

Mere viden om anvendelse af kildesorterende toiletteknologi

Mere viden om anvendelse af kildesorterende toiletteknologi

Arne Backlund
A & B Backlund Aps

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	7
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	13
1 INDLEDNING	17
1.1 BAGGRUND	17
1.2 ANVENDELSE AF URIN OG FÆKALIER	20
2 METODE	23
2.1 TILGANG TIL DE HUMANE RESTPRODUKTER URIN OG FÆKALIER	23
2.2 UDVÆLGELSE AF TEKNISKE DELOMRÅDER	24
2.2.1 Afprøvning af et kildesortende dobbeltskyllende toilet med vakuum	25
2.2.2 Muligheder for at anvende en cyklonseparator	26
2.2.3 Vandfrie urinaler til opsamling af koncentreret urin	27
2.2.4 Krystallisering i urinopsamlingsystemet	27
3 AFPRØVNING AF ET KILDESORTERENDE VAKUUMTOILET	29
3.1 INDLEDNING	29
3.2 VAKUUM	29
3.3 HISTORIE	29
3.4 KILDESAMLENDE VAKUUMTOILET	30
3.4.1 Formål og anvendelse	30
3.4.2 Relation til andre systemkomponenter	30
3.4.3 Funktion og opbygning	30
3.4.4 Begrænsninger	31
3.4.5 Fordele	31
3.4.6 Ulemper	31
3.5 KILDESORTERENDE TOILET MED VAKUUM	31
3.5.1 Formål og anvendelse	31
3.5.2 Relation til andre systemkomponenter	31
3.5.3 Funktion og opbygning	32
3.5.4 Begrænsninger	32
3.5.5 Fordele	32
3.5.6 Ulemper	32
3.6 AFPRØVNING	32
3.6.1 Baggrund for afprøvning	32
3.6.2 Afprøvningsstedet: Öko-Technik-Park Hannover	33
3.6.3 Deltagere i afprøvning	34
3.7 BESKRIVELSE AF ANLÆGGET	35
3.7.1 Vakuumsystemet	35
3.7.2 Rørsystemet	35
3.7.3 De kildesamlende vakuumtoiletter	35
3.7.4 Drift og driftserfaringer	38
3.8 ETABLERING OG AFPRØVNING AF DET KILDESORTERENDE TOILET MED VAKUUM	40
3.8.1 Etablering af vakuumtilslutning	42
3.8.2 Etablering af urinsystem	42

3.8.3	<i>Etablering af styreboks og knapper</i>	42
3.8.4	<i>Betjening</i>	42
3.8.5	<i>Drift og demonstration</i>	42
3.8.6	<i>Nyt vakuumtoilet med ny vakuumventil</i>	43
3.9	SAMMENFATNING OG BEHOV FOR FORTSAT UDVIKLING	45
3.10	PERSPEKTIVER	47
4	ANVENDELSE AF EN CYKLONSEPARATOR	49
4.1	INDLEDNING	49
4.2	FORMÅL OG ANVENDELSE	49
4.3	RELATION TIL ANDRE SYSTEMKOMPONENTER	50
4.4	FUNKTION OG OPBYGNING	50
4.5	HISTORIE OG UDBREDELSE	52
4.6	BRUGERERFARINGER	52
4.7	AFPRØVNING AF OG MÅLINGER FRA INSTALLATIONER MED AQUATRON SEPARATORER	53
4.7.1	<i>Afprøvning af en Aquatron separator på SP i Borås, Sverige</i>	53
4.7.2	<i>Funktionsundersøgelse af en sommerhusinstallation</i>	57
4.7.3	<i>Prøvetagning i Ekoporten</i>	62
4.7.4	<i>Laboratorieforsøg med en Aquatron separator og indsamlede fækali</i>	68
4.8	SAMMENFATNING	68
4.9	PERSPEKTIVER	69
5	VANDFRIE URINALER TIL OPSAMLING AF KONCENTRERET URIN	71
5.1	KONVENTIONELLE VANDSKYLLENDE URINALER	71
5.2	VANDFRIE URINALER	72
5.2.1	<i>Historie</i>	72
5.2.2	<i>Formål og anvendelse</i>	72
5.2.3	<i>Relation til andre systemkomponenter</i>	73
5.2.4	<i>Forskellige typer af vandfrie urinaler</i>	73
5.2.5	<i>Opbygning og funktion</i>	74
5.2.6	<i>Udformning af urinalerne og anvendt materiale</i>	77
5.2.7	<i>Væskelås</i>	79
5.2.8	<i>Siphon med flyder</i>	81
5.2.9	<i>Rengøring</i>	81
5.3	BRUGERERFARINGER	82
5.3.1	<i>Ernst</i>	82
5.3.2	<i>Waterless</i>	82
5.3.3	<i>Uridan</i>	83
5.3.4	<i>McDry</i>	85
5.3.5	<i>Water Solution selvlukkende ventil kit</i>	85
5.3.6	<i>BeeGee urinal indsats</i>	85
5.3.7	<i>Urimat</i>	85
5.4	URINFØRENDE RØRSYSTEMER EFTER VANDFRIE URINALER	85
5.5	SAMMENFATNING	85
5.6	PERSPEKTIVER	86
6	KRYSTALLISERING I URINSYSTEMER	87
6.1	INDLEDNING	87
6.2	STOP I RØR OG VANDLÅSE	88
6.2.1	<i>Undersøgelser af stop i rør og vandlås</i>	88
6.2.2	<i>Indhold af calcium og magnesium i urin</i>	89
6.3	KALKPROBLEMER I VANDINSTALLATIONER	90
6.4	KALK OG ELEKTROMAGNETISK BEHANDLING	91
6.5	ELEKTROMAGNETISKE VANDBEHANDLERE	91

6.5.1	<i>Fabrikater</i>	91
6.5.2	<i>Funktion</i>	91
6.5.3	<i>Anvendelsesområde</i>	92
6.5.4	<i>Kapacitet</i>	92
6.6	PRAKTISK AFPRØVNING	92
6.7	ALTERNATIVE ANVENDELSESMULIGHEDER	93
6.8	ALTERNATIVE TILGANGE TIL KRYSTALLISERING OG STOP	93
6.9	SAMMENFATNING	97
6.10	PERSPEKTIVER	98
7	REFERENCER	99

Forord

Det afrapporterede projekt er et undersøgelsesprojekt, der er blevet gennemført i perioden 1998 – 2001 med delvis finansiel støtte fra Miljøstyrelsen inden for rammerne af ”Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning”. Projektet er gennemført og projektrapporten er skrevet af Arne Backlund fra A & B Backlund ApS

Projektet har haft en styregruppe bestående af:

Linda Bagge, Miljøstyrelsen
Mogens Kristian Kaasgaard, Miljøstyrelsen
Ann Marie Eilersen, M & R DTU
Viggo Nielsen, DTI, Rørcenteret, Taastrup
Martin Møller, DTI, Rørcenteret, Taastrup
Arne Backlund, A & B Backlund ApS

A & B Backlund ApS vil her gerne takke styregruppen og desuden rette en stor tak til de utallige uden hvis hjælp og informationer, det havde været umuligt at gennemføre projektet.

En særlig tak skal rettes til Stadtwerke Hannover og Thomas Hesse, der har været en af samarbejdspartnerne omkring etablering af et kildesorterende vakuumtoilet i en boligblok i Hannover og som udover selve afprøvningen har gjort et stort arbejde med at sætte fokus på den kildesorterende toiletteknologi i Tyskland.

Håkan Jönsson og Björn Vinnerås Inst. för Markvetenskap, SLU, Uppsala har udover i skrift givet værdifulde mundtlige indput og deltaget i givende diskussioner.

Ralf Otterpohl og Martin Oldenburg begge Otterwasser, Lübeck har begge deltaget i interessante diskussioner om især vakuumteknologi.

BRE (det engelske byggeforskningsinstitut) samt ing. firmaet Elemental Solutions i England har bidraget med interessante oplysninger om vandfrie urinaler.

En række producenter har flittigt givet supplerende mundtlige tekniske informationer.

Jens Brusgaard Vestergaard fra Teknologisk Institut, Energi i Århus samt Aksel de Lasson, Aqua Perl Danmark har bidraget med meget information vedrørende vand, kalk og fysisk vandbehandling.

Til sidst, men ikke mindst, en stor tak til en række brugere for engageret at have taget sig tid til at videregive erfaringer.

Sammenfatning og konklusioner

Udgangspunktet for projektet var at kildesorterende toiletteknologi indeholder interessante

systemkomponenter til opsamling af henholdsvis urin og fækalier.

Systemkomponenterne skal dog kunne opsamle restprodukterne på en driftsstabil måde og i en koncentration, der gør dem interessante for f.eks. såvel en behandling i biogas- og vådkomposteringsanlæg som for anvendelse som gødningsmiddel i landbrugsproduktionen.

I indledningen reflekteres der over den historiske udvikling bort fra anvendelse af kildesorterede humane restprodukter, og udviklingen som værende mere udtryk for en refleks ud fra et bortskaffelsesparadigme, end som en reflekteret udvikling med tilbageførsel af næringsstoffer og organisk materiale til landbruget. Der er brug for kvalitative moderniseringer inden for spildevandshåndteringen. Nye teknikker såvel som nye begreber og betegnelser skal der til for at designe de ønskede humane gødningsprodukter. Der skal desuden være en parathed i samfundsmæssige funktionssystemer og institutioner til evt. at omdesigne strukturelle betingelser som regulative og økonomiske styringer for denne proces.

I kapitel to præsenteres fire udvalgte undersøgelsesområder. Det første er undersøgelse og overvejelser omkring etableringen af kildesorterende vakuumtoiletter i en bebyggelse med 32 kildesamlende vakuumtoiletter i en boligblok i Hannover. Det andet er gennemgang og bearbejdning af undersøgelser vedrørende frasortering af fækalier og papir ved henholdsvis kildesamlende vandskyllende toiletter som kildesorterende vandskyllende toiletter. Det tredje område sætter fokus på funktion og drift af vandfrie urinaler som en mulighed for opsamling af koncentreret urin. Det fjerde beskæftiger sig med risiko for stop i urinopsamlingsystemet i kildesorterende dobbeltskyllende toiletter og muligheder for at forebygge eller afhjælpe disse stop.

I kapitel tre præsenteres kildesorterende vakuumtoiletter. I forbindelse med afprøvningen af et Ecovac-2 toilet koblet på et centralt anlæg med 32 kildesamlende Evac vakuumtoiletter gennemgås også denne type toiletter og erfaringerne med driften. Undersøgelsen er bl.a. lavet i samarbejde med Stadtwerke Hannover. Undersøgelsen peger på, at der med den kildesorterende vakuumteknologi i boligblokke bør være et potentiale for en mere koncentreret opsamling af fækalier, end der kan opnås med kildesamlende vakuumteknologi.

Vandforbruget til vandskyl af de kildesamlende vakuumtoiletter i 32 lejligheder der lå på 8,2 l/(person-dag) (1998), 8,0 l/p/d (1999) og 9,2 l/p/d (2000), har givet en vandbesparelse på 80 % i forhold til tidligere toiletter med et dagligt vandskyl på ca. 40 l/p/d.

Koncentrationen af TS fra de kildesamlende vakuumtoiletter vurderes at ligge på ca. 1 %. Med kildesorterende vakuumtoiletter burde TS-procenten kunne have på 1,75 - 3,5 %.

Såvel strømforbruget på 0,06 kWh/(person-dag) (2000) og 7,0 kWh/m³ (2000), som støjniveauet (lydniveauer på 35 -52 dBa i stuerne, 43 - 53 dBa i køkkenerne og 52 -60 dBa i entreer) ville kunne reduceres ved kildesortering toiletteknologi.

Det kildesortering vakuumtoilet har skabt stor interesse i Tyskland og er som en del af "Öko-Technik-Park" Hannover løbende blevet brugt til demonstrationer bl.a. i forbindelse med EXPO-2000 i Hannover. Der er udarbejdet en række informationsmaterialer, hvor også informationer om toilettet indgår. Der refterer dog en hel del udviklingsarbejde bl.a. med vakuumentilerne til fækalieafløbet. Disse bør langtidstafprøves under praksislignende forhold. En anden oplagt mulighed er at tage udgangspunkt i den nuværende anvendelse af kildesortering vakuumentoiletter og lave et lille vakuumsystem uden vakuumentil til hver enkelt lejlighed. Det vil have stor positiv betydning for driftssikkerhed og konsekvenser ved driftsstop. De enkelte systemer vil kunne tilføre restprodukter inkl. kværnedede madrester fra de enkelte husstande i særskilte rørtransportssystemer med særskilte vakuumentorer og sluseventiler til en eller flere fælles opsamlingsstanke.

Såvel kildesamlende som kildesortering vakuumsystemer kan give en opsamling af humane restprodukter på 100 %. Kildesortering kan dog give en væsentlig højere tørstofprocent end den kildesamlende teknologi, og en mulighed for separat opsamling og differentieret anvendelse af de kvalitativt forskellige humane gødningsprodukter.

I kapitel fire præsenteres Aquatron separater. Fire undersøgelser af anvendelse af en separator til separation af fækalt materiale og papir fra skyllevand i forbindelse med kildesamlende eller kildesortering toiletter præsenteres, gennemgås og diskuteres.

Effektiviteten af separationen afhænger af en række faktorer som vandets hastighed, når det når separateren, partikelstørrelsen ved ankomsten, papirmængde i vandet, skyllemængde m.m. Partikelstørrelsen er ikke kun bestemt af f.eks. fækaliekonsistens ved udsondringen, men ligeledes af de transporterende rørsystemer og deres længde, lodrette fald, retningsændringer m.m. Højest koncentration af såvel tørstof, organisk materiale som næringsstoffer bør kunne opnås med kildesortering toiletter i enkelthusstande med korte rørforbindelser med beskedent lodret fald.

En laboratorietest på SPI i Borås, Sverige, gav henholdsvis 1 % og 2,4 % vand til partikelafløbet ved rene tre liter vandskyl og henholdsvis en og seks meter rørlængde Ø 110 mm med fem procent fald. Skyl af syv gram papir gav 100 % papir samt ca. 12 % skyllevand til partikelafløbet. Ved skyl med stavformede partikler Ø 2 - 5 mm eller gule ærter Ø 6 -7 mm gik 7,4 % af Ø 2 - 5 mm partikler samt 2,6 % skyllevand og 98,3 % af Ø 6 -7 mm partikler samt 2,3 % skyllevand til partikelafløbet ved en meters rørlængde (99,8 % partikler og 2,5 % vand ved seks m rør).

Ved målinger på en installation i et sommerhus, med et kildesamlende toilet med tre liter skyl, blev der registreret en opsamling på 43,2 % af TS, 57,7 % af VS (organisk materiale), 11,8 % af N, 29 % af P og 17,5 % af K samt en TS-procent på 2,6 og en VS-procent på 2,24 i det opsamlende materiale fra partikelafløbet. Skøn over den potentielle koncentrationen i opsamlet materiale fra partikelafløbet ved fækalieskyl på 4,0 - 8,8 % TS og 2,7 - 5,8 % VS viser, at der bør være et stort potentiale ved at anvende kildesortering toiletter.

Ved målinger på opsamling fra 22 stk. kildesortierende toiletter og to parallelle separatorer i en social boligbebyggelse i fire etager samt kælder opsamledes 38 % af TS, 51 % af VS, 55 % af henholdsvis N og P samt 43 % af K via partikkelafløbet. TS-procenten og VS-procenten var dog kun på henholdsvis 0,22 % og 0,16 %. Selv om TS-, VS- og næringsstofkoncentrationerne på grund af en kombination af store vertikale fald, store rørlængder, store og hyppige vandskyl, systematisk udskylning af urinpapir m.m. var lave, var opsamlingsprocenterne for næringsstoffer alligevel væsentlig højere end i sommerhusinstallationen på grund af kildesorteringen. Det er ikke tilfredsstillende, at ca. 13 % af skyllevandet havner i partikelafløbet, samt at størstedelen af tørstoffet herunder papiret havner i væskeafløbet. Væskemængden til partikelafløbet kan mindskes ved at reducere vandskylleene fra seks eller ni liter til fire liter og ved at reducere skyllefrekvens samt afstå fra at skylle urinpapir ud til fordel for anvendelse af en sanitetsspand. Det synes dog yderligere nødvendigt at afstå fra store lodrette fald på op til fire etager, der slår såvel fækal materiale som papir i stykker. Indtil disse problemer er løst, bør det frarådes at anvende separatorer i store etageegendomme.

Ved en laboratorieundersøgelse af separation af partikulært materiale ved skyl af indsamlet fækal materiale, 90 gram vådvægt pr. portion, med 4 liter vand gennem Ø 110 mm rør med en meter fald og yderligere to meter horisontal transport, heraf den sidste med 5 % fald, var resultaterne helt anderledes end i etageegendommen. Ved laboratorieundersøgelsen var separationen yderst effektiv. Ca. 80 % af såvel TS som VS blev opsamlet fra partikelafløbet sammen med ca. 70 % af henholdsvis N, P og K. TS-procenten blev på 10 og kun 2,6 % af skyllevandet havnede i partikelafløbet. Ved skyl med seks liter vand faldt TS-procenten til 7,7. Der var kun små mængder papir i det udskyllede fækale materiale. Større papirmængder kunne, baseret på undersøgelserne på SPI, Borås, have resulteret i mere vand til partikelafløbet i henhold til testen. Selv om 12 % af skyllevandet skulle følge papiret ved skyl af fækaliere sammen med 7 gram papir, skønnes TS-procenten ved skyl med fire liter vand at blive 6,5 - 7 %.

Et system bestående af kildesortierende dobbeltskylende toiletter i kombination med Aquatron cyklonseparatorer, har et potentiale til opsamling af såvel 80 % af indholdsstofferne i urin som 70 % af indholdsstofferne i fækalier, og er som udgangspunkt meget interessant. Anvendelse i store boligkomplekser kræver dog ikke bare en disciplineret skylleadfærd, men også specielle rørføringer eller flere separate systemer uden store fald. I fremtiden vil det eventuelt også være muligt at opsamle groft kværnede madrester i koncentreret form ved hjælp af en separator.

Det konkluderes, at det er muligt at opsamle et produkt med et god koncentration af organisk materiale og næringsstoffer. Det gælder især i forbindelse med kildesortierende toiletter med et fækal skyl på tre til seks liter i enkelthusstande uden skyl af urinpapir ved udelukkende urinering. Hvis der hyppigt skylles urinpapir ud, kan billedet hurtigt ændre sig. I boligblokke med rørføring til mange toiletter, toiletter med seks til ni liter skyl samt hyppige skyl af papir, kan det gå helt galt, hvis målsætningen er koncentreret opsamling i en lukket tank. Der bør laves fortsatte forsøg og undersøgelser angående løsning af ovenstående problemer inden installation af separatorer i boligblokke.

I kapitel fem præsenteres en række vandfrie urinaler, der arbejder ud fra forskellige principper. Principperne gennemgås og der er indsamlet erfaringer med driften fra en række brugere. Erfaringerne er gode. Vandfrie urinaler bør i fremtiden være en afgørende systemkomponent for omkostningseffektiv opsamling af koncentreret urin. Med de vandfrie urinaler sikres såvel en opsamlingsprocent på 100 % som en maksimal koncentration af indholdsstoffer. Det vil være interessant at undersøge, om almindelige planteolier som rapsolie kan bruges som spærrevæsker, og om frisk urin i en væskelås i kombination med duftstoffer giver lugtgener. Der er desuden behov for undersøgelser vedrørende rørført transport af koncentreret urin.

I kapitel seks er der fokus på stop i forbindelse med kildesorterende toiletters urinsystem. Resultater af analyser og indsamling af erfaringer præsenteres. Næsten alle undersøgte toiletter havde haft stop. Mulighed for forebyggelse og afhjælpning herunder brug af elektromagnetisk vandbehandling diskuteres. Det konkluderes, at alle undersøgte stop havde kunnet fjernes ved en mekanisk renowire eller ved brug af kaustisk soda. En kombination af vandskyl af urin og koncentreret opsamling af urin ved hjælp af en afløbsventil kan også være en interessant videreudvikling dels for at reducere dannelsen af hårde krystaller dels for at sikre opsamling af koncentreret urin. Magnetisk vandbehandling kunne evt. anvendes i forbindelse med vanding med urinblanding i drypvandingssystemer med henblik på forebyggelse af stop i forbindelse med hårdt vand. Der er behov for at undersøge effekten heraf.

Kildesorterende toiletter, vakuumteknik, separatorer og vandfrie urinaler bør alle kunne spille en vigtig rolle i koncepter for et bæredygtigt samfund med opsamling og tilbageførsel af næringsstoffer og organisk materiale i urin og fækalier til landbruget. Vandfrie urinaler synes at være den tekniske systemkomponent, der er nemmest at etablere og drive med henblik på opsamling af store mængder koncentreret urin. Om der kan anbefales etablering af kildesorterende vakuumtoiletter eller kildesorterende dobbeltskyllende toiletter i kombination med en cyklonseparator afhænger i høj grad af det konkrete sted og af brugerne.

Summary and conclusions

The basis for the project was the growing interest in the technology of diverting toilet systems and their components for separate collection of urine and faeces. The function of the system components must, however – be reliable, allowing collection of the residuals in concentrations suitable for treatment in biogas plants and wet composting plants as well as for use as fertilizer in agricultural production.

The introduction reflects on the historical development, moving away from the use of diverted human residuals as being merely a routine approach to a removal paradigm rather than a reflected development regarding recirculation of nutrients and organic material to agriculture. There is need for qualitative modernisation within wastewater handling. New technologies as well as new concepts are needed to design the desired human fertilizer products. Moreover, there must be a readiness in the functional systems of the society and of institutions to eventually redesign structural conditions like regulatory and economic management directions for this process.

The second chapter presents four selected investigation areas. First, investigations and considerations regarding the establishment of source diverting vacuum toilets in a residential area in Hanover, Germany, with 32 source collecting vacuum toilets. The second reviews and analyses a number of investigations regarding diverting faeces and paper using source collecting or source diverting flushing toilets. The third area focuses on the functioning and running of waterless urinals as a possible collecting method for concentrated urine. The fourth considers the risks of blockages in the urine collection system of source diverting double flushing toilets and the possibilities of avoiding or solving these problems.

In chapter three source diverting vacuum toilets are presented. In relation to the test of an "Ecovac 2" toilet mounted on a central plant with 32 source collecting "Evac" vacuum toilets, this type of toilet is presented and experiences from operation of the toilets are given. The investigation is among others carried out in a co-operation with Stadtwerke Hanover. The investigation points out that source diverting vacuum toilets should present useful potentials for a more concentrated collection of faeces in blocks of flats than can be achieved with the source collecting vacuum toilet technology.

The water requirements for flushing the source collecting vacuum toilets in 32 flats with a level of 8.2 litres(person-day) (1998), 8.0 litres/p/d (1999) and 9.2 litres/p/d have resulted in water savings of 80% compared to the former use of toilets with a daily amount of water flush of approximately 40 litres/p/d. The concentration of dry matter from the source collecting toilets is estimated at 1% DM. By means of source diverting toilets the DM-percentage should be able to reach a level of 1.75 – 3.5%.

The electricity consumption of 0.006 kWh/(person/day) (2000) as well as the level of noise (sound levels of 35 – 52 dBA in the living rooms, 43 – 53 dBA in the kitchens and 52 – 60 dBA in the entrances) can be reduced by using diverting toilet technology.

The diverting vacuum toilet has aroused great interest in Germany and is as a part of "Öko-Technik-Park Hannover", continuously used for demonstration etc. during EXPO-2000 in Hanover. Extensive written information material has been worked out, which also informs about the toilet. Some development of the toilet is, however, required, among others of the vacuum valves of the faeces outlet. These valves must be tested for a long period under practical real-life conditions. Another possibility is to take advantage of the existing use of the source diverting vacuum toilets establishing a small vacuum system in each flat. This would have a very positive influence on the operation stability and the consequences of blockages. The individual systems would be able to transport residuals including grinded food residuals from the individual households in separate pipe transporting systems with separate vacuum motors and sluice valves to one or more common collection tanks.

