

Innovaties closets: hygiëne, comfort en duurzaamheid



Op het CIB W062 symposium 2017 presenteerde de Portugese delegatie een onderzoek naar de ontwikkeling van het closet. Het closet kent een lange geschiedenis. Pas in de 20e eeuw werd het watercloset doorontwikkeld en vaker toegepast. Tot aan het einde van de Tweede Wereldoorlog is het ontwerp van het closet nauwelijks aangepast. Daarna is er sprake van een toenemende behoefte aan hygiëne en comfort die leidt tot de ontwikkeling van geavanceerdere closets, zoals een douchecloset met geïntegreerd bidet. Naast waterbesparing ontstaat in de 21e eeuw aandacht voor hergebruik van grondstoffen, zoals fosfaat. Het closet is -via urine- het lek in de waardeketen van fosfaat.

Prof. A. (Armando) Silva-Afonso, hydraulics at the University of Aveiro (Portugal), Vertaling en bewerking ir. S. (Stefan) Mol, TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken.

Meer dan 2.000 jaar geleden bestonden er al open stoelen boven stromend water, om uitwerpselen af te voeren. Pas in de 20e eeuw werd het closet doorontwikkeld en vaker toegepast. Dit is gerelateerd aan de ontwikkeling van de sifon aan het eind van de 19e eeuw. Lange tijd daarna is het ontwerp van het closet nauwelijks aangepast. Na de Tweede Wereldoorlog leidt bevolkingsgroei en de opkomst van de consumptiemaatschappij wel tot de ontwikkeling van geavanceerdere closets, zoals een douchecloset met geïntegreerd bidet. Drijfveer achter die ontwikkeling is de toenemende behoefte aan comfort en hygiëne. Japan is voorloper in deze trend, hoewel ook in Europa vergelijkbare producten worden ontwikkeld. Ook duurzaamheid en doelmatigheid blijken drijfveren. Het streven naar waterbesparing leidt tot lagere spoelvo-

lumes, 'dual flush' technieken (een Portugese uitvinding) en de stopknop. Deze technieken slaan aan in Midden en Noord Europa.

Naast waterbesparing ontstaat in de 21e eeuw aandacht voor hergebruik van grondstoffen, zoals fosfaat. Het closet is -via urine- het lek in de waardeketen van fosfaat. Er worden relatief eenvoudige innovaties bedacht, zoals droge (waterloze) scheidingsclosets, vooral geschikt voor landelijk gebied. Een revolutie is nodig om closets te ontwerpen die zowel bijdragen aan duurzaamheid als aan comfort en hygiëne. In Portugal wordt een innovatief closet ontwikkeld dat comfort, hygiëne en duurzaamheid samenbrengt. Randvoorwaarde is het inzamelen van vrijwel onverdunde urine. Contaminatie van de urine met feces is een risico. Onderzoek is nodig naar het rijpings-

proces van urine dat via dit closet wordt ingezameld, en naar de geschiktheid van de gerijpte urine als meststof. Dit artikel beschrijft de eerste bemoedigende resultaten van het onderzoek.

RECENTE INNOVATIES

Tabel 1 (zie pagina 35) geeft zicht op de belangrijkste recente innovaties voor closets met gravitaire afvoer, door opsomming van kenmerken van moderne closets. Vacuüm closets staan niet in dit overzicht. De meeste innovaties hebben betrekking op hygiëne en comfort. Alleen de grote en kleine spoelknop en de stopknop hebben een duurzaamheidseffect. Duurzaamheid is echter een belangrijk thema geworden, door exponentiele groei van de wereldpopulatie en de eindigheid van grondstoffen in het huidige economische



Scheidingscloset

(lineaire) model [2, 3]. In de door-ontwikkeling van closets is dit inmiddels merkbaar door de aandacht voor terugwinning van grondstoffen, zoals fosfaat. Hiermee verschuift de innovatie-focus van comfort en hygiëne naar duurzaamheid.

