Graaff.

<sup>3</sup> Uitgaande van een CZV/ODS verhouding van 2 en uitgaande van een methaangehalte van 70%

### 6.b.3 Conclusies met betrekking tot de vergistingsproeven

- De biogasproductie van de batchproeven van PROCES voor zwart water per kg ODS zijn ongeveer gelijk aan de resultaten van de RWZI voor primair en secundair slib per kg ODS
- De resultaten (l/g) van de batchproeven van PROCES zijn voor primair en secundair slib en een mengsel daarvan lager dan van de RWZI (de RWZI vergist eveneens een mengsel van primair en secundair slib)
- De batchproeven van de studenten van Saxion en proeven uitgevoerd door PROCES tonen aan dat geconcentreerd zwart water slechts voor een deel wordt omgezet in biogas. Per kg ODS is de biogasproductie bij de continu proeven van Saxion duidelijk hoger dan bij de RWZI Deventer. Bij de batchproeven van Saxion is dit duidelijk lager
- Uit oogpunt van vermindering van de hoeveelheid rioolslib en uit oogpunt van vermeerdering van de productie van biogas is het gewenst dat de conversiegraad van de vergisting - zwart water, primair en secundair slib toeneemt. De hiervoor benodigde reactortechnologie en de ontsluiting van het voedingsmateriaal zullen nader onderzocht moeten worden
- Het blijkt dat zwart water (zw.w) aanzienlijk minder liters biogas levert bij overigens gelijke omstandigheden dan GF. Dit is toe te schrijven aan de betere ontsluiting van GF ten opzichte van zwart water. GF levert over overigens gelijke (reactor/reactie) omstandigheden ongeveer 60 % meer biogas op dan zwart water bij PROCES. Dit verklaart ook waarom mix 2 een hogere gasproductie heeft dan mix 1, overigens niet de mate waarin. Bij de batch proeven van Saxion is de genoemde grotere gasopbrengst van GF goed terug te zien, echter bij de continu proeven van Saxion niet
- De continu proeven van Saxion en Wendland duiden op een aanmerkelijk hogere conversie bij ongeveer gelijke verblijftijd dan uit de batchproeven van Saxion en Proces blijkt. Dit is niet direct verklaarbaar. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de intensievere menging in de continue vergister (CSTR)

- [1] Energie- en massabalans RWZI Deventer, 2008
- [2] *Werkrapport 'De Energiefabriek'*, STOWA, 17 juli 2009
- [3] *Anaerobe vergisting van zwart water en GF afval*, Afstudeerverslag Cafer Asir, Saxion Hogescholen, 15 juni 2010
- [4] *Resultaten Anaerobe Vergisting*, major onderzoek Geke Douw-van Til, Saxion Hogescholen, 15 juni 2010-12-05
- [5] DEUGD: Duurzame Energie Uit Geconcentreerde stromen in Deventer, studie naar methaan productie uit zwart water, Tom Oudenhoven, Saxion Hogescholen, 15 juli 2010
- [8] *Resource recovery from black water*, M.S. de Graaff, WUR, 2010
- [9] Wendland, et al. *Anaerobic digestion of blackwater from vacuum toilets and kitchen refuse in a continuous stirred tank reactor (CSTR)*. *Water science and Technology*, 55(7), 187-194





# Bijlage

## 7

Rapporten studenten

## **BIJLAGE 7A: Rapport Cafer Asir**

## **BIJLAGE 7B: Rapport Tom Oudenhoven**

**BIJLAGE 7C: Artikel Geke Douw – van Til**





# Bijlage

8

H<sub>2</sub>O Dennis





Tony Flaming, Tauw  
Herman Evenblij, Waterschap Groot Salland  
Ronnie Borg, Tauw  
Paul Talkamp, Tauw

## Nieuw rwzi-concept Dennis levert energie op

In het kader van het project DEUGD (Duurzame Energie uit Geconcentreerde stromen in Deventer) heeft Tauw in opdracht van Waterschap Groot Salland en de gemeente Deventer een globale verkenning gedaan naar de mogelijkheden voor een energieproducerende rioolwaterzuivering, gecombineerd met gescheiden inzameling van grijs- en zwartwater. Het project wordt medegefinancierd door STOWA, Tauw en de Provincie Overijssel. Bij de uitvoering is ook Hogeschool Saxion betrokken. De resultaten van dit project zijn vertaald in een nieuw rwzi-project voor de centrale verwerking van grijs- en geconcentreerd zwartwater uit 60.000 woningen.

Voor de gemeente Deventer is gekeken naar projecten van circa 100 tot 1000 woningen in de omgeving van de bestaande rioolwaterzuiveringsinstallatie. Voor centrale behandeling is een grotere groeikern nodig die in één keer volledig op het nieuwe inzameling- en zuiveringsconcept overgaat. Tauw heeft voor de uitbreidingsplannen van een middelgrote stad in Nederland met circa 60.000 woningen gekeken naar centrale zwartwaterverwerking, gecombineerd met centrale grijswaterbehandeling. Deze projecten zijn nog in uitvoering maar de eerste resultaten zijn veelbelovend. Dit artikel gaat over één van de resultaten: de 'uitvinding' van een nieuw zuiveringsconcept dat aanmerkelijk compacter is en daarnaast een forse hoeveelheid energie oplevert. Randvoorwaarden vormen de inzameling van geconcentreerd toiletwater en de aanleg van een gescheiden riolering voor het huishoudelijk afvalwater.

### Grijs- en zwartwater

Grijswater is het water uit de douche, de wasmachine en de keuken. Zwartwater is het water afkomstig van het toilet, dat urine en fecaliën bevat. Grijswater bevat lagere concentraties afvalstoffen dan zwartwater. In vergelijking met gemengd grijs- en zwart (huishoudelijk) afvalwater is de verhouding tussen stikstof en organisch vuil een stuk gunstiger voor verwerking in een actiefslibstelsysteem. In de huidige situatie wordt zwart- en grijswater gemengd en sterk verdund afgevoerd. Door de verdunding is de verwijdering van nutriënten minder effectief. Het zwartwater bevat 91 procent

van het totaal stikstof, 79 procent van het totaal fosfor en 70 procent van de totale vrucht aan organische stof. Daarnaast bevat zwartwater ten opzichte van de totale huishoudelijke afvalwaterstroom zo goed als alle pathogenen en alle medicijnresten en hormonen.

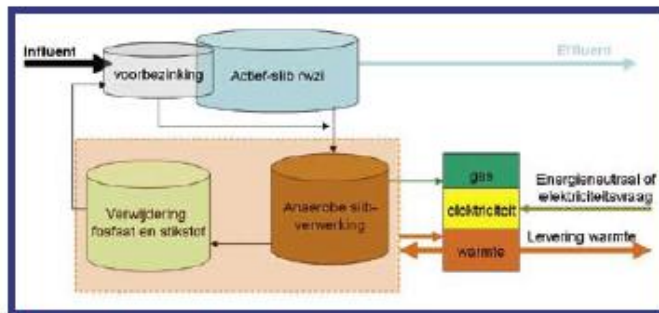
### Nieuw zuiveringsconcept door centrale verwerking

Op conventionele wijze ingezameld zwartwater is nog altijd redelijk verdund door het vele spoelwater van een toilet. Door toepassing van vacuümtoiletten is het zwartwater zeven keer geconcentreerder in te zamelen. Het is dan zeven keer minder verdund en dat biedt mogelijkheden voor nieuwe zuiveringsconcepten. In diverse onderzoeken is decentrale zwartwaterbehandeling al aan de orde geweest. Kleinschaligheid is echter in veel gevallen duurder dan centrale behandeling. Het opschalen van decentrale verwerking van grijs- en zwartwater naar centrale verwerking heeft geleid tot een heel nieuw zuiveringsconcept genaamd DENNIS (Drinkwaterbesparing, Energiefabriek, Nutriëntenterugwinning en Nieuwe Sanitatie) (zie kader).

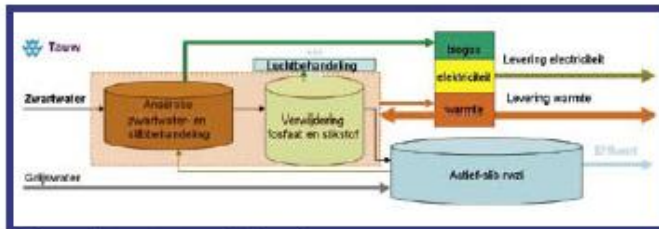
De bestaande bezwaren tegen anaerobe voorbehandeling van huishoudelijk afvalwater (lage temperatuur, reststroom met nutriënten) zijn in het zuiveringsconcept Dennis weggenomen. Bij conventioneel huishoudelijk afvalwater is de afvalwaterstroom te groot om deze effectief te kunnen verwarmen. Geconcentreerd zwartwater is wel te verwarmen, zodat de anaerobe omzetting goed verloopt. Het afvalwater

is na de gisting geconcentreerd en warm genoeg voor de Anammox-route, waardoor stikstof ook effectief is te verwijderen. Door een warmtewisselaar na de Anammox is het ingaande water met een beperkt energieverlies op te warmen. Ook voor fosfaat is de concentratie hoog genoeg om deze effectief terug te kunnen winnen. In dun huishoudelijk afvalwater is de stikstofconcentratie laag voor de (warme) Anammox-route en is ook de fosfaatconcentratie te laag voor een effectieve terugwinning. Het zwartwater is weliswaar zeer geconcentreerd 'maar klotst nog steeds', zodat het verder met normale rioleringstechnieken zoals persleidingen kan worden getransporteerd.