Source collecting as well as source diverting vacuum systems allow collection of 100% of human residuals. Source diversion gives, however, a much higher DM-percentage and a possibility of separate collection and differentiated use of human fertilizer products.

Chapter four deals with the "Aquatron" separators. Four investigations on the use of "Aquatron" separators to separate faecal material and paper from the flush water using source-collecting or diverting toilets are presented and discussed.

The efficiency of the separation depends on a number of factors, such as the speed of the water reaching the separator, the size of particles at the arrival, the amount of paper in the water, the amount of flush water and so on. The size of particles is determined not only by the consistency of the excreted faeces but also depends on the transporting pipes, their length, vertical falls, changes of directions etc. Highest concentration of dry matter, organic matter and nutrients could be achieved by using source-diverting toilets in single houses with short pipe lengths and modest vertical fall.

A laboratory test at SPI in Borås, Sweden, resulted in 1% and 2.4% of water through the particle outlet at three litre clean water flush and one and six metre 110 mm diameter with 5% fall. Flushing of seven grams of paper gave 100% of paper and approx. 12% of flush water through the particle outlet. By flush of rod shaped particles 2 – 5 mm diameter or split peas 6 – 7 mm, 7.4% of the 2 – 5 mm particles together with 2.6% of the flush water and 98.3 of the 6 – 7 mm particles and 2.3% flush water through the particle outlet at one metre pipe length (99.8% particles and 2.5% water at six metre pipe).

During measurements on an installation in a summer cottage, with a collecting toilet flushing three litres, collection was recorded of 43.2% of DM, 57.7% of VS (organic matter), 11.8% of N, 29% of P and 17.5% of K and a DM-percentage of 2.6 and a VS-percentage of 2.24 in the collected material from the particle outlet. Estimates of the potential concentration in collected material from the particle outlet by faecal flush of 4.0 – 8.8% DM and 2.7 – 5.8% VS show that great potentials should be achieved in the use of diverting toilets.

Measurements of collected material from 22 source diverting toilets and two parallel separators in a social building complex with four stores and a basement showed 38% of DM, 51% of VS, 55% of N as well as of P and 43%

of K through the particle outlet. However, the DM-percentage was only 0.22 and the VS-percentage only 0.16. Even if the concentrations of DM, VS and nutrients were low because of a combination of big vertical falls, long pipes, large and frequent flushes, systematic flushing of urine, drying paper etc., the collection percentages for nutrients were much higher than in the summer cottage installation due to source diversion. It is unsatisfactory that about 13% of the flush water leaves through the particle outlet and that the main part of the dry matter including the paper disappears through the outlet for water. The amount of water through the particle outlet can be reduced by reducing the water flush from six or nine litres to four litres, by reducing the frequency of flushing and by refraining from flushing out paper used for urine only and using a sanitary bin instead.

Further, it seems necessary to reject long vertical falls of up to four floors, as these may split faeces as well as paper into pieces. Until those problems are solved it is advised not to install separators in large multi-storey buildings.

At a laboratory test of separation of particular material by flushing collected faecal material, 90 grams wet weight/portion, with 4 litres of water through pipes of 110 mm diameter with one meter vertical fall and further two meter transport with 5% fall, results were completely different from the results of the multi-storey building. At the laboratory test the separation was very efficient. Approximately 80% of DM as well as VS were collected from the particle outlet together with approximately 70% of N, P as well as K. The DM-percentage was 10, and only 2.6% of the flush water went to the particle outlet. By flushing six litres the DM-percentage fell to 7.7. The flushed faecal material only contained small amounts of paper. Bigger amounts of paper could, based on tests at SPI in Borås, have resulted in more water to the particle outlet. Even if 12% of the flush water joined the paper by flushing the faeces together with 7 grams of paper, the DM-percentage by four litre flushes is estimated to be 6.5 – 7.

A system consisting of diverting double-flushing toilets in combination with "Aquatron" separators has a potential for collection of 80% of the substances in urine and 70% of the substances in faeces. Usage in multi-storey buildings, however, requires a disciplined flushing regime as well as special pipe installations or many separate systems without big vertical slopes. In the future it may also be possible to collect coarse grinded food residuals in concentrated form by use of a separator.

It is concluded that it is possible to collect a product with a rich concentration of organic material and nutrients. This especially applies to the use of diverting toilets in single households with a faecal flush of three to six litres and without flush of paper used by urination only. If paper used by urination only is frequently flushed out, the situation will change quickly. If the aim is a concentrated collection in a closed container, frequent six to nine litre flushes of paper especially in multi-storey buildings with pipes for many toilets would create problems. Further tests and investigations of how to solve the above mentioned problems should be made before installing separators in multi-storey buildings.

Chapter five presents different waterless urinals based on different principles. The principles are described, and experiences from using the urinals are reported. The experiences are good. Waterless urinals should in the future be a decisive component for a cost efficient collection of concentrated urine.

Waterless urinals have a collection percentage of 100 and secure a maximum concentration of substances. It would be of interest to investigate whether normal vegetable oils as rape oil could be used as a sealing liquid, and whether fresh urine in a liquid lock in combination with natural perfumes would cause odour problems. There is also a need to investigate aspects of transport in pipes of concentrated urine.

Chapter six focuses on blockages in the urine system of diverting toilets. The results of analysis and collections of experience are presented. Blockages have occurred in almost all of the investigated toilets. Possibilities of avoiding and solving problems are discussed, among others by means of electromagnetic water treatment. It is concluded that all of the investigated blockages could be remedied with a mechanical cleaning wire or by using NaOH. An interesting development in efforts to reduce the formation of hard crystals as well as secure better collection of concentrated urine would be an outlet valve that prevents the flush water for urine to enter the urine pipe. Magnetic water treatment could possibly be used in connection with irrigation of urine in drip irrigation systems to prevent blockages related to the use of hard water. It is essential to investigate these possibilities.

Diverting toilets, vacuum technology, separators and waterless urinals should all be important factors in elements for a sustainable society with collection and recirculation of nutrients and organic matter in urine and faeces to agriculture. Waterless urinals seem to be the technical system component that is most easy to establish and run in order to collect big amounts of concentrated urine. Whether it should be recommended to establish diverting vacuum toilets or diverting double flushing toilets in combination with a separator, depends highly on the concrete location and on the users.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Dette projekt tager udgangspunkt i såvel en fornyet interesse i kildesortering af toiletteknologi, som en fornyet interesse i at anvende kildesorterede humane restprodukter til landbrugsproduktion. Anvendelsen kan ske efter lagring af urin og behandling af fækalier evt. sammen med urin i biogas- eller vådkomposteringsanlæg.

Dele af landbrugssektoren er blevet mere kredsløbsbevidst, sætter nye mål og bruger andre midler. Det økologiske landbrug er under udvikling. Der arbejdes med bæredygtig udvikling og kvalitet fra jord til bord. Efterspørgselen efter økologiske varer er steget kraftigt i Danmark og mange andre vestlige lande i de sidste 10 år. 10 % af mejerivarerne og herunder 17 % af mælken, der i dag sælges i Danmark er økologisk (Wier 2000).

Spildevandssektoren, der bl.a. længe har udviklet sig ud fra en affaldsbortskaffelsesstrategi for humane restprodukter, kan ikke umiddelbart levere egnede restprodukter til f.eks. produktion af økologiske varer. Slam indeholder kun en begrænset del af de oprindelige næringsstoffer og blandes husspildevandet med affaldsstrømme fra industrier kan kvaliteten af restprodukterne kraftigt forringes.

Der er endvidere en række barrierer for alternativ håndtering og tilbageføring af humane restprodukter fra bord til jord og disses anvendelse i landbrugsmæssig sammenhæng. Barrierer kan være et gode, hvis de er en nødvendig og uomgælig betingelse for at forhindre f.eks. smittespredning, men ændrer karakter hvis de blot primært er udtryk for etableret praksis eller etablerede interesser, der ikke kan gøres til genstand for refleksion og diskussion, og dermed forhindrer alternative løsningsmuligheder.

Da vi næsten udskiller den samme mængde næringsstoffer, som vi indtager, kunne der alternativt etableres økonomiske eller regelbaserede regulative systemer, der ikke blot muliggjorde, men stimulerede tilbageføring af humane næringsstoffer til landbruget.

Der er dog også i spildevandssektoren en række overvejelser om bæredygtighed og andre former for restprodukthåndtering. "Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" og en del pilotprojekter er konkrete udtryk herfor i Danmark.

I Sverige har der længe været fokus på anvendelse af human urin opsamlet ved hjælp af kildesortering af toiletsystemer (Olsson 1995, Hanæus 1996, Jönsson 1998, Jönsson 2000, Vinnerås 1998). I Tyskland har man interesseret sig for etablering af kildesamlende vakuumpoletter med henblik på behandling af humane restprodukter i biogasanlæg (Otterpohl 1995, Otterpohl 1996, Lange 1997). I såvel Norge som i Sverige er der blevet forsket i vådkomposteringsteknik og etableret vådkomposteringsanlæg med henblik på

bl.a. behandling af humane restprodukter opsamlet ved hjælp af kildesamlende vakuumtoiletter (Jenssen 1994, Skjelhaugen 1998, Skjelhaugen 1999, Alfa Laval AS udateret, Norin 1996A, Norin 1996B, Økologisk Råd 1999).

Reflekteret udvikling eller udvikling som refleks?



Fig. 1.1 Grubleren (Lotte Hilden – copyright A & B Backlund ApS)

I moderne risikosamfund er spildevandsløsninger ikke kun eliminering af risici, men kan også reflekteres som produktion af nye risici i strukturer af viden, interesser og forvaltning af regler. Komplexiteten i den menneskelige naturpåvirkning overstiger langt kompleksiteten i de menneskelige regulerings- og kontrolsystemer. Vores viden er begrænset og ændrer sig løbende. (Beck 1986, Beck 1988, Beck 1994, Luhmann 1986, Luhmann 1998)

Tidligere recirkuleredes en stor del af næringsstofferne fra urin og fækalier. En cocktail af viden, ny teknik, forvaltningsmæssige og forretningsmæssige interesser har forandret denne praksis. Den historiske udvikling har forandret det umiddelbare tilbageførselspotentialer til et produkt kaldet rensset spildevand og et restprodukt i form af slam. Der er forskel på de restprodukter vi designer og udsondrer i samspil med vores kroppe og restproduktet slam fra rensningsanlæg.

I lyset af, at det moderne samfund er befolket af reflekterende aktører, kunne moderniseringen godt overvejes i forhold til udvikling som en refleks eller som reflekteret udvikling. Der er brug for reflekteret modernisering som resultat af åbne dialoger og beslutningsprocesser, og hvis moderniseringen mere opleves som en snæver refleks af forvaltningsmæssige og forretningsmæssige interesser, kunne man måske tale om et behov for en modernisering af moderniseringen. Vi kan forandre spildevandshåndteringen

ved hjælp af ændrede systemer og andre systemkomponenter, men vi kan også forandre den ved ny viden og ændrede begreber og definitioner. Der er ikke bare forskellige teknikker og viden men også forskellige bl.a. forskningsmæssige, forvaltningsmæssige og forretningsmæssige interesser på banen, (Beck 1986, Beck 1988, Beck 1994, Luhmann 1986, Luhmann 1998).

Vi skyller i dag barnet ud med badevandet. Ikke nok med at vi stadig bruger store mængder drikkevand, til at producere spildevand ved bortskaffelsen af bl.a. næringsstofferne, vi sender også badevandet efter dem. Det vi møder på rensningsanlægget, på marken eller på forbrændingen er ikke til at genkende. Det er bestemt ikke det barn, vi oprindeligt skyllede ud. Det koncept, det paradigme, der skulle skylle smitterisici ud af byerne, skyllede måske også muligheder for bæredygtighed i fremtiden ud. Slam og rensset spildevand er ikke slutprodukterne i et koncept, der fra starten tager sigte på at tilbageføre næringsstoffer af høj kvalitet i optimale mængder og i høj koncentration til landbrugsmæssig produktion. Slam og rensset spildevand er slutprodukter i en kildesamlende bortskaffelsesstrategi, der oftest sammenfører meget forskellige kilder til samlet behandling.

De tekniske installationer er bygget således op, at det kan være svært at kombinere forskellige strømme efter aktuelle ønsker og eksisterende viden. De mangler fleksibilitet.

Der er brug for et katalog af koncepter, systemer og systemkomponenter. Der vil i dette projekt kun blive set på nogle få tekniske komponenter og snævert tekniske problemstillinger knyttet til kildesortering af urin og fækalier. Der er brug for en mangfoldighed af systemer og systemkomponenter, der gør det muligt at arbejde med de oprindelige delstrømme, der ligger forud for de kildesamlende totalstrømme, hvis slutprodukter vi i dag konfronteres med.

Succesrig kildesortering genanvendelse af ressourcer, i humane restprodukter som alternativ til kildesamlende bortskaffelse af affald, vil stille store krav til kildesortering systemkomponenters funktionsdygtighed og driftssikkerhed.

Vand og næringsstoffer er fundamentalt livgivende, og vand kan være et udmærket transportmiddel og fortyndingsmiddel. Vandets evne som transportmiddel og fortyndingsmiddel er blevet udnyttet som en løsning i de overleverede kildesamlende bortskaffelsesstrategier. Ved en strategi for tilbageføring af næringsstoffer fremstår skyllevand og fortynding som et helt centralt problem.

Fokus i projektet bliver nogle tekniske delområder for kildesortering toiletteknologi, hvor vandskyl, skyllevandsmængder og efterfølgende separation af skyllevand står i centrum.

Kildesortering kan være med til at sikre en høj kvalitet vedr. f.eks. tungmetaller i

restprodukterne. Det er imidlertid ikke selve kildesorteringen, men tekniske delområder for koncentreret opsamling af henholdsvis urin og fækalier, der står i centrum. Hvad der i relation til urin og fækalier defineres som kildesortering kan i relation til skyllevand og papir defineres som kildesamlende. Når der derfor i det kommende tales om kildesortering, menes der i forhold til urin og fækalier i toilet eller urinal.

Der sættes også fokus på separation, ikke som det ofte ses begrebsligt anvendt parallelt til sortering, men her i forbindelse med forsøg på at kompensere for anvendelse af store mængder skyllevand ved skyl af fækaler, med henblik på kompostering eller koncentreret opsamling i en tank.

Sortering eller kildesortering bruges om særskilt opsamling af henholdsvis urin eller fækaler i selve toiletstolen eller i urinalet, mens separation anvendes ved den fysiske proces i f.eks. en Aquatron cyklon, hvor allerede kildesammenførte strømme som vand og fækaler efterfølgende søges separeret.

En vej til koncentreret opsamling kan være helt at undgå vandskyl, en anden at operere med et stærkt begrænset vandskyl, en tredje efterfølgende at foretage en separation.

1.2 Anvendelse af urin og fækaler

Før der blev etableret vandskylende toiletter i kombination med central drikkevandsforsyning og centrale spildevandssystemer i byerne, var det almindeligt, at restprodukterne urin og fækaler blev opsamlet og transporteret til anvendelse i landbrugsproduktion. Restprodukterne indeholdt værdifulde koncentrerede næringsstoffer og organisk materiale, som det kunne være interessant at tilbageføre til fornyet landbrugsproduktion (Wrisberg 1996, Lange et al. 1997).

Det vandbaserede spildevandssystem, der siden 1800 tallet har udviklet sig i en række lande og fortrængt andre håndteringsformer, var en blandt flere muligheder for at afhjælpe stigende sanitære problemer i byer med ofte eksplosiv stigning i befolkningstallet. Selv om det ikke var muligt at skylle de sociale problemer ud af byerne, kunne man kompenserende satse på at skylle de humane restprodukter ud og "væk", for at forbedre sundhedstilstanden i byerne. Strategien havde positive effekter i byerne, men skabte nye problemer på de nye recipienter for restprodukterne.

Der var en betydelig modstand imod og indsigt i problemer i relation til at bryde kredsløbet med landbruget og ændre strømmen for restprodukterne til vandrecipienter. Konkurrerende viden, systemer og interesser stod over for hinanden. De etablerede spildevandssystemer var ikke de eneste muligheder, og den producerede fremtid kun en af mange mulige.

De med vand kraftigt fortyndede restprodukter, i kombination med fremkomsten af kunstgødning, gjorde en fortsat landbrugsmæssig anvendelse uinteressant.

Ikke kun et nyt moderne syn på hygiejne, æstetik og bekvemmelighed, men også alvorlige tekniske problemer var medvirkende til at alternative systemer havde svært ved at fastholde positioner eller vanskeligt ved at finde udbredelse (Wrisberg 1996, Lange et al. 1997).

Det var imidlertid ikke kun sanitære problemer, der på en bekvem måde blev skyllet væk. Det gik måske også ud over vigtige mulighedsbetingelser for en fremtidig bæredygtig udvikling. Den fortsatte udviklingslinje med en destruktiv tilgang til organisk materiale og næringsstoffer som et problem for diverse vandrecipienter, er ikke noget optimalt udgangspunkt for en fornyet interesse i at bruge næringsstoffer og organisk materiale fra human urin og fækaler til landbrugsproduktion.

Slam og rensed spildevand er restprodukter fra en bortskaffelsesstrategi for substanser, der pr. definition er affald og ikke bevidst designede restprodukter i en genanvendelsesstrategi.

Næringsstoffer fra slam og rensed spildevand bruges i dag i en række lande til at gøde med. Slam bruges udbredt i landbruget, og klorbehandlet rensed spildevand bruges især i forbindelse med vandmangel f.eks. i lande som Israel

Det bør være interessant at designe såvel nye systemer, systemkomponenter og restprodukter som led i alternative direkte tilgange til de strømme, der normalt sammenblandes i kildesamlende spildevandsstrategier.

Restprodukterne urin og fækalier og deres håndtering spiller en vigtig rolle i forbindelse med visioner om bæredygtig udvikling.

For at udvikle samfundet i bæredygtig retning må der bevidst designes med henblik på at tilbageføre humant udsondrede restprodukter til landbruget. En sådan tilbageførsel af næringsstoffer vil forhåbentlig ikke bare nedsætte uønsket udledning af næringsstoffer til vandrecipienter, men også nedsætte behovet for anvendelse af fosile brændstoffer.

2 Metode

2.1 Tilgang til de humane restprodukter urin og fækalier

Det fremgår af indledningen, at projektet er baseret på et ønske om flere alternativer og mere fleksibilitet med hensyn til tekniske løsninger og systemkomponenter, således at det næringsstofmæssige potentiale i restprodukterne kan udnyttes konstruktivt og produktivt til fornyet plantevækst.

I de vandbaserede spildevandssystemer møder vi kun restproduktstrømmene urin og fækalier ved udsondringen. Som led i en kildesamlende strategi samles de indbyrdes særskilt udsondrede restprodukter ikke blot indbyrdes og med vand, men også med andre strømme til det vi kalder husholdningsspildevand. Disse strømme fra husholdningerne, der normalt benævnes som sort og gråt spildevand, kan senere i centrale kloak- og rensningssystemer blive blandet med såvel industrielt spildevand og vand fra veje, der kan være af en helt anden kvalitet.

Selv om urin og fækalier kun udgør ca. 1 – 1,5 % af volumen i husholdningsspildevandet, indeholder de i alt ca. 92 % af N, 83 % af P og 87 % af K. Urin alene står for ca. 80 % af N, 55 % af P og 60 % af K. Af indholdet stammende fra konsumerede madvarer er fordelingen 80 – 90 % N i urin og 10 – 20 % i fækalier, 50 – 80 % af P i urin og 20 – 50 % P i fækalier samt 80 – 90 % K i urin og 10 – 20 % i fækalier. Der udsondres dagligt ca. 60 g TS via urinen og 35 g TS, heraf ca. xx g VS (organisk materiale) via fækalierne. Desuden indeholder husholdningernes organiske madvarerester et betydeligt indhold af næringsstoffer (Sundberg 1995, Jönsson et al. 2000, Eilersen et al. 1998, Höglund 2001, Vinnerås 2001).

De næringsstoffer vi udskiller efter indtagelse af fødevarerne er normalt tilstrækkelige til, hvis de kunne tilbageføres uden tab, at kunne reproducere os endnu en gang men denne gang på basis af vegetabilsk produktion. Koncentrationen af næringsstoffer er vigtig for såvel opsamling, lagring, transport, behandling som anvendelse. Det er derfor vigtigt at sikre et minimalt vandindhold. De humane restprodukter og især urin har normalt et meget lavt indhold af tungmetaller såvel i absolutte tal som i relation til fosforindholdet, som er en almindelig måde at vurdere kvaliteten på. Med henblik på hygiejnisering af kollektivt indsamlet urin i tanke ved lagring over tid i kraft af bl.a. pH er det dels nødvendigt med kildesortering dels at minimere vandindholdet.

Uanset om fækalier alene eller sammen med urin skal behandles og hygiejniseres i biogas- eller vådkomposteringsanlæg, er det vigtigt at opnå en høj koncentration. Hvis løbende ændringer i viden om f.eks. medicinrester skulle føre til nødvendighed af f.eks. ændrede behandlingsformer, bør koncentreret og kildesorteret opsamling kunne give mulighed for en fleksibel tilpasning.

2.2 Udvalgelse af tekniske delområder

Projektet er meget snævert i den forstand, at det udelukkende beskæftiger sig med tekniske problemstillinger inden for nogle få tekniske delområder. Udgangspunktet har været kildesortering af toiletteknologi og muligheder og problemer knyttet til denne. Udvalget af genstandsområder er dels baseret på egne og andres erfaringer inden for arbejde med kildesortering af toiletteknologi og dels erfaringer fra arbejde med kildesamlende spildevandskoncepter.

Selv om det er sikkert, at nutiden er forskellig fra fortiden, og at fremtiden vil være forskellig fra nutiden, bør fortiden indgå såvel som inspiration som kilde til at kvalificere håndteringen af problemer i fortsatte læreprocesser ud fra allerede begåede fejl.

Spildevandsstrategier og deres fremtid er ikke bare overordnet bundet til paradigmer, videnstrukturer, interesser og barrierer båret af kommunikation i forskellige samfundsmæssige funktionssystemer. Helt konkrete tekniske problemer og tekniske detaljer som f.eks. koncentration af næringsstoffer og driftsproblemer med utætheder har tidligere haft en ikke uvæsentlig betydning og kan få det igen. Ikke sådan at forstå at en positiv løsning på tekniske spørgsmål automatisk har sikret teknikens succes, men således at fortsatte problemer har kunnet være kraftigt medvirkende til at sikre det modsatte.

Udgangspunktet for dette projekt har været, at kildesortering af toiletteknologi til håndtering af de humane restproduktstrømme urin og fækaler bør kunne spille en rolle i en bæredygtig samfundsmæssig udvikling. Det kræver dog en fortsat viden- og teknikudvikling. Dette projekt er ment som en lille brik i arbejdet med at se på muligheder og problemer. Projektet består af fire delprojekter, der beskæftiger sig med forskellige sider og delområder inden for den overordnede problematik.

Problemer med vandskyl ved kildesortering af de særskilte humane restproduktstrømme urin og fækaler er i centrum for ræsonnementerne. De to første delområder vedrører fækaliestrømmen, hvor de to sidste delområder drejer sig om urinstrømmen. Det er ikke selve kildesorteringen der fokuseres på i dette projekt, men vandskyl inden for rammerne af overordnet kildesortering.

I tre af delprojekterne har vandskyllet i forbindelse med fækalie- eller urinstrømmen og i forbindelse med de vandfrie urinaler, fraværet af skyllevand, en central betydning.

Indførelse af mulighed for vandskyl i kildesortering af toiletteknologi åbner sikkert muligheder for en bredere accept og anvendelse, end hvis mulighederne begrænses til udelukkende tørre løsninger. Der opstår dog samtidig en række problemer, når målsætningen er en koncentreret tilbageføring af humane restprodukter. En ting er særskilt opsamling af henholdsvis fækaler og urin i en urinbeholder inden for typisk 1 - 2 m fra kilden i en kolonihave med henblik på håndtering af egne restprodukter på egen grund, noget andet er større kollektive løsninger med opsamling af store fælles mængder til efterfølgende transport til landbrugsmæssig anvendelse.

Til det kildesortering aspekt føjes et kildesamlende i form af skyllevandsstrømmen og henholdsvis urin eller fækaler. Den kildesamlende strategi i relation til papir kan også give ophav til en række problemer af hensyn til den vandbårne transport af papir.