FOSFAAT

Fosfaat is een eindige grondstof en een onmisbaar chemisch element voor de voedselproductie. Ongeveer 90% van de wereldvoorraad fosfaat bevindt zich in China, de Verenigde Staten, Rusland en Marokko. Schattingen over de uitputting van de huidige voorraad fosfaat lopen uiteen van 30-40 jaar tot 300-400 jaar [4, 5]. De onmisbaarheid van fosfaat geeft de urgentie aan om nieuwe technologieën te ontwikkelen die hergebruik mogelijk maken. De groei van de wereldbevolking en de intensivering van de landbouw verhogen de druk op deze eindige grondstof. Tegelijkertijd lozen huishoudelijke en industriële afvalwaterzuiveringen fosfaatrijk effluent in waterlichamen, waar fosfaat de belangrijkste oorzaak is van eutrofiëring. Eutrofiëring is waarschijnlijk het belangrijkste nog onopgeloste waterkwaliteitsprobleem. Meer dan de helft van de meren zijn eutroof. Dit is de belangrijkste reden dat in deze wateren de waterkwaliteitsdoelen van de EU Richtlijn Water (EEA, 2010) niet gehaald worden [6].

TERUGWINNING FOSFAAT

Hoewel de terugwinning van fosfaat van essentieel belang is voor de voedselproductie en oppervlaktewaterkwaliteit in Europa, is fosfaat in urine de belangrijkste oorzaak voor het verlies in de waardeketen en de verspreiding in het milieu. Een volwassene scheidt gemiddeld ongeveer 1 gram P per dag uit via urine. Er zijn op dit moment geen systemen operationeel die fosfaat terugwinnen uit oppervlaktewater of in stedelijke afvalwaterzuiveringen. Terugwinning van fosfaat in afvalwaterzuiveringen is mogelijk, maar terugwinning bij de bron, bijvoorbeeld in gebouwen, zou vele voordelen hebben. Te denken valt aan het terugdringen van de vracht naar de afvalwa-

terzuivering, het voorkomen van verdunning en het minimaliseren van kosten en energiebehoefte van het proces [7]. Direct gebruik van urine in de landbouw is eerder onderzocht in Zuid Afrika, China, Duitsland en Zweden, door middel van urine-scheidingsclosets [8 – 11]. Er is ook benuttingspotentieel in gebouwen zelf, op groene daken of voor stadslandbouw. Deze nieuwe toepassingen, die van belang worden geacht voor duurzaamheidsbeleid, kunnen daardoor versneld worden.

SCHEIDINGSCLOSETS

In tegenstelling tot de ontwikkeltrend van closets naar meer comfort en hygiëne, worden scheidingsclosets geassocieerd met simpele 'low tech' oplossingen, met een ontwerp dat de inzameling van urine mogelijk maakt [12]. Voorbeelden hiervan zijn onder andere: EcoFlush van Wost Man Ecology AB, Dubletten van BB Innovation & Co AB, Nordic 393U van Gustavsberg en NoMix van Roediger. Sommige scheidingsclosets met de NoMix technologie geven echter operationele problemen en hoge onderhoudskosten, waardoor sommige bedrijven de productie van deze closets hebben gestaakt.

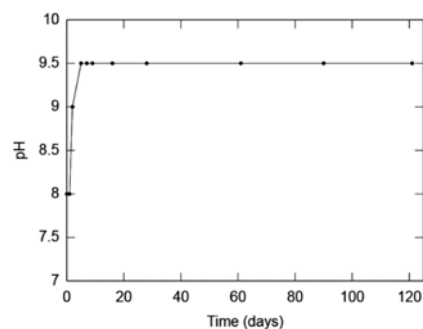
In Portugal wordt momenteel een innovatief urine-scheidingsstelsel ontwikkeld in het WashOne project. Vanuit commercieel perspectief is het aantrekkelijk dat dit systeem ook een aantal problemen van traditionele systemen oplost, zoals de vorming van minerale aanslag in de WC pot. Er ontstaan echter ook nieuwe uitdagingen bij dit systeem, zoals een hoger risico op fecale besmetting van de urine en een hogere verdunningsfactor.