Ten aanzien van emissies van methaan bestaan mogelijkheden om deze te verminderen ten opzichte van conventionele afvalwaterzuivering, door de vrijkomende methaanrijke lucht uit de Anammox- en struvietreactor te behandelen in een luchtfilter die methaan kan afbreken. Dit aspect wordt onderzocht in diverse onderzoeksprogramma's, ook in relatie tot lachgasemissies uit het Anammoxproces. Eén van de te onderzoeken fenomenen is het 'zwartwatergat', de extra organische vuilvrucht die is gevonden bij inzameling van geconcentreerd zwartwater. Een woonwijk met inzameling van geconcentreerd zwartwater lijkt veel meer organisch vuil te produceren dan een woonwijk met conventionele sanitatie. Oorzaak zou methaanemissie in open riolering kunnen zijn. Inzameling van geconcentreerd zwartwater zou dus ook kunnen bijdragen aan een lagere emissie van broeikasgassen.



Ab. 1: Conventionele inzameling en zuivering van afvalwater.



Ab. 2: Inzameling en zuivering van afvalwater volgens DENNIS.



Indkking van zwartwater.

**Resultaten eerste verkenning**

Een eerste verkenning van het nieuwe rwzi-concept heeft aangetoond dat – in vergelijking met de conventionele rwzi's met slijbgingsting – twee tot drie maal meer biogas wordt gewonnen uit het totale influent.

Ook in vergelijking met de huidige Energie-fabriekconcepten levert dit aanmerkelijk meer energie op, ondanks de extra energie die nodig is voor de vacuümtoiletten. Voor het feit dat de gasproductie groter is ten opzichte van het conventionele systeem zijn twee redenen. Ten eerste wordt een veel groter deel van het organische vuil direct door de gisting geleid en niet eerst in gesuspenderde of opgeloste vorm door het actiefslijbsysteem. Ten tweede

is de conversie van de organische stoffen in de dunne fractie die door de UASB gaat, veel hoger en dat zijn nu net die stoffen die bij een conventioneel systeem eerst in het actiefslijbsysteem gaan. Naast een veel grotere energieproductie en betere mogelijkheden voor nutriëntenterugwinning vindt ook forse drinkwaterbesparing plaats.

Het effect op de slijbproductie is nog onzeker; er is sprake van tegenstelde effecten die nader onderzoek vragen. Enerzijds wordt bij anaerobe behandeling van geconcentreerd zwartwater meer organische stof direct naar biogas omgezet en wordt er minder secundair en chemisch slijb gemaakt; anderzijds is er minder aerobe slijbmine-

Het geconcentreerde zwartwater wordt ingedikkt in een Indkker en is dan geconcentreerd genoeg om te vergisten in een normale gisting. Tauw heeft proefondervindelijk vastgesteld dat zwartwater goede Indkkingselgenchappen heeft. Het vergistingsproces van het ingedikte zwartwater is gelijk aan de vergisting van primaire en secundaire slijbstromen, zoals die nu ook in rwzi's plaatsvindt. Doordat vergisting het beste verloopt op hogere temperaturen (30°C of meer), is het nodig het slijb dat de gisting ingaat, op te warmen. Door warmteterugwinning is het warmteverlies te beperken: het uitgegiste slijb hoeft immers niet warm te zijn. De opwarming vindt plaats door de warmte te benutten die vrijkomt bij de verbranding van het biogas uit de gisting. Ook na de opwarming van de dunne fractie blijft er een ruim warmteoverschot. Het rejectiewater van de slijbontwatering wordt nabehandeld in een Anammox- en struvietreactor. Struviet is rijk aan stikstof

en fosfaat en is onder andere geschikt als meststof voor de landbouw. De dunne fractie (het overloopwater van de Indkker) is een op limonade lijkende ondoorzichtige gele vloeistof. Deze 'anaerobe sportdrank' wordt opgewarmd tot circa 30°C. De organische stof die grotendeels opgelost is en deels colloidale deeltjes bevat, is goed afbreekbaar in een anaerobe korrelreactor (UASB)<sup>1</sup>. Omdat het afvalwater warm is, kan de verblijftijd relatief kort zijn en is de omzetting van organisch vuil naar biogas vergaand. Het anaerob behandelde water wordt daarna samen met het rejectiewater behandeld in de Anammox- en struvietreactor, waarna de warmte weer wordt teruggewonnen. Het grijswater wordt in een normale actiefslijbinstallatie verwerkt, samen met het teruggekoelde effluent van de Anammox- en struvietreactor. Het geproduceerde slijb vanuit de actiefslijbinstallatie wordt na Indkking gezamenlijk met het ingedikte zwartwater opgewarmd en vergist.

ralisatie en is er het fenomeen van het zwartwatergat, waardoor mogelijk meer organisch slijb de rwzi bereikt en er meer slijb zal ontstaan.

**Kosten**

Allereerst zijn er aanzienlijke meerkosten voor de inzameling van gescheiden zwart- en grijswater; in de woning zijn één of meer vacuümtoiletten en twee afvoerleidingen nodig. Ook op straat- of wijkniveau moeten aanpassingen plaatsvinden. Dat betekent dat dit concept in een bestaande situatie erg duur en niet realistisch zal zijn. In een nieuwbouw- of zogeheten groene weide is sprake van meerkosten die te overzien zijn. Deze zijn gedeeltelijk te verrekenen in de bouwkosten. Op de totale kosten van een huis zijn deze meerkosten gering, waarschijnlijk in een range van een 0,5 tot 1,5 procent, afhankelijk van het type woning.

De bewoner krijgt een marginaal duurder huis, maar bespaart op zijn drinkwaterlasten en draagt bovendien bij aan het streven naar een duurzamere maatschappij. Voor een nieuw te bouwen rwzi zullen de kosten lager uitvallen, omdat deze compacter wordt. De actiefslijbinstallatie is kleiner vanwege de lagere hydraulische en biologische belasting.

Deze besparingen in de bouwkosten wegen in de globale verkenning op tegen de meerkosten van een grotere gisting voor de extra organische stof, een UASB-reactor, een warmtewisselaar en een grotere Anammox-installatie. Deze extra onderdelen en extra processtappen maken de rwzi complexer, waardoor deze meer onderhoud en toezicht zal vragen. De verwachting is dat de operationele lasten lager zullen uitvallen vanwege de grotere baten aan biogas en de lagere investeringskosten.



# Bijlage

## 9

Effect varianten op rwzi Deventer

## Bijlage 9.a Huidige energiebalans RWZI Deventer, nulsituatie

### 9.a.1 Inleiding

Vertrekpunt voor de beschouwing over de mogelijkheden om biogas uit zwart water en eventueel GF te winnen is de recente energiebalans is de energie- en massabalans van de RWZI Deventer. De onderstaande tabel 1.1 is afgeleid aan de uitgebreide massa en energiebalans zoals deze is aangeleverd door Waterschap Groot Salland (WGS) [1].

Uit deze gegevens kan worden afgeleid dat gemiddeld 392 liter Biogas per kg organisch droge stof (ODS) wordt opgewekt. Dit biogas heeft een methaangehalte van 65 tot 70 %. Dit biogas wordt vrijwel volledig gebruikt door de WKK-installatie waarmee de warmtebehoefte van de RWZI vrijwel volledig – een klein deel van het biogas wordt direct verbrand ten behoeve van warmte – wordt gedekt en de elektriciteitsbehoefte van de RWZI voor circa 65 %. Deze dekking is hoog doordat er sprake is van nieuwe motoren met een relatief hoog rendement en het feit dat naast het 'eigen' slib ook spuislib van elders wordt vergist.

Er wordt per i.e. per jaar ongeveer 5,6 A.E. (aardgas equivalenten) geproduceerd als het biogas uit het spuislib van elders buiten beschouwing blijft.

De genoemde 392 liter biogas per kg ODS kan in dit verband als 'benchmark' opgevat worden voor alternatieve opwekking van biogas uit rioolstromen, zoals geconcentreerd zwart water als energieopwekking uit deze rioolstromen als een belangrijk doel van het zuiveringsproces worden gezien. Uiteraard dient met een veelheid aan andere factoren rekening te worden gehouden als het gaat om de haalbaarheid van alternatieven, zoals kosten, terugwinbaarheid van grondstoffen (m.n. fosfor en nitraten), ruimtebeslag, schaal van inzameling en conversie, opwerkbaarheid van biogas, et cetera.

**Tabel 1.1**

Gebruik van leidingwater	4.220.000	m <sup>3</sup> /jaar
Leidingwaterdistributie	4.220.000	m <sup>3</sup> /jaar
Lozing door huishoudens en bedrijven	4.220.000	m <sup>3</sup> /jaar
CZV	11.676	kg O <sup>2</sup> /d
BZV	4.140	kg N/d
Inzameling en transport afvalwater	8.539.720	m <sup>3</sup> /jaar
Totaal aangevoerde hoeveelheid afvalwater	8.539.720	m <sup>3</sup> /jaar
Dagdebiet (DWA)	16.683	m <sup>3</sup> /dag
Voorbezonken afvalwater	7.104	kg O <sup>2</sup> /d
	1.072	kg N/d
Debiet "primair slib (ingedikt)"	84	m <sup>3</sup> /dag