2.2.1 Afprøvning af et kildesorterende dobbeltskylende toilet med vakuum

Baggrunden for delprojekt 1 er, at kildesamlende vakuumtoiletter ganske vist giver væsentlig mere koncentrerede restprodukter end almindelige kildesamlende toiletter, men det opsamlede materiale får dog ikke en koncentration af organisk materiale, der er tilstrækkelig interessant for biogas- eller vådkomposteringsbehandling.

Kildesorterende dobbeltskylende toiletter er primært i sig selv egnede til opsamling af urin med 0,1 – 0,4 l vand men ikke til fækalier, der skylles med typisk 3 - 6 l alt efter installation og regelsæt.

Udviklingen inden for kildesorterende toiletter med vakuum er først lige begyndt. Der er kun en enkelt producent og kun få toiletter i funktion i primært systemer med et enkelt toilet og etablering af et "blødt" vakuum ved skyl. Opsamlingen er typisk blevet foretaget i kompostbeholdere med henblik på egen lokal håndtering men også i opsamlingstanke. Der er kun 5 toiletter i Danmark. Der har været problemer, og især ved de to toiletter der har vakuumventiler.

Kildesamlende vakuumtoiletter har en lang historie. Der er flere producenter. Toiletterne anvendes i såvel fly, toge, på skibe samt andre steder, hvor man lægger vægt på koncentreret opsamling.

I forbindelse med behandling af patienter på hospitaler med radioktave isotoper (Jod 131, Au – 198, P – 32 og SR –89) med følgende udskillelse af radioaktivt materiale via toiletterne, muliggør vakuumtoiletter desuden særskilt opsamling af dette materiale i mere koncentreret form med henblik på særskilt behandling inden det ledes til et almindeligt rensningsanlæg (Roediger udateret, Roediger 2002).

Ved Landbrugshøjskolen i Ås, Norge (Jenssen 1994, Skjelhaugen 1998, Skjelhaugen 1999, Etnier 1999) , Jordbrugstekniska institutionen i Uppsala, Sverige (Norin 1996A, Norin 1996B) og ingeniørfirmaet OtterWasser i Lübeck, Tyskland (Lange et al. 1997) har man arbejdet med koncepter, hvor humane restprodukter skulle opsamles og behandles i vådkomposterings- eller biogasanlæg.

Ved anvendelse af kildesortering bør der være en teknisk mulighed for at nå en højere koncentration af organisk materiale og mulighed for at fravælge medbehandling af urin i f.eks. biogasanlægget til fordel for f.eks. en lagring.

I Hannover, Tyskland blev det muligt at installere et kildesorterende toilet med vakuum i demonstrationslokalet i en boligblok med 32 kildesamlende vakuumtoiletter og permanentvakuum.

Især toilettets vakuumventil og betjening stod i centrum for afprøvningen i samarbejde med Stadtwerke Hannover. Boligblokken indgår i "Öko-Park-Hannover", hvorved det har været muligt for mange at besøge anlægget, bl.a. i forbindelse med Expo 2000. Afprøvningen var en afprøvning af en systemkomponent i et andet system, end det oprindeligt var udviklet til at indgå i, et led i en nødvendig fortsat udvikling af vakuumteknologien. Der blev kun set på vakuumsystemet og her primært på ventilproblematikken som er kendt for at være en achilleshæl i forbindelse med vakuumtoiletter.

Formål:

- at etablere et kildesorterende toilet med vakuum til fækaliesystemet med tilslutning til et system med permanent vakuum og kildesamlende vakuumtoiletter i Hannover.
- at sætte fokus på den kildesorterende vakuumteknologi
- at indsamle reaktioner på toilettet og dets komponenter
- i en begrænset afprøvning at gøre erfaringer med vakuumventilen koblet til et centralt vakuumsystem.
- at indsamle nogle erfaringer fra vakuumanlægget i Hannover som helhed.

2.2.2 Muligheder for at anvende en cyklonseparator

Cyklonseparatorer forefindes i Sverige især i installationer i fritidshuse i kombination med kildesamlende toiletter med 3 l skyl og opsamling af fast materiale i kompostenheder med henblik på lokal kompostering. Der er også i Sverige etableret en del systemer med kildesorterende toiletter og efterfølgende separation og opsamling af fast materiale fra fækaliedelen i kompostenheder. Det har ikke været muligt at finde frem til eventuelle installationer i Danmark.

Separatorer er ikke blevet anvendt i forbindelse med opsamling af fast materiale fra kildesorterende toiletter i tanke for at kompensere for det store vandskyl med henblik på opsamling af koncentreret materiale til anvendelse i biogas- eller vådkomposteringsanlæg.

Der er her igen tale om at gøre sig overvejelser omkring et potentiale for en systemkomponent, separatoren, der normalt anvendes dels i kildesamlende sammenhæng, dels i kildesorterende sammenhæng, men begge steder i forbindelse med kompostering, ved anvendelse i en ny systemsammenhæng, opsamling i tanke.

Et system med separatorer placerede efter kildesorterende dobbeltskylende toiletter kunne være et alternativ til kildesorterende toiletter med vakuum til fækaliedelen. Afgørende er dog koncentrationerne af vand, næringsstoffer og organisk materiale i de to fraktioner efter separatoren.

Der er talt med producent, brugere og andre der beskæftiger sig med separatorer i relation til kildesorterende toiletter samt set på de få afprøvninger og målinger, der er lavet. Disse vedrører dog kun kildesamlende toiletter med 3 l skyl. SLU, Uppsala har foretaget de første analyser i forbindelse med kildesorterende toiletter og separatorer i en boligblok i "Ekporten" i Norrköping, Sverige (Vinnerås et. al 1999). Der vil blive set på hvilke muligheder og begrænsninger, der tegner sig.

Formål:

- at sætte fokus på en separerende systemkomponent til fraseparering af partikulært materiale efter vandskyl
- at vurdere separationen af vand og tørstof samt organisk materiale ud fra brugererfaringer og undersøgelser.
- at vurdere hvor næringsstofferne havner.

2.2.3 Vandfrie urinaler til opsamling af koncentreret urin

Vandfrie urinaler har først på det allersidste fået en renæssance i Danmark. Der var ved projektets start meget få erfaringer med og meget lidt fokus på vandfrie urinaler i Danmark. De bruges i en del lande især i Tyskland i forbindelse med konventionelle kildesamlende spildevandskoncepter med henblik på at spare vandinstallation og vandforbrug til urinaler.

Vandskylende urinaler er født kildesortende i forhold til urin og fækalier mens vandfrie urinaler er mere gennemført kildesortende ved, at de ikke tilfører en vandstrøm.

Ved den nuværende systemanvendelse samles urinstrømmen med øvrige strømme og føres typisk via kloakker til en rensningsanlæg.

Systemkomponenten, det vandfrie urinal, der i dag anvendes i en bortskaffelsesstrategi burde kunne blive af stor interesse i en genanvendelsesstrategi for humane næringsstoffer.

Der er i projektet talt med en række forskere, producenter og brugere samt besøgt en række installationer. Det har desuden været muligt i et andet projekt under "Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning", på Museumsgården på Møn, at få installeret et vandfrit urinal i forbindelse med kildesortende dobbeltskylende toiletter og opsamling af urin i tanke.

Formål:

- at sætte fokus på vandfrie urinaler som potentielle systemkomponenter til opsamling af koncentreret urin uden vandskyl og uden krydskontamination fra fækalier.
- at præsentere forskellige principper og fabrikater.
- at indsamle nogle brugererfaringer

2.2.4 Krystallisering i urinopsamlingsystemet

De kildesortende toiletsystemer giver mulighed for særskilt opsamling af urin med henblik på anvendelse af næringsstofferne til energiafgrøder eller andre landbrugsmæssige afgrøder. Der er imidlertid forskel på kildesortende toiletter uden vandskyl og vandløs, hvor urin normalt løber højst to meter igennem en 32 mm slange til en opsamlingsbeholder og dobbeltskylende kildesortende toiletter med såvel begrænset rørdiameter som vandløs i forbindelse med toilettet.

Der er konstateret en række stop i rør og vandløse i forbindelse med dobbeltskylende kildesortende toiletter. Et af problemerne er krystallisering, hvor bestanddele fra urin og skyllevand kan sætte sig på de indre overflader som hårde aflejringer. Det er vigtigt såvel at karakterisere problemerne som at søge løsninger med henblik på at sikre drifts stabile løsninger.

Fysisk vandbehandling i form af elektromagnetisk behandling kunne måske være en mulighed især i forbindelse med ejendomme med hårdt vand, hvor det også vurderedes at være af interesse af hensyn til øvrige vandinstallationer. Der vil i delprojektet især blive set på undersøgelser af stop i rør og vandløse i forbindelse med kildesortende dobbeltskylende toiletter i Sverige.

Formål:

- at sætte fokus på krystallisering og tilstopning i urinsystemet i kildesorterede toiletsystemer som et problem.
- at se på nogle undersøgelser af stoppenes omfang og karakter
- at se på elektromagnetisk vandbehandling og evt. muligheder for at forebygge hårde krystalliseringer i urinsystemet.

3 Afprøvning af et kildesortierende vakuumtoilet

3.1 Indledning

Det kildesortierende vakuumtoilet er blevet afprøvet i en boligblok med kildesamlende vakuumtoiletter. Der gives i det følgende derfor også en præsentation i det følgende også en beskrivelse af kildesamlende vakuumtoiletter og deres historie.

3.2 Vakuum

Vakuum betyder luftfortyndet eller tilnærmelsesvis lufttomt. I beholdere med vakuum er trykket lavere end i omgivelserne. Beholdervæggene skal derfor være stabile for ikke at blive trykket ind ved implosion som følge af trykkudligning.

3.3 Historie

Allerede i 1860'erne blev der bygget pneumatisk drevne spildevandssystemer under ledelse af den hollandske ingeniør Liernur (1828 – 1893). Det første system blev etableret i den hollandske by Harlem i 1866 samme år som systemet blev patentanmeldt i England og Holland. Et af de tekniske problemer, der gav systemet problemer i konkurrencen med andre systemer, var utætheder (Grünert 1999).

I 1956 anmeldte den svenske ingeniør Joel Liljendahl et patent til opsamling og transport af spildevand fra toiletter ved hjælp af vakuum. Der figurerer her for første gang et vakuumtoilet, der kun skyllede med 1,5 l pr. skyl. Til transporten igennem vakuumventilen og ud i rørsystemet, skulle der bruges ca. 50 l luft. I 1968 erhvervede Elektrolux AB rettighederne og videreudviklede teknikken. I 1985 solgte Elektrolux vakuumafdelingen til Ifö Sanitär AB som markedsførte teknikken via firmaet EVAC (Grünert 1999). De kildesamlende vakuumtoiletter, der er installeret i boligblokken i Hannover er netop af mærket EVAC. Der er i dag mange firmaer der tilbyder vakuumteknologi og kildesamlende vakuumtoiletter, bl.a. det norske firma Jets og det amerikanske firma SeaLand.

I 1995 – 1996 begyndte firmaet WM-Ekologen AB i Stockholm (nu Wost Man Ecology) at lave nogle enkelte kildesortierende toiletter med vakuum til fækaliestrømmen. Man tog udgangspunkt i et kildesortierende porcelænstoilet ES og byggede det om til et toilet, med vakuum til fækalier og bibeholdt lille skyl og gravitation til urinstrømmen, kaldet Ecovac.

Ecovac toilettet arbejder med en vakuummotor, der laver et vakuum ved benyttelse.

Motoren arbejder typisk kun nogle få sekunder af gangen. Ecovac toilettet er lavet i såvel en udgave uden vakuumventil, Ecovac 1 som med vakuumventil, Ecovac 2. Det er Ecovac 2, der er blevet afprøvet i boligkomplekset i Hannover.

3.4 Kildesamlende vakuumtoilet

3.4.1 Formål og anvendelse

Kildesamlende vakuumtoiletter koblet sammen i større systemer har længe været anvendt på skibe, toge og fly. Systemerne kan opsamle fækalier, urin og papir væsentligt mere koncentreret end konventionelle kildesamlende toiletter med 6/3 l skyl eller 4/2 l skyl. Vakuumtoiletterne bruger typisk 1,2 l/skyl. Vakuumtoiletterne i kombination med et vakuumsystem giver fordele ved dimensionering af opsamlingstanke eller lavere afhentningsfrekvens og større fleksibilitet for rørføringerne, der ikke bliver afhængig af naturligt fald (gravitation).

Der er også etableret en del systemer i forbindelse med boligbebyggelser. I Storstrøms Amt er der således en del ældre vakuumsystemer i sommerhusområder. I Sverige er der installeret vakuumtoiletter på en skole, hvor toiletvandet transporteres til et vådkomposteringsanlæg af en slamsugertankbil. I Tyskland er der etableret vakuumsystemer i nogle boligkomplekser med henblik på vakuumtransport til et lokalt biogasanlæg for behandling af det opsamlede materiale. Anlægget i Hannover, hvor det kildesortende Ecovac 2 toilet er blevet afprøvet, blev etableret med henblik på efterfølgende at behandle materialet i et biogasanlæg. Der er desuden etableret en større bebyggelse i Lübeck med kildesamlende vakuumtoiletter og et lokalt biogasanlæg.

3.4.2 Relation til andre systemkomponenter

De kildesamlende vakuumtoiletter indgår i systemer med et kraftigt permanent vakuum på f.eks. 0,5 bar, der typisk fører det transporterede materiale til en opsamlingstank.

Vakuumtoiletterne er forbundet med 50 mm/63 mm rør til en vakuummotor, der sørger for, at der er et permanent undertryk i systemet. Det opsamlede materiale afhentes typisk af en slamsuger, hvor efter det køres til behandling på et rensningsanlæg.

Der er især i Tyskland, Sverige og Norge stigende fokus på muligheden af at behandle humane restprodukter i biogas- og vådkomposteringsanlæg med henblik på udnyttelse af det organiske materiale med efterfølgende tilbageførsel af næringsstoffer til landbruget.

Det opsamlede materiale kan transporteres med slamsuger eller i rør herunder vakuumrør til efterfølgende behandling.

3.4.3 Funktion og opbygning

Der skylles ved trykknappbetjening. Vakuumventilen åbner sig og toiletindholdet suges til en opsamlingstank ved hjælp af det permanente undertryk. Vakuumventilen lukkes og vandspejlet reetableres, hvorefter

toiletet er klart til et nyt skyl. Vakuummotoren sørger for, at der konstant er det ønskede undertryk i systemet.

3.4.4 Begrænsninger

Et vandskyl på ca. 1,2 l er ganske vist betydeligt mindre end ved konventionelle kildesamlende toiletter, men når man tager hensyn til det samlede daglige antal skyl, vil der typisk blive opsamlet betydelige mængder skyllevand sammen med det organiske materiale, der især forefindes i tørstoffet i fækalier, der efterfølgende skal søges anvendt i biogas- eller vådkomposteringsanlæg.

3.4.5 Fordele

Anvendelsen og betjeningen af vakuumtoiletterne er normalt ukompliceret. De er dels kildesamlende og kræver kun tryk på en enkelt knap til aktivering af den samlede cyklus.

3.4.6 Ulemper

Såvel toiletter som vakuummotorer kan være meget støjende. Der anvendes betydelige vandmængder til urins skyl, der dels indebærer et meget tyndt opsamlet materiale, dels at behandlingsanlæggene vil blive tilført betydelige mængder ammonium/ammoniak, der kan have negativ indflydelse på især termofile processer i behandlingsanlæggene.

3.5 Kildesortierende toilet med vakuum

3.5.1 Formål og anvendelse

De kildesortierende toiletter med vakuum til fækalier, Ecovac, er et nyt fænomen, der går tilbage til 1995 - 1996. De er det sidste skud på stammen i en lang række af forskellige kildesortierende toiletter. Vakuumtoiletet blev til ved at bygge vakuumventil m.m. ind i et porcelænstoilet, kaldet "ES", der brugtes til opsamling af fækalier i en beholder under gulv.

Det blev udviklet for at skabe et alternativ til et system med opsamling eller kompostering af fækalier under gulv. Ecovac er også blevet brugt i forbindelse med opsamling i lukkede tanke. De fleste Ecovac-toiletter arbejder enkeltvis, men der er etableret nogle få installationer med mere end et toilet på en installation. Der er kendskab til tre anlæg, der arbejder med to toiletter og et anlæg med tre (Mats Pahlmann pers. medd. 2000, 2001).

3.5.2 Relation til andre systemkomponenter

Ecovac bruges i forbindelse med en vakuummotor. Vakuummotoren arbejder kun i forbindelse med transport af materiale igennem rørsystemet. Toilet materialet suges igennem vakuumsugeren til en kompostenhed eller en opsamlingstank. Løsninger med kompostenhed er baseret på egen lokal kompostering, hvor løsninger med afløbsfri tank normalt er beregnet til afhentning af materialet af en slamsuger.

3.5.3 Funktion og opbygning

Ecovac-toiletterne, der er baseret på porcelænet fra det enkeltskylende ES-toilet, har et gravitationssystem for urin og et vakuumsystem for fækalier. Urin skylles med 0,1 - 0,2 dl og fækalier med 0,6 - 1,2 l. Der er en styreenhed, der styrer funktioner og tider for urinskyl, motorgang og genfyld af vandspejl. Ventiler der åbner og lukker er magnetventiler. En vakuummotor på ca. 1.400 W sørger for at fækalier, papir og skyllevand suges via 50 mm rør til en sluseventil, der afleverer materialet til en kompost eller tank. Betjening sker via knapper på væggen.

3.5.4 Begrænsninger

Der er indtil nu kun et begrænset antal systemer i funktion og kun meget få erfaringer med mere end et toilet i et system. Der har været store problemer med to toiletter med afløbsventil og fodpedal koblet sammen i et system.

3.5.5 Fordele

Fækalier kan opsamles væsentligt mere koncentreret end i andre vandskylende systemer.

Da der ved det kildesorterende toilet kun etableres vakuum i få sekunder i forbindelse med et skyl af fækalier, bliver elforbruget meget lavt og lyd fra vakuumsystemet optræder ligeledes kun ved de fækale skyl.

3.5.6 Ulemper

Det kildesorterende toilet med vakuum til fækalier kan ikke erstatte et kildesamlende vakuumtoilet, hvis der ikke er mulighed for at etablere et gravitationssystem til urinen.

Det kildesorterende toilet i nuværende udformning kræver at mænd skal sidde ned, når de tisser. Skyl af papir fra urinerer kan eliminere mulighederne for mere koncentreret opsamling af fækalier.

3.6 Afprøvning

3.6.1 Baggrund for afprøvning

Der har især i Tyskland længe været interesse i at prøve kildesorterende toiletter med vakuum til fækalier i økologiske boligbebyggelser eller ved modernisering af en boligblok.

Ved såvel et projekt i Freiburg (pers. samtaler med Jörg Lange samt Rödiger 1995-1996) som ved et projekt "Flintenbreite" i Lübeck (personlige samtaler med Ralf Otterpohl, Martin Oldenburg 1995-1997) blev det som en af mulighederne overvejet, at etablere et system med op til 100 - 150 kildesorterende toiletter med vakuum til fækalier i forbindelse med behandling af materialet lokalt i et biogasanlæg. Det blev desuden overvejet ved en modernisering af en boligblok i Hannover (pers. samtaler Thomas Hesse, Martin Oldenburg 1996-1997). Det blev dog frarådet og opgivet på grund af manglende erfaringer med toiletterne i større systemer. Der blev alle steder etableret kildesamlende vakuumtoiletter.

Boligblokken i Hannover blev efterfølgende i 1997-1998 moderniseret med 32 kildesamlende vakuumtoiletter og Stadtwerke Hannover var i 1998 meget

interesseret i et samarbejde omkring afprøvning af et Ecovac-2 toilet koblet på vakuumsystemet. (Pers. samtaler Thomas Hesse 1998)

3.6.2 Afprøvningsstedet: Öko-Technik-Park Hannover

Fig 3.1 Öko-Techik-Park Hannover



Fig 3.2 Kugelfangtrift 90-96, Hannover

I et boligkompleks i bydelen Sahlkamp i Hannover blev der i forbindelse med moderniseringen af et socialt boligbyggeri fra 1962, ejendommen Kugelfangtrift 90-96, i 1997 etableret et vakuumtoiletsystem for 32 lejligheder med i alt 80 personer. Der blev etableret endnu et vakuumtoilet i forevisningslokalet i kælderen. Ejendommen er i fire etager samt kælder. Vakuumanlægget ejes af DI Deutsche BauBeCon AG i Hannover. Stadtwerke Hannover AG stod bag initiativet med ansvar for planlægning, byggeledelse og drift. Firmaet Triton-Format AG leverede vakuumanlægget og toiletterne fra producenten EVAC AB. Technische Universität Hannover stod for videnskabelig ledsagelse og installationsfirmaet Corona Solar GmbH stod for installationerne. (Stadtwerke Hannover AG 1998, Stadtwerke Hannover AG 2000, Stadtwerke Hannover AG 2001).

Det var oprindeligt hensigten at etablere et biogasanlæg på "Stadtteilbauernhof" beliggende 300 m fra boligblokken til behandling af materialet fra toiletterne samt kildesorterede organiske husholdningsrester og for at demonstrere såvel opsamling som anvendelse af humane restprodukter (Stadtwerke AG 1998). Anlægget blev imidlertid ikke etableret og materialet tilføres derfor som før kloaksystemet.

I 1998 blev det muligt at etablere et kildesorterende toilet Ecovac-2 med afløbsventil i forevisningslokalet med henblik på afprøvning af især vakuumventilen og til fremvisning for interesserede.

I 1999 indstilleredes tre kildesorterende dobbeltskyllende toiletter i lejligheder knyttet til kirken i bebyggelsen samt et i den lokale børneinstitution. Yderligere to toiletter er til rådighed for demonstrationer. Den lokale skole i bebyggelsen har, som de fleste i Hannover, vandfrie urinaler (Stadtwerke Hannover AG 2001).

Siden 1995 er der i 48 lejligheder afprøvet fire forskellige systemer til rensning og genbrug af gråt spildevand. Der er endvidere i bebyggelsen bl.a. etableret et decentralt kraftvarmeværk, solvarmeanlæg, kontrolsystem for energi- og vandudgifter samt foretaget energetisk optimeret modernisering af facaderne (Stadtwerke Hannover AG 2001).

Området bruges af Stadtwerke Hannover AG og Stadt Hannover til at afprøve og præsentere alternative koncepter, systemer og systemkomponenter til især traditionel spildevandsrensning for interesserede fra nær og fjern. Området er blevet til Öko-Technik-Park Hannover og der arrangeres rundvisninger m.m. Besøgere på Expo-2000 i Hannover havde således mulighed for at kombinere udstillingen med et besøg og en rundvisning i bebyggelsen. (Stadtwerke Hannover AG udateret, Stadtwerke Hannover AG 2000 CD-rom, Stadtwerke Hannover AG 2000, Stadtwerke AG 2001).

3.6.3 Deltagere i afprøvning

Afprøvningen er foretaget af Stadtwerke Hannover og Corona Solar i samarbejde med A & B Backlund ApS.

3.7 Beskrivelse af anlægget

3.7.1 Vakuumsystemet



Fig 3.3 Vakuumcentralen i kælderen, Kugelfangtrift 90-96, Hannover

Vakuumcentralen er placeret i en af ejendommens kældre. Anlægget er et vakuumanlæg med tryktank. Der er en 500 l svejset rustfri beholder med en integreret opsamlingskammer på ca. 180 liter og to vakuumpumper på hver 0,7 kW, der arbejder med et undertryk på ca. 0,5 bar. Kapaciteten til at lave vakuum er 50 m³/h, og den maksimale løftehøjde er 20 m.

De olietætnede vakuumpumper, af mærket Busch, suger luft ud af beholderen og sender den op over tagryggen. Vakuumpumperne arbejder på skift. Vandstanden reguleres via elektroder. Substansen bliver via to spildevandspumper på 3,0 – 3,6 KW pumpet ud i kloakken eller til en gyllevogn. Spildevandspumperne er af mærket Herborner. Før pumperne er der placeret en kraftig kværn, der beskytter spildevandspumperne imod ben, mønter, flasker, damebind m.m. Driftsforstyrrelser rapporteres automatisk via telefon/fax til installatøren (Triton-Format GmbH 1998A, 1998B, 1998C, Stadtwerke Hannover AG 2001).

