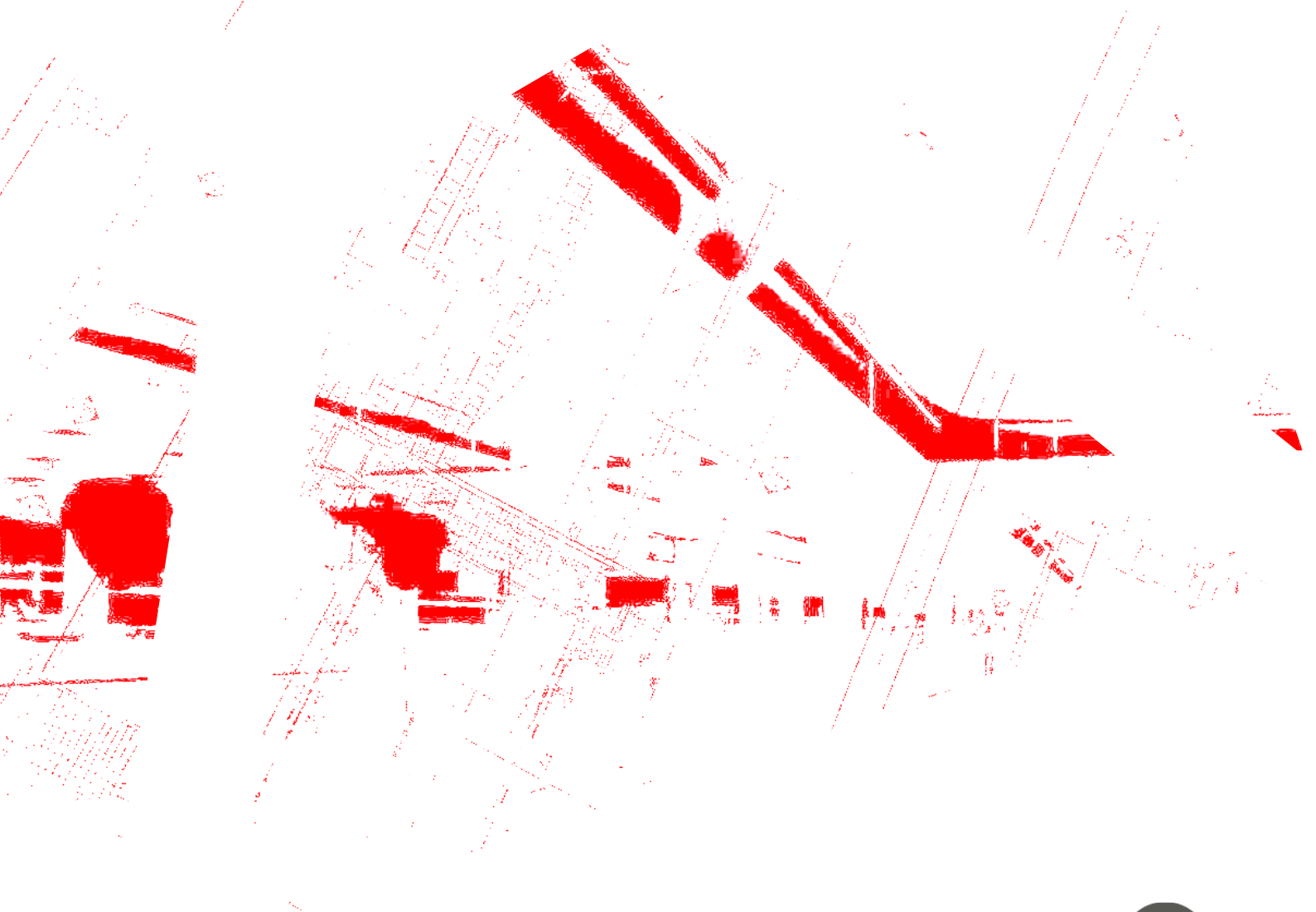




Voorstudie ST - 25

Toepassingen, ontwerp en aanleg van gescheiden urineinzameling in gebouwen

uitgave 2010



Voorstudie ST-25

*Toepassingen, ontwerp en aanleg van gescheiden urine-
inzameling in gebouwen*

Datum : 8 juli 2010
Referentie : RMV-100708-MST-D
Projectnummer : 275504
Project : Voorstudie ST-25 Gescheiden sanitatie

Rapporteur : M.A. Steltenpool, MSc

Samenstelling projectgroep : L. Baijense - DYKA
ing. E. van der Blom – Uneto-VNI (voorzitter)
H. Blöte - Alferink BV Installatietechniek
G. de Bruijne - WASTE
drs. H.J. Gastkemper - Stichting RIONED
A. van de Goor, MSc - van Loon Sealskin B.V.
ing. G.P.G. Höppener - Sanitec PLI
M. van Leusden, MSc - Royal Haskoning
ing. O.W.W. Nuijten – Stichting ISSO (coördinatie)
drs. A.J. Palsma - STOWA
M.A. Steltenpool, MSc - Grontmij | Technical Management (rapporteur)
ing. I. van Veelen - Technisch Adviesbureau Crone
ing. R. van Walraven - Waterschap Rijn en IJssel
dr. Ir. G. Zeeman - Wageningen Universiteit

Opdrachtgevers:

UNETO - VNI	TVVL
Postbus 188	Postbus 311
2700 AD Zoetermeer	3830 AJ Leusden

Adviseur:

Grontmij | Technical Management
Computerweg 11 – 13, 3821 AA Amersfoort
Postbus 68, 3800 AB Amersfoort
T 033-4511411
F 033-4558779
E info@grontmijTM.nl
I www.grontmijTM.nl

INHOUDSOPGAVE

1	Samenvatting	3
2	Inleiding	5
3	Maatschappelijke relevantie	6
3.1	Waterzuivering	6
3.2	Nutriënten hergebruiken	7
3.3	Ervaringen met gescheiden sanitatie	7
3.4	Geschikte toepassingslocaties	9
4	Scheidingsclosets, waterloze en waterbesparende urinoirs	10
4.1	Scheidingsclosets	10
4.2	Waterloze en waterbesparende urinoirs	15
4.3	Stankafsluiters	16
5	Urinesteeenvorming	20
5.1	Ontstaan van urinesteen	20
5.2	Omgaan met urinesteeenvorming	20
6	Verwerken en toepassen van urine	26
6.1	Verwerken van urine	26
6.2	Toepassingen	31
7	Installeren van gescheiden sanitatiesystemen	33
7.1	Totaal systeem	33
7.2	Scheidingsclosets	34
7.3	Opslagtanks	34
7.4	Urineafvoerleidingen	38
8	Beheer van gescheiden sanitatiesystemen	41
8.1	Schoonmaken	41
8.2	Preventief onderhoud	42
8.3	Correctief onderhoud	43
9	Richtlijnen en randvoorwaarden voor toepassing gescheiden sanitatie	44
9.1	Randvoorwaarden	44
9.2	Richtlijnen installatie	44
9.3	Richtlijnen beheer	47
10	Literatuur	49

1 Samenvatting

Urine scheiden bij de bron en apart verwerken is een ontlasting voor rioolwaterzuiveringsinstallaties, daarnaast kunnen urine en/of uit urine gewonnen meststoffen nuttig gebruikt worden. Door middel van speciaal ontworpen scheidingsclosets, waterloze urinoirs of waterbesparende urinoirs kan urine geconcentreerd opgevangen worden. Om te voorkomen dat de toiletruimte naar urine gaat ruiken zijn waterloze urinoirs voorzien van alternatieven voor watersloten. Op de markt zijn verschillende typen ingenieuze stankafsluiters verkrijgbaar die gebruik maken van een afsluitvloeistof, een kunststof membraan, mechanisch of elektromechanisch afsluitsysteem of het erlenmeyer principe. De urine wordt geleid naar een urinetank. Deze tank wordt periodiek geleegd, waarna de urine verwerkt wordt.



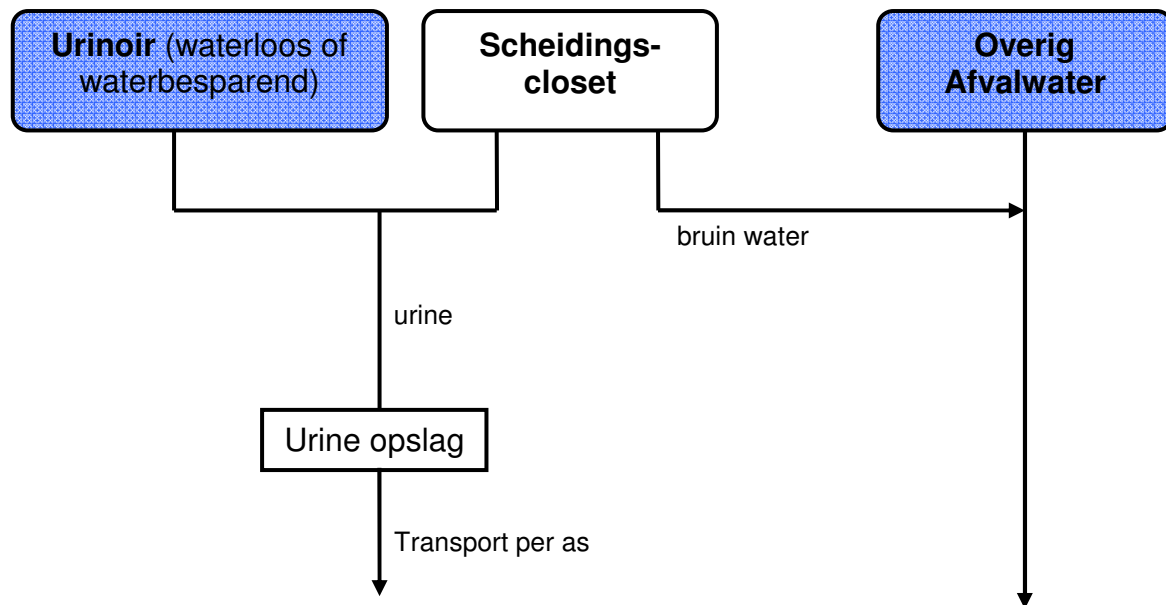
Figuur 1.1: Urine wordt opgevangen, getransporteerd, opgeslagen en bijvoorbeeld op het land gebruikt [Reest en Wieden 2008].

Urine komt in contact met bacteriën die in het closet en/of urinoir vertoeven. Door reacties die ontstaan slaan stoffen in de urine neer. Deze stoffen kunnen in de leidingen ophopen en de goede werking van het afvoersysteem beïnvloeden. Door de afvoerleidingen onder een groot afschot (1:50) te leggen, de ontwerpmiddellijnen te berekenen als zijnde een urinoir met waterspoeling (volgens NTR 3216) en voor spoelwater liefst regenwater te gebruiken, wordt ervoor gezorgd dat de urine al in de urinetank zit als de urinecomponenten neerslaan.

Schoonmaken van leidingen waarin zich urinesteen heeft opgehoopt, kan door het spoelen met zuur of soda, het spuiten met water onder hoge druk of door gebruik te maken van een rioolveer.

Het installeren van een gescheiden sanitatiesysteem hoeft voor een installateur geen problemen op te leveren als hij goed is voorbereid. Door gebruik te maken van de randvoorwaarden en richtlijnen die in hoofdstuk 9 vermeld staan moet een gescheiden sanitatiesysteem zonder problemen kunnen worden ontworpen en aangelegd. Voor het beheer van gescheiden sanitatiesystemen is het belangrijk te weten dat urinoirs en closets schoongemaakt moeten worden met milde producten en weinig water.

De opgeslagen urine kan verwerkt worden tot meststof of direct toegepast worden als meststof. Onderstaande figuur geeft verschillende mogelijke toepassingen aan.



- Gebruiken als meststof in landbouw of aquacultuur
- Gebruik als toeslagstof bij compostering
- Gebruik in industriële waterzuivering met nutriënten tekort
- Verwerken tot fosfaathoudende en/of stikstofhoudende meststof
- Rioolwaterzuiveringsinstallatie

Figuur 1.2: Mogelijke toepassingen voor opgevangen urine [Stowa 2005-12].

2 Inleiding

Deze TVVL/UNETO-VNI voorstudie geeft ontwerprichtlijnen en randvoorwaarden voor het toepassen van gescheiden urine-inzameling in gebouwen. Dit rapport biedt adviseurs en installateurs een handvat voor het ontwerp, de aanleg en het beheer van gescheiden sanitatiesystemen.

Gescheiden sanitatie is relatief nieuw, één van de eerste projecten in Nederland werd in 2005 opgeleverd (Ambachthuis Meppel van woningcorporatie Woonconcept). Veel van de huidige normen en richtlijnen zijn niet toereikend voor systemen waarbij urine zo geconcentreerd mogelijk vervoerd wordt. Zo zegt de NTR 3216 niets over afschot en materiaalkeuze wanneer alleen urine wordt vervoerd. Ervaring met het toepassen van gescheiden urine-inzameling is in Nederland en Europa aanwezig, maar is nog niet gebundeld en samengevat in richtlijnen en randvoorwaarden. Dit rapport behandelt die aspecten van het gescheiden sanitatiesysteem, die van belang zijn voor adviseurs en installateurs.

Deze rapportage levert richtlijnen en randvoorwaarden op voor het toepassen van gescheiden sanitatie en het ontwerp en de aanleg van de installaties. Om hiertoe te komen is eerst de maatschappelijke relevantie van gescheiden sanitatie beschreven in het volgende hoofdstuk. Hierin wordt het waarom van gescheiden sanitatie beantwoord. Meerdere scheidingsclosets, waterloze urinoirs en waterbesparende urinoirs zijn verkrijgbaar die gebruikt kunnen worden voor het opvangen van urine. De werking van deze toiletsystemen wordt behandeld in hoofdstuk 4. Een belangrijk onderdeel van het closet/urinoir is de stankafsluiter. Verschillende typen stankafsluiters worden behandeld in paragraaf 4.3. In hoofdstuk 5 wordt de vorming van urinesteen onderzocht en worden mogelijke oplossingen in kaart gebracht die verstoppingen kunnen voorkomen, gecontroleerd kunnen laten verlopen of kunnen verwijderen. Deze kennis is belangrijk voor het opstellen van richtlijnen en randvoorwaarden voor het toepassen van gescheiden sanitatie. De mogelijkheden met betrekking tot de verwerking en het gebruiken van de opgevangen urine wordt beschreven in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 beschrijft de ervaring met het installeren van gescheiden sanitatiesystemen van closetpot/urinoir tot en met urinetank. Het beheer van een gescheiden sanitatiesysteem verschilt van een gewoon toiletsysteem en wordt beschreven in hoofdstuk 8. De richtlijnen en randvoorwaarden zijn het resultaat van dit rapport en zijn te vinden in hoofdstuk 9.

