



Adriaan Mels, Wageningen Universiteit / LeAF
 Paul Telkamp, Tauw
 Erwin Koetse, Grontmij
 Okke Braadbaart, Wageningen Universiteit

Praktijkervaringen met zwart- en grijswatersystemen in Noorwegen en Duitsland

De laatste jaren bestaat wereldwijd steeds meer aandacht voor de ontwikkeling van nieuwe sanitiesystemen die gebaseerd zijn op gescheiden inzameling van geconcentreerde en minder geconcentreerde afvalwaterstromen uit het huishouden. Ook in Nederland vindt het nodige onderzoek plaats en zijn recentelijk enkele projecten gerealiseerd. Wageningen Universiteit verzamelt systematisch de praktijkervaringen uit verschillende EU-landen en vergelijkt deze om de kennis op dit vlak verder te ontwikkelen. Dit artikel presenteert het resultaat van onderzoek naar vier praktijksystemen met vacuüminzameling en grijswaterzuivering in Noorwegen en Duitsland.

Binnen de Europese Unie lopen 40 tot 50 praktijkprojecten waarin verschillende concepten worden toegepast. De Urban Environment Group van Wageningen Universiteit onderzoekt het praktijkfunctioneren van deze systemen. Hierbij wordt onder andere gekeken naar het technologiekeuzeprocess (waarom hebben de betrokken partijen gekozen voor een niet-conventioneel systeem), hoe de technologie functioneert, hoe beheer en onderhoud zijn geregeld en wat de ervaringen en meningen zijn van de gebruikers oftewel de bewoners.

Dit artikel gaat in op ervaringen in projecten in Noorwegen en Duitsland waarbij vacuümtechnologie en decentrale grijswaterzuivering wordt toegepast. Waterbesparende vacuümtoiletten worden over het algemeen gezien als een eerste stap bij het efficiënt verwerken van zwart water. Deze aanpak staat in Nederland ook volop in de belangstelling. Recentelijk zijn twee projecten met vacuümtoiletten gerealiseerd, namelijk Lemmerweg-Oost in Sneek (32 woningen) en Casa Vita in Deventer (38 appartementen). Daarnaast zijn in het verleden verschillende projecten gerealiseerd met decentrale grijswaterzuivering (bijvoorbeeld Lanxmeer in Culemborg en Drielanden in Groningen).

De volgende projecten zijn in de periode oktober 2005 - januari 2006 onderzocht:

- het studentencomplex Kaja van de University of Life Sciences van Noorwegen, op ongeveer 30 kilometer afstand van Oslo in Ås (opgeleverd in 1997). Het bestaat uit 24 appartementen die zijn uitgerust met vacuümtoiletten en een lokaal grijswaterzuiveringsstelsel. Het stelsel wordt gebruikt door 48 studenten;
- de woonwijk Torvetua aan de rand van de Noorse stad Bergen (opgeleverd in 1999). De wijk telt 40 woningen die zijn uitgerust met vacuümtoiletten en met twee grijswaterzuiveringsstelsels.

Tabel 1. Aanjagers en remmers bij de keuze voor een innovatief sanitiesysteem.

land	'aanjagers'	'remmers'
Noorwegen	<ul style="list-style-type: none"> waterbesparing bescherming van emissies naar oppervlaktewater positief gevoel qua milieubewustheid 	<ul style="list-style-type: none"> niet-coöperatieve houding bij overheidsinstanties destijds een onbekende techniek waardoor moeilijk te implementeren onduidelijkheden rond beheer en onderhoud
Duitsland	<ul style="list-style-type: none"> waterbesparing en hergebruik van gezuiverd afvalwater voorbeeldproject waarin innovatieve sanitatie technieken worden toegepast die bijdragen aan kringloopsluiting 	<ul style="list-style-type: none"> waarborgen van de veiligheid en gezondheid van de gebruikers bij waterhergebruik destijds een onbekende techniek waardoor moeilijk te implementeren onduidelijkheden rond beheer en onderhoud



Vacuütoilet en -pomp van Kaja.



Membraanbioreactor voor zuivering van grijswater bij 'Arbeiten & Wohnen'.