3.7.2 Rørsystemet

Vakuumtanken er forbundet med de 32 vakuumtoiletter i de 32 lejligheder og de to vakuumtoiletter, herunder det senere etablerede kildesorterende, i forevisningsrummet via et rørsystem. Rørsystemet er af PE med en Ø 63 mm og en godstykkelse på 5,8 mm i kælderen og i øvrigt Ø 50 mm med en godstykkelse på 4,6 mm (Stadtwerke Hannover AG 2001).

3.7.3 De kildesamlende vakuumtoiletter

De 32 vakuumtoiletter i lejlighederne og det ene i forevisningsrummet er af mærket EVAC 90 Silent (støjdæmpet udgave), fremstillet af porcelæn med plastsæde. De er udstyrede med membranventil, er gulvstående og

skyllecyclussen aktiveres ved trykknop. Dimensionerne er højde: 465 mm, siddehøjde: 420 mm, længde: 560 mm og bredde: 385 mm. Vandtilslutningen er ½" og vakuumafløb er Ø 50 mm. Skyllemængden pr. skyl er ca. 1,2 l. (Triton-Format GmbH 1998A, 1999B, 1999C, Stadtwerke Hannover AG 2001).

Vakuumtoiletet har en styreenhed, der betjener sig af det permanente vakuum i rørsystemet. Når der trykkes på skylleknappen indledes en skyllecyclus. Membranventilen åbner sig i ca. to sekunder i kraft af undertrykket. Samtidigt åbner sig ventilen for indgående vand, så der sprøjtes vand i toiletskålen i ca. fire sekunder. Forskellen i åbningstider på ca. to sekunder giver et genfyld af vandspejlet i toiletskålen. I de to sekunder afløbsventilen er åben, bliver toiletskålens indhold af f.eks. fækalier, urin, papir og oprindeligt vand i toiletskålen samt ca. to sekunders tilførsel af nyt vand suget ud af toiletskålen og ind i rørsystemet i form af en prop, der suges til vakuumtanken.

De 60 – 70 l luft, der suges ind i rørsystemet ved et skyl, skubber proppen til vakuumtanken og fortsætter fra vakuumtanken op igennem et ventilationsrør op over tagryggen (Triton-Format GmbH 1998B).

Hvis forudsætningerne med henholdsvis 1,2 l skyllevand og henholdsvis to og fire sekunders åbning er rigtige, bør det etablerede vandspejl være på 0,6 l. Fækalier, urin og papir suges således ud med 1,2 l skyllevand bestående af de ca. 0,6 l i det etablerede vandspejl og de ca. 0,6 l som tilføres via indløbsventilen imens afløbsventilen er åben i to sekunder.



Fig. 3.4 "EVAC 90 Silent" kildesamlende vakuumtoilet i kælderen Kugelfangtrift 90-96, Hannover

3.7.4 Drift og driftserfaringer

Vandforbrug

Tabel 3.1
Vandforbrug til skyl af vakuumtoiletter

Periode	Samlet vandskyl pr. år	Samlet vandskyl pr. dag	Samlet vandskyl pr. toilet og år	Dagligt vandskyl pr. toilet	Samlet vandskyl pr. person og år	Dagligt vandskyl pr. person
	m3	Liter	m3	liter	m3	liter
1998	239	655	7,47	20,5	2,99	8,2
1999	234	641	7,31	20	2,93	8,0
2000	269	737	8,41	23	3,36	9,2

I 1998 brugtes der 239 m3 vand til skyl af vakuumtoiletterne. I 1999 og 2000 var tallene henholdsvis 234 m3 og 269 m3. Hvis der ikke tages hensyn til, at der også bruges en del skyllevand til de to vakuumtoiletter i demonstrationslokalet, har der dagligt været anvendt i gennemsnit 20,5 l (1998), 20 l (1999) eller 22,6 l (2000) pr. toilet (Hesse 2000, 2001).

Sat i relation til de ca. 80 beboere i lejlighederne er der tale om et vandskyl på i gennemsnit 8,2 l/p/d (1998), 8,0 l/p/d (1999) eller 9,2 l/p/d, i det der hverken tages hensyn til hjemmefrekvens eller gæster. Givet ovennævnte forudsætninger er der i gennemsnit i de tre første år skyllet med ca. 8,5 l/p/d svarende til ca. 7 gange dagligt pr. beboer under forudsætning af et faktisk vandskyl på ca. 1,2 l/skyl.

Der er ikke af Stadtwerke Hannover AG eller af andre lavet en undersøgelse omkring skyllefrekvensen. Det vides dog, at beboerne i ejendommen er meget hjemme. De kan endvidere tænkes at have en del gæster, at opleve at det er nødvendigt at skylle oftere end med det tidligere toilet, samt vel også at have en del "unødvendige" skyl.

Stadtwerke Hannover AG vurderer, at der har været tale om en skyllevandsbesparelse på ca. 80 % i forhold til det anslået tidligere forbrug på ca. 40 l/p/d (Hesse 2001).

Opsamlet materiale

Det var meningen, at materialet fra toiletterne skulle opsamles og sammen med køkkenrester behandles i et lokalt etableret biogasanlæg inden for rammerne af et demonstrationsprojekt. Det har imidlertid endnu ikke været muligt at etablere et biogasanlæg (Stadtwerke Hannover AG 1998).

Det opsamlede materiale føres indtil nu til kloak, og der er ikke blevet målt på hverken kvantiteter eller kvaliteter i toiletindholdet. På basis af en daglig skyllevandsmængde på 8,5 l/p/d må det dog kunne skønnes at såvel koncentrationen af næringsstoffer som koncentrationen af organisk materiale må være lav.

Strømforbrug

Tabel 3.2
Strømforbrug til drift af vakuumpumpe og spildevandspumpe samt antal samlede arbejdstimer for vakuumpumper og spildevandspumper

Periode	Samlet årligt forbrug kWh	Forbrug pr. person og år kWh	Forbrug pr. person og dag kWh	Forbrug pr. m ³ skyllevand kWh	Arbejdstid vakuumpumper pr. år timer	Arbejdstid spildevandspumper pr. år timer
1998	3300	41,63	0,1141	13,93		
1999	2547	31,84	0,0872	10,88	2.675	23
2000	1858	23,23	0,0636	7,04	1.684	19

Strømforbruget til toiletsystemet var i det første driftsår 1998 på 3330 kWh svarende til 41,63 kWh/p/a eller 0,1141 kWh/p/d. Strømforbruget pr. m³ skyllevand var 13,93 kWh. I 1999 blev der brugt 2547 kWh svarende til 31,84 kWh/p/a eller 0,0872 kWh/p/d. Strømforbruget pr m³ skyllevand var 10,88 kWh. De to vakuumpumper har i alt kørt i 2.675 timer og de to spildevandspumper har arbejdet i 23 timer. I 2000 var strømforbruget yderligere reduceret til 1858 kWh eller 23,23 kWh/p/a eller 0,0636 kWh/p/d. Strømforbruget pr m³ skyllevand var faldet til 7,04 kWh/m³ svarende til ca. halvdelen af forbruget i 1998. Vakuumpumperne havde i 2000 kun arbejdet i 1.684 timer og spildevandspumperne i 19 timer (Hesse 2000, 2001).

Stort set hele strømforbruget går til de to vakuumpumper på hver 0,75 kW. En stor del af tiden arbejder pumperne imod lukkede ventiler for at fordampe vand i olien. Det kraftigt reducerede strømforbrug kunne tyde på at arbejdstiden imod lukkede ventiler er blevet betydeligt reduceret (Hesse 2000, 2001).

Lyd fra vakuumpumper og spildevandspumper

Der er målt på lyden fra vakuumpumperne og installationerne i 31 ud af de 32 lejlighedsentree, køkken og stue. Lydniveauet var højest i entreerne, hvor det lå fra 52 dBA – 60 dBA. I køkkenerne var lydniveauet lavere nemlig 43 dBA – 53 dBA. Stuerne lå lavest med 35 dBA – 52 dBA. Selv om samtlige værdier lå inden for de i Tyskland ifølge DIN 4109 og VDI 52219 angivne max. værdier på mindre end eller lig med 60 dBA, var lydniveauet højt (Triton-Format GmbH 1998C).

Specielt ved skyl om natten kunne lyden være meget generende. Det reducerede lyden en del, hvis toiletlåget var lukket ved skyl. Støjniveauet i

kælderen, hvor vakuumpumperne er monteret, var meget højt, når de kørte, hvad de ofte gjorde. En anden type pumpe, der ikke arbejder for at fordampe vand, ville reducere tiden for støj i kælderen og evt. i lejligheder over kælderen (Pers. med. Rainer Hohnholz 1999).

Driftsproblemer

Anlægget havde til at begynde med mange driftsstop. Grundene var tilstopning, betjeningsfejl og tekniske problemer. Der har været tilstopning på grund af damebind, dyrekogler og fåreuld. Frekvensen af driftsforstyrrelser aftog i 1999, selv om problemer med fåreuld i toiletterne vendte periodisk tilbage. I 2000 har der været mange tilstopninger på grund af, at nogle af lejerne løbende bortskaffer savsmuld, kattestrøelse m.m., der har været brugt til husdyr, via toilettet. Anlægget skal besigtiges hvert kvartal, og to af gangene foretages der også service. I 2000 er rørsystemerne blevet rensat. Lejerne siges nu at have vænnet sig til den usædvanlige lyd og accepterer anlægget (Stadtwerke Hannover AG 2001, Hesse 2001, Hesse pers. meddelelser 1999, 2000, 2001).

3.8 Etablering og afprøvning af det kildesorterende toilet med vakuum

Det kildesorterende, dobbeltskylende Ecovac 2-toilet med vakuum til fækaliedelen blev installeret i kælderen på ejendommen i Hannover i efteråret 1998. Toilettet blev installeret i demonstrationskælderen, hvor også vakuumanlægget og et Evac vakuumtoilet er installeret af Corona Solar GmbH, der også tidligere har installeret vakuumanlægget og vakuumtoiletterne.



Fig. 3.5 "ECO-VAC" kildesortierende vakuumtoilet med vakuumventil i kælderen
Kugelfangtrift 90-96, Hannover

3.8.1 Etablering af vakuumentilslutning

Toilettets fækale udløb er Ø 50 mm og bagudrettet. Der blev etableret en rørføring op til loft og hen til vakuumsystemet ved hjælp af 50 mm PP plastrør forbundet med to 45 grader bøjninger til retningsændringer.

3.8.2 Etablering af urinsystem

Toilettets urinslange Ø 22 mm i plast fik en lille bøjning, 11 – 13 cm, for at danne en lille vandlås og blev derefter koblet til afløb. Det var ukompliceret at lave rørføringerne i kælderen. Hvis rørføringerne skulle have været udført i de enkelte lejligheder, ville det straks have medført væsentlig mere arbejde og højere udgifter. Det er derfor vigtigt at optimere dette arbejde for at holde merudgifterne ved etablering af et to-strengt system nede.

3.8.3 Etablering af styreboks og knapper

Styreboksen i plast samt to trykknapper på en træplade blev monteret bag ved toilettet.

Toilettets magnetventiler til genfyld af toiletskålen til fækalier og til urinskyl blev forbundet til styreboks og trykknapper. Der er tale om et 12 volts system med transformer. Magnetventilerne, knapper og styring arbejder med 12 volt.

Tidsstyreenhederne for etablering af vandspejl og urinskyl blev indstillet. Der var i den medfølgende vejledning ikke angivet andet end retning for øget tid, da vandmængden ud over at være afhængig af tid også er afhængig af vandtryk. Der blev ikke lavet indstillinger til tid for motorgang, da toilettet i Hannover er koblet til et fælles permanent vakuumsystem og ikke til en individuel motor.

3.8.4 Betjening

Ved urinering alene trykkes der på knappen til urinskyl på væggen. Ved kun fækalier eller fækalier og urin trædes der på fodpedalen og trykkes på knappen for kombineret genfyld af skål samt urinskyl. Der er ikke fra fabrikken nogen forskel eller angivelse af funktion på knapperne. En sådanne må derfor laves individuelt på stedet.

3.8.5 Drift og demonstration

Det viste sig ved afprøvning og demonstration af toilettet hurtigt, at der var en utæthed.

Man var ikke klar over, om det lå i indgående vandtilførsel, urinslange eller vakuumventil på grund af en omsluttende plastikplade. Ved et besøg og besigtigelse på stedet i januar 1999 blev det vurderet, at utætheden kom fra vakuumsystemet. Der var meget, der tydede på, at der var en utæthed ved vakuumventilen.

Da problemet ikke kunne løses på stedet med en udskiftning af ventilen, og da Stadtwerke

Hannover AG gerne ville beholde toilettet til demonstration, indtil man havde et nyt, blev det efter en række drøftelser med fabrikken aftalt at lave et nyt Ecovac 2 med en anden ventil, der så blev sendt ned til afløsning af det utætte. Selv om der var lidt vand på gulvet, ønskede Stadtwerke Hannover AG at kunne demonstrere den nye teknologi for interesserede.

Ved samme besøg på stedet var der mulighed for at afprøve styringen og indstillingerne. Det viste sig, at såvel etableringen af vandspejl som urinskyl var sat til for lang tid i forhold til de vandmængder, man ønskede sig. Det skyldtes afgjort, at der ikke er nogen skala og at indstillingerne bliver foretaget på basis af individuelle skøn, der ofte bliver foretaget meget hurtigt. Tiderne blev indstillet til at give den ønskede vandmængde på ca. 0,6 l til etablering af vandspejl til fækulier og ca. 0,2 l til urinskyl.

En repræsentant for installationsfirmaet Corona Solar GmbH tilkendegav, at de fandt dokumentations- og installationsinformationerne yderst begrænsede, og at mange detaljer bar præg af, at det drejede sig om pioner arbejde, der endnu ikke havde fundet den endelige udformning. Det blev f.eks. bemærket at knapperne til montage på væggen var monteret på en træplade. Der kunne godt være brugt kraftigere standardkomponenter i styreboksen. Fodpedalen havde en tydelig fjederlyd, når man trådte den ned.

Mulighederne for at lave niveaustyring i stedet for tidsstyring af vandspejlet blev diskuteret. Der blev fremsat ønske om, at der kun var en betjening ved fækalt skyl på samme måde, som der kun er en betjening ved EVAC 90. Det kunne løses ved, at kontakten for vand til etablering af vandspejl og samtidigt urinskyl blev placeret i forbindelse med fodpedalen. Kritikpunkter og ønsker blev derefter rapporteret og indgående diskuteret med producenten Wost Man Ecology AB i Stockholm.

Det forhold, at toiletet kun skyller urin med ca. 2 dl i et gravitationssystem, muliggør et langt mindre vand- og luftforbrug end ved brug af de kildesamlende EVAC-toiletter. Ved brug af en anden type vakuumpumpe end dem der bruges i ejendommen, ville kildesorteringen kunne give et stærkt reduceret strømforbrug samt væsentligt mere koncentrerede restprodukter.

En anden fordel er lyd. Der er stort set ingen lyd ved skyl af urin, der bør være det hyppigste skyl ved Ecovac 2, hverken fra toilet eller fra system, hvorimod lyden fra EVAC 90 og vakuumsystemet er ens, uanset om der skylles urin eller fækulier. Natlige skyl, der mest er i forbindelse med urinering, kan være de mest generende ved EVAC 90 og vakuumsystemet. Disse bør kunne finde sted lydløst med Ekovac 2 og urinsystemet, men kun under forudsætning af, at papir der anvendes til urinering ikke skylles ud men afventer næste fækale skyl eller lægges i en sanitetsspand. Denne forudsætning går igen, hvis der skal opnås vandbesparelser og højere koncentrationer af restprodukter.

3.8.6 Nyt vakuumtoilet med ny vakuumentil

Ved demonteringen af det gamle utætte toilet tog Stadtwerke Hannover AG el-ledningerne fra på toiletet og forbandt dem til det nye toilet. De to trykknapper udløste efter tilslutningen ikke længere de ønskede toiletskyl. Det blev overvejet, om der kunne være sket noget med styreenheden. Problemet blev senere løst ved at bytte rundt på ledningerne. Det viste sig, at ledningerne ikke var blevet koblet rigtigt. El-diagrammet var blevet væk fra styreskabet. Der blev senere byttet om på kablerne, så de respektive knapper igen satte den ønskede aktivitet i gang.

Det ville være en fordel, hvis der i selve styreboksen i forbindelse med koblingerne var angivet kabelfarve og funktion samt funktion og tid på potentiometrene.

Den nye vakuumventil med øget returtryk har ved senere besøg og afprøvninger indtil nu vist sig at holde tæt. Returtrykket synes at være stort nok til, at der bliver lukket helt tæt, når man slipper fodpedalen. Der er dog ikke tale om en afprøvning med regelmæssigt skyl af fækalier og papir, hvorfor det ikke automatisk kan sluttes, at ventilen ikke vil give problemer ved praktisk anvendelse.

Vandforbrug

Det har ikke indgået i projektet at foretage målinger af vandforbrug i forbindelse med personers naturlige brug af Ecovac-2 toiletet i en lejlighed eller lignende.

Vandskyllet til urinskålen tidstilles til at give den, med det på stedet givne vandtryk, ønskede vandmængde. I ejendommen blev skyllemængden til Ecovac 2 sat til ca. 2 dl/skyl.

Da de fleste skyl normalt er urinskyl, burde der være basis for en meget stor vandbesparelse og dermed et restprodukt med en langt højere koncentration til separat opsamling eller sammen med fækaliefraktionen.

Vandskyllet til etablering af vandspejlet i toiletskålen til fækalier, der kan stilles fra 0,6 l – 1,2 l, blev sat til ca. 0,6 l.

Forskellen på Ecovac-2 med et indstillet skyl på 0,6 l og EVAC 90 med et skyl på 1,2 l giver mulighed for en vandbesparelse.

Det kan dog ikke udelukkes, at en stor del af besparelsen ved skyl af fækalier i praksis kan forsvinde ved et behov for at øge skyllefrekvensen med den lille vandmængde eller et behov for at øge skyllemængden. Det kan kun afgøres ved indsamling af erfaringer og forsøg.

Ecovac-2 bør kunne give et væsentligt bedre materiale til behandling i et biogasanlæg uanset om restprodukterne opsamles særskilt eller samlet i kraft af det reducerede vandindhold. Ved særskilt opsamling kan urinblandingen, som ikke i sig selv er interessant og egnet til behandling i et biogasanlæg, f.eks. lagres inden anvendelse som gødning i landbruget.

Elforbrug

Når Ecovac-2 som normalt bruges i forbindelse med en vakuummotor på 1.400 W arbejder motoren typisk kun 5 – 10 sekunder pr. fækalt skyl. Det giver ved to daglige fækale skyl pr. person et meget begrænset årligt strømforbrug på 1,4 – 2,8 kWh/p/a.

Når Ecovac-2 bliver monteret, som i ejendommen i Hannover, i forbindelse med et anlæg med permanentvakuum, burde det, i kraft af det separate urinsystem i gravitation uden energiforbrug, kunne give betydelige energibesparelser. Problemet er dog, at vakuumpumperne i Hannover på 0,75 kW ikke kun arbejder på at genskabe et konstant undertryk men også i høj grad på at fordampe vand i olien. Det er vigtigt i fremtiden at anvende en anden type pumpe.

Lyd

Ved fækalt skyl opleves lyden fra Ecovac-2 at være mindst lige så høj som fra EVAC-90.

Den store forskel forekommer dog ved de mange urins skyl. Her forekommer der ingen støj ved Ecovac-2. Dette er en meget stor fordel især ved natlige skyl. En forudsætning er dog, at et eventuelt anvendt papir ved urinerings skyl samtidig skylles ud men afventer et fækalt skyl eller lægges i en sanitetsspand.

Driftsproblemer

Selv om den nye vakuumventil ikke er blevet utæt ved gentagne tests skyl med vand, vides det ikke, hvordan ventilen ville reagere på f.eks. savsmuld og kattegrus fra husdyr, hvis disse materialer blev forsøgt skyllet ud i toiletet.

3.9 Sammenfatning og behov for fortsat udvikling

Vandforbruget til vandskyl af de kildesamlende EVAC vakuumtoiletter i 32 lejligheder i det sociale boligbyggeri i Hannover er med et dagligt vandskyl på 8,2 l/p/d (1998), 8,0 l/p/d (1999) og 9,2 l/p/d (2000) blevet reduceret med op til 80 %. Det tidligere vandforbrug til vandskyl med traditionelle vandskylende toiletter lå på ca. 40 l/p/d. Kildesorterende vakuumtoiletter har et stort potentiale for at nedsætte vandforbruget til vandskyl yderligere. Hvor stor besparelsen kunne blive i bebyggelsen vides ikke, da vi ikke har tilstrækkelig kendskab til skylles kvalitative karakter.

Der er ikke målt på indhold af næringsstoffer, men i et vakuumsystem opsamles 100 % af næringsstofferne i urin og fækalier. Koncentrationen af TS og VS i det opsamlede/udskyllede materiale kendes ikke men vurderes at ligge på ca 1 % TS. Der er her ikke taget hensyn til udskyllet kattegrus, savsmuld m.m, der kan have hævet procenten, men er uønskede i systemet. Ecovac-2 toiletter kunne hæve TS-indholdet væsentligt. Det vurderes, at TS kunne hæves til 1,75 – 3,5 %.

Strømforbruget til drift af vakuumsystemet lå på 0,11 kWh/p/d i 1998 men reduceredes til henholdsvis 0,09 kWh/p/d i 1999 og 0,06 kWh/p/d i 2000. Strømforbruget pr. m³ skyllevand var i 1998 13,9 kWh, i 1999 10,9 kWh og i 2000 7,0 kWh. Det synes som om vakuumpumperne er blevet mere effektive med hensyn til at arbejde mod lukkede ventiler.

Rigtigt benyttede kildesorterende vakuumtoiletter burde således kunne give en betydelig yderligere reduktion i strømforbrug pr. person pr. dag.

Det ville være interessant at lave økonomiberegninger og sammenligning af udgifter til etablering og drift med almindelige vandskylende toiletter.

Støjniveauet i egen lejlighed fra skyl af eget toilet med lukket låg må betegnes som højt. Lydniveauerne lå i stuerne på 35 – 52 dBA i køkkenerne på 43 – 53 dBA og i entreerne på 52 – 60 dBA. Der blev typisk skyllet ca. 7 gange pr. person pr. lejlighed. Beboerne siges efter tilvænnning at have vænnet sig til det højere lydniveau ved skyl. Kildesorterende vakuumsystemer ville ikke kunne nedsætte støjniveauet ved fækale skyl men ville kunne nedsætte frekvensen af vakuums skyl og dermed af skyl med støj. Især om natten ville støjfrekvensen

kunne reduceres kraftigt. Alt under forudsætning af opfyldelse af systemkravene for rigtig skylleadfærd.

Der er taget udgangspunkt i nogle systembetingelser ved at bruge Ekovac 2-toiletet, der er generelle for de dobbeltskylende kildesortende toiletter, vi kender i dag. Mænd skal sidde ned, når de tisser. Papir, der bruges, når man kun tisser, skal lægges i toiletskålen og afvente næste fækale skyl eller lægges i en sanitetsspand for at sikre en reduceret skyllemængde i sammenligning med det almindelige vakuumtoilet. Ligeledes bør den (normalt begrænsede del) urin som ved sorteringen kan havne i fækalieskålen ikke skylles ud ved urinering alene. Ved menstruation skylles naturligvis efter behov.

Kildesorteringen i kombination med det meget begrænsede urinskyl rummer et potentiale for såvel vand- og energibesparelser og højere koncentrationer af restprodukter i form af såvel næringsstoffer som organisk materiale.

Det reducerede vandforbrug til skyl af fækalier kan også sænke vandforbruget og hæve koncentrationen af f.eks. organisk materiale i restproduktet, men praktiske afprøvninger og vurderinger af renskyllningen må vise hvor meget oftere, der skal skylles, hvis man forsøger at reducere skyllemængde til f.eks. 0,6 l/skyl i stedet for 1,2 l/skyl.