Vracht "primair slib (ingedikt)"	4.200	kg/dag
Vracht organische droge stof "primair slib (ingedikt)"	3.234	kg/dag
	6.673	kg O2/d
Debiet "spuislib (ingedikt)"	66	m <sup>3</sup> /dag
Vracht "spuislib (ingedikt)"	3.190	kg/dag
Vracht organische droge stof "spuislib (ingedikt)"	2.424	kg/dag
	5.003	kg O2/d
Energiegebruik beluchting	1.940.900	kWh/jaar
Chemische zuurstof verbruik (lozing op de IJssel)	833	kg O2/dag
N-Kjeldahl (lozing op de IJssel)	86	O2/dag
Debiet "spuislib van elders (ingedikt)"	44	m <sup>3</sup> /dag
Vracht "spuislib van elders (ingedikt)"	2.172	kg/dag
Vracht organische droge stof "spuislib van elders (ingedikt)"	1.651	kg/dag
	3.406	kg O2/d
Biogasproductie	1.045.019	m <sup>3</sup> /jaar
Biogasproductie in Nm <sup>3</sup> aardgas Slochteren kwaliteit (A.E.)	759.253	A.E. (Nm <sup>3</sup> )
	2.863	m <sup>3</sup> /dag
totaal ods	2.668	ton ODS/jaar
Totaal ODS input RWZI Deventer - spuislib elders	2.065	ton ODS/jaar
ODS/CZV	0,48	kg/kg
CZV/ODS	2,06	kg/kg
m <sup>3</sup> biogas per kg droge stof	0,392	m <sup>3</sup> /kg ODS
stookwaarde biogas/stookwaarde aardgas Slochteren kwaliteit	0,727	
stookwaarde biogas	23,00	MJ/Nm <sup>3</sup>
Bruto elektriciteitsgebruik zuivering	3.750.009	kWh/jaar
Opwekking elektriciteit uit biogas	2.444.578	kWh/jaar
Ingekochte elektriciteit	1.305.431	kWh/jaar
Rendement opwekking elektriciteit uit biogas	36,62	%
specifieke elektriciteitsproductie per Nm <sup>3</sup> biogas	2,34	kWh/m <sup>3</sup>
Aantal inwoner equivalenten	105.000	i.e.
Gecorrigeerde biogasproductie	809007,86	m <sup>3</sup> /jaar
Gecorrigeerde biogasproductie in A.E.	587780,00	A.E. (Nm <sup>3</sup> )
Biogasproductie per i.e. (minus biogas uit spuislib elders = gecorrigeerd)	7,70	Nm <sup>3</sup> /jaar

Biogasproductie per i.e. (minus biogas uit spuislib elders = gecorrigeerd) in aardgas equivalenten (A.E.)	5,60	A.E. (Nm <sup>3</sup> )
Elektriciteitsproductie RWZI per i.e. (gecorrigeerd voor slib van elders)	18,02	kWh/i.e.
Elektriciteitsgebruik RWZI per i.e.	35,71	kWh/i.e.
Netto elektriciteitsconsumptie RWZI per i.e.	17,69	kWh/jaar

Voor deze zuivering moet dus toch nog 50 % van de benodigde elektriciteit worden ingekocht als het biogas uit het spuislib van elders buiten beschouwing blijft. Daarmee is de RWZI Deventer zeker nog geen 'energiefabriek'. Naast vergroting van de conversiegraad van ODS naar biogas (nu circa 35 %) is het verminderen van de elektriciteitsbehoefte van het zuiveringsproces een belangrijke manier om dit te bereiken.

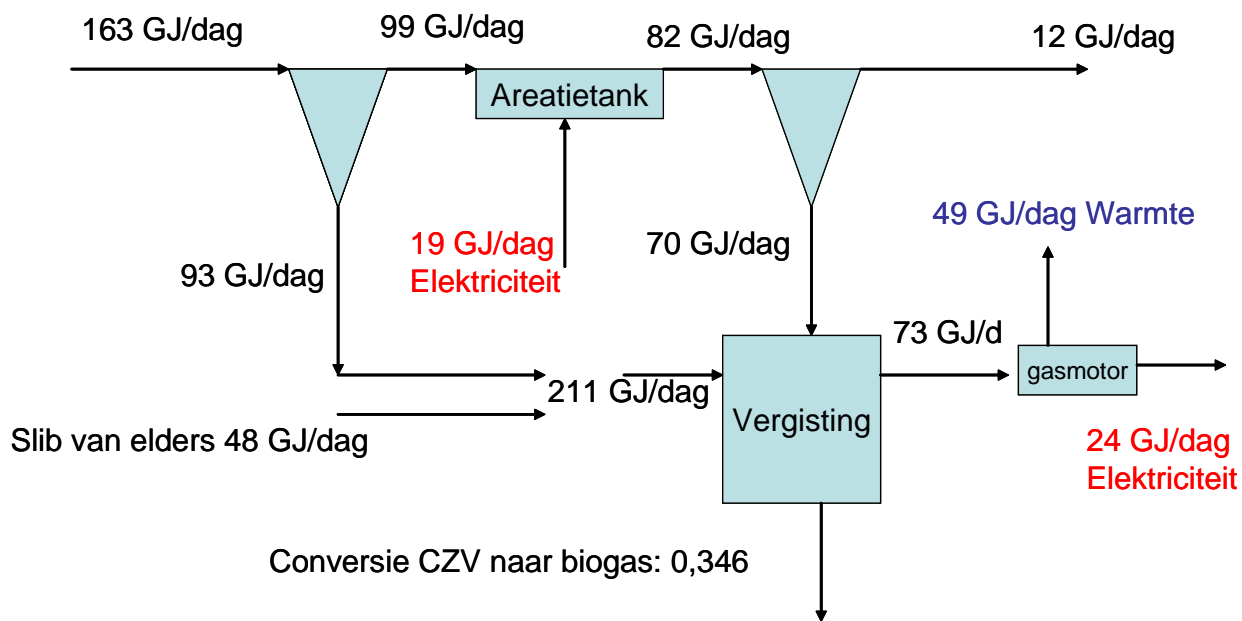
Het grootste deel van het energieverbruik van de waterketen voor sanitatie zit dus in de rioolwaterzuivering, en niet in het gebruik van drinkwater voor toiletspoelingen of transport (drukriool en vacuüm toiletten), zie tabel 9.a.3 hieronder. De totale, voor spuislib van elders gecorrigeerde biogasproductie bedraagt 587.780 Nm<sup>3</sup> aardgas equivalenten per jaar, ofwel 5,6 Nm<sup>3</sup> per i.e. per jaar.

### 9.a.2 Energiebalans RWZI Deventer op basis van CZV

De belangrijkste variabele voor de winning van biogas is de CZV-hoeveelheid (kg) per dag. Om deze reden is gekeken naar de CZV-balans. Deze is ontleend aan [1]. Op basis van de energiekentallen van CZV-conversie [5] en de geproduceerde hoeveelheid biogas kan uit de CZV (massa) balans afgeleid worden in welke mate de beschikbare CZV is omgezet. De productie van biogas dient zo hoog mogelijk te zijn, maar dit is zeker niet het enige doel van een RWZI. Het primaire doel van een RWZI is en blijft het zuiveren van rioolwater.

De energie inhoud van 1 kg CZV wordt gewaardeerd op 12,6 MJ [De energiefabriek,2] tot 14 MJ [Energie in de waterketen, 6]. Waarschijnlijk wordt dit verschil veroorzaakt door de waardering van de verbrandingswaarde van methaan op onderwaarde resp. op bovenwaarde. Op de RWZI van Deventer genereert 1 kg CZV 4,36 MJ (onderwaarde) of 4,85 MJ (bovenwaarde). Dit betekent dat 34 % van de CZV wordt omgezet in biogas.

#### Energiebalans RWZI Deventer (obv CZV)



**Figuur 1.1 De energiebalans van de RWZI Deventer, op basis van CZV. Omzetting van elektriciteit naar warmte en van CZV naar warmte zijn niet meegenomen.**

Een belangrijk voordeel van een hogere conversiegraad is het verminderen van de digestaathoeveelheden. De afvoer en verwerking hiervan kost geld en (transport)energie.



Zoals reeds gesteld, is het noodzakelijk om de elektriciteitsbehoefte van de RWZI drastisch teug te dringen om deze energieneutraal of energieleverend te maken. Hiervoor zijn verschillende concepten voor in ontwikkeling, onder andere DENNIS technologie [4].

### 9.a.3 Aanbieden van geconcentreerd zwart water zonder ingrijpende aanpassingen aan de RWZI

Uit simulaties van Saxion met programmatuur van Tauw [4], toegepast op de RWZI van Deventer, blijkt dat de elektriciteitsconsumptie met ongeveer 30 % kan dalen als volledig gebruik gemaakt wordt van vacuümtoiletten doordat de waterbelasting daalt en daarmee de (mechanische) beluchtingenergie, zie tabel 1.2. Deze simulaties geven ook aan dat de netto biogasproductie licht daalt. Dit laatste is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de voeding van de reactor bij geconcentreerd zwart water minder geconcentreerd is dan bij de huidige voeding van rioolslib. Bij gelijke verblijftijd daalt in dat geval de gasproductie bij de geconcentreerde zwart water voeding ten opzichte van de huidige voeding met rioolslib.

In de simulaties is waarschijnlijk geen rekening gehouden met de mate van ontsluiting van de voeding en het feit dat zwart water vloeibare CZV bevat die bijdragen aan de biogasproductie. Met deze laatste twee effecten is geen rekening gehouden bij de modellering van de RWZI. Onderstaande tabel 1.2 geeft de resultaten weer van de simulaties die door de studenten van Saxion [4] zijn uitgevoerd, in overleg met Tauw en met gebruikmaking van RWZI-rekenmodellen van Tauw. Hierin is de penetratiegraad van vacuüm toiletten als variabele gekozen. Uitgangspunt is de huidige situatie voor de RWZI te Deventer.