- terzuiveringssystemen. Het systeem wordt gebruikt door ongeveer 130 mensen;
- het appartementencomplex Arbeiten & Wohnen in Freiburg (opgeleverd in 1999). Het bevat 14 appartementen en vier kantoren uitgerust met vacuütoiletten en een grijswaterzuivering. Het systeem wordt gebruikt door 36 mensen;
 - het kantoorgebouw Östarkade' van de Duitse KfW-bank in Frankfurt am Main (opgeleverd in 2003). Het biedt plaats aan 300 werkplekken. Daarnaast zijn er 13 appartementen op de bovenverdieping. Het complex is uitgevoerd met vacuütoiletten en een grijswaterzuiveringssysteem. Het systeem wordt gebruikt door ongeveer 350 mensen.

De onderzoeken zijn uitgevoerd door twee (inmiddels afgestudeerde) studenten: Paul Telkamp (Noorwegen) en Erwin Koetse (Duitsland). Informatie is verzameld op locatie door bezichtiging van de technische systemen en het opragen van meetgegevens over zuiveringsrendementen, energie- en waterverbruik etc. Daarnaast zijn interviews gehouden met initiatiefnemers, beheerders, onderhoudsmonteurs en bewoners.

Technologiekeuzeproces

Door middel van interviews met betrokken actoren is nagegaan wat de primaire drijfveren in de onderzochte projecten waren om een innovatief sanitatiesysteem toe te passen. Tabel 1 geeft hiervan een samenattend overzicht. In totaal zijn ongeveer vijf partijen per project geïnterviewd waaronder de initiatiefnemers, woning- of gebouw eigenaars, de lokale gemeentelijke autoriteiten, het waterbedrijf en de architect.

Functioneren in de praktijk

Vacuümsystemen

Vacuümsystemen zijn gebaseerd op transport door lucht. Door een onderdruk in het pijpsysteem (0,5-0,6 bar) en het openen van een klep tijdens de spoeling wordt de inhoud van het toilet verwijderd. Afvoer van het zwarte water vindt plaats via vacuümleidingen die een diameter van bijvoorbeeld 63 mm hebben. De onderdruk wordt in stand gehouden door een pompinstallatie. De vacuümsystemen van de beide onderzochte projecten in Noorwegen zijn geleverd door een Noorse firma en geïnstalleerd door lokale installatiebedrijven. Beheer en onderhoud bij Kaja wordt gedaan door de beheerder van de studentenappartementen en door de universiteit. Beheer en onderhoud bij Torvetua valt onder de verantwoordelijkheid van de Vereniging van Eigenaren die voor het beheer en onderhoud een bedrijf hebben ingeschakeld. Ondanks een goede installatiehandleiding zijn bij Torvetua forse aanlegfouten gemaakt. Er zijn bijvoorbeeld pijpen gelegd met één hoek van 90° in plaats van twee hoeken van 45°. Door de aanlegfouten is sprake van veel verstoppingen: ongeveer tien per jaar voor de gehele locatie. In Kaja waren dit er drie of vier. In Torvetua speelt ook het gebrek aan gebruikersinstructies voor de bewoners een rol. De huishoudens bleken niet goed geïnformeerd over het gebruik van het systeem, waardoor bijvoorbeeld vet en olie door het systeem werd gespoeld wat resulteerde in verstoppingen.

De vacuümsystemen van de beide onderzochte projecten in Duitsland zijn geleverd, geïnstalleerd en worden onderhouden door een Duitse firma. De systemen functioneren over het algemeen goed. Het aantal storingen bij Arbeiten &