3 Maatschappelijke relevantie

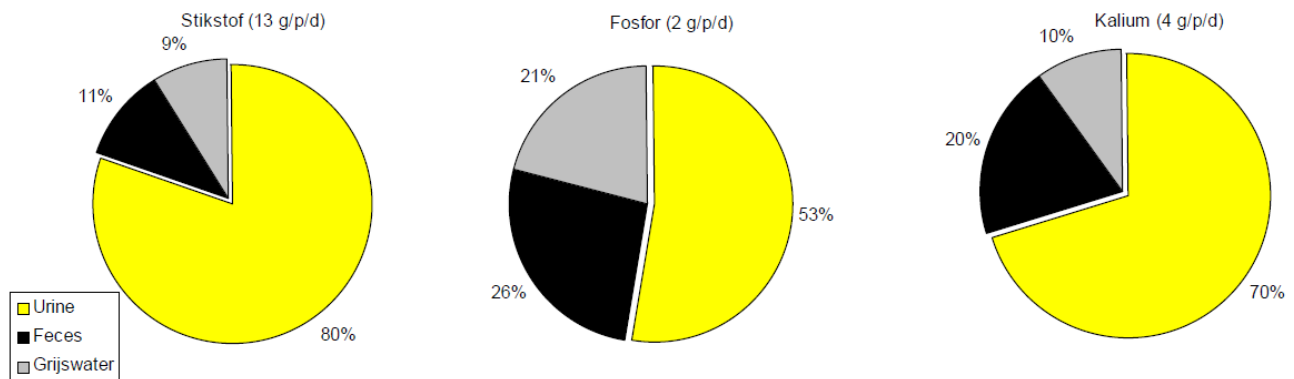
Toen mensen nog in kleine groepen leefden was er genoeg ruimte om urine en feces door micro-organismen te laten verteren. Menselijke mest werd ook net als dierlijke mest toegepast in de landbouw. Vanaf het midden van de 19^{de} eeuw ontwikkelde zich in Nederland een afvalwatersysteem. Mensen leefden inmiddels in dorpen en steden en produceerden meer urine en feces dan de omgeving kon opnemen. Het afvalwatersysteem had als belangrijkste functie het met cholera en tyfus besmette afvalwater tot buiten de stad te brengen en dient nog steeds primair ten behoeve van de gezondheid van de mens. Tegenwoordig kijkt men verder dan de stadsmuur en wordt vanuit een milieutechnisch oogpunt anders naar afvalwatermanagement gekeken.

3.1 Waterzuivering

In de loop der tijd is de belasting van het rioolstelsel flink toegenomen terwijl de eisen (zoals de nieuwe Europese Kaderrichtlijn Water KRW) aan de waterzuivering ten behoeve van het milieu ook zijn toegenomen. De huidige rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) kunnen steeds moeilijker voldoen aan deze eisen.

Rwzi's zijn niet ontworpen voor verwijdering van nutriënten, medicijnresten, hormonen en hormoonverstorende stoffen. Vooral het verwijderen van de nutriënten, fosfaat en stikstof vormt een zware belasting. Urine bevat 85% van alle stikstof en 48% van alle fosfaten die in het huishoudelijke afvalwater aanwezig zijn, terwijl deze stroom maar 1% uitmaakt van de totale huishoudelijke afvalwaterstroom [GTZ 2009]. Onderzoek van zowel Riza als Vrom heeft aangetoond dat medicijnresten en hormoonverstorende stoffen in het oppervlaktewater belanden. Hormonen en farmaceutische stoffen komen voor in urine. Gemiddeld wordt 2/3 van de farmaceutische stoffen uitgescheiden met de urine en 1/3 via de fecaliën [GTZ 2009]. Dit rapport richt zich alleen op de urinestroom.

Urine wordt vermengd en verdund met andere afvalwaterstromen voordat het gereinigd kan worden. Dit maakt het verwijderen van nutriënten en farmaceutische stoffen uit de urine een stuk ingewikkelder [Swart 2008]. Huidige rwzi's verwijderen 90-95% van de hormonen [Stowa 2003-15]. Bij een grotere rwzi die zijn gezuiverde water loost op een kleine rivier kan de overige 5-10% een nadelige invloed hebben op de fauna in de rivier. Rwzi's met nageschakelde zuiveringstechnieken, zoals actieve koolfilters, verwijderen meer hormoonverstorende stoffen [Stowa 2005-32].



Figuur 3.1: Herkomst van mineralen in stedelijk afvalwater [Stowa 2005-12].

Urine scheiden bij de bron en apart verwerken is een ontlasting voor de rwzi's. Wanneer gescheiden sanitatie op grote schaal toegepast wordt en daardoor de stikstof belasting in afvalwater vermindert, kunnen rwzi's kleiner gedimensioneerd worden [Stowa 2005-12]. De onverdunde urine kan met een kleinere installatie efficiënter behandeld worden en de nutriënten uit de opgevangen urine kunnen ook nog eens nuttig hergebruikt worden als meststof.

3.2 Nutriënten hergebruiken

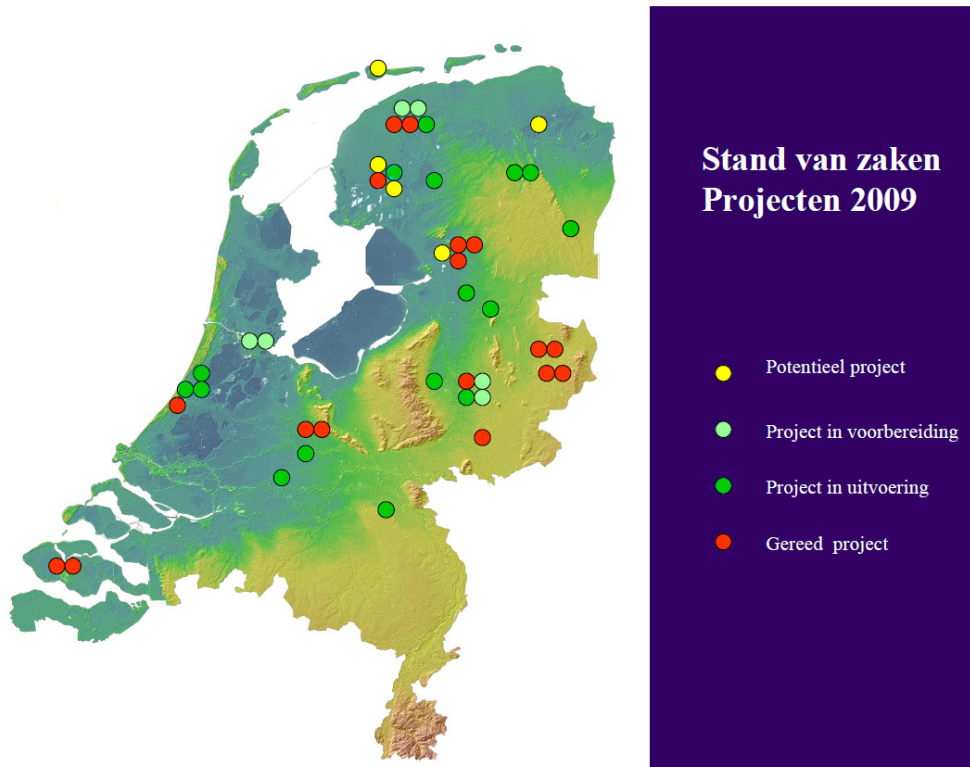
Fosfaat wordt gewonnen uit fosfaatrotsen en is een eindige grondstof. De reserves worden geschat op 1,2 tot $5 \cdot 10^{10}$ ton, genoeg voor de komende 50 tot 300 jaar. De hoeveelheid fosfaat van hoge kwaliteit zal nog veel eerder op zijn, waarna de prijs flink kan stijgen. Het is daarom belangrijk dat een nieuwe bron van hoge kwaliteit fosfaat gevonden wordt [Maurer 2006]. Fosfaat uit urine kan dienen als nieuwe bron van hoge kwaliteit fosfaat. Naast de ontlasting van de rwzi's is het terugwinnen van fosfaat daarom een belangrijke drijfveer voor het opvangen van urine [Udert 2006].

Naast fosfaat bevat urine ook kalium en stikstof, gedrieën een veel voorkomende meststof samenstelling. Urine en uit urine vervaardigde meststoffen kunnen gebruikt worden in de landbouw, in de aquacultuur (bijv. schelpdieren kweken), als toeslagstof voor compost en in waterzuiveringen met een nutriënten tekort.

3.3 Ervaringen met gescheiden sanitatie

In Zweden worden inmiddels al zo'n 135 duizend scheidingsclosets gebruikt. Aanvankelijk werd gescheiden sanitatie vooral toegepast in ecologische woonwijken, maar inmiddels wordt het gezien als een mogelijk alternatief voor centrale sanitatie [Stowa 2007].

In Nederland zijn tussen 2002 en 2009 circa 44 projecten gestart waarbij de urine en/of de feces afgevangen worden. Hiervan zijn 17 projecten gereed, 16 projecten in uitvoering en 11 projecten in idee- of voorbereidingsfase [H₂O 2009].



Figuur 3.2: Overzicht nieuwe sanitatie projecten in Nederland in 2009 [Stowa 2009].

Sinds 2005 maakt men in het Ambacht Huus te Meppel gebruik van drie scheidingsclosets en een waterloos urinoir. De urine wordt opgevangen in tanks die ondergronds in de achtertuin geplaatst zijn. In Anderen (Drenthe) zijn in 2008 twintig scheidingsclosets in gebruik genomen op een natuurwerkplaats en woonboerderij voor mensen met een verstandelijke beperking. De jaarlijkse productie van urine wordt geschat op 6m³, deze urine wordt gebruikt als meststof voor energiegewassen op het naastliggende perceel landbouwgrond [LeAF 2009].

Bij verschillende nieuwbouwwijken of te renoveren wijken zijn of worden studies verricht naar de voor- en nadelen van gescheiden sanitatie, zoals Bloemendaler polder (2007), IJburg (2008) en Sneek. Bij verschillende wijken die volgens het Cradle

to Cradle (C2C¹) principe gebouwd worden, wordt het toepassen van gescheiden sanitatie overwogen, zoals bij Rijnenburg (7000 woningen), Erasmusveld (700 woningen), Harinxmaland (1200 woningen) en in Almere Buiten. Het nieuwe gebouw van de technische hogeschool Windesheim wordt voorzien van 125 scheidingsclosets. Door de studenten van de hogeschool zal onderzoek gedaan worden naar de afzetting van urinesteen in leidingen.

3.4 Geschikte toepassingslocaties

Gescheiden opvangen van urine is extra interessant op locaties waar veel hormonen en medicijnresten uitgescheiden worden en daar waar een geconcentreerde hoeveelheid mensen het toilet bezoeken. Hierbij kan gedacht worden aan zorgaccommodaties, vliegvelden, stadions, scholen en kantoren. Deze meestal grote gebouwen hebben een schoonmaak- en/of onderhoudsteam in dienst die zorg zouden kunnen dragen voor het gescheiden sanitatiesysteem.

Voor de sociale acceptatie is het belangrijk dat de gebruikers het belang van apart opvangen van urine door middel van scheidingsclosets inzien. Het schoonmaken van scheidingsclosets kost meer tijd in vergelijking met normale spoelclosets door het aparte urine-opvangplateau. De kans op verstoppingen in de afvoerleiding is groter bij scheidingsclosets en watervrije urinoirs; dit kan extra onderhoud betekenen [GTZ 2009].

Om de urinekringloop te kunnen sluiten is het van belang dat de verschillende partijen die te maken hebben met het opvangen, verzamelen, verwerken of hergebruiken van urine met elkaar samenwerken. Op dit moment is het winnen van fosfaat uit urine nog niet rendabel.

¹ Cradle to Cradle (C2C) betekent dat een ontworpen product na gebruik op een hoogwaardige manier kan worden hergebruikt in een nieuw product of dat het een voedende functie krijgt (afval is voedsel) voor het systeem als geheel.

4 Scheidingsclosets, waterloze en waterbesparende urinoirs

Scheidingsclosets werden in de jaren '90 uitgevonden in Zweden. Scheidingsclosets worden toegepast om urine apart van de fecaliën op te kunnen vangen. Waterloze urinoirs worden vaak gebruikt op plaatsen waar geen wateraansluiting aanwezig is of om drinkwater te besparen. Omdat waterloze urinoirs uitermate geschikt zijn om urine in geconcentreerde vorm op te vangen, worden ze ook vaak voor dit doeleinde toegepast. Waterbesparende urinoirs die maximaal 1 liter water per spoeling gebruiken, kunnen ook ingezet worden voor het opvangen van urine. De opgevangen urine zal bij gebruik van waterbesparende urinoirs minder geconcentreerd zijn dan bij waterloze urinoirs of scheidingsclosets.

4.1 Scheidingsclosets

Scheidingsclosets zijn gebaseerd op het principe van gescheiden opvangen. Feces en urine zijn in het menselijk lichaam gescheiden en worden ook gescheiden afgevoerd. Deze twee afvalstoffen kunnen gescheiden opgevangen worden. Scheidingsclosets zijn voorzien van een plateau aan de voorzijde met een eigen afvoer. Deze afvoer leidt naar een urine-verzameltank. Bij de meeste varianten verdwijnt een deel van het spoelwater door de urineafvoer. Alleen het Roediger closet sluit de urineafvoer af wanneer niemand op de bril zit, waardoor de opgevangen urine niet verdund wordt door het spoelen.

Een andere variant van het scheidingscloset is het gescheiden gft-closet dat urine en fecaliën samen opvangt en daarna het vloeibare bestandsdeel door middel van drainage weg laat lopen en opvangt. Installatietechnisch is dit closet niet zo interessant omdat het één product is, geen wateraansluiting heeft en de tank vaak rechtstreeks onder het closet geplaatst wordt. Vandaar dat dit type niet verder behandeld wordt in dit rapport.

Het gescheiden opvangen van urine en fecaliën is in de praktijk nog niet zo gemakkelijk; feces en wc-papier kunnen op het urineplateau terecht komen. Mensen zijn er in verschillende maten; het urineplateau in een scheidingsclosetpot is niet voor iedereen ideaal gepositioneerd.

Het Dubletten closet heeft een speciale inzetbril voor kinderen, waarmee de groep mensen die probleemloos van het closet gebruik kan maken vergroot wordt. In het verslag van de excursie 'het nieuwe plassen' wordt echter beschreven dat kinderen deze bril een bezwaar vinden om van de pot gebruik te maken [Roorda 2005a].

Naast comfort, gebruiksgemak en een modern design zijn de volgende aspecten van belang voor een succesvol scheidingscloset [Stowa 2002-39]:

- Efficiënt en betrouwbaar scheidingsprincipe en minimale verdunning van de urine.
- Resistentie tegen verstoppingen van toiletpapier, feces, precipitaten enz.

- Duurzaamheid en simpelheid van het ontwerp (aantal bewegende delen, materiaalgebruik en constructie, enz.)
- Maatschappelijke acceptatie van veranderingen in de huidige vertrouwde sanitatie.

4.1.1 *Verschillende typen scheidingsclosets*

De volgende toiletsystemen worden toegepast in gescheiden sanitatieprojecten en hieronder kort behandeld:

- Dubletten van de firma BB Innovation & Co AB
- Nordic van de firma Gustavsberg
- Roovac van de firma Roediger Vakuum + Haustechnik
- WM-DS van de firma Wost Man Ecology
- NMX-closet van de firma Sealskin

Dubletten van de firma BB Innovation & Co AB

Figuur 4.1 toont een staand en hangend Dubletten closet. Het hangend model is in dit geval voorzien van een inzetbril voor kinderen. Het urine- en feces-gedeelte worden apart gespoeld. Voor het wegspoelen van de urine wordt 0,15 – 0,20 liter water gebruikt afhankelijk van hoelang de knop ingedrukt wordt. De grote spoeling is instelbaar tussen de 4¹ en de 6 liter [CCB 2001]. De opening van de urineafvoer is voorzien van een plug, zodat wc-papier en feces de urineafvoer niet kunnen blokkeren [Stowa 2002-39].

Het schoonmaken is lastiger in vergelijking met een conventioneel closet [Roorda 2005a].



Figuur 4.1: Een staand en hangend Dubletten scheidingscloset.

¹ 4-liter spoeling mag in Nederland niet worden toegepast (NEN 3215)

Nordic van de firma Gustavsberg

De Nordic (GBG 393U) closetpot is de derde generatie scheidingsclosets van de firma Gustavsberg. Het closet heeft 2 spoelknoppen, voor een spoeling van 2 of 4 liter. Zo'n 10% van het spoelvolumen verdwijnt door de urineafvoer, 0,2 – 0,4 liter per spoeling [CCB 2001].

Dat de urineafvoer niet meegenomen is in het totale ontwerp van de pot, is goed zichtbaar aan de onderkant van de pot. Echter vergemakkelijkt dit waarschijnlijk wel het schoonmaken en eventueel vervangen van de afvoerleiding. Door de urineleiding in een S-vorm te laten lopen worden geurproblemen voorkomen. Het closet is gemakkelijk te installeren en kan op dezelfde manier schoongemaakt worden als een conventioneel closet [Roorda 2005a].