**Tabel 1.2**

% Inwoners met vacuüm toilet		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
N-totaal	mg/l	8,1	7,6	7,1	6,9	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,7
Beluchtingenergie	kWh/dag	3025,3	2915,4	2806,7	2703,2	2599,1	2493,5	2385,7	2275,8	2163,9	2049,8	1933,4
Chemisch slib	kg ds/dag	195,5	181,8	168,1	154,4	140,7	126,9	114,3	102,1	90,0	77,7	65,5
Gisting Tank in	kg ds/dag	8553,1	8549,1	8546,2	8544,4	8543,7	8544,3	8547,5	8552,5	8559,0	8567,0	8576,5
Gisting Tank uit	kg ds/dag	5628,8	5689,0	5743,8	5793,3	5837,6	5876,7	5910,8	5939,8	5963,5	5981,5	5993,4
Biogas (A.E.)	Nm <sup>3</sup> /dag	1364,4	1339,2	1317,2	1298,4	1282,7	1270,3	1261,2	1255,3	1252,8	1253,9	1258,8

Uit deze tabel blijkt, dat de grote winst van het geconcentreerd aanbieden van zwart water zit in de elektriciteitsbesparing die wordt gehaald doordat het aerobe deel van de zuivering veel kleiner wordt. Om dit proces te optimaliseren zijn echter aanpassingen nodig in de RWZI. Omdat de elektriciteitsbehoefte daalt met 1.092,9 kWh per dag hoeft hiervoor minder biogas te worden ingezet, namelijk 334 Nm<sup>3</sup> A.E. minder per dag. Per saldo stijgt de gasopbrengst hierdoor tot 1.592,8 Nm<sup>3</sup> A.E. een stijging van bijna 17 %

Dit (voorlopige) feit en het feit dat men de reactor waarschijnlijk niet zal willen aanpassen voor deze relatief kleine stroom, én het feit dat een apart inzamelingsstelsel voor zwart water moet worden aangelegd, maakt dat deze variant voor de huidige situatie in Deventer met betrekking tot rioolwaterzuivering niet aantrekkelijk is, qua investeringen noch wat betreft energie opbrengst.

Naar aanleiding van deze eerste berekeningen is een nadere berekening gemaakt op basis van de lozing van Steenbrugge op de rwzi Deventer. Deze is opgenomen in bijlage 9d.

#### **9.a.4 Aanbieden van zwart water met ingrijpende aanpassingen aan de RWZI**

Door Tauw is, mede op basis van de inzichten die met DEUGD zijn opgebouwd, een nieuw concept voor een RWZI waarin geconcentreerd zwart water (en eventueel GF) wordt aangeboden. Bij dit DENNIS concept [6] wordt het geconcentreerde zwart water apart vergist in een dunne en een dikke fractie, waardoor de conversiegraad aanzienlijk toeneemt en daarmee de biogasproductie. Tegelijkertijd daalt elektriciteitsbehoefte door het groter aandeel van anaerobe zuivering in het totale zuiveringsproces.

#### **9.a.5 De energiebalans van de waterketen buiten de RWZI**

Het energiegebruik en eventuele energieproductie van de RWZI kan niet worden losgezien van de totale (huishoudelijke) waterketen. Immers, energiewinst en gebruik dient over de gehele keten gesaldeerd te worden om te voorkomen dat energiewinst in het ene deel van de keten extra energiegebruik in een andere deel van de keten veroorzaakt. Strikt gezien kan deze energieketen zelfs niet los gezien worden van de gehele mineralenhuishouding rond de waterketen. Stel dat het terugwinnen van een grondstof (bv fosfaat) op de schaal van de RWZI energie kost, maar dat deze energie ruimschoots wordt teruggewonnen in de fosfaatketen. In dat geval is er sprake van een positief energiesaldo in de gehele (mineralen)keten, terwijl de energetische performance van de RWZI daalt.

Sanitatie is gekoppeld aan de huishoudelijke waterketen. Deze huishoudelijke waterketen veroorzaakt op de volgende wijze energiegebruik:

- Bij het winnen, zuiveren en transporteren van drinkwater
- Bij het transporteren (drukriool, vacuümtoilet) van rioolwater
- Bij het zuiveren van rioolwater (RWZI) en mogelijk bij de afvoer en de verwerking van reststoffen

De RWZI gebruikt elektriciteit en een kleine hoeveelheid warmte om rioolwater te zuiveren. Door vergisten van het rioolslib ontstaat biogas dat wordt gebruikt om elektriciteit en warmte op te wekken. Deze elektriciteit wordt vervolgens gebruikt om de elektriciteitsbehoefte van de rioolwaterzuivering te dekken. Op dit moment wordt circa 65 % van de elektriciteitsbehoefte van de RWZI Deventer gedekt door elektriciteit uit eigen biogas. De warmte wordt voor een deel gebruikt voor het op temperatuur houden van de vergistingreactor en deels vernietigd naar de omgeving. Tabel 1.1 geeft de belangrijkste gegevens van de RWZI weer.

### **Energiegebruik vacuümtoiletten vergeleken met klassieke watervoerende toiletten**

Om zwart water geconcentreerd te kunnen afvoeren wordt gebruik gemaakt van vacuümtoiletten. Het watergebruik van deze vacuümtoiletten is veel lager dan van klassieke waterclosetten. Anderzijds gebruiken vacuümtoiletten elektriciteit. Onderstaande tabel geeft het elektriciteits- en watergebruik per inwoner equivalent weer:

**Tabel 1.3 Energiegebruik vacuümtoilet**

Verbruiken per i.e.	WC	Vacuümtoilet
waterverbruik per dag [m <sup>3</sup> ]	0,042	0,007
waterverbruik per jaar [m <sup>3</sup> ]	15,33	2,555
Elektriciteitsgebruik drinkwater, bereiding en transport [kWh/ m <sup>3</sup> ]	0,61	0,61
Elektriciteitsgebruik drinkwater, per jaar [kWh]	9,35	1,56
Elektriciteitsgebruik vacuümtoilet, per jaar [kWh]		12,00
Totaal [kWh/jaar]	9,35	13,56

Per saldo is het elektriciteitsverbruik van vacuümtoiletten dus 4 kWh per jaar hoger dan van klassieke watervoerende toiletten. Het totale huishoudelijke elektriciteitsverbruik is ongeveer 1.400 kWh per i.e. per jaar. De effecten van nieuwe sanitatie op het niveau van de energiebalans van een huishouden is dus zeer beperkt.

## Bijlage 9.b. De energiebalans voor de verschillende invoervarianten

### 9.b.1 Inleiding

In het oorspronkelijke projectplan DEUGD was sprake van vier varianten voor nieuwe sanitatie, namelijk het wel of niet gescheiden houden van de componenten geel water (urine) en bruin water (faeces) en het wel of niet toevoegen van groente- en fruitafval (GF). Steeds werd grijs water en hemelwater apart gehouden

**Tabel 1.1**

Variant	Zonder GFT bijmenging	Met GFT bijmenging
Geconcentreerd bruin water en geel water gescheiden	Variant A	Variant B
Geconcentreerd zwart water	Variant C	Variant D

Vanwege de praktische problemen van het gescheiden houden van bruin en grijs water is er in een vroeg stadium van het project voor gekozen om deze varianten (A en B) te laten vervallen. Hierdoor resteren twee varianten, namelijk geconcentreerd zwart water 1) met en 2) zonder GF.

Deze studie richt zich daarnaast op de volgende toepassingsvarianten, specifiek voor de situatie in Deventer met het oog op het gescheiden aanbieden van zwart water uit de nieuwe wijken Park Zandweerd (840 i.e.) en Steenbrugge (2880 i.e.)

**Tabel 1.2**

Deventer aansluitvariant	Aantal i.e	Zonder GF (C)	Met GF (D)
Huidige situatie (gemengd aanbod RWZI)	105.000	Subvariant 1, nulsituatie zie 8.a	Subvariant 2, niet toegestaan in Nederland
Aparte vergisting van geconcentreerd zwart water uit Steenbrugge en Park Zandweerd in, 1) decentraal of 2) apart vergist op de RWZI met 'normale' conversie (35%)	2880 + 840	Subvariant 3	Subvariant 4
Aparte vergisting van geconcentreerd zwart water uit Steenbrugge en Park Zandweerd in, 1)decentraal of 2) op de RWZI met verhoogde conversie (80%)	2880 + 840	Subvariant 5	Subvariant 6

### 9.b.2. Subvariant 2: Toevoeging van GF aan rioolwater

Er wordt hier uitgegaan van de situatie dat per i.e. per dag 1,23 liter GF wordt geproduceerd. De CZV-productie per i.e. stijgt hierdoor van 190,3 g/dag naar 278,7 g/dag [7]. Vanuit de proeven van PROCES komt naar voren dat GF beter ontsloten is dan zwart water, en per eenheid CZV bij overigens gelijke reactor- en reactie omstandigheden dus meer biogas levert, circa 60 % meer per eenheid CZV (of ODS). Overigens is GF bijmenging in het rioolwater volgens de huidige regelgeving niet toegestaan in Nederland. De biogasproductie stijgt naar 9,58 Nm<sup>3</sup> per i.e. uitgaande van het huidige aangenomen CZV-verlies en 16,7 Nm<sup>3</sup> A.E. zonder dit CZV-verlies.

#### ***Welke hoeveelheid CZV per i.e. aan te houden?***

Uit tabel 1.3 blijkt, dat er aanmerkelijk meer biogas geproduceerd zou worden als de werkelijke CZV die door de RWZI wordt ingenomen overeen zou komen met de aannamen op basis van huishoudens [7]. In dat geval neemt de productie extra toe tengevolge van GF. Deze productie kan verder stijgen als de conversie van CZV ten behoeve van biogasproductie toeneemt.

**Tabel 1.3**

<b>Per i.e., op basis van aannamen en berekeningen [7]</b>	<b>CZV gram/dag</b>
Zwart water	131,8
Grijs water	58,5
GF	88,4
Totaal incl. GF	278,7
Totaal excl. GF	190,3
<i>Werkelijke input RWZI per i.e.(= excl. GF)</i>	<i>111,2</i>

De werkelijke CZV input van de RWZI per i.e. blijkt echter 111,2 g/dag te zijn. Het verschil tussen de aangenomen CZV per i.e. en de werkelijke CZV per i.e. is dus aanzienlijk. Het is niet bekend wat de oorzaak is van dit verschil: a) CZV-verlies in het rioolstelsel, b) onjuiste aannamen met betrekking tot de CSV-productie per huishouden of en combinatie van a) en b). Er wordt vanuit gegaan dat de CZV-meting in het influent van de RWZI correct is.