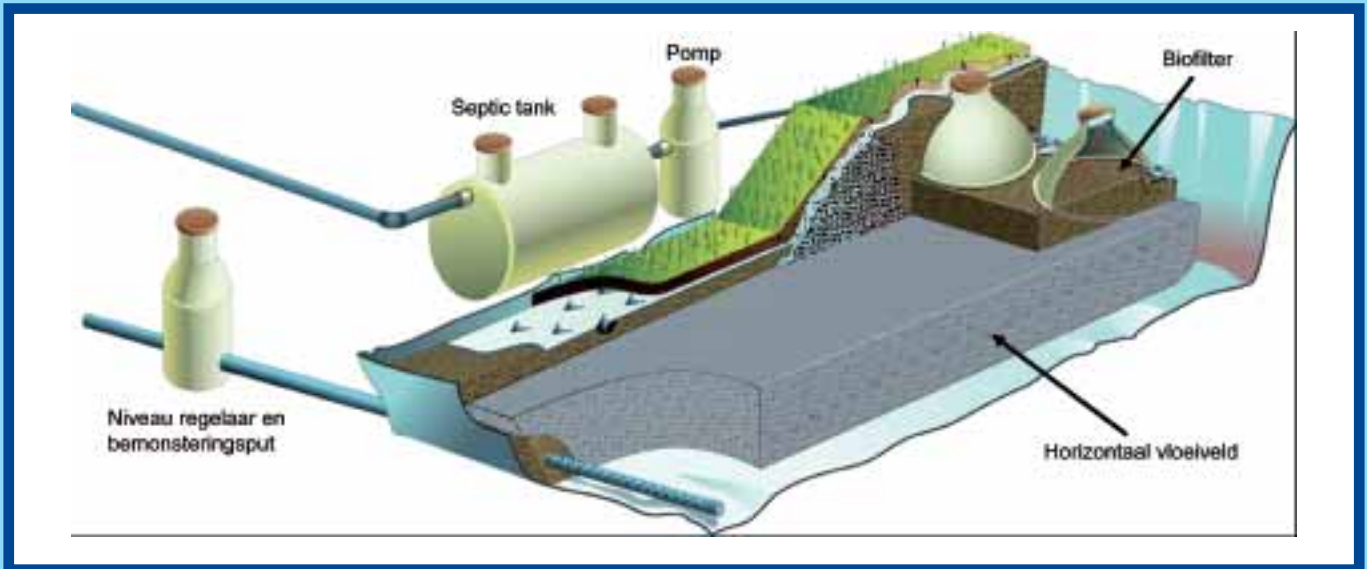
Wohnen voor het gehele complex bedraagt ongeveer drie per jaar en bij Östarkade één per jaar. De meeste storingen worden veroorzaakt door verstoppingen in het leidingwerk en zijn meestal te wijten aan verkeerd gebruik van het toilet door bezoekers en kinderen (bijvoorbeeld speelgoed dat door het toilet wordt gespoeld).

Eindafzet van het zwartwater

In Kaja en Torvetua wordt het zwartwater opgevangen in een opslagtank en periodiek afgevoerd per vrachtwagen naar een rwzi. Oorspronkelijk werd het zwartwater van Kaja naar een 'liquid composting system' getransporteerd en door een boer als meststof op het land gebruikt. De transportafstand was echter groot (100 kilometer) waardoor de kosten te hoog werden. Op de twee Duitse locaties wordt het geconcentreerde zwartwater geloosd op de gemeentelijke riolering. Bij Arbeiten & Wohnen is een vergistingsinstallatie in aanbouw, maar door faillissement van de bouwer is deze nog niet in gebruik genomen.

Grijswaterzuiveringssystemen

Het grijswater in de Noorse projecten wordt gezuiverd in een innovatief type helofytenstelsel, bestaande uit een biofilter gevolgd door een horizontaal (ondergronds) vloeiveld (zie schema op de volgende pagina). Het geïnstalleerde oppervlak bedraagt ongeveer 2,5 m² per persoon. Beheer en onderhoud worden uitgevoerd door dezelfde partijen als bij het zwartwatersysteem. Monitoring van de grijswatersystemen wordt op beide locaties uitgevoerd door de ULC. De zuiveringsresultaten van beide systemen zijn zeer goed (BZV < 7 mg O₂/l, N-totaal < 2,5 mg/l, P-totaal < 0,2 mg/l, resultaten van meerjarig gemiddelden). Het gezuiverde



Afb. 1: Grijswaterzuivering in Kaja, een biofilter gecombineerd met een horizontaal (ondergronds) vloeiveld.

grijswater wordt lokaal geloosd op oppervlaktewater. Door een constructiefout is in Torvetua in 2004 één van de wanden van één van de grijswatersystemen ingezakt. Behalve deze calamiteit hebben de grijswatersystemen aldaar geen storingen gehad. Het grijswatersysteem van Kaja heeft nog nooit een storing gehad.