Waterschap Reest en Wieden in Meppel gebruikt sinds 2006 scheidingsclosets van de firma Gustavsberg. De closets functioneren uitstekend maar de urineafvoer kan wel tijdelijk verstopt raken door toiletpapier [Stowa 2007].



Figuur 4.2: Het scheidingscloset van de firma Gustavsberg.

Roovac van de firma Roediger Vakuum + Haustechnik

Het Roovac closet maakt gebruik van een gepatenteerd scheidingsprincipe. Wanneer iemand op de bril plaatsneemt wordt de opening van de urineafvoer geopend. Dit betekent dat in publieke ruimten de urine niet gescheiden opgevangen wordt als vrouwen boven het closet hangen of als mannen blijven staan.

Het closet heeft geen aparte urine-spoelknop. Tijdens het spoelen is de urineafvoer afgesloten, de urine wordt dus niet verdund. Papier en feces worden van het plateau de achterste afvoer in gespoeld [Stowa 2002-39]. Het closet spoelt feces en papier met 6 liter water weg. Het verslag van de excursie 'het nieuwe plassen' maakt melding van het feit dat het closet nog verder geoptimaliseerd moet worden omdat op dit moment de fecaliën nog niet altijd voldoende worden weggespoeld [Roorda 2005a]. Ook in een rapport van de "Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)" wordt genoemd dat papier op het urineplateau niet weggespoeld wordt waardoor men meerdere keren moet spoelen. Daarnaast kan het urineafvoer

ventiel verstoppt raken op termijn, waardoor de urine afgevoerd wordt via het feces gedeelte [GTZ 2009].



Figuur 4.3: Het Roovac toilet en het gepatenteerde scheidingsprincipe.

WM-DS van de firma Wost Man Ecology

Het closet type DS van Wost Man Ecology verdunt de urine ongeveer 5 maal. Niet alle urine wordt gescheiden opgevangen een gedeelte loopt over de opstaande rand die de normale afvoer van het urine opvangbakje scheidt. Type ES is een verbetering van het DS type en heeft 2 spoelmechanismes. De urine wordt met 0,2 liter water gespoeld en stroomt via een Ø50mm leiding de urinetank in. De grote spoeling verbruikt 3 tot 5 liter water.

Wc-papier en feces die in het urine opvangbakje terecht komen worden niet weggespoeld. Zodra deze onderdelen in de kleine gaatjes en de urineleiding terecht komen verstopt het systeem [Stowa 2002-39].



Figuur 4.4: Het scheidingscloset van de firma Wost Man Ecology.

NMX-closet van de firma Sealskin

Het NMX-closet is voorzien van een schotelvormig plateau en een grotere urine-afvoer om verstoppingsproblemen te voorkomen. Het kleine bakje achter de bril kan voorzien worden van een bacteriologisch middel dat de vorming van urinesteen belooft tegen te gaan. Dit gepatenteerde 'Integrated Refresh Cleaning'-systeem (IRC) zorgt ook voor een frisse geur en maakt chemische reinigers overbodig [IZ 2007]. Het totale spoelvolume is 6 liter waarvan 0,5 liter met de urine meegaat.

Bij de huidige scheidingsclosets van Sealskin kunnen papier en fecaliën achter blijven op het plateau, deze worden door de zwakke spoeling van het plateau niet weggespoeld. Sealskin hoopt dit met een volgend model te verbeteren, mogelijk door het spoelgedrag aan te passen. Sealskin probeert met hun scheidingsclosets aan de EN997 te voldoen. De EN997 is een Europese standaard en beschrijft de constructieve en functionele eisen aan closets. De vraag is of het zinvol is een scheidingscloset aan deze norm te laten voldoen. Een scheidingscloset is een ander product en wil de urine vaak zo geconcentreerd mogelijk opvangen; dit is moeilijk combineerbaar met een goede rondspoeling volgens de EN997. Het plateau in een scheidingscloset verstoort de spoeling waardoor in het achterste gedeelte te weinig druk op wordt gebouwd om fecaliën en papier goed weg te spoelen. De praktijk wijst uit dat de spoelknop vaker gebruikt moet worden en de urine dus ook meer verdund raakt.

Sealskin ontwikkelt op dit moment de NMX II, de huidige NMX is niet meer leverbaar [Sealskin 2009].



Figuur 4.5: Het NMX closet met biologisch middel tegen urinesteen vorming.

Overzicht spoelvolumes

Onderstaande tabel geeft van de hierboven behandelde closets, en de hieronder besproken waterbesparende urinoirs, aan hoeveel spoelwater per spoeling met de urine afgevoerd wordt. Deze gegevens zijn nodig om het volume van de urineopslagtank te kunnen berekenen.

Naam	Spoelwater urine (in liters)	Spoelwater fecaliën (in liters)
Dubletten	0,15 – 0,2	4 - 6
Nordic	0,2 – 0,4	2 - 4
Roovac	0	6
WM-DS	0,2	3 – 5
NMX	0,5	5,5
Waterbesparend urinoir	1	-

In Nederland mag je fecaliën niet met minder dan 6 liter water wegspoelen i.v.m. de vereiste transportafstand in de binnenriolering. Dit staat vermeld in de NEN3215 en NTR3216. De NEN 3215 is aangewezen door het Bouwbesluit.

4.2 Waterloze en waterbesparende urinoirs

Waterloze urinoirs zijn eigenlijk ideaal als het om het opvangen van geconcentreerde urine aankomt en kunnen hygiënisch gebruikt worden wanneer de specificaties van de fabrikant nageleefd worden [Demiriz 2005]. In aanleg zijn waterloze urinoirs goedkoper in vergelijking met conventionele urinoirs, omdat waterleidingen niet nodig zijn.

Fabrikanten van waterloze urinoirs gebruiken speciale waterafstotende en desinfecterende materialen of coatings voor het urinoir. Het materiaal van de urinoirs blijkt minder van belang zolang de coating maar erg glad is zodat urine niet achterblijft in het urinoir.

Het verschil tussen urinoirs zit hem voornamelijk in het type stankafsluiter. De verschillende soorten stankafsluiters worden in de volgende paragraaf behandeld.



Figuur 4.6: Verschillende waterloze urinoirs, Duravit, Sphinx en Urimat [Demiriz 2005].

Waterbesparende urinoirs die maximaal spoelen met 1 liter water kunnen ingezet worden voor het gescheiden opvangen van urine. In vergelijking met scheidingsclosets wordt de urine wel meer verdund. Daarentegen kan de 1 liter spoeling ervoor zorgen dat er minder urinesteenvorming plaatsvindt in de afvoerleidingen.

4.3 Stankafsluiters

Alle waterloze urinoirs, waterbesparende urinoirs en scheidingsclosets zijn voorzien van een stankafsluiter. Al in 1894 werd het eerste patent ingediend voor een stankafsluiter voor waterloze urinoirs. Deze stankafsluiter maakte gebruik van een afsluitvloeistof en werd verkocht door het bedrijf F. Ernst Engineer in Zürich gedurende zo'n 100 jaar. Begin jaren '90 werd het besparen van water steeds meer een doel. Vanaf dat moment kwamen meer soorten geurafsluiters voor waterloze urinoirs op de markt [GTZ 2009].

De verschillende typen huidige stankafsluiters zijn te verdelen in vijf groepen op basis van het werkingsprincipe. De vijf principes zijn:

- een stankafsluiter met afsluitvloeistof
- een mechanisch afsluitsysteem op basis van druk
- een elektromechanisch afsluitsysteem met infrarood detectie
- een kunststof afsluitmembraan op basis van druk
- een stankafsluiter op basis van het Erlenmeyer principe.

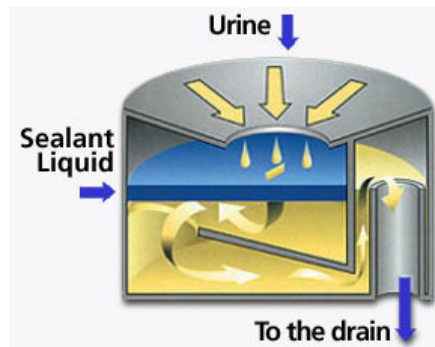
Deze vijf principes worden hieronder kort behandeld.

Stankafsluiter met afsluitvloeistof

De afsluitvloeistof is vaak een biologisch afbreekbare olie met een lagere dichtheid en hogere viscositeit dan water en urine. Deze vloeistof laat urine door en zorgt ervoor dat het geurloos afgesloten wordt. Voor het verwerken van de urine is het belangrijk dat de afsluitvloeistof biologisch afbreekbaar is.

De stankafsluiter is zo ontworpen dat bij onderdruk in de urineafvoer de afsluitende laag in tact blijft. Regelmatig (afhankelijk van fabrikant en gebruik eens per 3 maanden tot eens per jaar) moet de vloeistof vervangen of bijgevuld worden.

In de stankafsluiter zal zich urinesteen gaan vormen omdat de urine hierin stilstaat. Daarom moet de stankafsluiter regelmatig schoongemaakt of vervangen worden [GTZ 2009].

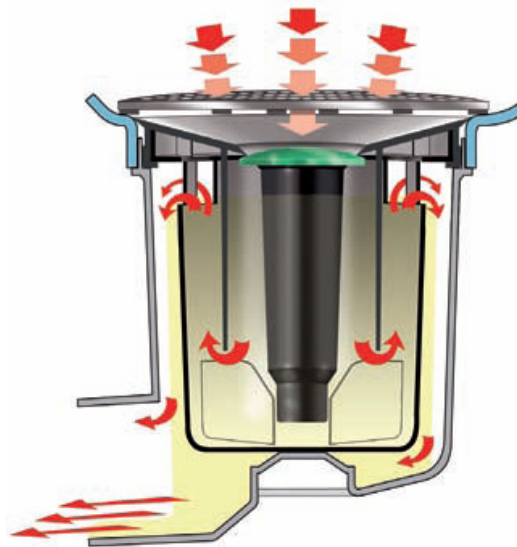
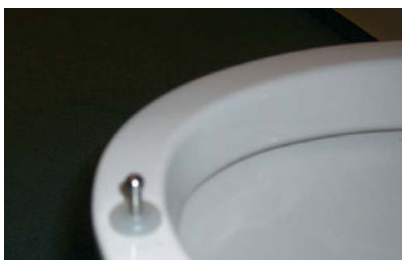


Figuur 4.7: De werking van een stankafsluiter met afsluitvloeistof, (www.falconwaterfree.com).

Mechanisch afsluitsysteem

Het Roovac closet van de firma Roediger maakt gebruik van een mechanische stankafsluiter. De urineafvoerleiding is normaal gesproken afgesloten. Wanneer iemand plaatst neemt op de bril wordt het palletje onder de bril ingedrukt en de urineafvoerleiding geopend. Zie ook figuur 4.3 en figuur 4.8 hieronder.

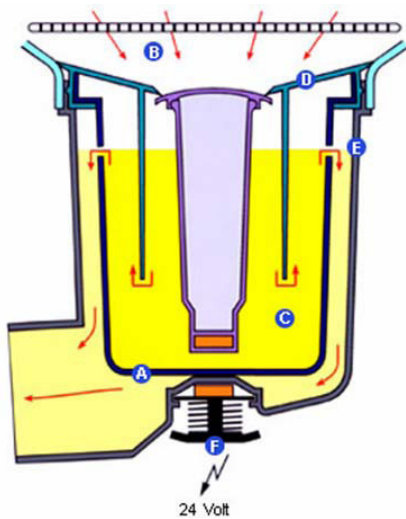
Onderstaand afgebeelde stankafsluiter van Urimat maakt gebruik van opwaartse druk. Door de opwaartse druk van de urine in de cilinder wordt de afsluiter tegen de opening aangedrukt.



Figuur 4.8: Het palletje onder de bril van het Roovac closet en een hydrostatische stankafsluiter van de firma Urimat.

Elektromechanisch afsluitsysteem

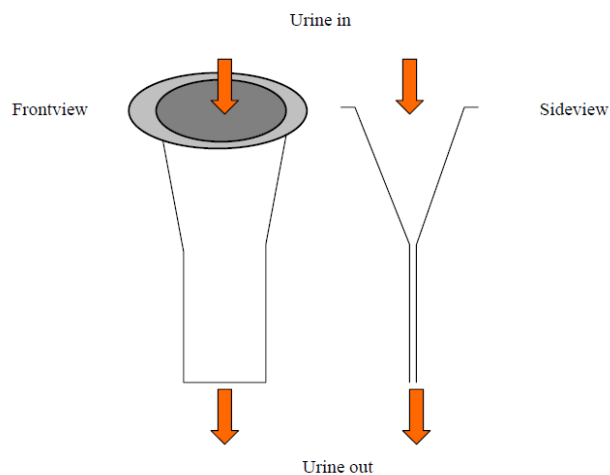
Door de opwaartse druk sluit een vlotter de urineafvoer geurloos af. Op het moment dat een gebruiker gedetecteerd wordt (met behulp van infrarood) trekt een elektromagneet de vlotter naar beneden. Dit afsluitsysteem heeft een 24 volts aansluiting nodig [TSU-NT 2007].



Figuur 4.9: De werking van een stankafsluiter met een elektromechanisch afsluitsysteem.

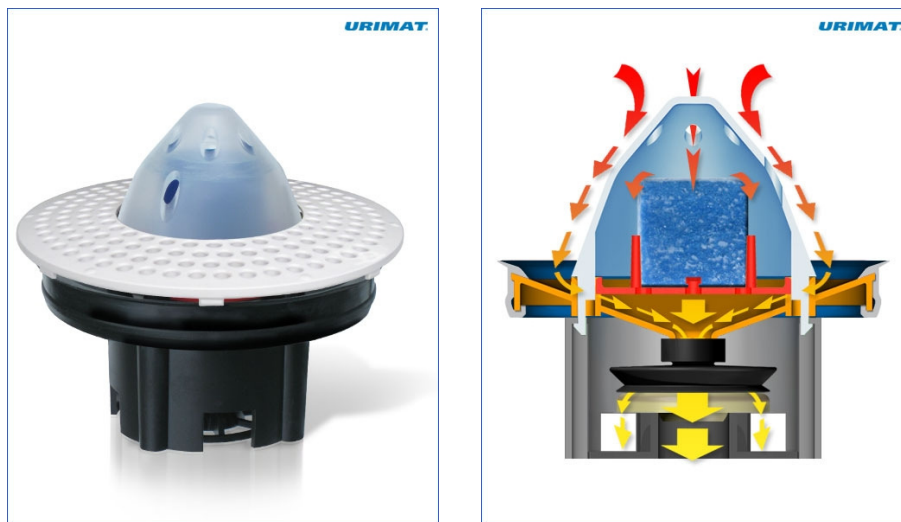
Kunststof afsluitmembraan

Een afsluitmembraan is een dunne latex slang die aan de bovenkant rond en aan de onderkant platgedrukt is. Het membraan laat de urine door en sluit daarna weer luchtdicht af. Het vervangen van een membraan hoeft maar een paar seconden te duren en kan zonder het membraan zelf aan te raken [TSU-NT 2007].



Figuur 4.10: De werking van een kunststof afsluitmembraan.