#### ***Invloed van de conversiegraad***

Bij een conversiegraad van circa 80 % in plaats van circa 35 % (huidige situatie) op basis van CZV-aannamen huishoudens stijgt de bruto biogasproductie tot circa 4 miljoen A.E. , ongeveer 38,2 Nm<sup>3</sup> per i.e. , ofwel ca 91,7 Nm<sup>3</sup> per huishouden (uitgaande van 2,4 personen per huishouden). Hier dient uiteraard wel de elektriciteitsbehoefte van de RWZI afgetrokken te worden. Deze bedraagt ongeveer 6.8 Nm<sup>3</sup> A.E per i.e. op basis van de huidige RWZI techniek en

de modernste STEG techniek (59 % rendement)<sup>4</sup>. Dit is de meest gunstige situatie denkbaar, per i.e. wordt netto 31,2 Nm<sup>3</sup> A.E. per jaar opgewekt, ofwel 74,88 Nm<sup>3</sup> per huishouden per jaar. De eventuele opwerkverliezen naar aardgaskwaliteit zijn hier buiten beschouwing gelaten. Ter vergelijking: het gemiddelde huishouden gebruikt circa 1.450 Nm<sup>3</sup> aardgas voor koken, verwarmen en warm tapwater.

Onderstaande tabellen geven aan hoeveel biogas geproduceerd kan worden uit de influent van de RWZI te Deventer, uitgaande van de gangbare 35 % conversie en de hogere 80 % conversie (door de Graaff, [8], p.166, wordt 78 % conversie geclaimd). Ook wordt rekening gehouden met de berekende CZV's (tabel 1.4) en de gemeten CZV's (tabel 1.5)

**Tabel 1.4**

<b>Biogasproductie op basis van CZV-aannamen GF-huishoudens [7]</b>	
RWZI biogasproductie [Nm <sup>3</sup> A.E.] per kg CZV uit zwart water en grijs water	0,138
CZV uit zw-w en grijs water huishoudens op basis van aannamen huishoudens en 105.000 i.e. [kg per jaar]	7.293.248
Biogasproductie in [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar ] op basis van aannamen huishoudens exclusief GF	1.005.886
Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	9,58
Biogasproductie GF in [Nm <sup>3</sup> A.E. ] op basis van batchproeven, per kg CZV	0,221
CZV uit GF op basis van 105.000 i.e. [kg per jaar]	3.387.930
Biogasproductie GF in [Nm <sup>3</sup> A.E.per jaar ] op basis van batchproeven, uit 105.000 i.e, per jaar	747.622
Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	7,12
Totaal [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	1.753.508
Totaal Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	16,70
Totaal [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar] bij 80% conversie in plaats van 35 % conversie	4.008.019
Totaal Per i.e. [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar] bij 80 % conversie in plaats van 35 % conversie	38,17

**Tabel 1.5**

<b>Biogasproductie op basis van werkelijke CZV</b>	
RWZI biogasproductie [Nm <sup>3</sup> A.E.] per kg CZV uit zwart water en grijs water exclusief GF	0,138
Werkelijke CZV [kg per jaar]	4.261.740
Biogasproductie [Nm <sup>3</sup> /A.E.], uit 105.000 i.e, per jaar	587.780

<sup>4</sup> Er wordt hier vanuit gegaan dat de RWZI niet meer zijn eigen elektriciteit opwekt, maar het biogas converteert naar aardgas kwaliteit. Als het DENNIS concept wordt toegepast dan kan deze elektriciteitsvraag wellicht dalen.

Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	5,60
Biogasproductie GF bij gelijk CZV-verlies als huidig rioelstelsel [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	436.866
Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	4,16
Totaal [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	1.024.646
Totaal Per i.e.[Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar]	9,76
Totaal [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar] bij 80 % conversie in plaats van 35 % conversie	2.342.048
Totaal Per i.e. [Nm <sup>3</sup> A.E. per jaar] bij 80 % conversie in plaats van 35 % conversie	22,31

In tabel 1.5 wordt nagegaan wat GF-bijmenging zou opleveren als uitgegaan wordt van het (mogelijke) CZV-verlies in het rioelstelsel, dat uiteraard ook voor de GF-stroom geldt. De gasopbrengst per i.e. is aanzienlijk lager dan wanneer uitgegaan wordt van de aangenomen CZV. De opbrengst per i.e. is maximaal  $22,31 - 6,8 = 15,51$  Nm<sup>3</sup> bij aanname van 80 % conversie. Dit betekent dus 37,2 Nm<sup>3</sup> per huishouden per jaar. De eventuele opwerkverliezen naar aardgaskwaliteit zijn hier buiten beschouwing gelaten. Overigens is GF-bijmenging in het rioelsysteem niet toegestaan in Nederland.

**9.b.3. Subvariant 3: Het gescheiden aanbieden van zwart water vanuit twee nieuwe wijken van Deventer en aparte vergisting, zonder GF, zonder en met CZV-verlies, bij 'normale' conversie**

In deze subvariant 3 bieden de nieuwe wijken Park Zandweerd en Steenbrugge (2.880 respectievelijk 840 inwoners) hun geconcentreerde zwart water aan om apart vergist te worden, zonder GF. De conversiegraad ligt op 35 %. De biogasproductie is bij de normale conversiegraad van 35 % en zonder GF-vergelijkbaar met de huidige biogasproductie, namelijk 5,6 Nm<sup>3</sup> A.E. per i.e. met het aangenomen CZV-verlies en 9,58 Nm<sup>3</sup> A.E. zonder dit CZV-verlies.

**9.b.4. Subvariant 4: Het gescheiden aanbieden van zwart water vanuit twee nieuwe wijken van Deventer en aparte vergisting, met GF, zonder en met CZV verlies, bij 'normale' conversie.**

In deze subvariant 4 bieden de nieuwe wijken Park Zandweerd en Steenbrugge (2.880 respectievelijk 840 inwoners) hun geconcentreerde zwart water aan om apart vergist te worden, met GF. De conversiegraad ligt op 35 % voor het zwarte water en 60 % voor het GF. De biogasproductie is met GF: 9,76 Nm<sup>3</sup> A.E. per i.e. met het aangenomen CZV-verlies en 16,7 Nm<sup>3</sup> A.E. zonder dit CZV-verlies.

**9.b.5. Subvariant 5: Het gescheiden aanbieden van zwart water met GF vanuit twee nieuwe wijken van Deventer aan de bestaande RWZI, zonder GF, bij verhoogde conversie.**

In deze subvariant 5 bieden de nieuwe wijken Park Zandweerd en Steenbrugge (2.880 respectievelijk 840 inwoners) hun geconcentreerde zwart water apart aan om apart vergist te worden. De conversiegraad ligt op 80 % voor het zwarte water. De biogasproductie stijgt naar 12,8 Nm<sup>3</sup> per i.e. uitgaande van het huidige aangenomen CZV-verlies en 21,9 Nm<sup>3</sup> A.E. zonder dit CZV-verlies.

**8.b.6. Subvariant 6: Het gescheiden aanbieden van zwart water met GF vanuit twee nieuwe wijken van Deventer aan de bestaande RWZI, met GF, bij verhoogde conversie.**

In deze subvariant 6 bieden de nieuwe wijken Park Zandweerd en Steenbrugge (2.880 respectievelijk 840 inwoners) hun geconcentreerde zwart water met GF apart aan om apart vergist te worden. De conversiegraad ligt op 80 % voor het zwarte water en 80 % voor het GF. De biogasproductie stijgt naar 12,8 Nm<sup>3</sup> per i.e. uitgaande van het huidige aangenomen CZV-verlies en 22,3 Nm<sup>3</sup> A.E. en 38,2 Nm<sup>3</sup> A.E. zonder dit CZV-verlies.

**9.b.9 Samenvatting**

Onderstaande tabel 1.6 geeft de resultaten weer voor de verschillende varianten. Deze cijfers zijn exclusief de elektriciteitsbehoefte van de waterketen buiten de RWZI en de eigen elektriciteitsbehoefte van de RWZI. Zoals gezegd is er geen zekerheid over het werkelijke CZV-verlies in het rioolleidingstelsel.