In de beide Duitse projecten wordt het grijswater gezuiverd met actief-slibsystemen gevolgd door membraanfiltratie. Beheer en onderhoud wordt in Freiburg gedaan door de leverancier van de installatie en de bewoners. Het monitoringsprogramma wordt uitgevoerd door de leverancier. Het onderhoud aan het grijswatersysteem in Frankfurt wordt uitgevoerd door de leveranciers van de installatie en de eigen facilitaire dienst. Monitoring wordt uitgevoerd door de Universiteit van Karlsruhe en de eigen facilitaire dienst. De zuiveringsresultaten van beide systemen zijn goed (BZV < 5 mg O₂/l). Voor beide systemen in Duitsland is het aantal storingen nagenoeg gelijk, ongeveer vijf per jaar. Het gezuiverde grijswater wordt bij Arbeiten & Wohnen gebruikt voor bevoeiing van de tuin en bij Östarkade voor de spoeling van de toiletten en schoonmaakwater (auto's en gebouw).

Onderhoud

Voor de projecten Kaja, Torvetua, Arbeiten & Wohnen en Östarkade kost het onderhoud voor het gehele systeem respectievelijk circa 120, 200, 40 en 120 uur per jaar. Bij Kaja en Torvetua ligt het aantal onderhoudsuren relatief hoog. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit dat nog geen eindoplossing bestaat voor het geconcentreerde zwartwater.

Milieu-aspecten

De waterbesparing bij de projecten Kaja,

Torvetua, Arbeiten & Wohnen en Östarkade bedraagt respectievelijk circa 43, 21, 52 en 15 liter per persoon per dag.

Gebruikersperspectief

Om de mening van de gebruikers van de vacuümtoiletsystemen en grijswaterzuiveringssystemen te inventariseren, zijn interviews afgenomen met bewoners van

Tabel 2: Resultaten van de interviews per gerealiseerd zwartwatersysteem.

vragen over het zwartwater systeem	antwoorden		
	Kaja Ås (n = 20)	Torvetua Bergen (n = 18)	Arbeiten & Wohnen Freiburg (n = 11)
Bent u tevreden met het vacuümsysteem? ¹	gemiddelde score: 0,9 (tevreden)	gemiddelde score: 2,2 (neutraal)	gemiddelde score: 0,9 (neutraal)
Is het vacuümtoilet gemakkelijk schoon te houden? (graag commentaar bij antwoord 'nee')	ja: 70% nee: 30% (meer dan één keer spoelen)	ja: 89% nee: 11% (geen argumenten gegeven)	ja: 83% nee: 17% (kleinere doorlaat lastiger schoon te maken)
Bent u van mening dat het vacuümtoilet een vervelend geluid maakt bij het doorspoelen?	ja: 40% nee: 60%	ja: 56% nee: 44%	ja: 64% nee: 36%
Zou u het vacuümtoiletsysteem aan anderen aanraden?	ja: 70% weet niet: 15% niet zonder verbeteringen: 15%	ja: 11% weet niet: 11% niet zonder verbeteringen: 67% nee: 11%	ja: 91% niet zonder verbeteringen: 9%
Welk cijfer zou u het vacuümsysteem geven zoals het nu is? (schaal 1-10)	gemiddelde score: 7,1	gemiddelde score: 4,4	gemiddelde score: 7,8

¹ op een score van 0 tot 4 (0 = zeer tevreden, 1 = tevreden, 2 = neutraal, 3 = ontevreden, 4 = zeer ontevreden)

Tabel 3: Resultaten van de interviews per gerealiseerd grijswaterzuiveringssysteem.

Vragen over het grijswater zuiveringssysteem	antwoorden		
	Kaja Ås (n = 20)	Torvetua Bergen (n = 18)	Arbeiten & Wohnen Freiburg (n = 11)
Bent u bekend met de aanwezigheid van het zuiveringssysteem voor grijswater?	Slechts 45% was ermee bekend en kon overige vragen	bij 100% bekend	bij 100% bekend
Vindt u dat het systeem vervelende geuren produceert?	soms: 22% nooit: 78% (van n = 9)	heel vaak: 6% soms: 44% een klein beetje: 44% nooit: 6%	soms: 9% nooit: 91%
Vindt u dat het systeem storende geluiden produceert?	nee: 100% ja: 0%	nee: 100% ja: 0%	nee: 100% ja: 0%
Zou u het systeem aanraden aan anderen?	ja: 67% weet niet: 22% niet zonder verbeteringen: 11%	ja: 67% weet niet: 17% niet zonder verbeteringen: 5% nee: 11%	ja: 36% weet niet: 19% niet zonder verbeteringen: 45%
Welk cijfer zou u het grijswaterzuiveringssysteem geven zoals het nu is? (schaal 1-10)	gemiddeld cijfer: 8,0	gemiddeld cijfer: 7,1	gemiddeld cijfer: 7,4