RIJPINGSPROCES URINE

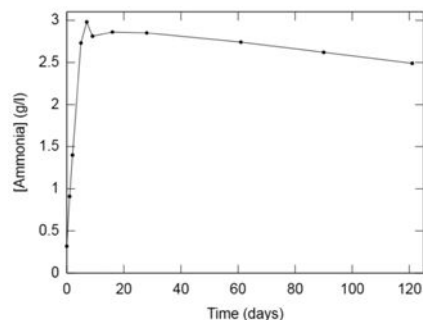
Om de doelmatigheid van deze nieuwe sanitaire oplossing te kunnen beoordelen vindt momenteel onderzoek plaats naar het rijpingsproces van de urine bij inzameling onder praktijkomstandigheden. Uit pH en ammoniak-metingen tijdens de eerste 120 dagen opslag van urine bij 23 °C is af te leiden



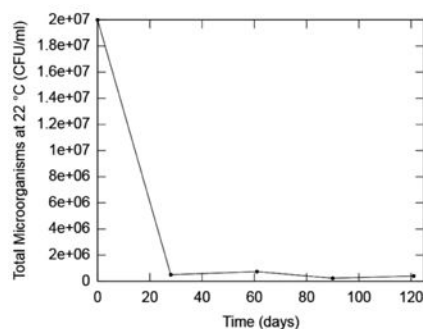
De populariteit van de douchewc verspreidt zich snel.



Figuur 1. Ontwikkeling in de tijd van de pH van urine, opgeslagen bij 23°C.



Figuur 2. Ontwikkeling in de tijd van de concentratie ammoniak in urine, opgeslagen bij 23°C.



Figuur 3. Ontwikkeling in de tijd van het aantal micro-organismen per ml in urine, opgeslagen bij 23°C.

dat het rijpingsproces kort na de inzameling start en gedurende de gehele periode doorgaat (figuren 1 en 2). Zoals verwacht neemt het totaal aantal micro-organismen sterk af in de eerste 30 dagen na inzameling (figuur 3).

SPOELVOLUME CLOSET

Naast demografische en economische ontwikkelingen, draagt ook klimaatverandering bij aan zoetwaterschaarste in grote delen van onze planeet. Beleid voor efficiënt gebruik van water in gebouwen wordt steeds belangrijker en kan de toepassing van efficiënte producten omarmen. Op het gebied van closets constateren we in de laatste tientallen jaren een significante verkleining van spoelbakvolumes, samen met opkomst van technieken om de spoelingen zelf te verkleinen, zoals spoelknoppen voor grote en kleine spoeling, de



Vieze plekken onder de rand van het closet zijn stille broedplekken van bacteriën. Om deze te voorkomen, is een closet zonder rand een oplossing.

spoel-onderbreker (stopknop). Men kan hierin doorschieten, waardoor het goed functioneren van rioleringen in het gedrang kan komen [13]. Dit toont aan dat verkleining van spoelvolumes samen moet gaan met een aanpassing van het ontwerp van de gebouwriolering (red.: zie TVVL voorstudie ST-38). Tegelijkertijd

kan het alternatieve gebruik van regenwater, grondwater en zelfs zout water in spoelbakken bijdragen aan een significante verlaging van het zoetwatergebruik. Zoals aandacht voor efficiënt watergebruik heeft geleid tot aanpassing van maatschappelijke eisen, zo wint ook de terugwinning van grondstoffen aan wetenschappelijke en politieke aandacht [3].

TOT SLOT

In gebouwen kunnen closets een belangrijke bijdrage leveren aan efficiënt watergebruik, de terugwinning van essentiële grondstoffen zoals fosfaat, terugdringing van lozingen op oppervlaktewater en significante energiebesparingen door de koppeling tussen energie en water. Closet-innovatie zou er op gericht moeten zijn om deze waarden te incorporeren, waarbij de huidige trend naar zeer geavanceerde 'stedelijke' closets (gericht op comfort en hygiëne), samen gaat komen met zeer eenvoudige en 'landelijke' closets, gericht op terugwinning van urine en fosfaat. Deze

versmelting vraagt de komende jaren een behoorlijke innovatie-inspanning van zowel technici als wetenschappers.