Betingelsen for overhovedet at kunne anvende det kildesortende hybridtoilet med vakuum til fækalier i systemer med flere toiletter er en velfungerende vakuumventil. Den første vakuumventil var utæt, hvorimod den senere afprøvede ventil med større returtryk indtil nu har været tæt. Der har dog ikke været tale om en afprøvning med hyppigt og regelmæssigt skyl af fækalier og papir, hvorfor det ikke vides, hvordan ventilen ville reagere under disse omstændigheder. Det vides heller ikke, hvordan ventilen vil reagere på savsmuld, kattegrus m.m.

Ved fækalt skyl skulle man såvel træde på fodpedalen som trykke på den ene af vægknapperne. Det vurderes at være for besværligt. Der er efterfølgende bl.a. på baggrund af erfaringerne fra Hannover sket en fortsat ændring af vakuumtoiletterne fra Wost Man Ecology AB. Det drejer sig om, det kildesortende "Clevervac" med vakuum til fækalier og det kildesamlende "Clearvac". Det var hensigten at lave toiletterne dels i en udgave uden fodpedal og afløbsventil til enkeltinstallationer og i en udgave med fodpedal og afløbsventil, hvis flere toiletter skulle kobles på et fælles vakuumsystem. På grund af dårlige erfaringer med afløbsventilerne gik man imidlertid væk fra toiletter med afløbsventiler (Personlig meddelelse Erik Friberg 2001).

Det er dog ud fra hidtidige erfaringer vigtigt med en nøje afprøvning på praksislignende vilkår inden der etableres toiletter med fælles vakuumsystem. Der er brug for bedre montagevejledninger m.m. og generelt behov for at forbedre finishen på produkterne. Skulle der selv efter væsentlige forbedringer optræde tekniske problemer, er det vigtigt at de i størst muligt omfang kan løses på stedet og alternativt, at erstatningstoiletter lagerføres i området.

Der har været vist stor interesse fra såvel involverede parter som fra besøgere. Stadtwerke Hannover, Corona Solar, TU-Hannover m.fl. er alle interesserede i at der arbejdes videre med teknikken på grund af de interessante perspektiver med mulighed for at behandle mere koncentrerede fækalier i biogasanlæg.

Såvel "Umweltdezernenten" fra Stadt Hannover som medarbejdere fra Wuppertalinstitutet har ved besøg og samtaler udtrykt stor interesse i en fortsat udvikling. Et tysk firma er blevet inspireret til at sætte et udviklingsprojekt i gang for at udvikle såvel et dobbeltskylende kildesorterende toilet som et kildesorterende toilet med vakuum til fækalidelen.

Producenten af Ecovac 2, Wost Man Ecology AB i Stockholm har løbende deltaget i diskussionerne og taget del af erfaringerne. To vakuumtoiletter, fra Wost Man Ecology AB, uden afløbsventil og fodpedal er afprøvet i et pilotprojekt i Storstrøms Amt (M226-0024 "Vakuumtoiletter og forarbejdning af det indsamlede materiale i biogasanlæg eller ved vådkompostering"). Erfaringer fra dette projekt har bidraget til yderligere ændringer.

Fremtidige afprøvning af versioner med afløbsventil og fodpedal burde finde sted på et teknologisk institut. En sådanne afprøvning vil kunne give et fingerpeg om, hvor langt man er nået med at løse de tekniske problemer.

Det ville ligeledes være interessant at afprøve ventilsystemer, der ville muliggøre tilførsel af de faste organiske madrester fra husholdningernes køkkener efter en køkkenkværn. Det ville ved kildesamlende vakuumtoiletter give en samlet opsamling af samtlige fraktioner og ved kildesorterende toiletter f.eks. en opsamling sammen med fækalier og papir.

3.10 Perspektiver

Såvel kildesamlende som kildesorterende toiletteknologi med efterfølgende opsamling af urin, fækalier, papir og skyllevand giver en opsamling af tørstof, organisk materiale og næringsstoffer på 100 %. Kildesorteringen muliggør dog en væsentlig mere koncentreret opsamling og adskillelse af kvalitativt forskellige fraktioner. Der forestår dog et stort arbejde med at sikre at de humane restprodukters høje kvalitet ikke forringes ved at toiletterne anvendes som "skraldespande" og med at optimere såvel teknik som skylleadfærd. Ved en tilførsel af kværnede organiske madrester ville der ideelt kunne opnås et potentiale for en total recirkulation til landbrugsmæssig anvendelse.

4 Anvendelse af en cyklonseparator

4.1 Indledning

Hensigten er at erhverve mere viden om separatorens potentiale som en systemkomponent til koncentreret opsamling af organisk materiale og næringsstoffer fra humane restprodukter i fækaliestrømmen, fra kildesorterende dobbeltskylende toiletter, i en tank. Der er her tale om en sammensætning af systemkomponenter, der kunne være et alternativ til bl.a. kildesorterende toiletter med vakuum til fækaliedelen, som tidligere beskrevet, ved at kompensere for det oprindeligt store vandskyl.

Afgørende vil være, at separatorerne er driftsstabile, at den separerede fraktion er interessant for behandling og senere spredning, samt at det fraseparerede fækalt kontaminerende vand kan håndteres på en fornuftig måde.

Hvor det kildesorterende toilet med vakuum sammenfører en skyllevandsstrøm med henholdsvis en urinstrøm og en fækalie- og papirstrøm (samt luftstrøm) giver et dobbeltskylende kildesorterende toilet i kombination med en separator en ekstra strøm i form af en frasepareret væskefase.

Der er i projektperioden talt med en række brugere af installationerne samt producenten. Der er desuden beskrevet litteraturstudier og indsamlet måleresultater.

4.2 Formål og anvendelse

Separatorer er bl.a. kendt fra mejeriområdet. Firmaet Alfa Laval AB har beskæftiget sig med separatorer som et primært forretningsområde. Der anvendes også enkle separatorer til f.eks. at fjerne uønsket materiale som blade m.m. fra regnvand. Separatorer anvendes i dag, i forbindelse med toiletter, i begrænset omfang især i Sverige til at separere fækalier fra efter vandskyl fra vandskylende toiletter.

Den mest almindelige systemsammensætning består af en separator placeret efter et kildesamlende toilet med et til 3 l begrænset vandskyl med henblik på at tage fast materiale fra til efterfølgende kompostering. Separatorerne er fortrinsvis blevet anvendt i fritidshuse, men der er også nogle skoler, kontorer og bl.a. en boligblok i fire etager, der anvender separatorer (Aquatron 1995, 1996, 1997A, 1997B).

En del separatorer bruges i forbindelse med dobbeltskylende kildesorterende toiletter for at tage fækalier og papir fra til kompostering. Ideen er at tilvejebringe et egnet fækalt kompostmateriale efter et i forhold til det fækale materiale stort vandskyl.

Separatorer er indtil nu ikke blevet brugt i forbindelse med opsamling i store lukkede tanke. Hvis separatorerne blev brugt på denne måde, kunne der måske indsamles et materiale med et relativt højt indhold af organisk materiale

og en betydelig del af næringsstofferne fra fækalier til behandling i biogas- eller vådkomposteringsanlæg med henblik på senere spredning på landbrugsmæssige afgrøder.

4.3 Relation til andre systemkomponenter

Separatorerne har indtil nu været den tekniske komponent, der har udgjort bindeledet imellem henholdsvis kildesamlende og vandbesparende eller kildesorterende dobbeltskylende toiletter på den ene side og kompostenheder på den anden side. Kompostenhederne er især beholdere i plast med et enkelt rum, hvis størrelse er bestemt af beregnet tilførelse af materiale. Der er også runde plastbeholdere opdelt i fire rum, der kan drejes og fyldes på skift. Større kompostenheder i rustfrit stål eller roterende kompostbeholdere anvendes også (Aquatron 1995, 1996).

Et eller flere toiletter forbindes med 110 mm rør til en separator monteret på et kompostmodul. Det fraseparerede vand ledes derefter til lokal rensning evt. efter forudgående at have passeret et uv-filter eller til kloak og central rensning (Aquatron 1995, 1996).

Det almindeligste har været at forbinde et enkelt toilet med en separator anbragt i en kælder eller lignende af hensyn til naturligt fald ved gravitation. Der er dog også mange eksempler på kobling af flere toiletter og i et tilfælde, "Ekoporten", Norköping, Sverige er der tale om kobling af to gange 11 toiletter til to separatorer i en bygning i fire etager (Vinnerås 2001).

Ved kildesortende dobbeltskylende toiletter, der har et væsentligt reduceret vandskyl ved urinskyl, kan separatorerne tørstofmæssigt kompensere for det normale fækale skyl på 4 – 6 l (i nogle tilfælde op til 9 l).

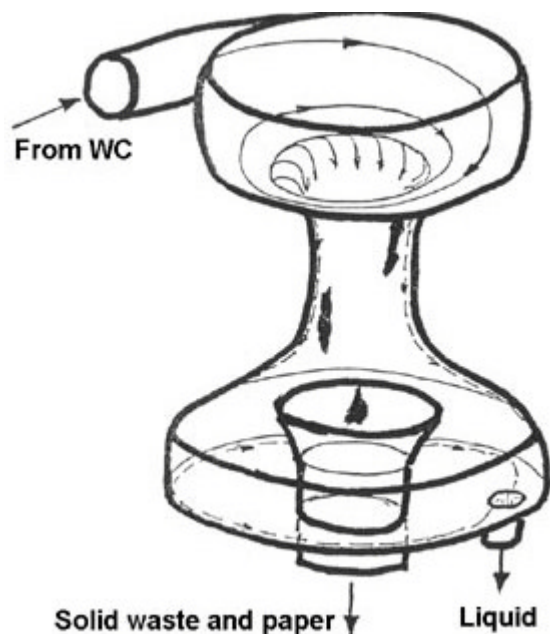
Separatoren er et alternativ til afvanding via septiktank, geotekstilfilter eller lignende før kompostering. Hvis separatorerne blev anbragt på lukkede tanke eller på anden måde leverede materiale til tankene, kunne de måske i fremtiden bruges til opsamling af fækalt materiale med højt indhold af organisk materiale til behandling i biogasanlæg og et godt indhold af næringsstoffer til efterfølgende anvendelse i landbruget.

I forbindelse med kildesortering kunne der samlet blive tale om en betydelig recirkulering af næringsstofferne i urin og fækalier.

En yderligere mulighed ville være at bruge separatoren som systemkomponent imellem en grovkværnende kværn i det enkelte køkken eller centralt placerede i en ejendom og en fælles opsamlingstank med henblik på behandling sammen med det fækale materiale.

4.4 Funktion og opbygning

Aquatron 3000 er en cyklonseparator. Konstruktionen består af et snegleformet plastkar, der er udformet således, at der i kraft af vandets hastighed, centrifugalkraften, gravitation og overfladespænding sker en fysisk separation af fast materiale, af en hvis partikelstørrelse, fra vand. Det er meningen, at fast materiale skal falde ned i midten og via et udløb have i en beholder, som separatoren er monteret på, mens vandet skal følge karets inderside for via et andet udløb at blive ført til lokal eller central behandling.



Aquatronen består af en overdel og en underdel. Tilslutningen i overdelen er \varnothing 110 mm. Ved at dreje overdelen og en tilsluttet 110 mm 15 grader bøjning kan Aquatronen tilkobles toiletafløbsledningen i forskellige vinkler. Der er i Aquatronen monteret 0,5 mm rustfrie tråde i plastkaret for at forhindre at papir følger vandvejen.

Der produceres to størrelse af Aquatronen. Den ene er beregnet for tilslutning af op til tre til fire toiletter og har et udløb for væske på \varnothing 50 mm. Den anden er beregnet for op til 8 toiletter og har et udløb for væske på \varnothing 110 mm.

Fig. 4.1 "Aquatron" separator. Principskitse



Fig. 4.2 "Aquatron" separator med fire-kammer roterende batch-kompostenhed

4.5 Historie og udbredelse

Separatoren blev første gang præsenteret i 1986 af konstruktøren Torsten Åkesson, Åkesson Innovation AB. Den er siden ifølge konstruktøren forbedret på flere punkter.

I april 1992 blev den testet på "Statens Provningsanstalt" (SP) i Borås, Sverige. Aquatron International AB, som markedsfører separatoren af samme navn, har i 1995 fået separatoren samt kompostenheder og uv-anlæg typegodkendt af det svenske "SITAC".

Der er solgt over 3.000 separatoreer siden 1986. De allerfleste i Sverige. Der er ikke kendskab til installationer i Danmark.

4.6 Brugererfaringer

Med udgangspunkt i firmaets referenceliste er der blevet talt med en række brugere, der brugte Aquatron i forbindelse med kildesortende dobbeltskylende toiletter samt andre, der på forskellig måde havde været involveret i installationer, hvor Aquatron indgik.

Fælles for alle installationer var at separatoren blev brugt i forbindelse med kompostenheder. Der var kun lavet en enkelt installation med en separator monteret på en nedgravet tank i forbindelse med et fritidshus. Det har ikke været muligt at komme i kontakt med brugeren.

To ting gik igen i mange beretninger omkring erfaringer med separatoren. Mange har kunnet berette om problemer i opstarten, efter at systemet var etableret. Der kom alt for meget vand i kompostbeholderen. Problemerne syntes generelt før eller senere løst ved, at hældningen på den sidste meter på 110 mm røret, der er tilsluttet indgangen på separatoren, er ændret til ca. 5 %. Dette har ændret toiletvandets indgangshastighed og dermed reduceret den vandmængde, der tilførtes fra separatoren. Hvis en betydelig vandmængde løb direkte ned i kompostbeholderen, kunne det tyde på for lav hældning på røret og for lav hastighed på vandet. Hvis vandet kørte rundt i Aquatronen for senere at løbe ned i kompostenheden, kunne det tyde på for stor hældning på røret og for stor hastighed på vandet. Smedens Ekoby var et blandt flere steder, der havde haft ovennævnte problemer i opstarten. (Pers. meddelelse Pia Larsson, 1999 samt 2000.)

Mange har berettet om, at komposteringen især med orme var meget effektiv. De fik meget lidt kompostmateriale.

De fleste, der er talt med, har, ofte efter indledende problemer, været tilfredse. Et sted hvor systemet blev drevet med stort engagement og fungerede rigtigt godt var på Elias Friis Skolan i Hyltebruk, Sverige. (Pers. meddelelse, Kenth Backlund, Elias Friis Skolan, Hyltebruk, Sverige, 1999 og 2000).

Der er blevet stillet en række spørgsmål angående funktionen af separationen. Hvor meget vand i procent eller i absolutte tal fulgte med det fækale materiale ned i beholderen? Hvor meget fækalt materiale i vægt eller volumen opsamledes i beholderen? Hvor meget fækalt materiale fulgte med vandfasen

typisk til en septiktank? Er der lavet nogle målinger på, hvor næringsstofferne havner?

Der var i projektperioden ikke foretaget målinger hos nogen af dem, der var kontakt til, og brugerne havde svært ved at anslå værdier. Flere havde dog haft en fornemmelse af, at måske 2 – 4 % af vandet gik i kompostbeholderen. Tallene svarede til de af Aquatron International AB oplyste, og afspejler måske i lige så høj grad denne information som egne erfaringer.

Det er meget begrænset, hvad der foreligger af undersøgelser af separation ved hjælp af en Aquatron i forbindelse med kildesorterende toiletter. De første undersøgelser er foretaget af Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala i bebyggelsen Ekoporten i Norrköping (Vinnerås 2001).

Litteraturstudier viste, at der tidligere er lavet to undersøgelser vedrørende separation ved brug af en Aquatron i forbindelse med et kildesamlende toilet. Den ene undersøgelse er foretaget af SLU i Uppsala, da separatoren blev introduceret i 1986: "Undersökning av funktionen i vattentoiletten "Aquatron 3000". Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), avfallsbiologi, Kalju Valdmaa, juli 1986. Den anden undersøgelse er foretaget på SP (Statens Provninganstalt) i Borås, Sverige i 1992.

4.7 Afprøvning af og målinger fra installationer med Aquatron separatorer

4.7.1 Afprøvning af en Aquatron separator på SP i Borås, Sverige

Der foreligger nogle testresultater fra en prøveopstilling i et laboratorium på SP (Statens Provninganstalt) i Borås i Sverige. Testen er, som det også er praksis ved test af skyllefunktionen i wc' r, ikke foretaget med rigtige fækalier, men med materiale som i nogle henseender skulle svare til variationen i fækaliekonsistens og fækaliemængde.

I april 1992 havde SP en prøveopstilling, hvor en Aquatron 3000 separator blev forbundet med et kildesamlende Ido 863 toilet med 3 l skyl. Toilet og separator blev uden forudgående vertikalt faldrør forbundet med et 110 mm rør med en hældning på 5 % og en længde på først 1 m og senere 6,5 m til separatorens indgang. Skyllevand og materiale opsamledes separat i to beholdere fra de to udgange på separatoren (Statens Provninganstalt 1992)

Gennemførte tests med skyl med vand og tre materialer

Der blev i opsætningen med 1 m rør foretaget følgende skyl og tilførsel til separatorens indgang:

A 10 stk. skyl med kun vand, ca. 3l/skyl.

B 10 stk. skyl i alt, heraf 8 skyl med såvel ca. 3 l skyllevand som 100 g stavformede partikler Ø 2 – 5 mm, i alt 800 g, efterfulgt af 2 skyl med kun vand ca. 3 l/skyl.

C 10 stk. skyl i alt, heraf 8 skyl med såvel ca. 3 l skyllevand som 100 g gule ærter ca. Ø 6 – 7 mm, i alt 800 g, efterfulgt af 2 vandskyl med kun vand 3 l/skyl.

D 10 stk. skyl, heraf 8 med såvel ca. 3 l skyllevand som 4 x 4 tern enkeltlags toiletpapir, vægt ca. 7 g, efterfulgt af 2 vandskyl med kun vand, ca. 3 l/skyl.

Efter gennemførelse af test med 1 m rør ændredes længden på røret til 6 m, og A samt C blev gentaget.

Resultater ved 1 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning for skyllevand

Tabel 4.1

Resultater for gennemløb af skyllevand i en Aquatron separator ved 1 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning for skyllevand

Test	Enhed	Skyllevand til partikelafløb	Skyllevand til afløb for vand
A	%	1	99
B	%	2,6	97,4
C	%	2,3	97,7
D	%	9,7	90,3

(Statens Provningsanstalt 1992)

Tabel 4.2

Resultater for skyl af partikulært materiale til en Aquatron separator ved 1 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning

Test	Enhed	Partikler til partikelafløb	Partikler til afløb for vand
A	%	ingen partikler	ingen partikler
B	%	7,4	92,6
C	%	98,3	1,7
D	%	100	0

(Statens Provningsanstalt 1992)

I A gik kun 1 % af skyllevandet til afløbet for partikler (udløb 1) mens 99 % gik den ønskede vej til udløbet for vand (udløb 2).

I B gik i alt 2,6 % af vandet til afløbet for partikler. Ved de 8 skyl med stave gik dog mere end 2,6 % af vandet partikelvejen, da 2 rene vandskyl med kun 1 % indgik i de samlede tal.

Kun 7,4 % af stavene (Ø 2 – 5 mm) gik partikelvejen, resten, 92,6 %, gik vandvejen.

I C tog i alt 2,3 % af vandet partikelvejen. Procenten ved de 8 skyl med gule ærter (ca. Ø 6 – 7 mm) er af samme grund som i B noget større.

Hele 98,3 % af de gule ærter tog partikelvejen.

I D er det hele 9,7 % af vandet, der gik ud af partikelafløbet. Hvis der yderligere ses bort fra de 2 rene vandskyl, der indgår i tallene, er der tilsyneladende tale om, at næsten 12 % af skyllevandet fra skyl med papir havnede i partikelafløbet.

Resultater ved 6 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning

Tabel 4.3

Resultater for gennemløb af skyllevand i en Aquatron separator ved 6 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning

Test	Enhed	Skyllevand til partikelafløb	Skyllevand til vandafløb
A	%	2,4	97,6
C	%	2,5	97,5

(Statens Provningsanstalt 1992)

Ved A havnede nu 2,4 % af skyllevandet i partikelafløbet.

Ved C var det 2,5 % af skyllevandet der tog partikelvejen.

Tabel 4.4

Resultater for gennemløb af partikulært materiale i en Aquatron separator ved 6 m Ø 110 mm rør med 5 % hældning

Test	Enhed	Partikler til partikelafløb	Partikler til afløb for vand
C	%	99,8	0,2

(Statens Provningsanstalt 1992)

Stort set alle gule ærter (99,8) gik nu partikelvejen

Kommentarer til testen

Der er tale om en meget begrænset test. Undersøgelsen er begrænset til et enkelt kildesamlende toilet, et bestemt vandskyl, en hældning og to rørlængder.

Det kunne være interessant at lave forsøg med en række forskellige hældninger og længder på 110 mm rørene ved vandskyl varierende imellem 3 – 6 l, som de kendes ved kildesortierende dobbeltskylende toiletter, samt at lave forsøg med små og store vertikale fald og kobling af flere toiletter. Det ville give forskellige indgangshastigheder og konsistens for blandingen ved indløb til Aquatronen.

Det ville naturligvis også være af stor interesse at kunne måle på komplette installationer i brug med rigtige fækalier. Der er som sædvanlig ved skylletest ikke anvendt rigtige fækalier. Det er beklageligt men forståeligt ud fra en række hensyn til dem, der gennemfører forsøgene.

Der er tale om tests, der bevæger sig inden for rammerne af et "renskyls- og bortskaffelsesparadigme". Teknologi for tilbageføring af næringsstoffer og organisk materiale kan bestemt ikke se stort på skyllefunktioner men må optage flere bedømmelseskriterier.

Variationerne inden for konsistensen af fækalier er store, og der kan ligeledes være stor forskel på konsistensen ved udsondringen i forhold til ankomsten til separatoren alt efter rørføringen.

Der anvendes 100 g partikler/skyl. Den virkelige mængde kan imidlertid udmærket være 150 g fækalier p/d med et TS-indhold på 45 g (Del Porto 2000).

Det kan undre at, at man kun gennemfører skyl med papir og skyllevand og ikke også papir sammen med henholdsvis stave og gule ærter. Det må anses som mindre sandsynligt, at brugerne af et IDO 863 i kombination med en separator ikke vil smide papir, der er brugt til at tørre sig efter udsondring af fækalier, i toilettet.

Papirmængden kan variere meget. Det bliver ikke muligt at se resultater af anvendelse af forskellige papirmængder pr. skyl.

Kommentar til resultater

Når der kun blev skyllet med skyllevand, kom der mindst vand i partikelafløbet.

Mængden steg fra 1,0% til 2,4%, når længden på røret forøgedes fra 1 m til 6,5 m. Det kan tolkes som en indikation på, at den højere hastighed giver større fejlprocent på samme måde, som det ville have været tilfældet ved for lave hastigheder.

Af stavene på Ø 2 – 5 mm gik kun 7,4 % partikelvejen. Der er i spildevandssammenhæng generelt meget lidt viden om fækalier og fækaliekonsistens, men det må være realistisk at antage, at det ikke kun er ved personer med diarre, at materiale vil gå tabt.

Vi udsondrer meget forskellige restprodukter fra person til person og fra tid til tid. En del udsondret fækalt materiale vil givet have en partikelstørrelse på under 5 mm. Fækalier vil yderligere især i installationer med store vertikale fald kunne blive slået i stykker under rørtransporten frem til separatoren. Der er et stort behov for at måle på rigtige installationer med rigtige fækalier.

Resultaterne med gule ærter (Ø ca. 6 – 7 mm), hvor 98,3 % gik partikelvejen, tyder på at resultaterne kan blive næsten optimale ved skyl af faste fækalier. Kun en mindre del på 2,6 % af skyllevandet fulgte i testen med partiklerne.