de projecten Kaja, Torvetua en Arbeiten & Wohnen in de periode oktober 2005 - januari 2006. Het interviewen van medewerkers van de KfW-bank en bewoners van de appartementen op Östarkade werd helaas niet toegestaan door de gebouweigenaar. Een deel van de resultaten van de interviews zijn weergegeven in de tabellen 2 (zwartwater) en 3 (grijswater).

Uit het onderzoek blijkt dat de huishoudens van het project Arbeiten & Wohnen in meerderheid zeer tevreden zijn over het vacuümsysteem. Ze gaven een gemiddeld cijfer van 7,8. Tijdens de interviews werden verschillende redenen genoemd waarom bewoners zo tevreden waren over het systeem: de mogelijkheid tot water besparen, de milieuvriendelijke principes, het goede functioneren van het systeem en de bijdrage aan een beter milieu. In Noorwegen bleek een groot verschil te bestaan tussen Kaja en Torvetua. De studenten in Kaja zijn over het algemeen tevreden en gaven het systeem gemiddeld een 7,1. De huishoudens in Torvetua zijn een stuk minder enthousiast door de vele storingen en gaven het systeem een 4,4.

Opvallend is dat een groot deel van alle geïnterviewden aangaf dat het vacuümtoilet een vervelend geluid maakt bij het doorspoelen. Uit metingen van de Duitse leverancier blijkt dat het maximum geluidsniveau van de toiletten in Wohnen & Arbeiten rond de 83 decibel ligt, wat vergelijkbaar

is met veel conventionele spoeltoiletten. Kennelijk ligt hier toch een andere perceptie. Overigens zou voor een goede vergelijking een onderzoek onder gebruikers van conventionele toiletten verricht moeten worden om te achterhalen hoe zij het geluid van hun toilet ervaren.

De grijswaterzuiveringssystemen werden bij alle projecten goed gewaardeerd met gemiddelde cijfers tussen 7 en 8. In Kaja was maar de helft van de geïnterviewde studenten op de hoogte van de aanwezigheid van het systeem. De antwoorden van de huishoudens in Torvetua zijn iets negatiever vergeleken met beide andere systemen door de genoemde constructiefout in één van de twee grijswatersystemen. Hoewel de bewoners van Arbeiten & Wohnen een relatief hoog cijfer gaven, zou 45 procent het grijswatersysteem niet aan anderen aanraden zonder verbeteringen. Uit aanvullende vragen bleek dat veel bewoners vinden dat het systeem niet naar behoren functioneert, omdat het waterhergebruik relatief laag is.

Conclusies

- Vacuümtechnologie is in principe een goed functionerende en door de meeste gebruikers gewaardeerde technologie. Duidelijk wordt uit de ervaringen in Noorwegen dat de installatie aandacht en specifieke expertise vereist die niet bij alle installateurs beschikbaar is. Veel gebruikers

ervaren het geluid bij doorspoelen van het toilet als hinderlijk;

- Geen van de onderzochte projecten heeft al een eindverwerking voor het zwartwater;
- De lokale zuivering van grijswater is in alle projecten succesvol. Duidelijk wordt dat zowel compacte systemen als helofyten-systemen technisch geschikt zijn en een goede kwaliteit water opleveren.

LITERATUUR

- 1) Koetse E. (2006). The implementation of DESAR concepts in two projects in Germany. MSc-thesis Wageningen University.
- 2) Telkamp P. (2006). Separate collection and treatment of domestic wastewater in Norway. A research into the establishment and performance of non-conventional sanitation systems at the sites 'Kaja' and 'Torvetua'. MSc-thesis Wageningen University.