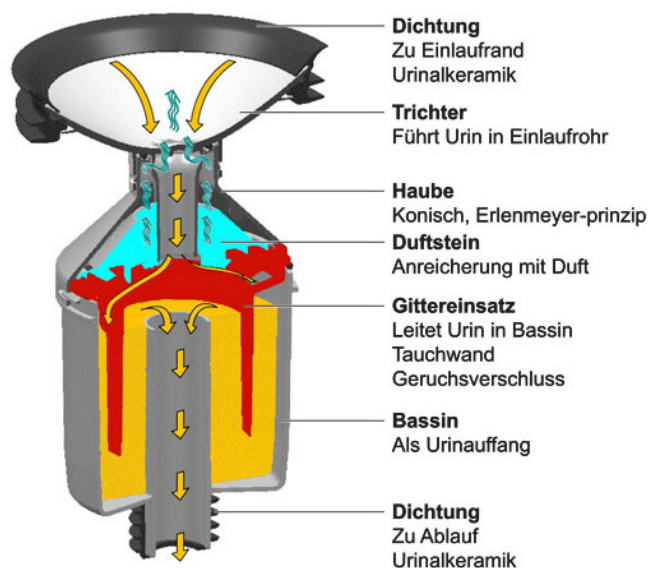
De nieuwste stankafsluiter van Urimat maakt gebruik van een membraan en een reinigungssteen. Deze reinigungssteen verbetert volgens Urimat de hygiëne en vermindert de urinesteevorming.



Figuur 4.11: De werking van een kunststof afsluitmembraan met reinigungssteen.

Erlenmeyer principe

Stankafsluiters volgens het Erlenmeyer principe gebruiken een filter met kleine gaatjes die vrijwel geen lucht doorlaten. De verdamping van de urine in de stankafsluiter is gering, de geuren die toch uit de urineafvoer naar boven komen kunnen langs een geursteen geleid worden zoals bij de Lema 0-liter stankafsluiter van Geberit [Geberit 2005].



Figuur 4.12: De werking van het LEMA 0-liter sifon van Geberit.

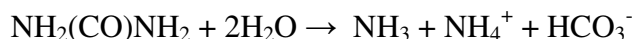
5 Urinesteenvorming

Het neerslaan van urine-componenten komt voor in waterloze urinoirs, scheidings-closets en conventionele urinoirs. Deze urine-componenten hechten zich o.a. aan de leidingen en de stankafsluiter en zorgen er daarmee voor dat de functionaliteit en het comfort van de closets gereduceerd wordt [Udert 2006]. Urinesteenvorming in urineafvoerleidingen kan leiden tot verstoppingen als hier geen aandacht aan gegeven wordt. Urinesteenvorming is daarom een belangrijk aandachtspunt voor een succesvolle toepassing van gescheiden sanitatie.

5.1 Ontstaan van urinesteen

Urine bestaat uit water, stikstof (o.a. ureum), chloriden, fosfor, zwavel, natrium, calcium, kalium en magnesium. Door contaminatie met bacteriën uit feces en van het urinesysteem (closet + leidingen) zelf vinden veranderingen plaats in de samenstelling van urine [Udert 2006].

Stikstof is in verse urine vooral aanwezig in de stof ureum $\text{NH}_2(\text{CO})\text{NH}_2$. Ureum hydrolyseert bijna onmiddellijk tot ammoniak (NH_3), ammonium (NH_4^+) en bicarbonaat door de aanwezigheid van het enzym urease. Urease wordt door veel micro-organismen, die aanwezig zijn in toiletsystemen, geproduceerd en dient als katalysator voor de hydrolyse van ureum:



Doordat ammoniak vrij komt, stijgt de pH van gemiddeld 6,2 naar 9,2. Deze hoge waarde resulteert in meer ammoniakgas. Het vervluchten van ammoniak heeft negatieve effecten op de luchtkwaliteit tijdens opslag, transport en gebruik van urine. De hogere pH brengt ook de vorming van struviet ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$), tricalciumfosfaat (hydroxyapatite, HAP, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) en soms ook calciumcarbonaat (CaCO_3) teweeg (wanneer gespoeld wordt met kraanwater) [Udert 2006].

Struviet en tricalciumfosfaat worden in dit rapport beide bedoeld wanneer er over urinesteen gesproken wordt. Een ander woord voor calciumcarbonaat is kalk.

5.2 Omgaan met urinesteenvorming

Udert et al. onderzochten de stoffen die zich af hadden gezet in de leidingen van een conventioneel urinoir, een scheidingscloset en van een waterloos urinoir. In het conventioneel urinoir werd voornamelijk kalk aangetroffen, in de andere twee werd voornamelijk urinesteen aangetroffen en maar een kleine hoeveelheid kalk. Struviet ontstaat in urine die weinig verdund is terwijl kalk ontstaat wanneer de urine verder verdund is. Tricalciumfosfaat ontstaat bij zowel onverdunde als verdunde urine, maar wordt niet gevonden in conventionele urinoirs [Udert 2003b].

Het onderzoek van Udert et al. geeft drie mogelijke oplossingsrichtingen voor het omgaan met het afzetten van urine-componenten in afvoerleidingen:

1. Het voorkomen van neerslag.
2. Het gecontroleerd laten neerslaan.
3. Het regelmatig verwijderen van urinesteen uit de leidingen en de stankafsluiter.

5.2.1 *Het voorkomen van neerslag*

Wanneer de urine afgevoerd wordt met net zoveel spoelwater als een conventioneel closet (3 liter water bij gebruik van de waterbespaarknop na een 'kleine boodschap'), treedt voornamelijk wat kalkvorming op in de afvoerleidingen. De vorming van urinesteen in de leidingen wordt dus voorkomen. Bij gescheiden sanitatie wil men de urine echter zo puur mogelijk opvangen en zijn grote spoelvolumes niet interessant.

Vermenigvuldiging van micro-organismen afremmen

Op dit moment bestaan alleen onvoldoende bewezen mogelijkheden voor het voorkomen van neerslag dat zich hecht aan de afvoerleidingen. Een aantal technieken wordt wel toegepast maar worden niet gemonitord.

Micro-organismen zijn de aanleiding voor de processen, urinesteenvorming kan dus voorkomen worden als micro-organismen zich niet kunnen vermenigvuldigen. Aanzuren, microfiltratie en ultrafiltratie worden in literatuur genoemd als processen die de vermenigvuldiging van micro-organismen een halt toe kunnen roepen maar alleen aanzuren is daadwerkelijk getest op urine [Maurer 2006]. Door zuur (zoals een zwavelzuuroplossing) toe te voegen wordt de pH van de urine verlaagd waardoor ureum hydrolyse niet plaats kan vinden en urinesteenvorming daardoor ook niet optreedt. Deze methode is getest in urinetanks maar niet voor de urineafvoerleidingen waarin neerslag een groter probleem vormt [Udert 2003b]. Om neerslag in de leidingen te voorkomen zal het zuur al in de closetpot toegevoegd moeten worden. Het op deze manier voorkomen van ureum hydrolyse is getest in laboratoria. Deze tests wijzen uit dat voor de stabilisatie van 1 liter urine 60mmol sterk zuur (bijvoorbeeld geconcentreerd zwavelzuur) nodig is [Maurer 2006].

Het verlagen van de pH met behulp van zuur heeft nadelen: voor de winning van struviet is een pH van 8 à 9 nodig, daarnaast is het toevoegen van zuur ecologisch gezien geen interessante oplossing [Udert 2004].

Het NMX closet van Sealskin maakt gebruik van een bacteriologisch middel dat de vorming van urinesteen tegen gaat door ervoor te zorgen dat urease producerende bacteriën zich niet makkelijk kunnen voortplanten. Resultaten hiervan zijn niet bekend.

5.2.2 *Het gecontroleerd laten neerslaan*

Het gecontroleerd laten neerslaan van urine-componenten kan gerealiseerd worden door het te verzamelen in de stankafsluiter of speciaal reservoir die verwisseld en geleegd kan worden. Dit wordt nog niet toegepast. De urine-componenten kunnen ook verzameld worden in de urinetank, het is dan zaak de urine zo snel mogelijk door de leidingen te laten lopen. Dit kan gerealiseerd worden door zo glad mogelijke leidingwanden, zo kort mogelijke trajecten naar de tank, de urine te verdunnen met (regen)water en het toepassen van relatief grote ontwerpmiddellijnen en een afschot van 20mm/m.

Verzamelen van urinesteen

Op dit moment zijn enkele waterloze urinoirs voorzien van verwisselbare stankafsluiters, maar deze worden meestal weggegooid na gebruik. Het winnen van nutriënten uit deze verstopte stankafsluiters kan ook een oplossing zijn, de nutriënten zijn dan immers al flink geconcentreerd [Udert 2004].

Verblijftijd in leidingen verkorten

Urinesteen geeft de meeste problemen als het in de afvoerleidingen neerslaat. Vorming van urinesteen in de urinetank is minder problematisch. De tijd dat de urine in de leidingen en stankafsluiters verblijft, is van invloed op de hoeveelheid urinesteen die zich hecht aan de leidingwanden. Sifons en liggende leidingen zijn daarom erg gevoelig voor verstoppingen. Geberit heeft een nieuw sifon ontwikkeld voor de waterbesparende urinoirs waar de urine sneller door heen kan lopen en waarbij de urine volledig uit de sifon gezogen wordt [Udert 2004]. Deze afzuigsifon is zowel met verticale als met horizontale afvoer verkrijgbaar. Binnenin bevindt zich een waterslot dat zichzelf leeg sifoneert en aan het einde van de spoeling weer volledig gevuld wordt met een gedeelte van het 1 liter spoelvolume.



Figuur 5.1: De U-bocht sifon van Geberit en het nieuwe afzuig sifon.

Installatietechnisch kan de vorming van urinesteen beperkt blijven door het toepassen van relatief grote ontwerpmiddellijnen en een afschot van 20mm/m waardoor de

verblijftijd van de urine in de leidingen zo kort mogelijk is. Hoe groot de afvoerleidingen zouden moeten zijn wordt besproken in paragraaf 7.4.1.

Gladde leidingwanden

Een andere benadering is het voorkomen dat de urinesteen-componenten zich vast kunnen zetten op de afvoerleidingen door het materiaal hiervan aan te passen. De binnenzijde van de leidingen zouden voorzien kunnen worden van een coating die water- en vuilafstotend is. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van zilver glazuur dat bacteriën afstoot of een coating dat het lotus-effect nabootst. Het blad van een lotus is water- en vuilafstotend, een coating van microscopisch kleine bultjes, van bijvoorbeeld teflon, bootst dit effect na [Udert 2003b].

Leidingen met een dergelijke coating zijn in de praktijk echter niet leverbaar, gezorgd moet worden voor zo glad mogelijk leidingen en zo glad mogelijke overgangen om de afzetting van urinesteen te verminderen.

Verdunnen met spoelwater

Fabrikanten van waterloze urinoirs (Urimat, Sphinx) beweren dat in hun systeem geen urinesteenvorming plaatsvindt omdat het systeem geen water verbruikt. Hier wordt verondersteld dat urinesteen alleen gevormd wordt onder invloed van calcium en magnesium dat in oplossing aanwezig is in het water. Deze gedachtegang is niet juist: in urine zelf is ook calcium en magnesium aanwezig [GTZ 2009]. Onverdunde urine kristalliseert makkelijker uit tot urinesteen en is langer onderweg naar de urinotank waardoor juist meer urinesteen in de leidingen en de stankafsluiter afgezet wordt [IZ 2007].

Het verdunnen met spoelwater beïnvloedt de samenstelling van de neergeslagen componenten. Voor de inzameling van urine is de meest geconcentreerde vorm het interessantst. Het verdunnen van de urine kan echter verstoppingen voorkomen.

In urine dat niet of weinig verdund is, hoeft maar een kleine hoeveelheid ureum te hydrolyseren voordat struviet en tricalciumfosfaat kunnen neerslaan. Omdat het hydrolyse proces snel en effectief gebeurt kan het neerslaan van urine-componenten al in de urine afvoerleidingen en de stankafsluiter voorkomen, ook al verblijft de urine daar maar kort.

Spoelen met kraan- of regenwater

Het verdunnen van de urinestroom beperkt het risico op verstoppingen omdat de concentratie van stoffen die kunnen neerslaan vermindert met het spoelwatervolume. Het verdunnen van urine met kraanwater reduceert de kans op verstoppingen, maar zorgt er ook voor dat de fosfaathoudende mineralen bijna volledig neerslaan. Dit komt door de toevoeging van calcium en magnesium uit kraanwater. Hoe hoger de

hardheid van het kraanwater, hoe meer calcium en magnesium en hoe meer fosfaat-houdende mineralen zullen neerslaan. Spoelen met regenwater reduceert de kans tot het vormen van neerslag dan ook sterker dan dat spoelen met kraanwater doet, omdat regenwater weinig calcium en magnesium ionen bevat [Udert 2003a].

Hechting van urinesteen op leidingwanden kan dus op een ecologische manier verminderd worden door te spoelen met regenwater [Udert 2004]. Het nadeel van spoelen met regenwater is het feit dat een grote opslagtank benodigd is en dus ook het te verwerken volume urine groter is [IZ 2007].

5.2.3 Verwijderen van urinesteen uit leidingen en stankafsluiter

Zweeds onderzoek van vóór 1999 heeft laten zien dat 96% van de scheidingsclosets last had van geblokkeerde afvoeren na minder dan 4000 keer gebruikt te zijn [Udert 2003b]. Verstoppingen van urine afvoerleidingen ontstaan voornamelijk in de veel toegepaste sifon en bestaan voor drie kwart uit haren en papiergezels waarop kalk en urinesteen ontstaan is. Deze verstoppingen kunnen verwijderd worden met een zogenoemde rioolveer zoals afgebeeld in fig 5.1 of met soda. Urinesteen dat zich afgezet heeft op de wanden van afvoerleidingen is de oorzaak van de andere kwart van de verstoppingen [Jönsson 2001]. Deze verstoppingen kunnen ook mechanisch verwijderd worden of met behulp van soda (2 delen water en 1 deel soda) of een zuur (>24%) [GTZ 2009].



Figuur 5.2: De rioolveer die in Zweden wordt gebruikt om verstoppingen te verwijderen.

Door het mechanisch reinigen van de leidingen kunnen de leidingwanden opruwen waardoor urinesteen en kalk zich makkelijker kan hechten en het probleem verergert [Udert 2004].

De in 1995 gebouwde wijk Understenshöjden en het tevens in 1995 gerenoveerde appartementencomplex Palsternacken in Stockholm Zweden, maken gebruik van scheidingsclosets. Verstoppingen in de stankafsluiter (sifon) vormden in het begin een groot probleem, voornamelijk omdat men niet wist hoe deze te verhelpen. De verstoppingen bestonden voornamelijk uit haren, vezels en zich daarop vastzettende aanslag van mineralen als struviet en tricalciumfosfaat. De overige verstoppingen

werden veroorzaakt door neerslag dat zicht gehecht had aan de binnenkant van het leidingwerk. In Understenshöjden en Palsternacken bleken de verstoppingen te verhelpen door het gebruik van natronloog (soda) of heet water onder druk [Stowa 2005-13].

De luchthaven van Zürich gebruikte sifons voor hun urinoirs. Deze moesten elke drie maanden vervangen worden of met hoge druk worden gereinigd omdat ze vol zaten met urinesteen. In sifons staat altijd urine waardoor er meer kans is op urinesteenvorming. De problemen bij luchthaven Zürich zijn verholpen door het toepassen van zogenoemde uitzuig-sifons zoals weergegeven in figuur 5.1, waarbij de urine snel en volledig uit de sifon gezogen wordt [Udert 2004].

In plaats van reinigen bij verstoppingen kan men de leidingen ook periodiek reinigen door te spoelen met een zuur (mierenzuur of sterk verdund citroenzuur) of soda [IZ 2007], [Stowa 2008-03].

6 Verwerken en toepassen van urine

Urine dat in contact is gekomen met fecaliën kan pathogenen bevatten die gevaarlijk zijn voor de gezondheid. Daarom is het belangrijk dat urine eerst gezuiverd wordt van pathogenen voordat het gebruikt gaat worden als meststof. De urine kan daarna gebruikt worden maar kan ook verder verwerkt worden tot een meer geconcentreerde meststof. Recent onderzoek heeft aangetoond dat urine ook goed gebruikt kan worden als waterstof bron.