Alt papiret gik den rigtige vej mens ca. 12 % af vandet fulgte papiret. Ca. 0,36 l skyllevand fulgte de 4 x 4 enkelttern toiletpapir med en samlet vægt på ca. 7 gram til partikelafløbet. Det er måske 10 gange mere end den væde som

papiret absorberer. Hvor mange procent af vandet der ville have taget partikelvejen, hvis de 4 x 4 enkelttern toiletteppapir med en vægt på 7 g var blevet skyllet ud med henholdsvis gule ærter, stave eller forskellige typer og mængder af fækalier og med et større vertikalt fald vides ikke. Hvilke ændringer ville der forekomme med ændrede papirmængder?

Rent umiddelbart kunne målingerne tyde på, at papiret er den bestemmende faktor for, hvor meget af skyllevandet, der tager den forkerte vej igennem partikelafløbet. Det kunne se ud til at kombinerede skyl af fækale substitutter og papir i forsøgsopstillingen ville blive bestemt af papiret og dermed resultere i at måske 12 % af skyllevandet gik til partikelafløbet. Et vertikalt fald og en højere indgangshastighed til separatorens kunne evt. reducere vandmængden, der fulgte papiret til partikelafløbet.

Det skønnes på ovenstående baggrund at tre liter skyl med 35 g TS fækalier og 7 g papir ved en anslået separation på 80 % og med 12 % vand til partikelafløbet ville have givet en TS-procent på 9,7 %.

Hvis større papirmængder kan forventes at give større vandmængder i partikelafløbet, kan det have en negativ betydning for en strategi med at smide papir fra urinerne ved kildesortering i toiletten for at afvente næste fækale skyl sammenlignet med at bruge en sanitetsspand.

I installationer med stort vertikalt fald og lange transportafstande kan man også meget vel forestille sig, at en betydelig del af papiret kunne blive slået i stykker og tage vandvejen.

4.7.2 Funktionsundersøgelse af en sommerhusinstallation

Kalju Valdmaa, SLU Uppsala, fik i 1986, af konstruktøren Torsten Åkesson, Åkesson Innovation AB, til opgave at undersøge henholdsvis væskefasen og den faste fase efter separatorens.

Den undersøgte installation bestod af et kildesamlende toilet med 3 l skyl i kombination med en separator etableret i Åkessons sommerhus. Det horisontale fald på 110 mm røret var 1 % bortset fra den sidste meter, hvor faldet var 5 %. (Åkesson pers. medd. 2000).

Det er vigtigt at slå fast, at det drejede sig om en enkelt installation med et kildesamlende toilet med 3 l skyl brugt af et begrænset antal personer. Hvis man skal forsøge at give et bud på, hvordan det kunne have set ud, hvis toiletten var kildesortering, skal der laves en hel del mere eller mindre usikre antagelser. Af mangel på mere egnede undersøgelser, vil der blive gjort et begrænset forsøg.

Der blev i forsøgsperioden, der strakte sig fra 15.02.1986 – 05.04.1986, i alt skyllet 158 gange. Valdmaa omtaler kun, at 27 skyl var skyl af urin + fækalier. Der nævnes ikke noget om papir. (Valdmaa 1986). Ved samtaler med Åkesson præciseredes det, at af de 158 skyl var de 27 skyl af urin + fækalier + papir, mens de resterende 131 udelukkende var skyl af urin uden papir. (Åkesson, pers. medd. 2000). Der var ikke tal for henholdsvis tilført urin, fækalier og papir.

Belastningen opgjordes til 32 persondøgn. Der skylledes 4,9 gange pr. persondøgn. Den totale skyllemængde var 494 l svarende til 3,13 l/skyl. Der

indsamledes i perioden i alt 22 l indeholdende 572 g Tørstof (TS) via afløbet for partikler. Det svarede til 0,68 l med 17 g TS pr. personøgn. TS-procenten bliver således 2,6 %.

Det samlede vandforbrug i sommerhuset i perioden var 3.950 l svarende til 123 l/p/d.

Der blev yderligere foretaget målinger af indholdet af organisk materiale, aske, indholdet af N, ammonium, P og K.

De kommende angivne måleresultater stammer alle fra Waldmaa 1986, og beregningerne og vurderingerne er lavet ud fra disse tal.

Skyllevand

Af de i alt 494 l skyllevand brugtes 410 l til urinskyl og 84 l til skyl af fækalier, urin og papir.

Urin, fækalier og papir

På baggrund af tal fra Waldmaa kan man regne sig frem til, at den samlede mængde urin, fækalier og papir må have været på 30 l. Fordelingen kunne f.eks. være 27 l urin med 1.080 g TS og 3 l fækalier (600 g TS) og papir. Papirets vægt kunne være 27 x 7 g.

Urinaen bør altovervejende være havnet i væskefasen. Baseret på testen på SP bør 1 – 3 % af urinen, svarende til 0,25 l til 0,75 l urin, ved de 131 urinskyl være havnet i partikelafløbet.

Af de 410 l vandskyl til urinskyl bør 4,1 – 12,3 l være havnet i partikelafløbet. Ved de 27 skyl af fækalier og urin var måske 10 – 15 % af henholdsvis urin og skyllevand, svarende til 0,5 l til 0,75 l urin og 8,5 til 12,8 l skyllevand på grund af papirforbruget gået partikelvejen.

Stort set alt papir bør i den givne installation være havnet i partikelafløbet. Spørgsmålet er, hvor fækalier er havnet?

Opsamling fra afløbet for partikler

Tabel 4.5
Opsamlede mængder fra partikel afløbet

Parameter	Enhed	Opsamlet mængde	Opsamlet mængde pr. 1
Totalt opsamlet	l	22	
Tørstof (TS)	g	572	26
Organisk materiale (VS)	g	492	22,36
Total-N	g	27	1,23
NH4-N	g	9,2	0,418
Total-P	g	7,4	0,336
Kalium	g	8,0	0,364

(Waldmaa 1986)

Tørstofprocenten er 2,6 % og procenten for organisk materiale er 2,24 %.
Procenterne i forhold til tørstof bliver:

86 % organisk materiale
4,7 % N
1,61 % NH4-N
1,29 % P
1,40 % K

Skyllevand i den faste del

Hvis det er rigtigt, at 1 – 3 % af skyllevandet, ved rene urinskyl uden papir, følger partikelvejen giver dette 4,1 – 12,3 l. Hvis det antages, at 10 – 15 % af skyllevandet ved skyl af urin, fækali er og papir gik partikelvejen giver dette 8,45 l – 12,67 l. De samme procent urin bør yderligere være gået samme vej.

Opsamling i væskefasen

Følgende værdier angives for opsamling i væskefasen:

Tabel 4.6
Resultater af målinger af indhold i opsamling fra væske afløbet

Parameter	Enhed	Mængder	Mængder pr. liter
Totalt opsamlet	l	502	
TS	g	753	1,5
Organisk materiale	g	361	0,719
Aske	g	392	0,783
Total-N	g	201	0,4
NH4-N	g	151	0,3
Total-P	g	18,1	0,036
Kalium	g	37,7	0,075

(Waldmaa 1986)

Der angives ikke et samlet volumen hos Waldmaa. Det kunne her anslås til ca. 502 l. ($753 : 0,0015 = 502$). Med udgangspunkt i et volumen på 502 l fås de ovenstående angivelser af indhold pr. liter.

Forhold imellem det opsamlede "faste" og det totalt registrerede i de to faser

Forholdet bliver udregnet i procent som følger:

Tabel 4.7

Andel af indholdsstoffer i opsamlingen fra partikelafløbet i forhold til de samlede mængder fra partikel- og væskeafløb

Parameter	Enhed	Andel fra partikelafløbet
Tørstof (TS)	%	43,2
Organisk materiale (VS)	%	57,7
Aske	%	16,9
Total-N	%	11,8
NH4-N	%	6,0
Total-P	%	29
Kalium	%	17,5

Et skøn over opsamlingen fra partikelafløbet ved de samlede fækale skyl

For at foretage et sådant skøn skal der renses for skyllevand og urin tilført fra de 131 urinskyl.

Skyllevand

Af de 410 l skyllevand til urinskyl bør, baseret på undersøgelsen på SPI i Borås, 1 – 3 % af skyllevandet svarende til 4,1 – 12,3 l havne i partikelafløbet.

Urin

10 – 15 %, svarende til 0,5 til 0,75 l af den urin der skylles ud sammen med fækalier og papir, vurderes at ville havne i fækaliaefløbet. Med urinen vil max. 20 – 30 g TS havne i partikelafløbet.

1 – 3 %, svarende til 0,25 – 0,75 l af den anslåede urinmængde, der skylles ud uden fækalier og papir, vurderes at ville havne i partikelafløbet. Med urinen vil max. 10 – 30 g TS havne i partikelafløbet.

Skøn over TS i blandingen opsamlet fra fækale skyl

Den opsamlede totale mængde på 22 l ville blive reduceret, med 4,85 l – 13,8 l, til 17,15 – 8,2 l. TS ville samtidig blive reduceret med 30 – 60 g til 723 – 693 g. TS ville ligge på 4,0 – 8,8 %. Begge tal ligger væsentligt over de 2,6 % og indikerer perspektivet ved at kombinere en separator og kildesortering toiletter. Der er ligeledes tale om en væsentlig højere koncentration, end der kan opnås ikke bare med kildesamlende vakuumtoiletter men også med kildesorteringe vakuumtoiletter (Se 6.8).

Skøn over VS i blandingen opsamlet fra fækale skyl

Den opsamlede totale mængde på 22 l ville blive reduceret, med 4,85 l – 13,8 l, til 17,15 – 8,2 l. VS ville samtidig blive reduceret med 15 – 30 g til 477 – 462 g. VS ville ligge på 2,7 – 5,8 %. Begge tal er væsentlig over de 2,24 % og indikerer perspektivet ved at kombinere en separator og kildesortering toiletter. Der er også her tale om en væsentlig højere koncentration end, der ville kunne opnås med såvel et kildesamlende som et kildesorteringe vakuumtoilet (Se 4.8).

Skøn i forhold til et scenario med kildesorteringe dobbeltskyllende toiletter

Hvis de kildesorterede dobbeltskylende toiletter skyllede fækaler med 3 l, burde resultaterne alt andet lige kunne sammenlignes med det fækale skyl fra det kildesamlende toilet. Hvis de skyllede med 6 l er spørgsmålet, om det er vandmængden, papirforbruget eller begge, der er afgørende for mængden af skyllevand til den faste del?

Det kunne være interessant at sammenligne tallene med urinblandinger opsamlet fra kildesorterede toiletter (se bl.a. Jönsson et al 2000 s. 42). Kun imellem 19 og 30 % af TS var organisk materiale (VS) (baseret på målinger i midten af tanken) imod 86 % målt efter opsamling fra separatorens partikelafløb. Kun imellem 1,19 og 1,98 g/l i urintankene var organisk materiale. Koncentrationen af organisk materiale var således 11 – 19 gange højere efter separatoren end i urinblandingerne. Samtidig var ammoniumindholdet kun max. 20 %. Begge forhold har betydning for biogasprocessen.

Såvel TS-, VS- samt næringsstofprocenter bør blive bedre. Alt efter type af kildesorterede dobbeltskylende toilet vil der ikke blive tilført vand til den faste del ved udelukkende urinskyl (BB Dubletten) eller ved WM DS måske kun 1 – 3 % af 0,3 – 0,4 l.

Den totalt opsamlede næringsstofmængde bliver væsentlig større ved kildesorterede toiletter, da hovedparten af næringsstoffer forefindes i urinen. Næringsstofsindholdet i den faste del bør blive noget mindre, da en større del af urinen må forventes at havne i den faste del ved kildesamlende toiletter.

Af urin, der ikke sorteres efter hensigten, vil måske 10 – 15 % blive opsamlet i den faste fase, resten vil følge væskefasen.

Hvis brugerne bruger de kildesorterede toiletter efter hensigten, og kvinderne får sorteringen til at fungere godt, vil toilettet i sig selv via urinsystemet give en god opsamling af de fleste næringsstoffer.

Hvis toilettet også kontinuerligt modtager fækaler, og denne i væsentligt omfang er sammenhængende ved såvel udsondring som ved ankomst til separatoren, vil en stor del af næringsstofferne og det organiske materiale kunne forventes opsamlet.

Separation som komplettering til opsamling af urinblanding bør kunne øge tilbageførslen af især P og K. Det vurderes, at der er et potentiale for opsamling af 88 % af N, 75 % af P og 55 % af K indholdet i husholdningsspildevandet ved en 70 % separation af næringsstofferne fra fækalerne ved hjælp af Aquatron (Vinnerås 2001).

Næringsstoffer, TS og VS fra urin, der tager den forkerte vej via fækaliesystemet, vil ikke kunne opsamles ved hjælp af separatoren.

Ved det alternative systemkoncept med kildesorterede toiletter med vakuum til fækaliedelen vil opsamlingen ske i en fækalietank eller i en fælles tank.

”Rigtig” papirhåndtering ved urin er meget vigtigt som ved alle kildesorterede toiletsystemer med fækalt vandskyl.

For mere præcise angivelser angående muligheder ved kombination af kildesortering og separation må der foretages konkrete målinger på forskellige

typer af eksisterende installationer med forskelligt antal toiletter, rørlængder, fald m.m.

En interessant kombinationsmulighed kan i fremtiden blive at sammenføre fækalt materiale og køkkenrester opsamlet via grovhakkende køkkenkvarne med rørforbindelse til en separator. Det samlede materiale vil så kunne behandles i f.eks. et biogasanlæg.

4.7.3 Prøvetagning i Ekoporten

Ekoporten

Ekoporten ligger i det sydlige Norrköping i Sverige. Det drejer sig om en fire-etagers boligblok med tre opgange og i alt 18 lejligheder med ca. 40 – 45 beboere i et socialt belastet område. Der er i alt 22 kildesortende, dobbeltskylende toiletter af mærket BB Dubletten. De 18 er placeret med en i hver lejlighed og de resterende fire bl.a. i selskabslokalerne. Der er etableret to systemer, hvert bestående af 11 toiletter, en stor Aquatron separator samt en stor roterende kompostenhed "ALE trumman" i ejendommens kælder. Vand fra separatoren og drænvand fra kompostenheden går via en tre-kammerbrønd til et sandfilter. (Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001).

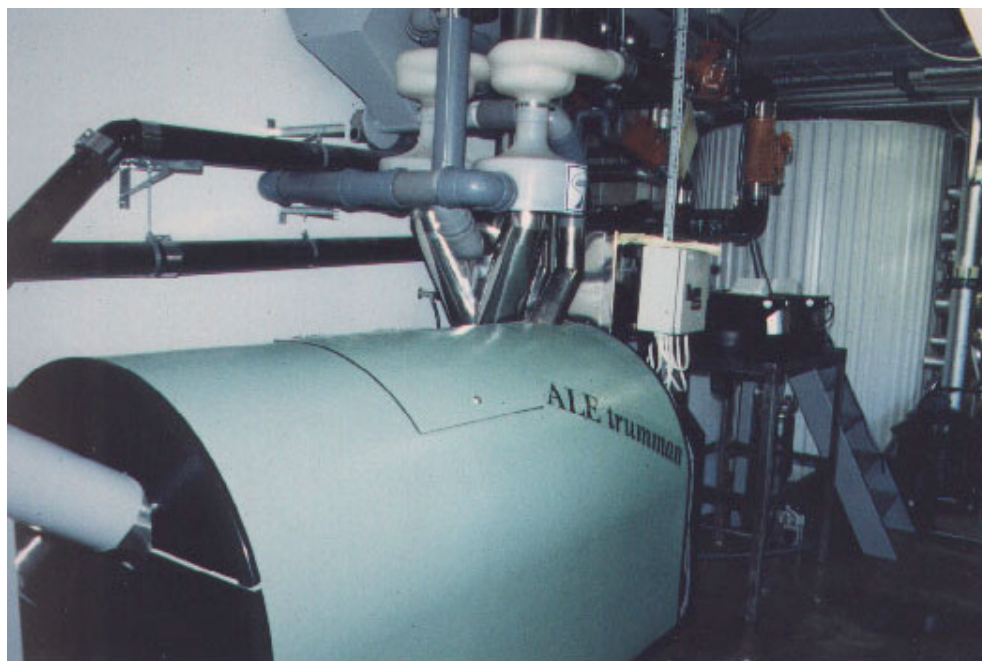


Fig. 4.3 "Aquatron" og "Ale" roterende kompostenheder i "Ekoporten"

Der har siden etableringen i 1996 – 1997 været store problemer med en meget lav tørstofprocent i den "faste del". Der har dog ikke tidligere været foretaget målinger.

Beboerne er blevet opfordret af kommunens miljøkontor til at skylle papir anvendt ved urinerung ud med det fækale skyl. Toiletternes fækale skyllemængde er på 6 l, nogle har endda 9 l. Den beregnede fækale skyllevandsmængde er 28,2 l/p/d, ud fra vurderet skyllevandsmængde og antal skyl og den gennemsnitligt opsamlede totalmængde fra de to strømme fra separatoren er 30,1 kg/p/d plus/minus 2,3 kg (Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001).

Prøvetagning

Der er i tre perioder på i alt ca. 30 dage foretaget en særskilt opsamling af de to fraktioner fra separatorerne. Ens fraktionsstrømme fra de to separatorer er blevet samlet i en beholder.

Der er i alt tale om 1.167 persondøgn for opsamling fra partikelafløbet og 1.191 persondøgn fra væskeafløbet. Der er foretaget en vægtning for at kompensere for forskellighederne i måleperioder. Der er blevet målt på såvel tørstof og organisk materiale som næringsstoffer og tungmetaller (Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001).

Måleresultater

Opsamlet materiale fra partikelafløbet

Der blev i alt opsamlet en masse på 4.245 kg fordelt på 1.370 kg i første periode, 1.880 kg i anden periode og 995 kg i tredje periode.

Tørstof

Tabel 4.8
Opsamlet tørstof fra partikelafløbet

Periode	Totalt opsamlet masse	Heraf tørstofmængde	
	Tørstofprocent	g/l	%
	kg		
1	1.370	1,8	0,18
2	1.880	1,5	0,15
3	995	3,3	0,33
I alt 1 – 3	4.245	2,2	0,22

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001)

Måleresultaterne er i første omgang meget overraskende. Tørstofindholdet lå i de tre perioder på 1,8 g/l, 1,5 g/l og 3,3 g/l med 2,2 g/l i gennemsnit.

TS-procenten i det opsamlede materiale fra partikelafløbet bliver således henholdsvis 0,18 %, 0,15 % og 0,33 % i de tre perioder med et gennemsnit på 0,22 %.

Selv om det også visuelt har kunnet konstateres, at tørstofprocenten måtte være lav er tallene overraskende lave.

Der opsamledes i alt 9.339 g tørstof fra partikelafløbet.

Organisk materiale

Tabel 4.9
Opsamlet organisk materiale fra partikel afløbet

Periode	Totalt opsamlet masse i kg	Heraf organisk materiale pr. liter	VS-%	VS i % af TS
1	1.370	1,23	0,123	68
2	1.880	0,97	0,097	65,8
3	995	0,244	0,244	72,3
I alt 1 – 3	4.245	1,55	0,155	68,8

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001)

Med et indhold organisk materiale på henholdsvis 1,23 g/l, 0,97 g/l, 2,44 g/l og 1,55 g/l og en tilsvarende VS-procent på 0,123 %, 0,097 %, 0,244 % og 0,155 % udgør VS i procent af TS henholdsvis 68,0 %, 65,8 % 72,3 % og 68,8 % i snit.

Der opsamledes i alt 6.580 g organisk materiale.

Næringsstoffer

Tabel 4.10
Koncentrationer af næringsstoffer i opsamlet materiale fra partikel afløbet

Periode	N-total mg/l	P-total mg/l	Kalium mg/l
1	230	32,8	110
2	240	25,1	111
3	370	68,6	176
I alt 1 – 3	280	42,2	133

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001)

Koncentrationen af det opsamlede N-total var: 230 mg/l, 240 mg/l, 370 mg/l med et snit på 280 mg/l

P lå på 32,8 mg/l, 25,1 mg/l, 68,6 med et snit på 42,2 mg/l.

K målte til 110 mg/l, 111 mg/l 176 mg/l med 133 mg/l i snit.

Opsamlet materiale fra væskeafløbet

Der blev i alt opsamlet 30.970 kg fordelt på 10.330 kg, 9.660 kg og 10.980 kg i de enkelte perioder.

Tørstof

Tabel 4.11
Opsamlet tørstof fra væskeafløbet

Periode	Totalt opsamlet masse	Heraf tørstofmængde	
	Tørstofprocent Kg	g/l	%
1	10.330	0,57	0,057
2	9.660	0,47	0,047
3	10.980	0,43	0,043
I alt 1 – 3	30.970	0,49	0,049

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001)

Tørstoffkoncentrationen lå på 0,57 g/l, 0,47 g/l, 0,43 g/l og 0,49 g/l i snit.

TS-procenten bliver: 0,057 %, 0,047 %, 0,043 % og 0,049 %.

Der opsamledes i alt 15.175 g tørstof.

Organisk materiale

Tabel 4.12
Opsamlet organisk materiale fra partikelafløbet

Periode	Totalt opsamlet masse	Heraf organisk materiale pr. liter	VS-%VS i % af TS	
1	10.330	0,290	0,0290	50,1
2	9.660	0,170	0,0170	35,8
3	10.980	0,155	0,0155	35,6
I alt 1 – 3	30.970	0,205	0,0205	40,5

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås)

Koncentrationen af organisk materiale var 0,290 g/l, 0,170 g/l, 0,155 g/l og 0,205 g/l i snit.

VS-procenten bliver: 0,0290 %, 0,0170 %, 0,0155 % og 0,0205 %.

VS i procent af TS bliver henholdsvis 50,1 %, 35,8 %, 35,6 %, og 40,5 %.

Der opsamledes i alt 6.349 g organisk materiale.

Næringsstoffer

Tabel 4.13
Koncentrationer af næringsstoffer i opsamlet materiale fra væskeafløbet

Periode	N-total mg/l	P-total mg/l	Kalium mg/l
1	73,9	9,43	41,3
2	70,6	9,67	38,3
3	80,1	8,13	40,9
I alt 1 –3	74,8	9,08	40,2

(Weglin & Vinnerås 2000, Vinnerås 2001)

Koncentrationen af det opsamlede N-total var: 73,9 mg/l, 70,6 mg/l, 80,1 mg/l med 74,8 mg/l i snit.

P lå på: 9,43 mg/l, 9,67 mg/l, 8,13 mg/l og 9,08 mg/l i snit.

K lå på: 41,3 mg/l, 38,3 mg/l, 40,9 mg/l og 40,2 mg/l i snit.

Effektivitet af separationen målt som opsamling fra partikelafløbet i forhold til det totalt opsamlede

Der er i undersøgelsen ved vurderingen af separation af næringsstoffer fra fækalier forsøgt taget højde for urin, sæbe m.m., der er tilført fækaliessystemet.

Kvælstof, fosfor og kalium fra de ca. 30 % af urinen, der vurderes at være blevet tilført fækaliedelen, er trukket fra tallene. Der er også forsøgt taget højde for anvendelse af sæbe med K. Der har været betydelig usikkerhed med hensyn til tilførte papirmængder.

Tørstof

35,7 % af TS blev separeret fra til partikelafløbet.

Organisk materiale

Det vurderes at ca. 51 % at det organiske materiale kunne opsamles via partikelafløbet.

Næringsstoffer

Imellem 55 % og 71 % af N-total fra fækalierne blev separeret fra til partikelafløbene i separatorerne. Ca. 55 % af P og ca. 43 % af K er blevet separeret fra.

Mulighed for anvendelse af det separerede og via partikelafløbet opsamlede materiale i et biogas- eller vådkomposteringsanlæg med efterfølgende anvendelse til gødning.

Selv om separationen af næringsstoffer efter de lange rørtransporter med store vertikale fald i den fire etagers ejendom er tilfredsstillende, gør koncentrationen af såvel næringsstoffer som organisk materiale materialet helt uinteressant. Det er

muligt, at separationen ville kunne forbedres ved andre rørføringer. En VS-procent på 0,155 % er absolut uinteressant. Den skal være betydeligt højere.