**Tabel 1.6**

subvariant	Met CZV-verlies	Zonder CZV-verlies
	Nm <sup>3</sup> /i.e. /jaar [A.E.]	Nm <sup>3</sup> /i.e. /jaar [A.E.]
1 (nulsituatie)	5,6	9,58
2 (niet toegestaan)	9,76	16,7
3	~5,6	~9,58
4	9,76	16,7
5	~12,8 <sup>5</sup>	~21,9 <sup>6</sup>
6	~22,3 <sup>7</sup>	~38,2 <sup>8</sup>

<sup>5</sup> Conversie 80 %

<sup>6</sup> Conversie 80 %

<sup>7</sup> Conversie 80 %



## **Conclusies**

- Als overall in Deventer vacuümtoiletten worden toegepast en zwart water geconcentreerd wordt aangeboden, dan kan de biogasproductie sterk stijgen mits de conversiegraad stijgt door toepassing van door de nieuwe vergistingstechnologie die mogelijk wordt door het geconcentreerde aanbod
- Toepassing van vacuümtoiletten en het toepassen van een apart zwart water/GF-rioolnet heeft dus pas zin wanneer aangetoond is dat met nieuwe zuiverings- en vergistingstechnologie aanzienlijk hogere conversiegraden kunnen worden bereikt
- De biogasproductie wordt nadelig beïnvloed door CZV eventueel verlies tussen de aansluitingen bij de woningen en het influent van de RWZI
- De elektriciteitsconsumptie zal dalen ten gevolge van de verschuiving van aerobe zuivering naar anaerobe zuivering [6]. Door de zuivering in deze zin te wijzigen kan bovendien de warmtevraag van de RWZI sterk dalen door de verminderde waterdoorzet. Het wordt dan aantrekkelijk om het biogas om te zetten naar groen gas en dit in het aardgasnet te injecteren
- Het bijmengen van GF is alleen mogelijk als er een apart rioolnet voor zwart water en GF wordt aangelegd. Door de hogere conversiegraad van GF bij overigens gelijke reactie omstandigheden stijgt de specifieke biogasproductie
- De warmtebehoefte van de RWZI kan verder verminderd worden door goede isolatie en door terugmengen van warmte naar de voeding met warmtewisselaars. De resterende warmtevraag kan worden ingevuld door een klein deel van het ongezuiverde biogas te verbranden

---

<sup>8</sup> Conversie 80 %

## **Bijlage 9.c. De benutting van restwarmte binnen en buiten de RWZI.**

Het genereerde biogas wordt in de huidige RWZI van Deventer omgezet in elektriciteit en warmte. De elektriciteit wordt aangewend om de elektriciteitsbehoefte van de RWZI te dekken, die voor het grootste deel bestaat uit de energiebehoefte voor de beluchting. De warmte wordt gebruikt voor het vergistingsproces, vooral in de winter. 's Zomers is deze warmte overvloedig en wordt vernietigd. Gemiddeld is ongeveer 30 % van de gegenereerde warmte nodig voor het optemperatuur brengen/houden van het vergistingsproces [9].

Voor de RWZI Deventer betekent dit, dat 7.367,5 GJ per jaar warmte (ongeveer 260.000 Nm<sup>3</sup> A.E.) in overschot is en aan derden geleverd zou kunnen worden. Hiermee zouden ongeveer 200 woningen verwarmd kunnen worden. Deze warmte vertegenwoordigt een waarde van ongeveer EUR 75.000,- indien al deze warmte voor EUR 10,-/GJ verkocht zou kunnen worden.

Er wordt hier uitgegaan van een betrekkelijk groot warmtenet met tapwaterfunctie waarin de warmte altijd verkocht kan worden, ook in de zomer als er een tapwatervraag bestaat. In die periode zijn de verliezen echter groot omdat er betrekkelijk weinig warmte wordt afgenomen terwijl het net op temperatuur moet worden gehouden. Er zal in dit warmtenet behoorlijk bijgestookt moeten worden, met hulpketels, om in de warmtevraag te voldoen in de winterperiode. De warmteverliezen van deze warmtenetten zijn aanzienlijk (20 – 35 % van de warmte input).

Als het gaat om een klein warmtenet en/of een warmtenet zonder tapwatervoorziening en dus met stooklijn, dan zullen er in de zomer warmteoverschotten ontstaan is de benutbare warmte geringer dan de genoemde 7.367,5 GJ per jaar.

Om deze redenen is het interessant om na te gaan of het mogelijk is dat de RWZI zoveel mogelijk autotherm wordt gemaakt en dat het biogas naar de WKK wordt getransporteerd. De WKK gasmotor komt zo dicht mogelijk bij de warmte-afzet – de woningen – te staan. De elektriciteit kan zowel aan de RWZI teruggeleverd worden als aan de bewoners worden geleverd als groene elektriciteit. De RWZI moet dan uiteraard wel elektriciteit inkopen. Het saldo van verkoop van het biogas en de inkoop van de elektriciteit moet positief zijn.

De huidige elektriciteitsproductie van de gasmotor op de RWZI is 1.892.100 kWh per jaar (gecorrigeerd voor de geïmporteerde slibhoeveelheid). De inkoopkosten bedragen bij een 'all in' elektriciteitsprijs van EUR 0,12 per kWh: EUR 227.052,- per jaar. De hoeveelheid biogas die jaarlijks wordt geproduceerd bedraagt 587.780 Nm<sup>3</sup> A.E. Dit betekent dat de prijs die een A.E. jaarlijks moet opbrengen minimaal EUR 0,386 per A.E. is. Dit is een prijs die iets onder het niveau ligt van kleinverbruikers exclusief btw (= 0,43 exclusief btw, maar inclusief energiebelasting en transport). Een rendabele exploitatie is om die reden onwaarschijnlijk gezien de investeringen die in de plaatsing van de WKK en de aanleg van het (locale) warmtenet gedaan moeten worden. Bij volledige en verliesloze afzet van de geproduceerde warmte en het autotherm maken van de RWZI (waardoor er geen externe warmtevraag meer is voor de RWZI) bedraagt de jaarlijkse

energiebesparing 318.000 Nm<sup>3</sup> A.E. en een CO<sub>2</sub> reductie van 565 ton per jaar. Echter, als circa 18 % van het biogas nodig is voor verwarming van het vergistingsproces binnen de RWZI (=huidige situatie), dan daalt dit tot resp. 260.000 Nm<sup>3</sup> en 373 ton CO<sub>2</sub> (op basis van de landelijke brandstofmix voor E-centrales).

Echter de volledige en verliesloze afzet van warmte is niet mogelijk. Daardoor zullen de energiebesparing respectievelijk de CO<sub>2</sub>-reductie lager zijn. Ook zal in het winterseizoen veelal bijgestookt moeten worden met aardgasgestookte of biomassa gestookte hulpketels. Ook hierdoor daalt de CO<sub>2</sub>-reductie.

Vuistregel is, dat het aandeel WKK-warmte (bij gasmotoren ) op jaarbasis in de totale warmte opwekking tenminste circa 30 procentpunten hoger moet zijn dan het verliespercentage van het net op jaarbasis om de referentie (STEG + individueel gas) te evenaren. Dit betekent dat bij een niet ongebruikelijk warmteverliespercentage van 25 % het aandeel warmte van de WKK in de totale warmtevoorziening tenminste 55 % moet zijn – en dus blijft er 45 % over voor de hulpketels. Om tot rendabele en energiebesparende exploitatie te komen dient het percentage nog aanmerkelijk hoger te zijn.

[4] *DEUGD: Duurzame Energie Uit Geconcentreerde stromen in Deventer*, studie naar methaan productie uit zwart water, Tom Oudenhoven, Saxion Hogescholen, 15 juli 2010

[6] *Nieuw RWZI concept DENNIS levert energie op*, Tony Flaming, Herman Evenblij, Paul telkamp, Ronnie Berg, H2), nr. 22, 2010

[7] Berekeningen en aannamen Paul Telkamp, Tauw

[8] *Resource recovery from black water*, M.S. de Graaff, WUR, 2010

[9] Werkrapport 'De Energiefabriek' , STOWA, 17 juli 2009.

[10] Energiebalans RWZI Deventer, Waterschap Groot Salland, 2008

## Bijlage 9 d Nadere berekening op basis van Steenbrugge

### Aanvoer

De afvalwatersamenstelling van Deventer zal door het aanhaken van Steenbrugge veranderen. De wijze waarop het afvalwater wordt ingezameld is daarbij van invloed op de samenstelling. Bij aanvoer van geconcentreerd afvalwater komt er minder water mee en komt er meer gesuspendeerd organisch vuil en minder opgelost CZV.

De verschillen in de afvalwatersamenstelling vanuit Steenbrugge zijn in onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel 1.1 Verwachte afvalwaterhoeveelheid Steenbrugge (exclusief voedselresten)**

		Geconcentreerd zwartwater	Grijswater	som	Conventioneel
Gemiddeld	m3/d	22	259	281	375
dagdebiet					
CZV	kg/d	143	146	289	289
BZV	kg/d	53	54	107	107
N-kj	kg/d	29	1,3	30	30
ZS	kg/d	63	65	128	128
P-tot	kg/d	5,2	1,4	6,6	6,6

De bovenstaande vrachten zijn gebruikt als uitgangspunt voor de berekeningen van het Steenbrugge effect op de rwzi Deventer.

Voor de bepaling van de effecten van Steenbrugge op rwzi Deventer is gebruik gemaakt van de Tauw ontwerp- en terugrekentool. Hiervoor is de rwzi Deventer gefit volgens de gegevens van 2009. Voor het maken van een goede fit zijn de volgende aanpassingen gemaakt:

- De gemeten aanvoer van organische stof (CZV, BZV en ZS) is 15% verhoogd om tot vergelijkbare effluentwaarden te komen
- De gemeten beluchtingsenergie, de slibproducties voor en na gisting en de gasproductie zijn veel hoger dan volgens het model

De huidige aanvoer op de biologie van de rwzi Deventer zoals gebruikt in de ontwerp- en terugrekentool is weergegeven in onderstaande tabel gezamenlijk met de aanvoergegevens van Steenbrugge conventioneel en Steenbrugge volgens het DEUGD-concept. Het gaat hier om de vrachten op de biologie en dus niet het ruwe influent. Hier is bewust voor gekozen omdat bij het DEUGD-concept het zwartwater niet meer via de waterlijn binnenkomt, maar er wel extra vrachten stikstof en fosfaat van het zwartwater na gisting op de waterlijn terechtkomen.