In Nederland zijn verschillende bedrijven betrokken bij de verwerking van urine. GMB is een speler in de rioolmarkt en heeft meerdere pilot-projecten uitgevoerd waarin kunstmest werd gewonnen uit urine. Ze verwerken bijvoorbeeld de urine die gescheiden opgevangen wordt bij Waterschap Rivierenland en de urine die door Schering-Plough wordt opgehaald (Moeders voor Moeders). De aanvoer van urine is echter nog klein, daarom is de verwerking commercieel nog niet interessant [GMB 2009]. Het composteringsbedrijf Orgaworld ziet mogelijkheden in het gebruik van urine als toeslagstof bij compost [Waste 2003].

De eigenaar van een gescheiden sanitatiesysteem zal afspraken moeten maken voor het legen van de urinetank en eventueel het verwerken van de inhoud en het gebruik van de urine.

6.1 Verwerken van urine

Urine kan op meerdere manieren verwerkt worden. De verwerkingsprocessen dienen één of meer van de volgende doelen: het onschadelijk maken van pathogenen, het stabiliseren van de urine, het reduceren van het volume, het herwinnen en/of elimineren van nutriënten, het verwijderen van medicijnresten, hormonen en hormoonverstorende stoffen, het winnen van waterstof.

Er zijn veel verschillende technieken voor het behandelen van urine maar geen van alle kan alle doelen bereiken. Daarom zal of een keus gemaakt moeten worden uit de doelen of een combinatie van technieken gebruikt moeten worden om alle doelen te behalen [Maurer 2006].

De methoden worden hieronder één voor één behandeld. De meeste van deze methodes zijn nog niet buiten het laboratorium op urine getest. Ook kunnen verwerkingsmethoden niet zomaar gecombineerd worden.

6.1.1 Zuiveren

Urine is in principe steriel omdat de menselijke nieren als een omgekeerd osmose-systeem functioneren, maar omdat de opgevangen urine in contact kan zijn geweest met fecaliën kan de urine pathogenen bevatten. De Universiteit van Upsala in Zweden meldt dat sporen van feces aanwezig kunnen zijn in de urine in opslagtanks [Stowa 2005-12]. Deze pathogenen moeten eerst onschadelijk worden gemaakt

voordat de urine veilig kan worden gebruikt als meststof [GTZ 2009]. Er zijn meerdere technieken die gebruikt kunnen worden voor het pasteuriseren of steriliseren van oplossingen, zoals verhitten, hoge druk processen en UV-straling. Geen van deze technieken is echter getest op urine. Alleen opslaan van urine is onderzocht [Maurer 2006]. De urine opslaan in een gesloten tank (niet gasdicht) is een simpele en goedkope manier voor het reduceren van pathogenen. Tijdens opslag wordt al het ureum omgezet in ammoniak/ammonium en bicarbonaat. Hierdoor stijgt de pH waardoor bacteriën en virussen onschadelijk gemaakt worden [GTZ 2009]. Sommige pathogenen zouden kunnen overleven of zelfs groeien in de urinetank, maar de meeste zullen het niet overleven [Udert 2006]. De opslagtijd, temperatuur en pH zijn van invloed op het steriliseren van de urine [Maurer 2006]. Lagere temperaturen en verdunning van de urine zorgen er beide voor dat pathogenen langer overleven. Voor het onschadelijk maken van pathogenen is het dus van belang dat de pH van de opgeslagen urine hoog is, de temperatuur niet kunstmatig laag wordt gehouden en de urine zo geconcentreerd mogelijk opgevangen wordt [Stowa 2002-39]. Wanneer de urine gedurende 6 maanden bij 20°C opgeslagen wordt kan de urine veilig gebruikt worden als meststof in de landbouw [Maurer 2006].

6.1.2 *Volume reduceren*

De concentratie nutriënten in urine is in vergelijking met kunstmest vrij klein: 0,9% N, 0,06% P en 0,3% K. Het concentreren van de urine is uit het oogpunt van transport en opslag erg interessant. Verwijderen van water kan door middel van verdampingstechnieken, vriesdrogen en omgekeerde osmose. Wanneer verdampingstechnieken toegepast worden moeten maatregelen getroffen worden om ammonia-verliezen te voorkomen [Maurer 2006]. Daarom kunnen verdampingstechnieken beter plaatsvinden na stabilisatie van de urine door ammoniumstrippen, aanzuren van verse urine of behandeling in een bioreactor [Stowa 2002-39].

Indampen onder vacuüm is een techniek die ver ontwikkeld is en op kleine schaal, bijvoorbeeld bij de opslagtank, toegepast kan worden. Het energiegebruik is relatief gering ten opzichte van andere indampstechnieken [Swart 2008].

6.1.3 *Stabiliseren*

Tijdens opslag wordt al het ureum afgebroken, het meeste stikstof gaat op in ammonia. Een deel van deze ammonia is het vluchtige ammoniak NH_3 [Udert 2006]. Het vervluchten van ammonia tijdens opslag, transport en gebruik van urine heeft negatieve effecten op de luchtkwaliteit, daarnaast gaan hierdoor nutriënten verloren [Maurer 2006]. Door stabilisatie wordt voorkomen dat ammonia vervluchtigt.

Verse urine kan gestabiliseerd worden door toevoeging van een sterk zuur (2,9g/l zoutzuur) die de pH van urine verlaagt naar pH4. Wanneer verse urine gestabiliseerd wordt, wordt ook precipitatie voorkomen (urinesteenvorming). Urine dat al gehydrolyseerd is (ureum is omgezet in ammonia en bicarbonaat waardoor de pH naar 9

gestegen is) kan met behulp van een bioreactor gestabiliseerd worden. Tijdens dit proces wordt ammonium omgezet in nitriet en nitraat door een aerobe bacterie. Hierdoor daalt de pH en wordt het vluchtige ammoniak verwijderd (wordt ammonium oplossing). Het eindproduct is een geurloos ammonium nitraat of ammonium nitriet oplossing [Maurer 2006].

Na het toepassen van ammonium strippen, ten behoeve van het winnen van stikstof, is de urine ook gestabiliseerd.

6.1.4 Herwinnen en elimineren van nutriënten

Urine is een goede meststof met een NPK ratio van 100:6:25. Er zijn verschillende mogelijkheden voor het winnen van de meststoffen (stikstof en fosfaat) uit urine. Er zijn ook methodes voor het verwijderen van nutriënten zonder deze te hergebruiken. Deze methodes kunnen interessant zijn wanneer het doel het zuiveren van water is en niet zozeer het herwinnen van nutriënten.

Urine kan ook gebruikt worden als toeslagstof bij compostering of in waterzuiveringinstallaties die een nutriëntentekort hebben [Stowa 2005-12]

Het Zwitserse wateronderzoeksinstituut Eawag heeft de op urine gebaseerde meststof Urevit ontwikkeld. De meststof Urevit bevat vier maal zoveel stikstof, fosfaat en kalium dan zuivere urine en wordt gewonnen door middel van ultrafiltratie en electrodialyse. Urevit bevat geen resten van medicijnen [Swart 2008].

Stikstof verwijderen

Wanneer het doel alleen het verwijderen van stikstof is en niet zozeer het hergebruiken ervan kan het anammox proces toegepast worden. Anammox staat voor anaeroob ammonium oxidatie, dit is een biologisch proces waarbij ammonium en nitriet omgezet worden in stikstofgas. Met een combinatie van nitrificatie en anammox proces kan 75-85 % van de hoeveelheid stikstof in urine verwijderd worden. Een ammoniumnitraat oplossing blijft over [Maurer 2006].

De TU Delft heeft voor het verwijderen van stikstof het CANON proces ontwikkeld. De stikstofcomponenten worden in één reactor verwijderd door een combinatie van het SHARON proces (gedeeltelijke oxidatie tot nitriet) en het Anammox proces [Stowa 2005-12].

Stikstof herwinnen

Stikstof kan herwonnen worden door ammonium strippen, selectieve absorptie en nitrificatie.

Door middel van ammonium strippen wordt ammonia of ammoniumsulfaat geproduceerd [Maurer 2007]. Strippen is een methode waarmee vloeistoffen van elkaar

gescheiden kunnen worden als de ene stof gemakkelijker naar damp overgaat dan de andere.

Stikstof kan door middel van selectieve absorptie uit urine onttrokken worden. Het mineraal zeoliet kan gebruikt worden om ammonia uit urine te absorberen. Voor 1 liter urine is echter 1 kg zeoliet nodig. Zeoliet kan daarom economisch gezien beter toegepast worden na ammonium strippen of struviet precipitatie [Maurer 2007].

Stikstof is in urine voornamelijk aanwezig als ammonium, terwijl gewassen stikstof voornamelijk als nitraat opnemen. Het ammonium in urine kan gedeeltelijk genitrificeerd worden door het te behandelen in een aerobe bioreactor. De kwaliteit van urine als bemester wordt daardoor verbeterd [Stowa 2005-13].

Fosfaat herwinnen

Bijna al het aanwezige fosfaat kan herwonnen worden door het toevoegen van magnesiumoxide, door precipitatie ontstaat daardoor de stof struviet [Swart 2008]. De pH van gehydrolyseerde urine is optimaal voor de precipitatie van struviet [Maurer 2006]. Tijdens een pilot project bij het Göteborg's Universeum is deze techniek toegepast, het ontstane struviet werd gebruikt als meststof voor de landbouw [Stowa 2002-39]. Onderzoek heeft aangetoond dat medicijnresten en hormonen in de oplossing achterblijven en niet detecteerbaar zijn in het gevormde struviet. Struviet is een simpele en effectieve methode voor het winnen van fosfaat zonder vervuilingen [Maurer 2007].

6.1.5 Verwijderen van medicijnresten, hormonen en hormoonverstorende stoffen

Medicijnen komen voor in oppervlaktewater, waterzuiveringsinstallaties breken niet alle geneesmiddelen even goed af. Farmaceutische stoffen worden in teeltaarde beter afgebroken dan in water. Dit komt onder andere doordat teeltaarde zo'n 50.000 keer meer zuurstof bevat, een grote biodiversiteit bevat, en UV licht beter kan doordringen [GTZ 2009].

In het seniorenwoningen complex "De Schoel", opgeleverd in 2008, zijn 25 scheidingsclosets geplaatst. De urine wordt in tanks opgeslagen en uiteindelijk getransporteerd naar de zuiveringsinstallatie in Sleen. Met een experimentele zuiveringsinstallatie die gebruik maakt van beluchting, actief kool en ozonbehandeling worden de medicijnresten en hormonen verwijderd [Wortel 2009].

Farmaceutische stoffen kunnen gedeeltelijk uit urine verwijderd worden door één of meer van de volgende processen:

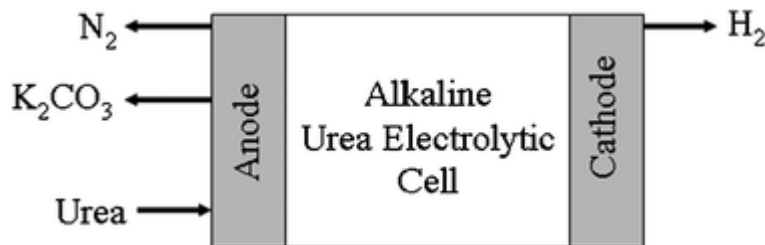
- **Stoom strippen:** Labresultaten en demo-testen tonen aan dat bepaalde medicijnresten gedeeltelijk of geheel verwijderd worden door middel van stoom strippen. Het condensaat is nagenoeg vrij van farmaceutische stoffen.

- **Verdampingstechnieken:** Door middel van een verdampingsproces (van meer dan 4 dagen) kunnen bijna alle farmaceutische stoffen met meer dan 95% gereduceerd worden.
- **UV-behandeling:** Door een hoge dosis UV licht, ± 2 kWh/l, kunnen nagenoeg (90%) alle farmaceutische stoffen uit urine verwijderd worden. Tijdens een behandeling met UV licht wordt urine, al dan niet voorbehandeld, door een buis met een UV lamp gepompt.
- **Ozonisatie:** Door middel van een hoge dosis ozon van 2,5 O₃/l kunnen alle farmaceutische stoffen uit urine verwijderd worden [Tettenborn 2007].
- **Absorptie:** In principe is het mogelijke farmaceutische stoffen te verwijderen door middel van absorptie aan actief kool of andere absorberende stof. Dit is nog niet op urine getest.
- **Elektrodialyse:** Tijdens elektrodialyse worden de nutriënten uit urine gescheiden van de rest door middel van een ion-uitwisselingsmembraan (lading van moleculen). De farmaceutische stoffen blijven dan achter in de waterige oplossing. Deze techniek is alleen in een lab-omgeving getest [Maurer 2006].
- **Nanofiltratie:** Stoffen worden gescheiden op basis van molecuulgewicht. nanofiltratie is uitgebreid getest in lab omgevingen. Het membraan houdt fosfaat en meer dan 92% van de farmaceutische stoffen tegen, ureum wordt geheel doorgelaten en ammonium wordt voor meer dan 50% doorgelaten. Nanofiltratie resulteert dus in twee stromen: Een geconcentreerde stroom met fosfaat en farmaceutische stoffen en een stikstofrijke waterstroom. Fosfaat kan verwijderd worden door struviet vorming, de farmaceutische stoffen worden daarin niet opgenomen. Uit de stikstof rijke waterstroom kan stikstof geconcentreerd worden [Roorda 2005b].

De thermische processen (stoom strippen en verdampen) en UV behandeling vragen beduidend meer energie dan de filtratie- en oxidatietechnieken wanneer het gaat om de verwijdering van medicijnresten. UV-behandeling en ozonisatie werken effectiever wanneer het na stoom strippen toegepast wordt, omdat de hoeveelheid ammonium dan gereduceerd is [Tettenborn 2007].

6.1.6 Winnen van waterstof

Recentelijk is gebleken dat uit urine ook waterstof gewonnen kan worden. Amerikaanse onderzoekers van de Ohio Univesiteit hebben een methode bedacht om waterstof uit urine te halen. Verse urine bestaat grotendeels uit ureum. Ureummoleculen bevatten 4 waterstofatomen die minder sterk gebonden zijn dan de 2 waterstofatomen in een watermolecuul. Met een spanning van 0,37 Volt op een nikkelelektrode kan het molecuul gescheiden worden, voor het watermolecuul is 1,23 Volt nodig [Botte 2009]. Het winnen van waterstof uit urine is dus 6 keer effectiever dan het winnen van waterstof uit water.



Figuur 6. 1: Productie van waterstof uit ureum, (www.rsc.org).

6.2 Toepassingen

Nadat de urine ontdaan is van schadelijke pathogenen kan de urine direct gebruikt worden in de landbouw, aquacultuur, bij compostering of in industriële waterzuiveringen. Als de urine verder verwerkt is tot meststof kan deze meststof gebruikt worden zoals kunstmest.

6.2.1 Toepassingen van zuivere urine

Onderzoek wijst uit dat menselijke urine een complete meststof is die bij gebruik voor gewassen dezelfde invloeden heeft als minerale meststoffen [Wilsenach]. Gangbare kunstmeststoffen bestaan vaak uit een combinatie van stikstof, fosfaat en kalium (N, P, K). Urine bevat alle drie de mineralen maar de stikstofconcentratie is in verhouding tot fosfaat en kalium vrij hoog. Daarom is zuivere urine vooral geschikt voor de bemesting van gewassen die veel behoefte hebben aan stikstof. Vanwege de lage concentratie aan nutriënten in opgeslagen urine is het zinvol deze eerst te concentreren alvorens het te vervoeren. Manieren om het volume te reduceren (water te verwijderen) staan beschreven in paragraaf 6.1.2.

Vloeibare meststoffen geven een snelle werking, maar vanwege de hoge pH van opgeslagen urine verdampt ammonia wanneer het over het land gespreid wordt en gaat een groot gedeelte van de hoeveelheid stikstof verloren [Wilsenach]. Deze stikstofverliezen kunnen beperkt worden door de urine te stabiliseren zoals beschreven in paragraaf 6.1.3 of door de meststoffen te injecteren in de bodem [Swart 2008].