Der er en række forhold, der gør sig gældende. De anvendte toiletter skyller med 6 l eller 9 l i stedet for med 3 l som ellers er testet. Skulleadfærden gør at det opsamlede materiale, uanset tekniske ændringer af toiletter eller rørføringer, bliver uinteressant ud fra erfaringerne fra testen på SP i Borås. Der er tale om en skulleadfærd, hvor der pr. person/d skylles 4 – 5 gange med i alt 29,2 l/p/d bl.a. som følge af, at der løbende skylles papir ud, der er anvendt ved urinerung. Systemet er absolut ikke egnet til en sådanne skulleadfærd. Der er som ved de fleste kildesorterende systemløsninger med efterfølgende anvendelse af restprodukterne tale om betydelige krav til adfærden hos brugere, der skal være engagerede.

Ca. 13 % af skyllevandet havner i partikelafløbet. Det ville være interessant men sikkert også vanskeligt at måle, hvor meget vand der gik i partikelafløbet ved henholdsvis skyl uden papir og ved skyl med forskellige mængder papir.

For at en opsamling skal blive interessant, bør der kun være tale om et fækalt skyl til udsondrede fækalier samt et eventuelt nødvendigt rengørings skyl ved fækalier, menstruation eller lignende. Papir fra urinerung bør lægges i en sanitetsspand eller afvente et kommende skyl af fækalier. En eventuel reduktion af skyllemængden i toiletterne fra henholdsvis 9 l og 6 l til f.eks. 4 l ville også være af stor betydning.

Hvis der går f.eks. 13 % skyllevand til partikelafløbet ved et fækalt skyl af fækalier og papir og 5 % ved et eventuelt rengørings skyl uden papir, kunne koncentrationerne hæves væsentligt. Hvis man skyller den samlet anvendte papirmængde til fækalier og urin ud med et enkelt fækalt skyl, kunne det imidlertid tænkes, at der gik mere end 13 % af skyllevandet i partikelafløbet.

Ved det absolut optimale med eksisterende toiletter, et enkelt fækalt skyl på 6 l, kunne TS-procenten stige til ca. 0,90 % og VS-procenten til ca. 0,63 %. Hvis man gerne ville have et materiale ind i et biogasanlæg med min. 1 % VS er koncentrationen stadig for lav. Dette niveau kunne uden videre nås ved sommerhusinstallationen med et 3 l kildesamlende toilet. Det kunne sikkert også der nås med et kildesorterende, dobbeltskyllende toilet med 3 – 6 l skyl men kan ikke nås i en etageejendom selv med kun et enkelt 6 l skyl.

Det ser ud til at systemet i etageejendomme med den nuværende teknik kræver såvel en nærmest optimal skulleadfærd som toiletter med max. 4 l vandskyl.

4.7.4 Laboratorieforsøg med en Aquatron separator og indsamlede fækalier

Björn Vinnerås, SLU, Uppsala, har netop afrapporteret et laboratorieforsøg med Aquatron (Vinnerås 2001).

Portioner a 90 g (vådvægt) indsamlede fækalier inkl. noget papir blev sammen med fire liter vand hældt igennem en installation bestående af en meter Ø 110 mm vertikalt afløbsrør med 90 grader bøjning til et en meter Ø 110 mm afløbsrør med en grad hældning og endelig et en meter Ø 110 mm afløbsrør med 5 graders hældning forbundet til en Aquatron. Portionerne havde været frosset ned inden anvendelsen. Synligt papir var taget fra inden testen (Personlig meddelelse Vinnerås 2001).

Ca. 80 % af såvel TS som af VS blev opsamlet fra partikelafløbet sammen med ca. 70 % af henholdsvis N, P og K. TS-procenten nåede helt op på 10 og kun 2,6 % af skyllevandet havnede i partikelafløbet. Ved skyl med seks liter faldt TS-procenten til 7,7.

Testen viser det store potentiale for effektiv separation og opsamling ved brug af kildesorterende toiletter med begrænset vandskyl. Der er dog ikke gennemført skyl med almindelige papirmængder. På baggrund af undersøgelsen på SPI, Borås, der viste at ca. 12 % vand fulgte syv gram papir partikkelvejen kan der ved fire liter skyl være tale om en reduktion af TS-procenten til 6,5 – 7,0, hvilket stadig er en yderst interessant koncentration til behandling i et biogasanlæg.

4.8 Sammenfatning

En Aquatron separator er en teknisk systemkomponent til opsamling af partikulært fækalit materiale og papir. Der kan efter kildesorterende, dobbeltskylende toiletter foretages en separation af et kildesamlet materiale bestående af fækalier, papir, skyllevand, fejlsorteret urin, rengøringsmidler m.m. med henblik på at opsamle et for den videre håndtering materiale bl.a. med hensyn til TS/VS-procent og næringsstofkoncentration egnet restprodukt.

Det bør i enkeltinstallationer hos engagerede brugere være muligt at opsamle et materiale, der kunne behandles på biogasanlæg eller vådkomposteringsanlæg med efterfølgende anvendelse som gødning selv ved kildesorterende dobbeltskylende toiletter med 6 l. skyl.

Der er identificeret en række faktorer, der er af stor betydning for, hvor det fækale materiale i form af TS/VS og næringsstoffer havner efter separationsprocessen. Hvis der ikke er tale om diaré men om fækalit materiale med stort indhold af materiale med en partikelstørrelse på min. 6 – 7 mm ved ankomsten til separatoren, bør der være gode muligheder for at opsamle en betydelig del af såvel TS/VS som næringsstofferne i det partikulære fækale materiale samt papiret.

Der er ikke foretaget analyser på opsamling fra et kildesorterende, dobbeltskylende toilet med 6 l skyl i en enkelt installation, men det bør være muligt at opnå en VS-procent på 1 %.

Min 55 % af såvel N som P bør kunne opsamles, mens K bør kunne opsamles til min. 43 %.

Koncentrationerne bør kunne hæves betydeligt, hvis skyllemængden kunne reduceres til 3 l eller 4 l/skyl.

Hvis der løbende skylles papir anvendt ved urinerung ud med fækkalt skyl, bør det opsamlede materiale få en uinteressant koncentration uanset rørinstallationer eller eventuel reduktion af skyl til 3 l eller 4 l. "WM-DS" er typisk indstillet til skyl med 3 – 4 l i Sverige. Skyl af papir er tilsyneladende den bestemmende faktor for tilførsel af skyllevand til opsamling af "fast materiale", hvorfor skyllefrekvens for papirskyl bør begrænses til et antal svarende til antallet af tarmtømninger. Det kan forventes at min. 9 – 10 % af skyllevandet ved papirskyl vil følge papiret til partikelafløbet.

Der bør foretages undersøgelser med skyl af forskellige papirmængder med henblik på at relatere til såvel anvendelse af forskellige papirmængder ved tarmtømninger som til udskyl af i toiletskålen nedkastet papir fra urinerung afventende et kommende skyl med fækaliier.

Eventuelle nødvendige rengørings skyl i forbindelse med resterende fækkalt materiale i toiletskålen, fejlsorteret urin, menstruationsblod m.m. bør kun give en begrænset yderligere tilførsel på måske 1 – 3 % af skyllevandet.

Målingerne på opsamlingen fra 22 kildesorterede, dobbeltskylende toiletter koblet til to Aquatron separatorer i en fire etagers egendom viser, hvor galt det kan gå med koncentrationerne af TS/VS selv ved en tilfredsstillende opsamling af næringsstoffer på ca.

55 % af såvel N som P og 43 % af K, hvis der løbende skylles papir ud med 6 – 9 l vandskyl til rørinstallationer med store vertikale fald fra op til fjerde etage og ned i kælderen. En VS-procent på 0,155 % bør være totalt uinteressant i en biogas- og vådkomposteringssammenhæng og næringsstofkoncentrationerne vil ligeledes gøre anvendelsen som gødningsmiddel uinteressant.

Det ville være interessant at eksperimentere med grov kværning af den enkelte husstands

madrester med henblik på efterfølgende separation i en Aquatron. Hvilke koncentrationer ville kunne opnås? Ville sæbe m.m. ødelægge separationen eller var der her en interessant mulighed for opsamling af organiske husholdningsrester sammen med det fækkale materiale?

4.9 Perspektiver

Opsamling af næringsstoffer, tørstof og organisk materiale kan ikke foretages til 100 % med hverken kildesamlende eller kildesorterede toiletter i kombination med Aquatron separatorer. Koncentrationen kan dog hæves væsentligt ved anvendelse af kildesorterede toiletter. Her vil måske over 80 % af indholdsstofferne i husstandens urin i kombination med særskilt opsamling af 70 % af indholdsstofferne i fækaliierne være en realistisk mulighed. Opsamlingen af fækkalt materiale ville eventuelt i fremtiden kunne suppleres med groft kværnedede organiske madrester med efterfølgende fraseparering med den fækkale fraktion. Det ville i installationer uden store vertikale fald kunne give en god samlet opsamling. Opsamlingsprocenten af indholdsstoffer fra urin, fækaliier og papir vil blive lavere end ved såvel kildesamlende som kildesorterede vakuumenteknologi men teknikken er enklere, i dag mere funktionsstabil og kan ikke mindst ved kombination med kildesorterede dobbeltskylende toiletter med begrænset skyl (3 – 4 l) give en væsentlig højere stofkoncentration.

5 Vandfrie urinaler til opsamling af koncentreret urin

5.1 Konventionelle vandskylende urinaler

Konventionelle vandskylende urinaler er generelt forekommende på herretoiletter i Danmark. Der findes en række udformninger fra udgaver med væg og rende til særskilte skåle ophængt på vægen. De ophængte urinaler er normalt i porcelæn men findes også f.eks. i mere vandalsikkert materiale som rustfrit stål.

De vandskylende urinaler samler urinstrømmen fra mænd med en skyllevandsstrøm. Denne skyllevandsmængde er blevet sænket igennem årene men er stadig betydelig.

Vandskyllet, der kan variere meget i mængde aktiveres enten manuelt, via en fotocelle eller via tidsstyring. Vandskyllet løber hen over resterende urin, ned i en vandlås og videre sammen med det øvrige spildevand.

Vandskyllet begrundes ud fra renholdelse af urinalets indre overflade, hygiejne og lugt.

Ved anvendelse af hårdt skyllevand kan der dannes kalkaflejringer på de indvendige urinalflader som også vil fastlægge dele af urinen. Der kan dannes kalkaflejringer i vandtilførslen og i vandlåsen. Det kan kræve stor og hyppig rengøringsindsats at forhindre eller at fjerne kalkaflejringer. Kalkaflejringerne påvirker dels det æstetiske indtryk og kan dels give lugtgener og medvirke til at give tilstoppede vandlåse.

En portion urin på 0,2 – 0,3 l indeholder kun 8 - 12 g TS (Vinnerås 2001), men alligevel bruges der op til adskillige liter vand på at skylle den ud af urinalet. Vandskyl er derfor såvel en del af en løsning som en del af et problem. Vandskyllet kan imod alle intentioner bidrage til at dele af urinen fastholdes med ringere hygiejne og mere lugt til følge.

Lugt kan ved et intakt vandspejl i vandlåsen afgå fra rørdele over vandet samt fra selve urinalet. Lugten kan i kombination med utilstrækkelig rengøring være så kraftig, at det er nødvendigt at have lugtblokke liggende i urinalerne for at dæmpe lugten. Selv i urinalsystemer med store skyllemængder og hyppige skyl, kan der være en kraftig lugtudvikling.

Løsninger der såvel kunne undvære vandskyl som undgå lugtgener bør være af stor interesse. Ud fra såvel økonomiske interesser, interesse i at reservere vand af høj kvalitet til mere ædle formål og recirkulation af koncentrerede næringsstoffer, bør der være en stor interesse i alternative systemer.

Det store vandskyl og dermed den lave næringsstoffkoncentration i urinblandingen gør urinblandingen meget vanskelig at samle op og sprede på en økonomisk fornuftig måde.

5.2 Vandfrie urinaler

5.2.1 Historie

Vandfrie urinaler er ikke nogen ny foreteelse. Der har været vandfrie urinaler langt inden der blev etableret løsninger med vandskyl og vandlås. De kildesortende opsamlingsstoiletter med håndtering af urin uden vandlås og vandskyl ved opsamling af urin i en urinskål er et område, hvor de vandfrie urinaler har overlevet.

I 1894 præsenterede Ernst i Schweiz et alternativ til det vandskyllende urinal med vandlås. Det var et vandfrit urinal med en lugtlås bestående af beholder med en spærrevæske med en specifik vægt, der er lettere end vand. Systemet eksisterer stadig i dag og markedsføres bl.a. i Schweiz og Tyskland. Der er solgt anlæg svarende til over 200.000 stand pladser. En del anlæg er blevet sat op i Danmark i 1960'erne (Ernst, F Ing. AG, personlig meddelelse, 1999).

Der er i 1990'erne kommet flere produkter til. Først "Waterless" med udgangspunkt i USA med en række selvstændige selskaber med salgsrettigheder i de særskilte lande, herunder Danmark. I 1999 kom der også et dansk produkt på markedet, "Uridan" markedsført af Reese A/S.

Sammenlignet med almindelige urinaler giver de vandfrie urinaler en meget stor vandbesparelse og vandinstallationen spares ved etableringen.

I Danmark er der først rigtigt kommet fokus på vandfrie urinaler igen i 1999, selv om der allerede i 1960'erne blev etableret "Ernst" urinaler i Danmark. I Tyskland er der blevet etableret et meget stort antal vandfrie urinaler af mærket "Ernst" i de sidste 40 år og en del "Waterless" urinaler i de senere år. I Storbritanien er der bl.a. etableret en del vandfrie løsninger i slutningen af 1990'erne baseret på en løsning med afløbsventil. Nogle kommuner er endvidere begyndt at bruge et system til reduktion af vandforbrug og lugt i urinaler til helt at undvære vandskyl.

De moderne vandfrie urinaler er indtil nu stort set kun blevet brugt med henblik på vandbesparelser og ikke med henblik på kombineret opsamling af urin til landbrugsmæssig anvendelse. Vandfrie urinaler burde kunne spille en afgørende rolle for tilbageføring af næringsstoffer til landbrugsmæssig sammenhæng i fremtiden.

5.2.2 Formål og anvendelse

Der har været flere bevægegrunde for at etablere vandfrie urinaler. Den primære har været vandbesparelser. Ønsker om at undgå tilkalkning, undgå etablering af vandtilførselsledninger og ønsker om at undgå frost i disse har dog også spillet ind.

De vandfrie urinaler rummer imidlertid også unikke muligheder for at samle human urin fra den mandlige del af befolkningen til brug som gødning i landbruget. Dette fokus har været den primære indfaldsvinkel til de vandfrie urinaler i dette projekt.

Vandfrie urinaler bør kunne blive en vigtig systemkomponent i fremtidige tekniske systemer inden for rammerne af et tilbageføringsparadigme for recirkulering af koncentreret næringsstoffer til energiafgrøder, foderafgrøder eller fødevarer.

Der er præsenteret et vandskylende urinal til kvinder, men det er nok tvivlsomt om det vil vinde genklang. Der findes ikke vandfrie urinaler til kvinder i offentlig sammenhæng.

Vandfrie urinaler er ultimative i kildesortering sammenhæng. De samler ikke de to strømme urin og skyllevand som det (endnu) sker i en del kildesortering toiletsystemer, bl.a. de dobbeltskylende.

Erfaringerne fra de vandfrie urinaler bør sammenholdt med erfaringerne fra de tørre kildesortering toiletter kunne anvendes til at forsøge helt at undgå vand til urin i kildesortering toiletsystemer uanset toiletttype.

5.2.3 Relation til andre systemkomponenter

Vandfrie urinaler anvendes i lighed med vandskylende urinaler på skoler, fritidsanlæg, hoteller, restauranter, varehuse, lufthavne, virksomheder, campingpladser m.m. Vandfrie urinaler har indtil nu ikke fundet udbredelse i private hjem. En undtagelse er en række udendørs urinaler i kolonihaver, der bruges uden vandskyl. Selv om de vandfrie urinaler ikke i selve urinalet sammenfører strømmene urin og skyllevand, indgår de i dag typisk i forbindelse med tilførsel til kloak og rørtransport til et rensningsanlæg. Ved blandingen og den efterfølgende behandling sker der normalt betydelige såvel kvantitative som kvalitative ændringer i potentialet som gødning. Efter behandlingen på rensningsanlægget er tilbageførselspotentialet i form af især slam et helt andet restprodukt end det som urin oprindeligt udsondrede. Kun en mindre del af de oprindelige næringsstoffer i urinen kan tilbageføres.

Slammet er normalt med hensyn til bl.a. tungmetaller af en meget ringere kvalitet end urin. Hvis rensningsanlæggets udløb er koblet til en energiafgrødeplantage, er der dog muligheder for at tilbageføre en betydelig større mængde næringsstoffer. Dette kan dog i praksis være svært at realisere i større omfang. Et eksempel er Enköping i Sverige med en kobling til en plantage på 30 ha pil, der senere vil blive udvidet til 100 ha. (Willow Wastewater News, 5/2000)

Vandfrie urinaler kunne også bruges til at samle urin til tanke. Næringsstofferne kunne derefter efter hygiejniserende lagring anvendes som gødning i landbruget. I et projekt med opsamling af urin fra en skole med dobbeltskylende toiletter til anvendelse i en pileplantage på Gotland medfører to vandskylende urinaler en stor fortynding af urinblandingen. Havde de været vandfrie ville blanding omvendt have været væsentlig mere koncentreret end ved kun brug af toiletterne (Backlund 2001).

Opsamlingspotentialet er meget stort da vandfrie urinaler, som urinaler i øvrigt, opsættes hvor der er mange brugere. Ved opsamling af urin i tanke fra vandfrie urinaler kan der sikkert blive tale om lange rørføringer til koncentreret urin. Her er der endnu ingen erfaringer. Der bør foretages forsøg forud for etablering af disse rørsystemer.

5.2.4 Forskellige typer af vandfrie urinaler

Der kan være tale om forskellige typer af vandfrie urinaler:

1. Vandfrie urinskåle i kildesorterende toiletter uden vandlås og uden ventilation.
2. Vandfrie urinskåle i kildesorterende toiletter uden vandlås med ventilation.
3. Vandfrie standurinaler med væg og rende med lugtlås indeholdende en spærrevæske, der er lettere end vand.
4. Vandfrie væghængte eller vægstående enkelturinaler med ovenstående lugtlås.
5. Vandfrie væghængte eller vægstående urinaler med en lugtlås bestående af en afløbsventil.
6. Urinaler med urinalafløbsindsats til etablering af vandfrie urinaler eller urinaler med reduceret vandforbrug.
7. Vandfrie væghængte urinaler med en flyder som etablerer lugtspærre.

Det er primært de vandfrie urinaler med væskelås, der har fundet udbredelse i offentlig sammenhæng.

5.2.5 Opbygning og funktion

Urinaler med væskelås

Der vil i det følgende blive set på systemer baseret på anvendelse af en lugtlås baseret på en spærrevæske med en specifik vægt, der er lettere end vand. Indtil 1990'erne bestod urinalerne udelukkende af systemer i form af standurinaler med væg og rende, hvorfra urinen løb ned i væskelåsen og videre ud i afløbssystemet. Ud over almindelig rengøring fik urinalfladerne to gange om året en specialbehandling, der skulle lette rengøringen og holde dem hygiejniske og lugtfrie.



Fig. 5.1 Ernst standurinal

I dag har samtlige tre producenter, vi har kendskab til, enkelt-urinaler til anbringelse på væg. Urinalerne er lavet af glasfiber med en gelcoatbelægning. Ernst er fra 1999 begyndt at levere urinaler i porcelæn og flere producenter ventes at følge efter.



Fig. 5.2 Ernst skålurinal i plast

Såvel urinalets indre overflade som lugtlåsens effektivitet kan have afgørende betydning for urinalets optimale funktion. Urinalets indre overflade skal ideelt set have en udformning og en overflade, der får urinen til nærmest at perle af overfladen og hurtigst muligt at blive evakueret ned i lugtlåsen for ikke senere at give anledning til lugtgener.

Urinen løber direkte ned i lugtlåsen. Lugtlåsen skal fastholde spærrevæsken samtidig med at urin kontinuerligt fortrænges ned i afløbssystemet. Spærrevæsken skal sørge for, at der konstant lukkes af til urin og afløbssystem for at forhindre opstigende dårlig lugt.

Da der ikke tilføres vandskyl spares disse installationer ved etablering eller hvis der allerede er eksisterende installationer kan disse nedlægges.

Urinaler med afløbsventil

Det engelske firma Water Solutions præsenterede for nogle år siden et koncept til etablering af vandfrie urinaler baseret på en afløbsventil fra firmaet Hepworth. Der blev lavet et kit til henholdsvis urinaler med 32 mm eller 40 mm afløb, således at eksisterende vandskylende urinaler kunne omdannes til vandfrie urinaler. En i afløbsventilen monteret membran åbner og lukker når urin passerer. Såvel vandlås som vandtilførsel kan sløjfes.

Det schweiziske firma Urimat benytter sig af en siphon med en elektromagnetisk aktiveret flyder, der åbner ved brug og lukker efter brug ved hjælp af ogdriften fra urinen i siphonen.

Urinaler med afløbsindsats

Der er i Storbritanien siden 1996 installeret en del indsats "WhiffAway" i urinaler. Formålet har været at reducere eller eliminere vandforbrug i urinalerne. Der monteres en indsats i Ø 32 mm eller 40 mm med en rustfri halvkugle/kuppel i urinalet. Et imprægneret, citronduftende papir, der placeres under kuppelen skiftes en gang om ugen.

5.2.6 Udformning af urinalerne og anvendt materiale

Tidligere fandtes de vandfrie urinaler baseres på en væskelås kun i form af standurinaler med et forskelligt antal ståpladser. I dag har de forskellige firmaer skålmodeller i forskellige udformninger og størrelser. Standurinalerne er kendetegnet ved at der kan være en meget lang vej for urinen at løbe hen til afløbet. Skålorinalerne er primært blevet lavet i gelcoatbelagt glasfiber, men der er nu også muligheder for urinaler i porcelæn. Vi har ikke kendskab til løsninger i rustfrit stål.

Selv om urin måske løber acceptabelt fra intakte indre overflader i en række forskellige materialer kunne ridser, brændemærker eller lignende måske ændre situationen. Ved vandskyl med hårdt vand kan der i de vandskylende urinaler dannes kalkaflejringer. Kalcium og magnesium vil kunne binde fosfor fra urinen til den indre overflade. Resultatet kan uanset vandskyl blive ildelugtende urinaler, hvis disse ikke rengøres grundigt. Aflejringer i de vandfrie urinaler skulle have en helt anden karakter end i vandskylende urinaler med hårdt skyllevand. Intakte overflader skulle være lette at tørre af.

Ernst

De vandfrie urinaler findes såvel som standurinaler med forskellige antal ståpladser som skålmodeller i forskellig udformning og størrelse. Standurinalerne er lavet i kunststof. Skålorinalerne er udformet i kunststof eller i porcelæn.



Fig. 5.3 Ernst urinal i porcelæn

Waterless

De vandfrie urinaler forekommer som forskellige udformninger af skålorinaler. Urinalerne er lavet af gelcoatbelagt glasfiber. Der er en version på vej i porcelæn. Urinalerne markedsføres i Danmark af Waterless Danmark og er VA-godkendte i Danmark med godkendelsesnummer VA 2.54/11488 udstedt 1999-09-09 (ETA 1999).



Fig. 5.4 Waterless urinal i porcelæn

Uridan

De vandfrie urinaler findes som skålorinaler i gelcoatbelagt glasfiber. Der er urinskåle på vej i porcelæn. Urinalerne produceres og markedsføres af Reese

A/S og er VA-godkendte med godkendelsesnummer VA 2.54/11428 (Reese A/S).

Urimat

De vandfrie skålorinaler findes såvel i kunststof som i porcelæn. Der er ikke søgt VA-godkendelse i Danmark.

McDry

"McDry" produceres af Duravit AG helt i porcelæn i modeller med eller uden sigteflue (Duravit AG). Der er ikke søgt VA-godkendelse i Danmark.

5.2.7 Væskelås

Væskelåsene består dels af en siphon, dels af en spærrevæske, hvis specifikke vægt er lettere end vand. Væskelåsene sidder direkte i urinalerne. Urin evakueres igennem væsken, der lukker sig umiddelbart efter passage. Låsen er konstrueret således, at der står urin i beholderen under væsken. Urinen fortrænges kontinuerligt ud af væskelåsen og ud i rørsystemet af ny tilført urin. Der afgår normalt kun meget små mængder spærrevæske. Spærrevæsken skal være stabil over for anvendte rengøringsmidler.