REFERENTIES

1. Silva-Afonso, A., "Contributos para o dimensionamento de redes de águas em edifícios especiais. Aplicação de modelos matemáticos", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Oporto, Portugal, 2001, PhD Thesis.
2. Silva-Afonso, A., The bathroom of the future: its contribution to sustainability. Proceedings of the CIB W062 2014 – Water Supply and Drainage for Buildings. S. Paulo, Brazil, 2014.
3. Abra J, Lutter S, Miedzinski M, O'Brien M. Water Innovation. How Eco-innovation Can Contribute to the Sustainability of Europe Water Resources. Brussel: Eco-innovation Observatory (EIO), 2011.
4. Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J.J., Smit, A.L., Towards global phosphorus

HISTORIE

Het closet van vandaag verschilt behoorlijk van eerder closets [1]. In de 'westerse wereld' zijn de Grieken en met name de Romeinen de aanjagers geweest van sanitaire technieken. In de hoogtijdagen van de Griekse beschaving had Athene 20 aquaducten, gemaakt met klei en lood, en er was wetgeving met betrekking tot het gebruik van water. De oude Grieken hadden 2.000 jaar geleden ook al binneninstallaties voor water. Water werd afgetakt van natuurlijke waterlopen en stroomde onder de trottoirs via aansluitingen naar de huizen. De Romeinen, zelf niet de grootste uitvinders, gebruikten en verbeterden technieken van anderen. Omdat het Romeins beleid was om vanuit het oogpunt van volksgezondheid een basis niveau van sanitatie aan te bieden, hebben ze grote stappen gemaakt in zowel watervoorziening als in afvalwatersystemen. Het waterverbruik 'per capita' was in Rome destijds vergelijkbaar met dat van sommige moderne steden. Het systeem kende echter grote verliezen, vanwege de continue aanvoer uit 590 bronnen en 700 reservoirs.

Alleen al om hun hoofdstad te voorzien van water, legden de Romeinen 11 aquaducten aan, met een totale lengte van 613 km. Tenminste 40 andere Romeinse steden werden op eenzelfde manier voorzien in hun waterbehoefte. Het eerste Romeinse aquaduct dateert van 312 voor Christus (Aqua Appia). Het langste was de Aqua Marcia, met een lengte van 90 km. De watertoevoer naar Rome in de tweede eeuw wordt geschat op 13 m³/s, voor een bevolking van meer dan 1 miljoen inwoners. De Grieken en de Romeinen bouwden ook rioolssystemen in verschillende steden. In Rome werd rond 600 voor Christus de 'Cloaca Maxima' aangelegd. Dit was oorspronkelijk een bakstenen kanaal, dat later overdekt werd, met een doorsnede van ongeveer 3,5. Delen er van zijn nog steeds in gebruik.

De invasie van Europa door de 'barbaren' uit het noorden in de Middeleeuwen had zijn effect op de ontwikkeling van het closet. Gedurende 1.000 jaar, vanaf op de ondergang van het Romeinse Rijk

tot aan het einde van de Renaissance, is er in Europa geen merkbare ontwikkeling geweest van sanitaire techniek, met uitzondering van wat vooruitgang in leidingtechniek. Twee van de meest toonaangevende Europese bouwwerken, Buckingham Palace in Engeland (1761) en het Paleis van Versailles in Frankrijk (1676), hadden geen sanitaire voorzieningen, ondanks het overvloedige gebruik van water voor de vijvers en fonteinen in de tuinen. Buckingham Palace kreeg pas closets in 1904.

In de Middeleeuwen zijn de hygiënische omstandigheden fors achteruitgegaan, met epidemieën tot gevolg die bijna een kwart van de Europese bevolking het leven kostten. Gesteld mag worden dat pas in de 19e eeuw in Europa hetzelfde niveau van watervoorziening en afvoer werd bereikt als dat van de Romeinen in de 4e eeuw. Londen en Parijs bijvoorbeeld kregen pas in het midden van de 19e eeuw een toereikende watervoorziening. De eerste publieke waterafvoersystemen in de westerse wereld na het Romeinse Rijk werden pas aangelegd in 1843 (Hamburg) en 1850 (Chicago).

De ontwikkeling van sanitaire voorzieningen in gebouwen leidde in het algemeen tot de ontwikkeling van publieke infrastructuur. Zo is het bekend dat er altijd al privé baden en toiletten waren in Rome en op Kreta. De Romeinse closets hadden echter geen sifons, omdat deze pas laat in de 19e eeuw ontwikkeld werden. Closets werden daarom buitenshuis geplaatst, of in onmogelijke plekken binnenshuis, aangesloten op een beerput of een riool. Publieke toiletten waren niet meer dan open stoelen boven stromend water, voor de afvoer van de uitwerpselen.