Zuivere urine is in meerdere landen getest als meststof op onder andere sla, biet, katoen, graan, prei, spinazie, tomaten, kool en komkommers. De verschillende proeven tonen aan dat zuivere urine vergelijkbaar is met kunstmest. Urine kan ook in de aquacultuur gebruikt worden als alternatief voor kunstmest. Een onderzoek in Zeeland heeft aangetoond dat urine een prima vervanger van kunstmest is voor het kweken van schelpdieren [Swart 2008].

Appartementencomplex Ekoporten in Norrköpping Zweden gebruikt sinds 1995 Dubletten scheidingsclosets. De urine wordt gebruikt door boeren ter bemesting van grasland. Het plan was de urine te gebruiken in de biologische landbouw maar de EU-regulering met betrekking tot biologische landbouw voor menselijke consumptie laat dit niet toe [Stowa 2005-13].

Ook het Nederlandse uitvoeringsbesluit meststoffenwet staat het gebruik van urine als meststof in de landbouw vooralsnog niet toe. Humane urine is in principe een geschikte meststof net als gier of de dunne fractie uit dierlijke mest. Als humane urine opgenomen wordt in de meststoffenwet is het nog de vraag of het aangemerkt zal worden als dierlijke- of kunstmest, mogelijk afhankelijk van het feit of het bewerkt is tot Urevit of Struviet. Nederland heeft een overschot aan dierlijke mest volgens de normen van de mestwetgeving. Wanneer menselijke urine gezien wordt als dierlijke mest leidt dit tot een nog groter overschot [Swart 2008]. Een voordeel van urine in vergelijking met kunstmest en dierlijke meststoffen is dat urine aanzienlijk lagere concentraties aan zware metalen per gram nutriënt bevat [Stowa 2005-12].

6.2.2 *Toepassingen van uit urine gewonnen meststoffen*

De toepassingen van uit urine gewonnen meststoffen zijn gelijk aan dierlijke- en kunstmestige- meststoffen. Stoffen zoals Urevit en Struviet kunnen in de landbouw gewoon gebruikt worden als meststof. Het door het Zwitserse wateronderzoeksinstituut ontwikkelde Urevit is in Zwitserland een gecertificeerde meststof en wordt met succes toegepast in de groenvoorziening [Swart 2008]. Urevit en Struviet zouden in Nederland gecertificeerd kunnen worden als kunstmeststof.

Ervaringen met het toepassen van uit urine gewonnen meststoffen zijn in Nederland onder andere opgedaan in Anderen bij de teelt van energiegewassen en in Almelo bij toepassing op sportvelden.

7 Installeren van gescheiden sanitatiesystemen

De focus van dit hoofdstuk ligt op de installatietechnische verschillen tussen een normaal vwa stelsel en het afvoerstelsel bij toepassing van gescheiden sanitatie. Wanneer de installateur en installatieadviseur de verschillen en daarbij behorende aandachtspunten kennen wordt het mogelijk een goed werkend gescheiden sanitatiesysteem te ontwerpen en aan te leggen.

Veel ecologische wijken in Zweden hebben geëxperimenteerd met gescheiden sanitatie en daardoor ook met het transporteren en opslaan van urine. De urine wordt meestal opgeslagen in ondergrondse tanks, waar de urine onder invloed van de zwaartekracht vanzelf instroomt. De urine wordt vanuit deze tanks in tankwagens gepompt en naar de akkers gebracht. De urineleidingen en opslagtanks zijn meestal van PVC gemaakt [Stowa 2002-39].

In Nederland zijn al verschillende gescheiden sanitatiesystemen aangelegd die goed functioneren, zoals bij het Ambachts Huus te Meppel, Waterschap Reest en Wieden te Meppel en Waterschap Rijn en IJssel te Doetinchem.

De kennis die vergaard is in de reeds uitgevoerde projecten wordt in dit hoofdstuk gebruikt om de verschillen met een normaal vwa stelsel aan te geven.

7.1 Totaal systeem

Het voorbereiden van een gescheiden sanitatiesysteem richt zich met name op het ontwerpen van het urineafvoerleidingverloop, zodat er geen verassingens zijn tijdens de uitvoering.

Het installatie-element van een wandcloset dat achter een voorzetwand wordt geplaatst, is standaard voorzien van 1 afvoeraansluiting. De installateur zal zelf iets moeten maken voor de urineafvoerleiding, aangezien er nog geen speciale voorzetwand installatie-elementen voor scheidingsclosets op de markt zijn. De plaats van de urineafvoerleiding ten opzicht van de normale afvoeraansluiting kan per scheidingscloset verschillen. Aangezien de urineafvoerleiding en de fecaliënafoerleiding elkaar tussen muur en closetaansluitingen niet kunnen kruisen, moet van te voren bekend zijn waar de urineleiding uit de muur moet komen. Dit betekent in principe dat het type closet al bekend moet zijn.

De urineafvoerleiding komt de urinetank binnen en zakt tot bijna aan de bodem zodat hij in de vloeistof komt te hangen. Hiermee wordt voorkomen dat ammoniumgassen in de urineafvoerleidingen kunnen komen [Jönsson 2001].

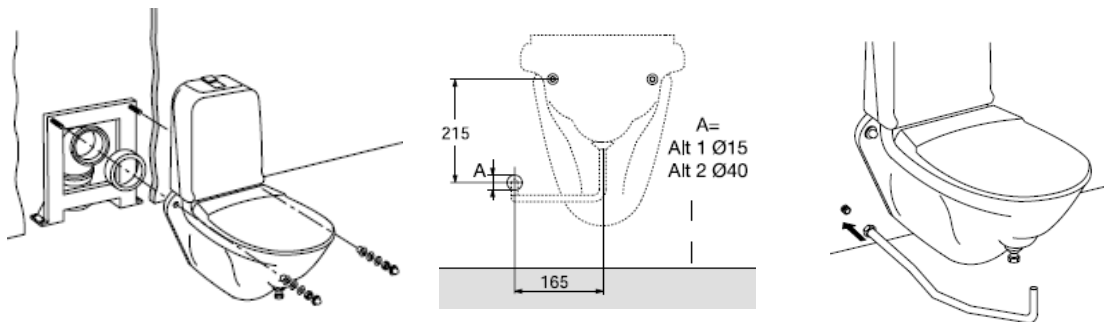
Ten behoeve van het schoonmaken en onderhouden van de closets en urinoirs is het aan te bevelen de toiletruimte te voorzien van een tappunt voor het vullen van emmers.

7.2 Scheidingsclosets

Op de Nederlandse markt zijn nog maar weinig scheidingsclosets verkrijgbaar. De gebruiker heeft nu nog weinig keus, maar als de vraag naar scheidingsclosets toeneemt, komen er waarschijnlijk ook meer specifieke closetpotten op de markt.

De keuze van het type closet bepaalt voornamelijk in hoeverre de urine verdund wordt. Gebruik van spoelwater kan urinesteeenvorming verminderen maar zorgt er daarnaast ook voor dat de opslagcapaciteit van de urinetanks verhoogd moet worden en dat de transportkosten toenemen [Stowa 2002-39].

Een scheidingscloset kan gemakkelijk vervangen worden door een normale closetpot door de urineafvoerleiding af te doppen. Het vervangen van waterloze urinoirs door normale urinoirs is iets lastiger omdat geen waterleiding is aangebracht achter de urinoirs. De urineafvoerleiding van waterloze urinoirs kan aangesloten worden op een verzamelleiding van huishoudelijk afvalwater [Alferink 2009].



Figuur 7.1: Montage instructies voor de Nordic 393U van Gustavsberg, (gustavsberg.fi).

7.3 Opslagtanks

De urine wordt meestal opgehaald door een vacuümwagen die de urine naar een verwerkingslocatie brengt. Daar wordt de urine verwerkt volgens een van de methodes zoals beschreven in hoofdstuk 6. Deze paragraaf behandelt de locatie, het materiaal, het volume en de ventilatie en drukvereffening van urineopslagtanks.



Figuur 7.2: Afbeelding twee van de vier in serie opgestelde urineopslagtanks in de achtertuin van het Ambacht Huys te Meppel. De tanks hebben elk een netto inhoud van 1m^3 , [Scheffer 2005].

Onder de grond in de achtertuin van het Ambacht Huys te Meppel staan vier in serie geschakelde opslagtanks met elk een inhoud van 1m^3 . De tanks zijn uitgevoerd in beton om opdrijven door het grondwater te voorkomen. Het systeem is niet voorzien van beluchting en heeft ook geen overloop naar het riool [Scheffer 2005].

7.3.1 Locatie

Als de tank regelmatig geleegd moet gaan worden dan is het belangrijk dat het transportmiddel waarmee dit moet gaan gebeuren gemakkelijk toegang heeft tot de tank. In het geval van het nieuwbouw kantoor van Waterschap Rijn en IJssel is de tank goed bereikbaar maar staat de urinetank te dicht bij de lucht aanzuigopening van de luchtbehandelingskasten. De afstand tussen aanzuigroosters en urineopslagtank is 6 meter maar op het moment dat de vacuümwagen de 6m^3 tank staat te legen, het warm is en de wind richting het gebouw staat zijn er klachten met betrekking tot urinelucht. Het is belangrijk hier rekening mee te houden bij het positioneren van de urinetank [Alferink 2009].

7.3.2 Materiaal

Een urine-opslagtank moet 100% waterdicht zijn om te voorkomen dat nutriënten verdwijnen in het grondwater en om te voorkomen dat grondwater de tank inloopt. Urinetanks zijn meestal gefabriceerd van PE, PP, PVC, gewapend beton of rubber (zie figuur 7.3). Metalen componenten kunnen beter niet gebruikt worden omdat urine corrosief is. Roestvast staal kan wel toegepast worden maar is in verhouding erg duur [GTZ 2009].



Figuur 7.3: Urinetank van rubber [GTZ 2009].

7.3.3 Volume

Het benodigde volume van de urine-opslagtank is afhankelijk van de hoeveelheid urine die opgeslagen moet worden, het type scheidingscloset/urinoir dat toegepast wordt en met welke regelmaat de tank gelegeerd moet gaan worden. De urinetank van het kantoor van Waterschap Rijn en IJssel wordt om de 14 dagen gelegeerd met behulp van een vacuümwagen [Alferink 2009].

Onderstaande formules zijn gebaseerd op de formule die staat in de “technology review:Urine diversion components” van de Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH [GTZ 2009]. Het spoelvolumen en schoonmaakvolume zijn hieraan toegevoegd, deze komen niet voor in de formule van GTZ.

Met de volgende formule kan het benodigde tankvolume berekend worden:

$$V_{\text{tank}} = ((V_{\text{schoonmaak}} + (N_{\text{gebruikers}} \cdot (P_{\text{urine}} + V_{\text{spoel}}) \cdot f_{\text{tijdfractie}})) \cdot t_{\text{legen}})$$

V_{tank} = tankvolume in liters

$V_{\text{schoonmaak}}$ = gebruikt watervolume bij reiniging van het closet per dag, de berekening hiervoor wordt hieronder weergegeven

$N_{\text{gebruikers}}$ = aantal gebruikers

P_{urine} = urine productie per persoon per dag ($\pm 1,5\text{L}$)

V_{spoel} = spoelvolumen per persoon per dag in liters, de berekening hiervoor wordt hieronder weergegeven

$f_{\text{tijdfractie}}$ = fractie van de tijd dat de gebruikers aanwezig zijn in het gebouw waar het scheidingscloset/urinoir geplaatst is.

t_{legen} = gemiddelde tijd tussen legingen in dagen

Met de volgende formules kunnen de schoonmaak- en spoelvolumes berekend worden:

$$V_{\text{schoonmaak}} = (V_{\text{emmer}} \cdot A_{\text{schoonmaak}} \cdot A_{\text{closets}}) / 7$$

$$V_{\text{spoel}} = V_{\text{closet}} \cdot A_{\text{toiletbezoeken}}$$

V_{emmer} = hoeveelheid water dat in het closet/urinoir verdwijnt per schoonmaakbeurt ($\pm 1,5\text{L}$)

$A_{\text{schoonmaak}}$ = aantal maal schoonmaken per week

A_{closets} = aantal closets/urinoirs

V_{closet} = hoeveelheid spoelwater dat gebruikt wordt per spoeling in liters (afhankelijk van gekozen type closet/urinoir*)

$A_{\text{toiletbezoeken}}$ = gemiddeld aantal toilet bezoeken per persoon per dag, voor 2007 was dit 6,27 [Vewin 2008].

* Wanneer de urine verdund met spoelwater wordt afgevoerd is een grotere opslagtank benodigd. De hoeveelheid spoelwater is afhankelijk van het type closet/urinoir. In paragraaf 4.1.1 staat een tabel met spoelwatervolumes van scheidingsclosets.

Op één urinetank kunnen meerdere closets aangesloten worden. Als meerdere tanks geïnstalleerd worden kunnen deze beter parallel geplaatst worden in plaats van in serie, zodat ze afwisselend gevuld kunnen worden en een tank verwijderd zou kunnen worden voor onderhoud [GTZ 2009].

7.3.4 Ventilatie en drukvereffening opslagtank

Voor de urineopslagtank is het belangrijk dat de druk vereffend wordt zodat lucht de tank uit kan wanneer deze gevuld wordt met urine en lucht de tank in kan als de urine eruit wordt gepompt. De urinetank moet zo min mogelijk geopend worden om te voorkomen dat ammoniak vervliegt. Om te voorkomen dat de ruimte waarin de tank staat geurt, moet een ontspanningsleiding met een ontwerpiddellijn van 44mm worden aangebracht, als drukvereffening. De plaats van de uitmonding van de ontspanningsleiding moet voldoen aan hoofdstuk 9 van NEN 3215.

In de ontspanningsleiding kan een koolstof luchtfilter opgenomen worden die de ammoniakgeur minimaliseert. De Nonolet Autonoom, een speciaal gft-toilet van de 12 ambachten, maakt gebruik van een koolstof luchtfilter. In plaats van een koolstof luchtfilter kan ook een odoroxidant gebruikt worden die met behulp van kaliumpermanganaat een reactie aangaat met de ammoniumgassen. Deze odoroxider is beter bestand tegen vocht en daarom waarschijnlijk geschikter voor toepassing in de ventilatiepijp van een urineopslagtank [Viegen 2010].

Als de tank gelegeerd wordt met behulp van een pomp, dan moet ervoor gezorgd worden dat de tank genoeg lucht kan aanzuigen om te voorkomen dat de tank vacuüm getrokken wordt en implodeert. Het leegzuigen van de tank gebeurt normaal gesproken via het mangat, hierdoor blijft er genoeg vrije ruimte over waardoor lucht aanzogen kan worden. Na het leegzuigen zou de tank met een spuitlans gereinigd kunnen worden. De hierdoor ontstane hoeveelheid water in de tank zou apart afgezogen kunnen worden, afhankelijk van de hoeveelheid water, hoeveelheid urinesteen of urineslib en de toe te passen verwerkingsmethode.

De opslagtank moet zo ontworpen zijn dat het mangat boven de vulpijp geplaatst is. Op deze manier kan eventueel onderhoud aan de vulpijp gemakkelijker uitgevoerd worden. Het wordt daarnaast ook aanbevolen de tank te voorzien van niveausignalering en een overloop die aangesloten wordt op bijvoorbeeld het riool. Zodat het systeem niet overloopt als hij onverhoopt niet op tijd gelegeerd wordt [CCB 2001].

7.4 Urineafvoerleidingen

Het leidingwerk van de closetpot tot aan de urinetank kan uitgevoerd worden in een kunststof, bijvoorbeeld PP, PE of PVC. Urine is erg corrosief en reageert met metaal, daarom moeten metalen onderdelen vermeden worden [Jönsson 2001]. Het gekozen leidingmateriaal waarop de drie scheidingsclosets en het waterloze urinoir bij het Ambacht Huus te Meppel zijn aangesloten is PE [Scheffer 2005].