Tabel 1.2 Aanvoer

		Deventer exclusief Steenbrugge (2009)	Steenbrugge conventioneel	Steenbrugge met gescheiden geconcentreerd zwartwater
<b>Gemiddeld dagdebiet</b>	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	<b>22.188</b>	<b>22.562</b>	<b>22.469</b>
<b>Belasting in inwonerequivalenten</b>	<b>i.e. a 136 g TZV/dag</b>	<b>112.090</b>	<b>115.105</b>	<b>114.550</b>
CZV	Kg/d	9.486	9.727	9.679
BZV	kg/d	3.366	3.458	3.460
ZS	kg/d	3.196	3.280	3.238
N-kj	kg/d	1.260	1.297	1.291
P-tot	kg/d	185	193	192

De aanvoer vanuit Steenbrugge zorgt voor een procentuele verhoging van de belasting van 2,7 % voor het conventionele rioleringsstelsel en 2,2 % bij het DEUGD-concept.

### Modelberekeningen

In het DEUGD-concept daalt de hoeveelheid te verwerken slib. De gisting is gemodelleerd met het model van Chen en Hashimoto. De uitkomsten hiervan moeten vooral als trendmatig worden beoordeeld. Volgens het model verandert door de lagere verblijftijd alleen de afbreekbaarheid van het secundaire en extern (incl. zwartwater) slib. Dit heeft te maken met de veel moeilijkere afbreekbaarheid van de polymere celstructuren in secundaire slib in vergelijking met primair slib.

Tabel 1.3 Stofstromen

Parameter	eenheid	Rwzi Deventer +Steenbrugge conventioneel	Rwzi Deventer + Steenbrugge DEUGD	Relatieve verschil DEUGD t.o.v. conventioneel
Primair slib*	kg ODS/d	1.873	1.849	-1,3 %
Secundair slib**	kg ODS/d	2.076	2.056	-1,0 %
Extern*** + Zwartwater slib	kg ODS/d	926	1.002	8,2 %
Uitgegist slib	Kg ds/dag	4.875	4.907	0,6 %
Verblijftijd in de gisting	Dagen	22,4	22,1	-1,3 %
Afbraak droge stof in de gisting				
Primair slib	%	43,4	43,4	0,0 %
Secundair slib	%	22,6	22,5	-0,4 %
Extern + Zwartwater slib	%	22,6	22,6	0,0 %
Totaal afbraak slib	%	30,3	30,0	-0,1 %
Gasproductie	Nm <sup>3</sup> /dag	1.667	1.677	0,6 %

\*Primair slib is uit de voorbezinking en is goed afbreekbaar

\*\*Secundair slib is slib uit het actief-slib systeem en bestaat voornamelijk uit biologisch slib en intert materiaal

\*\*\* Extern slib bestaat in Deventer uit secundair slib van de rwzi's Olst en Wijhe en uit slib van de (voedsel) industrie

Tabel 1.4 Energiegebruik

Parameter	Eenheid	Rwzi Deventer +Steenbrugge conventioneel	Rwzi Deventer + Steenbrugge DEUGD	Vershil DEUGD t.o.v. conventioneel
Energie beluchting	kWh/jaar	2.036.962	2.036.439	523
Opbrengst biogas	kWh/jaar	-1.474.611	-1.483.842	9.231
Overige energie	kWh/jaar	1.160.834	1.160.834	0
<b>Totaal</b>	<b>kWh/jaar</b>			<b>9.754</b>

### Effluent

De geringe verhoging van de aanvoer heeft ook zijn weerslag op de effluentkwaliteit. Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat alle stikstof en fosfaat in het zwartwater op de waterlijn terugkomen en dat dus niet een deel met het ontwaterde slib wordt afgevoerd (feitelijk een worstcase scenario). Omdat de rwzi Deventer in 2009 ruim voldeed aan de stikstof en fosfaateffluenteisen is de uitbreiding met Steenbrugge geen kritisch punt.

Tabel 1.5 Effluent

Omschrijving	Eenheid	Praktijkwaarde	2009 Excl. Steenbrugge	2009 incl. Steenbrugge conventioneel	2009 incl. Steenbrugge DEUGD
N-totaal (jaargemid.) afloop NBT	mg/l	8,50	8,3	8,5	8,5
P-totaal (DWA jaargem) afloop NBT	mg/l	0,73	1,19	1,21	1,25

### Energieverbruik/productie

In de operationele kosten en de energieconsumptie vinden kleine verschuivingen plaats die zijn opgenomen in navolgende tabel.

Tabel 1.6 Operationele kosten en energieproductie

Omschrijving	Excl. Steenbrugge Kosten	Incl. Steenbrugge	
		conventioneel Kosten	Incl. Steenbrugge DEUGD Kosten
<b>Slibverwerking</b>			
• Primairslib	300.998	309.398	305.886
• Secundairslib	488.354	502.455	498.705
• Chemisch slib	-	-	-
<b>Energie (kWh/jaar)</b>			
• Beluchtingsenergie	198.883	203.696	203.644
• Opbrengst biogas	-145.949	-147.461	-148.384
• Overige energie	113.991	116.083	116.083
<b>Dosering chemicaliën</b>			
• Pe dosering	81.784	84.199	83.493

Omschrijving	Excl. Steenbrugge	Incl. Steenbrugge	
		conventioneel	Incl. Steenbrugge DEUGD
Restheffing	68.660	69.819	73.516
<b>Totale exploitatiekosten</b>	<b>1.106.700</b>	<b>1.138.200</b>	<b>1.132.900</b>

\* alleen zandvanger, actief-slibtanks, verdeelwerken en tussengemaal

De verschillen in de operationele kosten tussen het DEUGD-concept en de conventionele afvoer hebben vooral betrekking op de te verwerken hoeveelheid slib, de beluchtingsenergie en de biogasopbrengst. Interessant is dat bij het DEUGD-concept de belasting ten opzichte van het conventionele concept meer toeneemt, maar dat de operationele kosten juist achterblijven. Dit is in onderstaande tabel toegelicht.

Omschrijving	Excl. Steenbrugge	Incl. Steenbrugge	
		conventioneel	Incl. Steenbrugge DEUGD
Capaciteit (ie's a 136 g TZV/dag)	112.090	115.105	114.550
	-	+2,7 %	+2,2 %
<b>Totale exploitatiekosten</b>	<b>1.106.700</b>	<b>1.138.200</b>	<b>1.132.900</b>
	-	+2,8 %	+2,4 %

### Energiegebruik GF

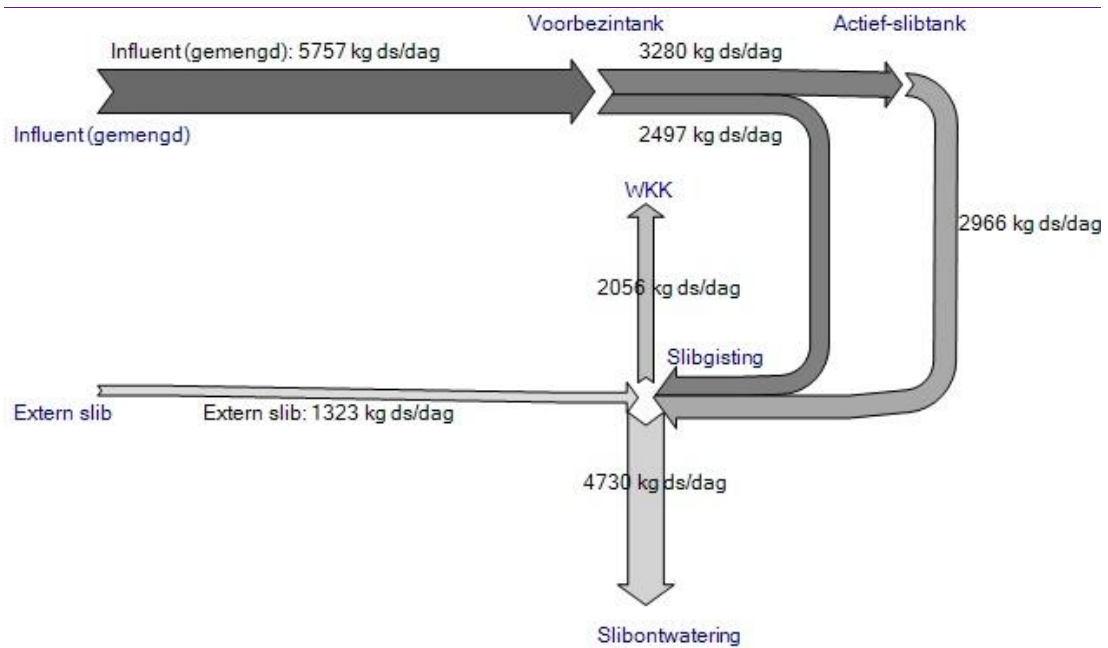
Het gebruik van energie en de opbrengst van biogas op de rwzi is grof benaderd. Er is van uitgegaan dat het energiegebruik (beluchting en overig) evenredig toeneemt met de extra inbreng van stikstof met de GF. De biogasopbrengst is gebaseerd op de batch testen van proces (330 l CH<sub>4</sub> / kg CZV) en een aanvoer van CZV met de GF van 88 g CZV per persoon per dag (250 kg CZV/d).