Bovenop het totale gebrek aan privacy, stonken deze closets en waren ze potentieel gevaarlijk. Soms hoopten zich gevaarlijke gassen op onder de stoelen, met explosies tot gevolg. Ook ratten vormden een risico voor argeloze bezoekers. In 1585 vond Sir John Harrington de closet met spoelbak (watercloset = WC) uit, maar het lijkt er op dat deze innovatie niet direct werd toegepast.

horus security: a systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere Journal*, 84, 747-758, 2011.

5. Cordell, D., Drangert, J.O., White, S., (2009) The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change Journal*, 19, 292-305, 2009.
6. European Environment Agency, EEA, The European environment | State and outlook 2010, Freshwater quality. EEA, Copenhagen, 2010, doi:10.2800/6021, 2010.
7. Maurer M, Schwegler P, Larsen TA. Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. *Water Science and Technology*. 2003; 48(1):37.
8. Kirchmann H, Pettersson S. Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency. *Fertilizer research*. 1994; 40(2):149-54.
9. Organization WH. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Excreta and greywater use in agriculture: World Health Organization; 2006.
10. Richert A, Gensch R, Jönsson H, Stenström TA, Dagerskog L. Practical guidance on the use of urine in crop production. Stockholm; 2010.
11. Louro, C., Volschan-Jr., I., Ávila, G., Sustentabilidade ambiental: Estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. *Revista Sistemas & Gestão*, n.º7, pp. 440-447, 2012.
12. Münch Ev, Winker M. Technology Review of Urine diversion components. Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems. Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; 2011.
13. Silva-Afonso, A., Pimentel-Rodrigues, C., The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries; The Portuguese experience. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*. Issue 2, Volume 5, 17-24, 2011



prof. Armando Silva-Afonso



Stefan Mol

Kenmerken		Functie		
		Comfort	Hygiëne	Duurzaamheid
Dual flush	Grote en kleine spoeling	-	-	+
Discontinuos flush	Spoelonderbreker / stopknop	-	-	+
Touchless flush button	Sensor voor spoeling (zonder aanraking)	-	+	-
Tornado flush	Tornado spoeling (water spoelt rond)	-	+	-
Rimless pan design	Closet zonder spoelrand	-	+	-
Motion-activated, auto open/close seat	Bewegingssensor voor deksel en WC bril	+	+	-
Soft close seat	Zacht sluitmechanisme	+	-	-
Heated seat	Verwarmde WC bril	+	-	-
Adjustable seat temperature	Instelbare temperatuur WC bril	+	-	-
Air purifier-deodorisation	Luchtverfrisser	+	+	-
Self-cleaning nozzle	Automatische reiniging	-	+	-
UV sanitising nozzle	UV reiniging	-	+	-
Removable nozzle	Afneembaar spuitstuk	-	+	-
Rear cleaning nozzle	Spuitstuk voor reiniging achter	-	+	-
Adjustable jet position	Verstelbare waterstraal	+	+	-
Oscillating jet	Oscillerende waterstraal	+	+	-
Adjustable water pressure	Instelbare waterdruk	+	+	-
Adjustable water temperature	Instelbare watertemperatuur	+	-	-
Air dryer	Lucht droger	+	+	-
Adjustable dryer temperature	Instelbare droogtemperatuur	+	-	-
Hands-free stylish remote control	Aanraakvrije afstandsbediening	+	+	-
Touch-screen remote control	Bedieningspaneel	+	-	-
Ambient lighting	Sfeerverlichting	+	-	-
More than one profile saved preferences	Geheugen voor meerdere voorkeursinstellingen	+	-	-
Built-in speakers play (radio, music, etc.)	Ingebouwde luidsprekers voor radio, muziek etc.	+	-	-
Emergency flushing system during power outages	Nood-spoelsysteem bij stroomuitval	-	+	-
Built-in sensors that alert you to possible tank leaks	Sensoren voor lekkages	+	-	-
Chair-height seating	WC bril op stoelhoogte	+	-	-

Tabel 1 – Recente closet-innovaties