Om er voor te zorgen dat de urine en urineslib zo snel mogelijk naar de tank toe lopen dienen de urineafvoerleidingen aan de binnenkant glad te zijn, zonder randjes die de goede doorstroming belemmeren. Wanneer PE als leidingmateriaal gebruikt wordt, kunnen de leidingdelen naadloos op elkaar aangesloten worden als men kiest voor electrolassen [Alferink 2009]. PP leidingdelen dienen niet teruggetrokken te worden om een zo glad mogelijke overgang te creëren. Bochten en T-stukken van 90° kunnen beter niet toegepast worden [ESR 2006].

Het moet mogelijk zijn om de leidingen te inspecteren en schoon te maken, daarom moeten de leidingen bereikbaar zijn en voorzien van inspectiepunten en ontstoppingsstukken [Jönsson 2001]. Tussen closetpot/urinoir en muur dient een ontstoppingsstuk opgenomen te worden die goed bereikt kan worden door degene die onderhoud moet verrichten. De plaats van dit ontstoppingsstuk dient door de installateur duidelijk richting opdrachtgever aangegeven te worden.

De waterloze urinoirs op luchthaven Schiphol kunnen gemakkelijk ontstopt worden vanuit de servicegang achter de urinoirs. De urine wordt hier niet opgevangen, de

urineafvoerleiding is aangesloten op het normale leidingstelsel voor huishoudelijk afvalwater [TRE/FS 2009]. Het urinescheidingsstelsel van Waterschap Rijn en IJssel is voorzien van de normale ontstoppingsstukken, daarnaast kan het gedeelte tussen pot en muur verwijderd worden [Alferink 2009].

Het wordt aanbevolen de urineafvoerleidingen duidelijk als zodanig te markeren [ESR 2006].

7.4.1 Leidingdiameters

De NTR 3216 geeft voor urinoirs een minimale ontwerpmiddellijn van de stankafsluiter aan van Ø34mm, de gereduceerde ontwerpmiddellijn voor het staande deel is Ø44mm en de basiswaarde ontwerpmiddellijn van de aansluitleiding is Ø57mm.

Alferink Installatietechniek gebruikte voor het gescheiden sanitatiesysteem in het nieuwe kantoorgebouw van Waterschap Rijn en IJssel handelsmaat Ø50mm PE (gelijk aan ontwerpmiddellijn Ø44mm) voor de urineafvoerleidingen tussen pot en muur en Ø75mm PE (gelijk aan ontwerpmiddellijn Ø69mm) voor de standleidingen. Het toegepaste leidingmateriaal PE, werd voorgesteld door de leverancier van de scheidingsclosets (Sealskin). De leidingdiameters zijn door Alferink Installatietechniek ruimer gekozen dan voor een normaal urinoir noodzakelijk is.

De Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH adviseert om minimaal een leidingdiameter van 50mm te kiezen, liefst zelfs een diameter van 75mm tot 110mm [GTZ 2009]. GTZ geeft ook aan dat leidingen meestal in PE of PVC uitgevoerd worden. Deze geadviseerde waarden komen overeen met de diameter die Alferink installatietechniek toepaste bij het gescheiden sanitatiesysteem van Waterschap Rijn en IJssel.

Wanneer de ontwerpmiddellijnen van de aansluitleidingen en verzamelleidingen van waterloze urinoirs en scheidingsclosets berekend worden, alszijnde een urinoir met waterspoeling volgens de NTR 3216, voldoen ze aan de aanbeveling van GTZ om minimaal een leidingdiameter van 50mm te kiezen. De basisafvoer voor urine, zowel voor het scheidingscloset als voor het waterloze urinoir wordt gelijk gesteld aan die voor het urinoir met (de gebruikelijke) waterspoeling, e.e.a. overeenkomstig tabel 5.02 van NTR 3216; en dus op 0,75 l/s. In werkelijkheid is de basisafvoer van urine van zowel het scheidingscloset als het waterloze urinoir kleiner.

7.4.2 Afschot

De vorming van urinesteen blijft doorgaan zolang nog niet alle fosfaten gebonden zijn. Stilstaande urine zorgt daarom voor een ophoping van urinesteen. Urineslib kan zich ophopen in de liggende leidingen waar de urine maar langzaam doorheen beweegt. Periodiek spoelen met spoelwater kan noodzakelijk zijn maar kan geminimaliseerd worden door een vrije verval van 1% (10mm per meter) en een leidingdiameter van minimaal 75mm toe te passen bij collectieve systemen. Maar als de leiding gemakkelijk geïnspecteerd en schoongemaakt kan worden is Ø50mm acceptabel.

De NTR 3216 beveelt een afschot aan van 5mm tot 20mm per meter, een vrij verval van 1% zoals door GTZ voorstelt voor collectieve systemen valt hier tussen met 10mm/m. Alferink Installatietechniek paste voor het Waterschap Rijn en IJssel een verval toe van 15mm/m, meer dus dan het verval dat door GTZ aanbevolen wordt.

De leidingen waarop de drie scheidingsclosets en het waterloze urinoir bij het Ambacht Huus te Meppel zijn aangesloten zijn aangebracht onder een afschot van 20mm/m [Scheffer 2005].

De vorming van urinesteen in de afvoerleiding blijft beperkt door toepassing van relatief grotere ontwerp-middellijnen en een afschot van 20mm/m.

7.4.3 Ventilatie en drukvereffening urineafvoerleidingen

Een normaal stelsel voor huishoudelijk afvalwater maakt gebruik van ontspanningsleidingen waarmee het systeem wordt belucht en wordt ontlucht (geventileerd). Hiermee wordt onder- en overdruk in de leidingen voorkomen. In meerdere literatuurbronnen wordt vermeld dat de urineafvoerleidingen niet geventileerd moeten worden, drukvereffening is genoeg [GTZ 2009], [ESR 2006]. Men pleit ervoor om urineleidingen niet te ventileren omdat urine in de leiding al snel hydrolyseert tot ammonia, waarvan een gedeelte gasvormig is. Deze vluchtige ammoniak zorgt voor geurproblemen en bevat het waardevolle nutriënt stikstof. Het zou zo kunnen zijn dat bij kleine volumestromen urine in leidingen van relatief ruime diameters deze be- en ontluchting niet nodig is. Dezelfde bronnen stellen echter ook dat de urineafvoerleiding tot bijna aan de bodem van de urinetank moet zakken zodat ammoniakgassen niet via de afvoerleidingen tot in de toiletruimtes kan komen. Als ammoniakgas toch de urineafvoerleiding niet in komt zou het ventileren van deze leidingen ook niet moeten leiden tot geurproblemen en stikstofverliezen. Het zou alleen gaan om de gassen die tijdens het afvoeren van de urine van pot naar tank in de leiding ontstaan. Er is dus geen duidelijke reden om het be- en ontluchten van urineafvoerleidingen anders te organiseren dan bij een normaal stelsel voor huishoudelijk afvalwater. Door het wel toepassen van ontspanningsleidingen voldoet het urineafvoerleidingstelsel gewoon aan de NTR 3216.

8 Beheer van gescheiden sanitatiesystemen

Het beheer van een gescheiden sanitatiesysteem verschilt van een normaal sanitatiesysteem in de manier van schoonmaken en het leidingonderhoud. De beheerskosten voor gescheiden sanitatiesystemen liggen hoger dan de beheerskosten van normale sanitatiesystemen.

8.1 Schoonmaken

Onderstaand plaatje laat zien hoe waterloze urinoirs schoongemaakt dienen te worden. Het milde schoonmaakmiddel wordt in het urinoir gespoten waarna het urinoir schoongeveegd wordt met een doekje. Agressieve schoonmaakmiddelen kunnen een stankafsluiter op basis van afsluitvloeistof of membraan aantasten. Scheidingsclosets met een dergelijk stankafsluiter moeten ook op een speciale manier schoongemaakt worden. Bij het urinoir of scheidingscloset horen schoonmaakvoorschriften die door de leverancier zullen worden aangeleverd. Voor een goede werking is het belangrijk dat men zich hier aan houdt. Het schoonmaakpersoneel dient goed geïnstrueerd te zijn om te voorkomen dat de stankafsluiters beschadigd worden tijdens het schoonmaken van de leidingen [NPRF 2009].



Figuur 8.1: Schoonmaken van een urinoir met een milde reiniger en een doekje.

Luchthaven Schiphol heeft waterloze urinoirs in gebruik van de merken Sphinx en Keramag. De urinoirs worden in principe schoongemaakt volgens de voorschriften van de fabrikanten met een neutrale reiniger, daarna worden ze goed doorgespoeld. De stankafsluiters worden apart schoongemaakt. In de praktijk zal niet elke schoonmaker zich aan deze voorschriften houden. Soms vindt verkleefing van de rubber membranen plaats (Sphinx) of de membranen gaan open staan (Keramag), waarschijnlijk komt dit door verkeerd gebruik van schoonmaakmiddelen. Daarnaast raakt

het roostertje verstopt (voornamelijk bij de Keramag urinoirs), waardoor geuroverlast ontstaat [TRE/FS 2009].

Wanneer gescheiden sanitatie toegepast wordt moet men dus anders gaan schoonmaken. Diergaarde Blijdorp maakte gebruik van waterloze urinoirs van Sphinx maar heeft deze vervangen door exemplaren van Urimat om dat deze minder gevoelig bleken voor afwijkingen en het schoonmaakregime (www.milieuzorgoverheden.nl). Mogelijk werd gebruik gemaakt van een te agressief schoonmaakmiddel waar rubberen afsluitmembranen, zoals deze worden toegepast in Sphinx waterloze urinoirs, niet goed tegen kunnen.

8.2 Preventief onderhoud

Verstoppingen in het stuk leiding tussen het urinoir en de verzamelleiding kunnen voorkomen worden door het periodiek (bijvoorbeeld tijdgestuurd) spoelen van het waterloze urinoir met water [NPRF 2009]. Hierdoor wordt de urine echter meer verdund, wat niet gunstig is als men de urine zo geconcentreerd mogelijk wil opvangen. Ter voorkoming van verstoppingen door urinesteenvorming raadt het Stockholm Environment Institute aan om elke 1 tot 2 weken een liter water door het closet of urinoir te spoelen [ESR 2006].

De NPRF (National Plumbing Regulators Forum for Australia and New Zealand) raadt aan om de afvoerleidingen van waterloze urinoirs regelmatig schoon te maken en te inspecteren met een interval van niet meer dan 6 maanden, totdat een passend interval voor de specifieke situatie vastgesteld kan worden [NPRF 2009]. De leidingen kunnen schoongemaakt worden met soda of zuur. Na het schoonmaken van de leidingen dient 1-2 liter water in de urineafvoerleiding gegoten te worden met zo hoog mogelijke snelheid, zodat alle materialen die los zijn gaan zitten weggespoeld worden. Voor het doorspoelen met zuur kan mierenzuur gebruikt worden (bijvoorbeeld de chloorvrije versie van WC-eend) [IZ 2007].

Een oplossing van 0,5 liter soda en 1 liter warm water is voldoende om een halve meter van een Ø50mm leiding te vullen. Het best is om de soda oplossing een nachtje in de leiding en de stankafsluiter te laten staan en het daarna zo snel mogelijk weg te spoelen met minstens 2 liter water. Bij gebruik van soda is het belangrijk dat deze voldoende verdund wordt, minstens 2 delen water per deel soda. Anders zou het kunnen zijn dat de soda zelf blijft hangen in de afvoerpijp en voor een verstopping zorgt. Omdat soda sterk basisch is wordt aangeraden om een veiligheidsbril en handschoenen te dragen tijdens het gebruik.

Met een zuur (>24%) kan een deel van de minerale afzettingen opgelost worden. Gebruik minstens een halve liter en laat het een nacht in de stankafsluiter staan. Hierna doorspoelen met minstens 2 liter water.

Het basische soda verlaagt de pH van de urine waardoor het zuiveren van pathogenen gedurende opslag verbeterd wordt. Zuur zorgt er echter voor dat de pH omhoog gaat, daarom is het aan te bevelen om het gebruik van soda en zuur af te wisselen.

Het spoelen met soda en zuur vult elkaar ook goed aan. Met soda kunnen voornamelijk verstoppingen die bestaan uit haren en organisch materiaal goed verwijderd worden [ESR 2006].

8.3 Correctief onderhoud

Het verwijderen van urinesteen in leidingen en stankafsluiters kan uitgevoerd worden met een rioolveer, door middel van hoge druk reiniging of door het toevoegen van soda (2 delen water op 1 deel soda) of zuur (>24%). Het mechanisch reinigen met behulp van een rioolveer is niet de beste oplossing, hierdoor kan de leiding op-ruwen waardoor nieuw urinesteen zich gemakkelijk hecht [ESR 2006]. De te gebruiken drukken en watercapaciteiten bij het reinigen onder hoge druk staan beschreven in de ISSO-publicatie "Montage- en verwerkingsrichtlijn kunststof leiding-systemen sanitair". Kunststofleidingen met een middellijn van 110 mm of meer worden gereinigd met een hogedrukwaterspuit die een statische druk van ten minste 150 bar en een waterhoeveelheid van ten minste 40 l/min levert. Voor kunststofleidingen van kleine diameters wordt een druk van ten minste 50 bar gebruikt en een waterhoeveelheid van 15 l/min.

Op luchthaven Schiphol treden weleens verstoppingen op, zowel bij de Keramag als Sphinx urinoirs. Vier jaar geleden is er onderzoek gedaan. De verstoppingen werden hoofdzakelijk veroorzaakt door slibvormig urinesteen. De leidingen worden nu preventief en correctief gereinigd met een rioolveer en water onder druk. Achter de urinoirs loopt een servicegang, van daaruit zijn de ontstoppingsstukken goed bereikbaar [TRE/FS 2009].

9 Richtlijnen en randvoorwaarden voor toepassing gescheiden sanitatie

Uit de voorgaande hoofdstukken kunnen een aantal richtlijnen en randvoorwaarden gehaald worden die een handvat kunnen bieden bij het toepassen van gescheiden sanitatie voor installateurs en adviseurs.

9.1 Randvoorwaarden

- Naast de afvoerleidingen voor huishoudelijk afvalwater zullen ook aparte urine-afvoerleidingen onder afschot vanaf de closets naar een urinetank geleid moeten kunnen worden.
- Ergens in het terrein of in het gebouw moet een urinetank geplaatst kunnen worden.
- Het transportmiddel (bijvoorbeeld een vacuümwagen) dat gebruikt gaat worden voor het legen van de urinetank moet gemakkelijk toegang hebben tot de tank.
- Het type closet zal bekend moeten zijn voordat het installatie-element met inbouwreservoir geplaatst gaat worden. De precieze plek van de urineafvoer kan namelijk per closet verschillen.
- Het type closet zal bekend moeten zijn voordat het volume van de tank berekend kan worden. De keuze van het type closet bepaalt namelijk voornamelijk in hoeverre de urine verdund wordt.
- De eigenaar van een gescheiden sanitatiesysteem zal afspraken moeten maken voor het legen van de urinetank en eventueel ook het verwerken van de inhoud en het gebruik van de urine.

9.2 Richtlijnen installatie

Materiaal gebruik:

Metalen componenten kunnen beter niet gebruikt worden: Omdat urine corrosief is. Roestvast staal kan echter wel toegepast worden maar is in verhouding erg duur.

De urinetank:

- **Op één urinetank kunnen meerdere closets aangesloten worden.**
- **Wanneer tanks in een begaanbare ruimte staan dient de ruimte goed geventileerd te worden om geurproblemen te voorkomen.**
- **Er moet voorkomen worden dat urinegeur van een tank die gelegeerd wordt in het gebouw geroken kan worden:** De afstand tussen aanzuigroosters van luchtbehandelingkasten en urineopslagtank dient groot genoeg te zijn om te voorkomen dat urinegeur het gebouw binnenkomt wanneer de tank wordt gelegeerd.