#### 1.7 Energiegebruik zwartwater en GF Steenbrugge

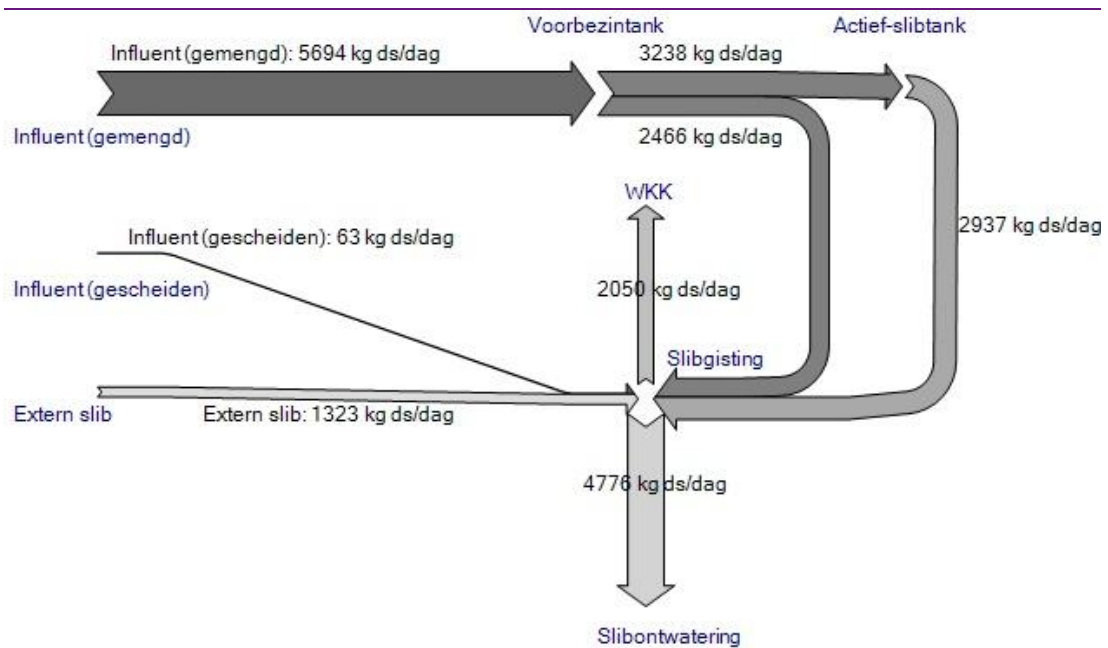
Parameter	Eenheid	Steenbrugge conventioneel	Steenbrugge DEUGD zwart water en GF	Vershil DEUGD t.o.v. conventioneel
Energie beluchting	kWh/jaar	2.036.962	2.043.747	-6.785
Opbrengst biogas	kWh/jaar	-1.474.611	-1.538.233	63.622
Overige energie	kWh/jaar	1.160.834	1.160.834	0
<b>Totaal</b>	<b>kWh/jaar</b>	<b>1.723.185</b>	<b>1.713.431</b>	<b>56.837</b>

### Drogestofbalansen conventioneel versus DEUGD

In de navolgende figuren zijn de drogestofbalansen van DEUGD en conventioneel opgegeven. Eerst wordt de drogestofbalans van conventioneel genoemd en daarna die van het DEUGD-concept. In de figuren is te zien dat de totale aanvoer van drogestof ongeveer gelijk ligt, maar dat er via het actief-slib minder wordt afgevoerd. De afbraak van actief-slib is lager, waardoor netto de biogasproductie toeneemt.



**Figuur 1 Drogestofbalans conventioneel (excl. voedselresten)**



**Figuur 2 Drogestofbalans DEUGD (excl. voedselresten)**





# Bijlage

# 10

Financiële uitwerking

## Bouw- en investeringskosten

In onderstaand overzicht zijn de investeringskosten voor de varianten weergegeven. De weergegeven investeringskosten zijn meerkosten ten opzichte van een conventionele situatie (conventionele toiletten, conventionele riolering en conventionele zuivering).

Varianten	INVESTERINGSKOSTEN (meerkosten)			
	Steenbrugge		Park Zandweerd	
	per woning	totaal	per woning	totaal
Geconcentreerd zwartwater naar gisting rwzi Grijswater op bestaande persleiding	€ 2.700	€ 3.200.000	€ 1.600	€ 570.000
Geconcentreerd zwartwater naar gisting rwzi Grijswater in wijk behandelen	€ 3.400	€ 4.100.000	N.v.t.	N.v.t.
Geconcentreerd zwartwater + GF-afval naar gisting rwzi Grijswater op bestaande persleiding	€ 4.100	€ 4.900.000	€ 2.800	€ 1.000.000
Geconcentreerd zwartwater + GF-afval naar gisting rwzi Grijswater in wijk behandelen	€ 4.700	€ 5.700.000	N.v.t.	N.v.t.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

### Nieuwbouwplannen

Voor de kostencalculatie is voor het aantal toiletten per huishouden het volgende gehanteerd:

- Woningen : 2 toiletten
- Appartementen : 1 toilet

### Steenbrugge

Het accent van Steenbrugge ligt op laagbouw (90 % van de woningen), de overige 10 % is gestapelde bouw (appartementen). De appartementencomplexen die gerealiseerd zullen worden zijn allemaal kleinschalig (gemiddeld gezien < 15 appartementen per appartementencomplex).

### Park Zandweerd

Park Zandweerd zal bestaan uit eengezinswoningen, compacte woningen en hoogbouw. Er wordt uitgegaan van circa 70 % hoogbouw (240 appartementen) verdeeld over twee gebouwen met 15 verdiepingen. De overige 30 % betreft eengezinswoningen en compacte woningen.

### Voedselrestenvermaler

Er zijn meerdere typen voedselrestenvermalers verkrijgbaar. Voor dit haalbaarheidsonderzoek is uitgegaan van de meest robuuste, stilste en daarmee ook duurste voedselrestenvermaler (circa EUR 220,- per stuk, exclusief btw). Het verschil tussen de duurste en de goedkoopste voedselrestenvermaler is circa EUR 150,- exclusief btw. Voor de koppeling met het vacuümsysteem is een klein tankje voorzien met daarin een automatische klep. Ten behoeve van de spoeling en reiniging van de voedselrestenvermaler is uitgegaan van een automatische drinkwaterafsluiter om zodoende de handmatige handelingen te minimaliseren en het comfort daarmee te maximaliseren. Bij de varianten met GF-inzameling is uitgegaan van één voedselrestenvermaler per huishouden. De totale meerkosten voor de voedselrestenvermaler is circa EUR 1.000,-, exclusief btw.

## Riolering

### Algemeen

De raming voor de riolering betreft kostenvergelijk van de investeringskosten, opgebouwd volgens de SSK-systematiek (CROW-publicatie 137). De raming is opgesteld volgens de deterministische methode. Verder zijn per rioleringsonderdeel de volgende percentages gehanteerd ten opzichte van de bouwkosten:

- Nadere detaillering 15 %
- AK 8 %
- WR 5 %
- Bijdragen (o.a. RAW/FCO) 0,30 %
- Onvoorzien 10 %

Het aandeel engineering, administratie en toezicht is op 15 % gezet van de totale som van de rioleringsonderdelen. Dit is bij de totale som opgeteld.

### Vacuümriolering in wijk

Op basis van leveranciersinformatie is voor de vacuümriolering uitgegaan van de volgende diameters en materialen:

- Riolering binnenshuis tot aan perceelgrens → 50 mm hogedruk PVC
- Riolering perceelgrens tot hoofdleiding vacuümriool → 50 mm PE
- Hoofd vacuümriool → 75 - 90 mm PE

De vacuümriolering heeft een relatief kleine diameter en hoeft niet onder verhang aangelegd te worden. Daarom kan het worden meegelegd met de nutsvoorzieningen. Dit is relatief goedkoop ten opzichte van een gemengd riool. Bij de kostenraming is uitgegaan dat 90 % van de vacuümriolering kan worden meegelegd met de nutsvoorzieningen en dat voor 10 % separaat een sleuf zal moeten worden gegraven.

### Grijswaterriolering

De diameter van de grijswaterriolering is hetzelfde verondersteld als de diameter van het conventioneel riool waar al het afvalwater op wordt geloosd. De diameter van de grijswaterriolering zou theoretisch kleiner kunnen, vanwege het lagere debiet in vergelijking met de conventionele situatie, maar is in het kader van inspectie en onderhoud op dezelfde diameter gehanteerd. De aanlegkosten voor de grijswaterriolering zijn met deze normen gelijk aan de aanlegkosten voor een conventioneel riool.

### Persgemaal + persleiding zwartwater

Voor de raming van de gemalen is uitgegaan van de kostenkengetallen van de Leidraad Riolering. Voor de raming van de persleiding is uitgegaan van aanleg van de leiding in een groenstrook (gras). Wegen of andere obstakels worden gekruist middels gestuurde boringen. De totale lengte aan gestuurde boringen is geschat middels een percentage van de totale leidinglengte. Voor de persleiding van het zwartwater van de wijk naar rwzi Deventer is gekozen voor een 50 mm PE-leiding. Het persgemaal zal in de wijk worden opgesteld.

### **Vacuümstation en vacuümtoiletten**

Bij twee leveranciers is een kostenraming voor een vacuümstation en de vacuümtoiletten opgevraagd. Het gemiddelde van deze twee ramingen is als uitgangspunt gehanteerd.

### **Grijswaterbehandeling**

Voor de varianten waarbij het grijswater in de wijk wordt behandeld is de kostenraming gebaseerd op de installatie van een helofytensysteem.

### **Investeringskosten (stichtingsfactor)**

Waterschappen hanteren in het algemeen een stichtingsfactor (circa 1,7) om van bouwkosten naar investeringskosten te geraken. Deze stichtingsfactor omvat onvolledigheidstoeslag, verzekeringen, heffingen, vergunningen, nutsvoorzieningen, grondonderzoek, leges, inrichtingskosten, kosten voor advies - en toezicht, bouwrente, onvoorzien en btw. Binnen dit haalbaarheidsonderzoek is de stichtingsfactor verlaagd van 1,7 naar 1,35 aangezien er al engineeringskosten en toezicht (15 %) en object onvoorzien (10 %) zijn meegenomen bij de rioleringsberekening en de gemeente geen btw (19 %) hoeft te betalen. Aangezien de verwachting is dat niet alle kosten bij de gemeente zullen liggen maar ook deel bij projectontwikkelaar (toiletten, riolering in woning en voedselrestenvermaler) en waterschap is uiteindelijk gekozen voor een verlaging van de factor met 35 %, naar 1,35.