- **Een urine opslagtank moet 100% waterdicht zijn:** Om te voorkomen dat nutriënten verdwijnen in het grondwater en om te voorkomen dat grondwater de tank inloopt.
- **Urinetanks zijn gefabriceerd van kunststof, rubber of beton. Metaal wordt door de corrosieve werking van urine niet aanbevolen.**
- **Tankvolume berekenen.**

Met de volgende formule wordt het tankvolume berekend:

$$V_{\text{tank}} = ((V_{\text{schoonmaak}} + (N_{\text{gebruikers}} \cdot (P_{\text{urine}} + V_{\text{spoel}}) \cdot f_{\text{tijdfractie}})) \cdot t_{\text{legen}})$$

V_{tank} = tankvolume in liters

$V_{\text{schoonmaak}}$ = gebruikt watervolume bij reiniging van het closet per dag, de berekening hiervoor wordt hieronder weergegeven

$N_{\text{gebruikers}}$ = aantal gebruikers

P_{urine} = urine productie per persoon per dag ($\pm 1,5\text{L}$)

V_{spoel} = spoelvolumen per persoon per dag in liters, de berekening hiervoor wordt hieronder weergegeven

$f_{\text{tijdfractie}}$ = fractie van de tijd dat de gebruikers aanwezig zijn in het gebouw waar het scheidingscloset/urinoir geplaatst is.

t_{legen} = gewenste tijd tussen legingen in dagen

Met de volgende formules worden de schoonmaak- en spoelvolumes berekend:

$$V_{\text{schoonmaak}} = (V_{\text{emmer}} \cdot A_{\text{schoonmaak}} \cdot A_{\text{closets}}) / 7$$

$$V_{\text{spoel}} = V_{\text{closet}} \cdot A_{\text{toiletbezoeken}}$$

V_{emmer} = hoeveelheid water dat in het closet/urinoir verdwijnt per schoonmaakbeurt ($\pm 1,5\text{L}$)

$A_{\text{schoonmaak}}$ = aantal maal schoonmaken per week

A_{closets} = aantal closets/urinoirs

V_{closet} = hoeveelheid spoelwater dat gebruikt wordt per spoeling in liters (afhankelijk van gekozen type toilet/urinoir*)

$A_{\text{toiletbezoeken}}$ = gemiddeld aantal toilet bezoeken per persoon per dag, voor 2007 was dit 6,27 [Vewin 2008].

* Wanneer de urine verdund met spoelwater wordt afgevoerd is een grotere opslag-tank benodigd. De hoeveelheid spoelwater is afhankelijk van het type closet/urinoir. In paragraaf 4.1.1 staat een tabel met spoelwatervolumes van scheidingsclosets.

- **Als meerdere tanks geïnstalleerd worden kunnen deze beter parallel geplaatst worden in plaats van in serie:** Zodat ze afwisselend gevuld kunnen worden en een tank verwijderd zou kunnen worden voor onderhoud.
- **De urineafvoerleiding laten zakken tot bijna aan de bodem zodat hij in de vloeistof komt te hangen:** Hiermee wordt voorkomen dat ammoniakgassen de urineafvoerleidingen in beweging brengen.
- **De urineopslagtank dient niet geventileerd te worden maar wel te zijn voorzien van een drukvereffenings-mechanisme:** Zodat lucht de tank uit kan wanneer deze gevuld wordt met urine en lucht de tank in kan als de urine eruit wordt gepompt. Dit kan gerealiseerd worden door de tank niet helemaal gasdicht af te sluiten en bij het leegpompen er voor te zorgen dat de pijp die de tank leegzuigt het mangat niet helemaal afsluit. Of door het plaatsen van een ontspanningsleiding met een ontwerp-middellijn van 44 mm waarvan de plaats van de uitmonding voldoet aan hoofdstuk 9 van NEN 3215.
- **In de ontspanningsleiding (drukvereffenings-mechanisme) van de tank kan een luchtfilter opgenomen worden die de ammoniakgeur minimaliseert:** Hiervoor kan bijvoorbeeld een koolstoffilter of een odoroxidant gebruikt worden die met behulp van kaliumpermanganaat een reactie aangaat met de ammoniakgassen.
- **Niveausignalering in de tank:** Om te kunnen detecteren hoe vol de tank is en of eventueel vervroegd geleegd zou moeten gaan worden.
- **Overloop aangesloten op het riool:** Zodat een tank niet kan overstromen wanneer hij niet op tijd geleegd wordt.

Problemen door urinesteenvorming voorkomen:

- **Gebruik alleen speciale waterloze of waterbesparende urinoirs:** deze urinoirs zijn ontworpen voor het opvangen en afvoeren van geconcentreerde urine.
- **Snelle doorstroming:** Afzettingen komen voornamelijk voor in leidingen waar de urine langzaam doorheen beweegt of zelfs stilstaat (zoals in een stankafsluiter waar urine in achterblijft of liggende leiding).
 - **Geen normaal sifon toepassen:** In sifons staat altijd urine waardoor er meer kans is op urinesteenvorming. Beter is het te kiezen voor zogenoemde afzuig sifons of een stankafsluiter.

- **Gladde oppervlaktes:** Urine kan zich minder goed hechten aan gladde wanden
 - Opruwen van wanden door mechanisch schoonmaken moet worden voorkomen omdat urinesteen zich daardoor nog makkelijker op deze oppervlaktes zal vastzetten.
 - Zorgen voor zo glad mogelijke overgangen van leidingdelen.
- **Relatief grote ontwerp-middellijnen en voldoende afschot van de leidingen:** Ontwerp-middellijn van aansluit-, verzamel- en standleidingen berekenen volgens NTR 3216 met een basisafvoer voor urine, zowel voor het scheidingscloset als voor de waterloze en waterbesparende urinoirs gelijk aan die voor het urinoir met (de gebruikelijke) waterspoeling; 0,75l/s. Afschot van aansluit- en verzamelleiding 20mm/m.
- **Spoelen met zacht water:** Het verdunnen van urine kan verstoppingen voorkomen. Het gebruik van regenwater verdient de voorkeur boven kraanwater. Regenwater bevat minder calcium en magnesium; stoffen die reageren en urinesteen kunnen vormen met het ammonium en fosfaat uit de urine.
- **Gekozen kan worden om urinesteen gecontroleerd te laten neerslaan:** Het gecontroleerd laten neerslaan van urine-componenten kan gerealiseerd worden door het te verzamelen in de stankafsluiter of speciaal reservoir die verwisseld en geleegd kan worden.

Inspecteren en schoonmaken van leidingen vergemakkelijken:

- **Stuk leiding tussen pot en muur verwijderbaar maken:** Omdat dit deel de meeste kans op verstoppingen heeft.
- **Leidingen voorzien van de normale inspectie- en/of ontstoppingsstukken zoals beschreven in de NTR 3216:** Om de leidingen te kunnen inspecteren en schoon te maken.

9.3 Richtlijnen beheer

Schoonmaken:

- **Schoonmaakteam moet instructies krijgen:** Gescheiden sanitatie betekent anders schoonmaken met milde reinigingsproducten en weinig water.
- **Voor een goede werking is het belangrijk dat men zich aan de voorgeschreven schoonmaakvoorschriften van de fabrikant houdt:** Dit geldt zowel voor het closet/urinoir als de eventuele stankafsluiter.

Preventief onderhoud:

- **Vervangen en reinigen van stankafsluiters en eventueel bijvullen van afsluitvloeistof:** Ter voorkoming van verstoppingen en geurvorming.
- **Minimaal tweemaal per jaar spoelen met mierenzuur, sterk verdund citroenzuur (>24%), soda oplossing (5dl soda en 1 liter warm water) en/of regenwater:** Ter voorkoming en oplossen van urinesteen. Wanneer blijkt dat de verstoppingen nog steeds voorkomen kan de frequentie worden aangepast. Na het schoonmaken van de leidingen dient 1-2 liter water in de urineafvoerleiding gegoten te worden met zo hoog mogelijke snelheid, zodat alle materialen die los zijn gaan zitten weggespoeld worden.
- **Afwisselend spoelen met zuur en soda:** Door tijdens onderhoud afwisselend te spoelen met zuur en soda wordt voorkomen dat de pH van de urine in de tank sterk beïnvloed wordt.
- **Na het spoelen van de leidingen de wegloopsnelheid monitoren:** De wegloopsnelheid zegt iets over de mate van afzettingen in de urineafvoerleidingen. De wegloopsnelheid van 1 liter water kan per closet of urinoir genoteerd worden bij oplevering van het systeem en bij preventief onderhoud steeds gemeten worden.
- **De urinetank moet zo min mogelijk geopend worden:** Om te voorkomen dat ammoniak vervliegt.
- **Tijdens het legen van de tank monitoren of onderhoud noodzakelijk is:** Monitoren of de tank echt leeg is en of er afzettingen van urinesteen verwijderd zouden moeten worden.
- **Minimaal één keer per jaar de niveausignalering van de tank testen:** De niveausignalering zal een signaal moeten geven als de tank gelegeerd moet gaan worden; een goede werking voorkomt dat urine onnodig naar het riool wordt afgevoerd.

Correctief onderhoud:

- **Reinigen met water onder hoge druk:** Stankafsluiters en urineleidingen kunnen met behulp van water onder hoge druk worden gereinigd op de manier die beschreven staat in de ISSO-publicatie "Montage- en verwerkingsrichtlijn kunststof leidingsystemen sanitair".
- **Bij voorkeur de leidingen niet ontstoppen met behulp van een rioolveer:** Door het mechanisch reinigen van de leidingen kunnen de leidingwanden opruwen waardoor urinesteen en kalk zich makkelijker kan hechten en het probleem verergert.

10 Literatuur

- [Alferink 2009] Gesprek met **Herman Blöte**, **Alferink installatietechniek** op 3 september 2009 in Groenlo.
- [Botte 2009] **Urea electrolysis: direct hydrogen production from urine**, K. Bryan, R. Boggs, L. King and G. Botte, RSC 2009.
- [CCB 2001] **Guidelines for using urine and blackwater diversion systems in single-family homes**, Coalition Clean Baltic 2001
- [Demiriz 2005] **Life Time Tests of Dry Urinals**, M. Demiriz, CIB W062 Symposium 2005.
- [ESR 2006] **Urine diversion: One step towards sustainable sanitation**, E. Kvarnström et al. EcoSanRes 2006.
- [Geberit 2005] **LEMA Die neuen Urinal-Keramiken mit Geberit Technik**, Geberit Information 3 / 2005.
- [GMB 2009] **Website van GMB**, www.gmb.eu.
- [GTZ 2009] **Technology review “Urine diversion components”**, ecosan program – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, DRAFT 2, June 2009.
- [H₂O 2009] **Ontwikkelingen rond ‘nieuwe sanitatie’ in Nederland**, artikel in H2O/12-2009.
- [IZ 2007] **NoMix-toiletten: afvalscheiding in badkamer en wc**, InstallateursZaken 10 oktober 2007.
- [Jönsson 2001] **Urine separation - Swedish experiences**, H. Jönsson, EcoEng Newsletter 1, October 2001.
- [LeAF 2009] **Sorption and biodegradation of pharmaceutical compounds in soil: Application of urine as a natural fertilizer for energy crops**, Wageningen University LeAf 2009.
- [Maurer 2006] **Treatment processes for source-separated urine**, M. Maurer, W. Pronk, T.A. Larsen, Eawag 2006.
- [Maurer 2007] **Urine treatment – Absolute flexibility**, M. Maurer, Eawag News 63e/March 2007.
- [NPRF 2009] **Waterless urinals research**, National Plumbing Regulators Forum for Australia and New Zealand, artikel op worldplumbinginfo.com 19 november 2009.
- [Reest en Wieden 2008] **Folder nieuwe sanitatie: Out of order nieuwe sanitatie is in**, uitgave Waterschap Reest en Wieden 2008.
- [Roorda 2005a] **Verslag excursie ‘Het nieuwe plassen’**, toiletten met urinescheiding – de ervaringen in Zweden en Duitsland, 16 t/m 19 januari 2005, J.H. Roorda, Grontmij Nederland bv.

- [Roorda 2005b] **Verwijdering van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen uit urine**, J.H. Roorda, Grontmij Nederland bv 2005.
- [Scheffer 2005] **Scheiding van afvalwater aan de bron: Nieuwe plascode voor mannen**, W. Scheffer, *intech* K&S 2005.
- [Sealskin 2009] Gesprek met **Arthur van de Goor**, Product Engineer / Innovation & Development van loon / **Sealskin** b.v. op 11 mei 2009 in Waalwijk.
- [Stowa 2002-39] **Separate urine collection and treatment**; option for sustainable wastewater systems and mineral recovery, Stowa 2002-39.
- [Stowa 2003-15] **Verwijdering van hormoonverstorende stoffen in rioolwaterzuiveringsinrichtingen**, Stowa 2003-15
- [Stowa 2005-12] **Afvalwaterketen ontketend**: Perspectieven voor afvalwatertransport en zuivering in de 21^e eeuw, Stowa 2005-12.
- [Stowa 2005-13] **Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater**: praktijkvoorbeelden in Nederland, Duitsland en Zweden, Stowa 2005-13.
- [Stowa 2005-32] **Verkennde monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op rwzi's nageschakelde zuiveringstechnieken**, Stowa 2005-32.
- [Stowa 2007] **Ter info**, nieuwsbrief 34, Stowa 2007.
- [Stowa 2008-03] **Anders omgaan met huishoudelijk afvalwater II**, Stowa 2008-03.
- [Stowa 2009] **Nieuwe Sanitatie: van heden naar toekomst**, 5^{de} Platformbijeenkomst ONSS, Stowa 2009.
- [Swart 2008] **Toepassingsmogelijkheden voor urine in de landbouw in Friesland**, B. Swart, S. Faber, Grontmij Nederland bv 2008.
- [Tettenborn 2007] **Resource recovery and removal of pharmaceutical residues**, Treatment of separate collected urine, F. Tettenborn, J. Behrendt, R. Otterpohl, Hamburg University of Technology 2007.
- [TRE/FS 2009] Telefonisch interview met **Janneke Sminck** van **Terminal Real Estate/Facility Services** (TRE/FS) over waterloze urinoirs Schiphol op 15 december 2009.
- [TSU-NT 2007] **Watervrij urinoir**, Toelichtingsblad TSU-NT-05-002, 23-10-2007.
- [Udert 2003a] **Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems**, K.M. Udert, T.A. Larsen en W. Gujer, Water Research 37 (2003) 2667–2677.
- [Udert 2003b] **Biologically induced precipitation in urine-collecting systems 2003**, K.M. Udert, T.A. Larsen en W. Gujer,

- Water Science and Technology: Water Supply Vol 3 No 3 pp 71–78 © IWA Publishing 2003.
- [Udert 2004] **Urinausfällungen in Urinalen und NoMix-Toiletten**, K.M. Udert, R. Högger, T.A. Larsen en W. Gujer, Installateur 11-2004.
- [Udert 2006] **Fate of major compounds in source-separated urine**, K.M. Udert, T.A. Larsen en W. Gujer, Water Science & Technology, Eawag 2006.
- [Vewin 2008] **Watergebruik thuis 2007**, H. Foekema, L. van Thiel, B. Lettinga, Vewin 2008.
- [Viegen 2010] **Gesprek met Marinus Franken van Van Viegen Groep**, april 2010.
- [Waste 2003] **Houden we (van) ons spoeltoilet?** Onderzoek naar de kansen voor ecologische sanitatie in het buitengebied van de gemeente Gouda, M. Geurts, G. de Bruijne, WASTE 2003.
- [Wilsenach] **An overview of initiatives in Europe to recover phosphate from source separated urine**, J.A. Wilsenach, Delft University of Technology.
- [Wortel 2009] **Zuiveren van brongescheiden urine:** Verwijdering van medicatie en hormoonverstorende activiteit, N.C. Wortel, E. Koetse, K. Kujawa-Roeleveld, Grontmij Nederland bv 2009.



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 20

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