I et af systemerne er der lagt op til regelmæssig udskiftning af siphonen i et andet anses det kun nødvendigt i særlige tilfælde mens siphonen er fast i en tredje.

Spærrevæskerne skal regelmæssigt udskiftes men der angives forskellige frekvenser fra producent til producent.

Siphon

Ernst

Kunststofsiphonen til spærrevæske er beregnet til genanvendelse ved efterfyldning/udskiftning af spærrevæske. Der er ikke angivet forventet eller garanteret levetid for kunststofsiphonen.

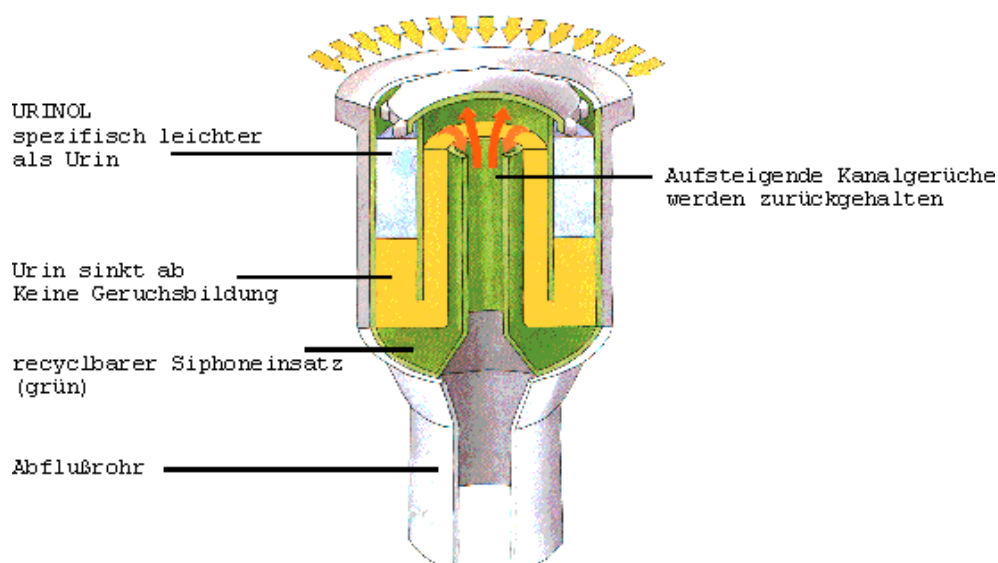


Fig. 5.5 Ernst siphon, principskitse

Waterless

Kunstofsisphonen i polyethylen til spærrevæske er beregnet til udskiftning ved udskiftning af spærrevæske. Siphonen fjernes ved brug af en nøgle.

Uridan

Fast integreret kunststofsisphon til påfyldning af spærrevæske. Ved udskiftning af spærrevæske tages et dæksel op med en specialkrog. Derefter trækkes et lille PVC

afløbsrør op hvorved væskelåsen tømmes. Væskelåsen rengøres og delene monteres igen. En liter vand samt 0,3 l "Urilock" spærrevæske påfyldes (Reese A/S WWW.uridan.dk, 25-06-2001).

McDry

Siphonen i McDry er integreret og helt i porcelæn. En liter vand og efterfølgende 0,1 l af spærrevæsken "McDry blue" hældes i siphonen (Duravit AG 2001).

Spærrevæske

Ernst

Spærrevæsken "Urinol" indeholder ifølge "Sicherheitsdatenblatt Gemäss 93/112/EG af 20-07-1999" fra F. Ernst Ing. AG i Schweiz en parfumeret grøn blanding af langkædede alkoholer, ætere og antibakterielle virkestoffer. Den specifikke vægt er 0,837 g/cm³ ved 20 grader C. Opløseligheden i vand ved 20 grader C er 0,1 g/l. Der skal i henhold til vedligeholdelsesvejledningen fyldes 0,2 l "Urinol" i siphonen i forbindelse med en ugentlig rengøring med "Desa-Specialeiniger" eller i forbindelse med forstoppelse .

Waterless

Spærrevæsken udskiftes efter 5.000 – 7.000 afbenyttelser. Spærrevæsken "ALL SEAL" indeholder ifølge "EG-Sicherheitsdatenblatt (91/155/EWG)" af 27-01-1999 fra Waterless Deutschland, en med patent beskyttet blanding af Laurylalkohol, Cetylalkohol, Butyl-/Ethyl Stearat Ester samt begrænsede andele farve- og duftstoffer. Den specifikke vægt er 0,834 – 0,84 g/cm³. Opløseligheden i vand ved 20 grader C. er 0,004 g/l. Prøver af fordampningstab gav et tab fra såvel åbne som lukkede glas i en standard laboratorieovn ved 32 grader C. i fire måneder på under 0,5 % (Waterless Danmark ApS 1998. Den biologiske nedbrydelighed i et indpodet miljø angives til 98 % i løbet af to dage. En test fra LGA Bayern "Prüfbericht N. PAZ 6281184 af 23-03-1998" viste en biologisk nedbrydelighed på over 60 % inden for 28 dage.

Uridan

I produktbeskrivelserne fra Reese A/S vedr. den i "uridan" anvendte spærrevæske "urilock" er der kun angivet at "urilock" har en lavere vægtfylde end urin og at en påfyldning på 0,3 l rækker til 5.000 – 7.000 afbenyttninger (Reese A/S WWW.uridan.dk 25-06.2001).

McDry

I brochuren "McDry" fra Duravit AG angives kun at spærrevæsken "McDry blue" har en specifik vægt, der er lettere end urin, og ikke hvad den består af. Den skal skiftes efter 5.000 afbenyttelser eller min. en gang pr. måned (Duravit AG 2001).

5.2.8 Siphon med flyder

Urimat benytter sig af en udskiftelig siphon i deres urinaler. Siphonen indeholder et opdriftslegeme/flyder, der aktiveres ved brug af en sensor og en 24V magnetventil der trækker flyderen ned og åbner op for evakuering af urinen fra et overløbsrum i siphonen. Efter brug slipper elektromaneten flyderen, der ved hjælp af den i siphonen stående urin trykkes op og lukker åbningen til urinalskålen. Siphonen der er udskiftelig skiftes med en specialnøgle (WWW.urimat.com).

5.2.9 Rengøring

Ernst

Daglig rengøring i form af skyl med en smule koldt vand.. Ugentlig rengøring med "Desa-spezialeiniger", 1dl til 10 l vand. Rengøringsmidlet skal virke i 5 min og der skylles efterfølgende med koldt vand. Ved forstoppelse af afløbet fjernes siphonen og der skylles med koldt vand. Siphonen fyldes med 0,2 l spærrevæske ("Pflegeanleitung Urinalanlagen SYSTEM ERNST ohne Wasserspülung. Gerade Anlagen und Bogenstände").

Waterless

Det anbefales at rense Waterless urinalet som et spejl ved at pudse urinalet ind- og udvendigt med en Glassex, Ajax Express eller et tilsvarende rengøringsmiddel. Anvendelse af vand skulle være unødvendigt. (WWW. Waterless.dk 26-06-2001: Spørgsmål og Svar.)

Det advares imod at bruge kalkfjernere og præparater med sulfo.

Der er på foranledning af Waterless gennemført en undersøgelse af almindeligt anvendte rengøringsmidlers indflydelse på spærrevæsken AIRSEAL ("Waterless Danmark ApS 1998: Undersøgelse af almindeligt anvendte rengøringsmidlers indflydelse på AIRSEAL. Oversættelse af rapport fra GROWMORE, Californien USA.")

Uridan

Urinalerne gøres rent som almindelige toiletter. Producenten Reese A/S anbefaler anvendelse af deres specielle antibakterie og voksholdige rengørings- og plejemiddel "Uriclean". Lidt af midlet sprayes på den ind- og udvendige side af urinalet og der tørres efter med producentens rengøringsklud "Uricloth". Der må ikke bruges rengøringsmidler der indeholder sulfo. (WWW.uridan.dk 25-06-01:Rengøring af uridan urinaler).

McDry

Duravit AG anbefaler daglig rengøring med "McDry Special Cleaner" og før sudskiftning af spærrevæsken skal der min. en gang pr. måned hældes vand under tryk igennem siphonen for at fjerne aflejringer. Det advares imod at bruge almindelige rengøringsmidler, da disse kan reagere med spærrevæsken og reducere dennes effektivitet (Duravit AG 2001).

Urimat

Urimat leverer også en speciel rengøringsvæske i henholdsvis 500 ml eller 10 liter beholdere.

5.3 Brugererfaringer

5.3.1 Ernst

Emanuel-Geibel-Realschule, Lübeck

Ved et besøg i 1999 på skolen viste skolepedellen de seks installerede Ernst skålorinaler. De var meget tilfredse med urinalerne, der ikke havde givet anledning til nogen lugtgener. Der blev ikke smidt cigaretter i urinalerne. Spærrevæske blev efterfyldt ca. en gang pr. måned og de havde fået udleveret rengøringsmiddel til brug for rengøringspersonalet. En gang om året kom en repræsentant for Ernst og gav urinalerne en overfladebehandling. Væskesætterne blev udskiftet en gang pr. år (Besøg og samtaler 1999).

Katarineum, Lübeck

Gymnasieskolen har installeret seks stk. Ernst skålorinaler inspireret af de gode erfaringer på Emanuel-Geibel skolen. Ved besøget i 1999 var urinalerne netop blevet installeret, således at man endnu ikke havde egne erfaringer.

Grundschule Hägewiesen, Hannover

Ved et besøg på skolen i 2000 besigtigedes skolens vandfrie standurinaler fra Ernst. Repræsentanter fra skolen og byens forvaltning fortalte om procedurer og erfaringer svarende til den fra realskolen i Lübeck. Vandfrie standurinaler fra Ernst har i en årrække været installeret i byens skoler og andre offentlige faciliteter. Erfaringerne betegnedes som gode (Besøg og samtaler januar 2000).

5.3.2 Waterless

Illum, København.

Tre stk. Waterless urinaler blev i 1999 sat op på herretoiletet på 1. sal. Ved samtaler i juni 2000 havde de fungeret tilfredsstillende uden lugt i ca. et år. Urinalerne blev rengjorte hver morgen. I modsætning til tidligere hvor man havde vandskyllende urinaler fik de ikke længere aflejringer i rørinstallationerne med en Ø 30 mm. De var meget tilfredse med funktionen men kunne godt tænke sig vandfrie urinaler i porcelæn (Ole Møllgaard juni 2000).

Musikteatret Holstebrohallerne, Holstebro

12 – 14 stk. Waterless urinaler var blevet installeret i 1998. Urinalerne, der blev gjort rent en gang om dagen, havde ved samtaler i juni 2000 fungeret fint i to år uden lugt eller andre problemer. De havde i begyndelsen haft et utæt/revnet urinal (Knud Kristensen juni 2000).

Tivoli Udvikling, København

5 stk. Waterless urinaler gav her lugt. Lugten tillagdes ændringer i tryk i kloaksystemet som var kendt for tryksvingninger (Finn Bøgsted juni 2000).

Jægersborg Skovdistrikt, Klampenborg

To stk. Waterless urinaler på Strandvejen uden lugtproblemer. Rengøring næsten hver dag (Jens Peter Fischer juni 2000).

Billund Camping, Billund

To stk. Waterless urinaler. Dårlige erfaringer da nogle af campisterne bruger urinalerne som udslagskumme for kemisk toiletaffald, hvilket giver store problemer (Søren Larsen juni 2000).

Lalandia Feriecenter, Rødby

Fire stk. Waterless urinaler. Ingen problemer. Campisterne smider hverken kemisk toiletaffald eller cigaretter i urinalerne. Det opleves at vandlåsene tit skal skiftes men frekvens og antal benyttelser kendes ikke (Palle Johansen juni 2000).

SID Energicenter, Nykøbing Sj.

8 - 9 stk. Waterless urinaler er installeret på stedet. Der har ikke været lugtgener (Allan Møller Nielsen august 2001).

Legoland, Billund

Fem til seks Waterless urinaler. Der var tidligere ingen problemer med lugt ved daglig rengøring. I 2001 har der været visse problemer med rengøringen. Rengøringen er blevet noget dårligere og der er blevet brugt fedtopløsende rengøringsmidler. Den forkerte rengøring har givet lugt og hyppigt udskiftning af vandlåse, hver 7. til hver 14. dag. Det samme har gjort sig gældende for 20 stk. Uridan urinaler på stedet. (Hans Jørgen Pedersen juni 2000, Balts Keller august 2001).

Statens Lufthavnsvesen, København

Tre stk. Waterless urinaler installerede i en kontorbygning gav ingen lugtgener. Urinalerne blev gjort rent hver dag (Michael Jensen juni 2000).

Møns Museumsgård, Keldbylille

Et stk. Waterless urinal blev installeret i 1999. Der har ingen lugtgener været. Erfaringerne vil blive afrapporteret som del af projektet:

Werkhof, Lübeck

I 1999 besøgte et minicenter med restaurant, forretninger og nogle kontorer. Der er her installeret et stk. Waterless urinal. Ved fem til seks besøg fordelt over en dag bælev der ikke konstateret lugt eller bemærket cigaretskoder eller lignende i urinalet. der er dog senere blevet rapporteret om problemer med cigaretskoder i urinalet (Besøg og samtaler 1999, Martin Oldenburg juni 2000).

5.3.3 Uridan

Brøndby Stadion, Brøndby

Efter en tilfredsstillende afprøvning af otte stk. Uridan urinaler installeredes i oktober 2000

224 stk. urinaler. Der har ingen problemer været med lugt eller hærværk (Jørgen Pedersen august 2001).

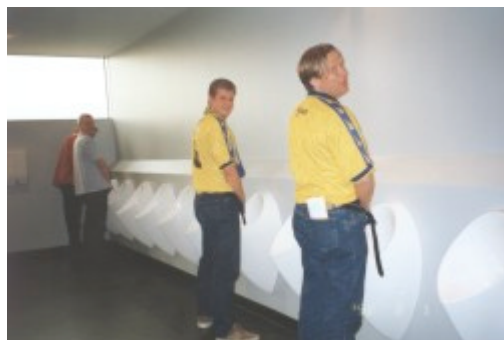


Fig. 5.6 Uridan skålurinaler på Brøndby Stadion

Farum Sports- og Conferencecenter

Ca. 20 Uridan urinaler har været i drift siden oktober 2000. Der har ikke været problemer med cigaretskoder eller lugt. Lugt opstår kun når der er brug for at efterfylde spærrevæske (Flemming Hansen august 2001).

Brøndby Arena

Ca. 20 uridan urinaler har hverken givet problemer med cigaretskoder eller med lugt. Lugt opstår kun ved behov for efterfyldning af spærrevæske (Flemming Hansen august 2001).

Copenhagen Airport, Kastrup

Ingen lugt ved egne besøg. Rengøring flere gange pr. dag.

Holte Hallerne, Holte

Fem stk. Uridan urinaler blev installeret. Der har ingen lugtgener været (Flemming Nielsen juni 2000)

Café Europa, København

Café Europa fik et Uridan urinal sat op i 1999. Der har ikke været lugtgener. Man har konstateret at tændte cigaretter giver brændemærker i urinalet. Mærkerne er blevet slebet væk med vandslibepapir med kornstørrelse 100 (CarstenAndersen juni 2000).

Lind & Risør A/S, Taastrup

To stk. Uridan urinaler. Ingen lugt ved eget besøg. Der har været forstoppelse med deraf følgende lugt en gang, årsagen kendes ikke. (Ole Berg august 2001, Flemming Stigborg august 2001).

Legoland, Billund

Ca. 20 stk. Uridan urinaler. Der var tidligere ingen problemer med lugt ved daglig rengøring. I 2001 har der været visse problemer med rengøringen. Rengøringen er blevet noget dårligere og der er blevet brugt fedtopløsende rengøringsmidler. Den forkerte rengøring har givet lugt og hyppig udskiftning af vandlåse, hver 7. til hver 14. dag. Det samme har gjort sig gældende for fem til seks stk. Waterless urinaler på stedet (Hans Jørgen Pedersen juni 2000, Balts Keller august 2001)

Ivan Reedtz – Thott Camping, Fakse

Der har ikke været lygtgener eller andre negative erfaringer med driften af otte stk. Uridan urinaler (Ivan Reedtz – Thott juni 2000).

Gals Klint Camping, Middelfart

Fem stk. Uridan har været i brug siden 1999. Der har været nogle campister som har brugt urinalerne som udslagskumme for kemisk toiletaffald samt har smidt cigaretskod i urinalerne. Flere campister har klaget over tilbagesprøjt af urin fra urinalerne på grund af skålens indre udformning med et indledende næsten vandret stykke. Brug af original spærrevæske er blevet afløst af brug af almindelig rapsolie. Der har ikke været lugtgener med nogle af spærrevæskerne (Lars Jensen juni 2000, Lars Jensen august 2001).

Fuglebjerggaard, Helsingør

Der blev i 1999 installeret et Uridan urinal i en toiletbygning i forbindelse med et økologisk spisested. Der har ikke været lugtgener (Per Kølster 2000).

Tivoli Udvikling, Købehavn

Et enkelt Uridan urinal er installeret og forbundet med et kloaksystem, der er kendt for tryksvingninger. Der har ikke været lugtgener (Finn Bøgsted juni 2000).

5.3.4 McDry

Der har ikke i projektet været kontakt til brugere af McDry urinalet.

5.3.5 Water Solution selvlukkende ventil kit

Brugere i England

Der har tidligere været store problemer med at belægninger gjorde at ventilen ikke kunne lukke. Firmaet anbefaler nu i forbindelse med en modificeret model udskiftning af ventilen hver sjette uge ved stor belastning som ved motorveje og hver 12. uge ved kontorer. Der er ikke talt med brugere.

5.3.6 BeeGee urinal indsats

South Somerset District Counsel, Somerset, England

To indsatser har været installeret i to til tre år. De oprindeligt vandskylende urinaler har efter montering af indsatserne arbejdet som vandfrie urinaler. Der har ikke været lugtgener men man har nogle gange været nødt til at fjerne kalk fra 2 – 3 m urinafløbsrør med Ø 38 (Brooks december 1999, Biggs august 2001).

Diverse brugere i England

Systemet bruges som komponent til aft gøre urinaler vandfrie af et stort antal brugere i England ved såvel rastesteder ved motorveje, kontorer m.m. Der er talt med enkelte brugere. Der anvendes duftpapir og er ikke rapporteret om lugtgener. Der er brug for at indsamle flere erfaringer.

5.3.7 Urimat

Der er ikke i projektet været kontakt til brugere af "Urimat" urinalerne.

5.4 Urinførende rørsystemer efter vandfrie urinaler

Da stort set alle urinaler endnu kun bruges til at spare vand til skyl og ikke til koncentreret opsamling af urin er der meget begrænsede erfaringer med lange rørtransporter af koncentreret urin. Det vil være interessant at lave forsøg på dette område.

5.5 Sammenfatning

Der er en række forskellige principper hvor med man kan etablere vandfrie urinaler og en række forskellige udformninger og anvendelser af materialer er mulige. Lugt kan forhindres ved anvendelse af spærrevæsker med en specifik vægt, der er lettere end urin, ved anvendelse af afløbsventiler, flydere eller ligefrem frisk urin i en urinlås i kombination med en indsats med hætte og et duftpapir.

Vandfrie urinaler kan fungere tilfredsstillende i vidt forskellige installationssammenhænge og ved brug af en række forskellige grupper så

længe foreskrifterne for drift og vedligeholdelse følges. Ved normalt brug kan såvel lugt som forstoppelser undgås.

Lugt kan bl.a. opstå ved manglende rengøring, brug af forkerte rengøringsmidler der skader spærrevæskerne. Det er vigtigt at cigaretter ikke havner i urinskålene og at campister ikke bruger urinalerne som udslagskummer for kemisk toiletaffald. Nogle af urinalerne kan eventuelt også få problemer hvis større mængder vand fra en spand i forbindelse med rengøring hældes i urinalet, hvis spærrevæsken skylles ud.

Vandfrie urinaler har vist deres store berettigelse i vandbesparende øjemed i kildesamlende sanitetskoncepter med meget korte tilbagebetalingstider og bør i fremtiden være endnu mere oplagte i kildesortende koncepter med koncentreret opsamling af urin.

Det ville være interessant at undersøge om f.eks. almindelig rapsolie ville kunne bruges som spærrevæske og hvor meget tilførsel af duft en væskelås med ren urin ville kræve for ikke at give lugtgener. anbefalinger af materialer, rørdiameter og rørlængder for rørtransport af koncentreret urin vil også være nødvendige.

Vandfrie urinaler til koncentreret opsamling af urin er den mest oplagte og effektive systemkomponent til opsamling af store mængder urin af høj kvalitet uden fækal krydskontamination hvis de drives ved hjælp af miljøvenlige hjælpestoffer.

5.6 Perspektiver

Vandfrie urinaler giver en opsamling på 100 % af den "leverede" mandlige urin. Der kan her blive tale om den mest omkostningseffektive og udbredte opsamling af humane næringsstoffer fra en række offentlige sammenhænge som sportspladser, værtshuse samt en række store arbejdspladser m.m. De stadig større vandbesparinger på grund af grønne afgifter ville kunne medfinansiere investeringer og drift af opsamling og håndtering af urinen. Urinalerne kunne måske gøres endnu enklere og endnu mere omkostningseffektive og i udgaver med væskelås bruge almindelig vegetabiliske olier og alm. sæbe produkter til rengøring.

6 Krystallisering i urinsystemer

6.1 Indledning

Indførelsen af kildesorterede toiletsystemer har givet nye muligheder for at opsamle urin til anvendelse i landbruget men har også givet nogle tekniske problemer med hensyn til opsamling af urinen.

En ting er kildesorterede opsamlingstoiletter uden vandskyl og uden vandlås i en kolonihave med typisk max. 2 m fra urinskålen til en 25 l opsamlingsbeholder. Her er ingen vandlås, der kan give problemer og heller ikke normalt problemer med tilstopning i de korte slanger. Skulle det alligevel ske, er det nemt at løse eller i værste fald at skifte 2 m slange. Disse systemer bliver mere og mere udbredte i kolonihaver. (se bl.a projekt M226-0057 "Økologisk håndtering af urin, fækalier og gråt spildevand i kolonihaveforeninger ved hjælp af kildesorterede toiletsystemer og resorption af gråt spildevand").

Noget andet er opsamling fra kildesorterede dobbeltskylende eller enkeltskylende toiletter med vandlås og ofte lange rørføringer i husinstallationer, der kan være boligblokke og frem til opsamlingsstanke. Hyldebjerg i Albertslund (se projekt M226-0051 "Urinopsamling og -anvendelse i Hyldebjerg") og Munkesøgård i Roskilde er danske eksempler på sådanne installationer.

Når blandingen senere skal anvendes i landbrugsmæssig sammenhæng, kan der endvidere blive tale om et rørbaseret spredningssystem i form af et drypvandingssystem eller et system med sprinklers som bl.a. anvendes i forbindelse med vanding af pileplantager (se projekt FAIR5-CT97-3947/M226-0055 "Biomass short rotation willow coppice fertilized with nutrient from municipal wastewater (BWCW)").

Det er ikke nok at konstatere, at urin er et potentielt gødningsmiddel indeholdende såvel langt hovedparten af næringsstofferne i vores udsondringer som hovedparten af de næringsstoffer, der normalt indgår i husspildevandet. Der skal opfyldes en række vilkår før urin i stor skala kan finde anvendelse som gødning. Et af vilkårene er at urinen skal kunne opsamles i urintankene på en driftsstabil måde, uden at der forekommer regelmæssige stop i vandlås eller rør eller er tale om lugtgener.

Indtil nu er det primært i Sverige, at kildesorterede toiletsystemer har haft en renaissance.

Størst udbredelse har de kildesorterede toiletter uden vandskyl til fritidssektoren fået. Men i begyndelsen af 1990'erne præsenteredes såvel et enkeltskylende toilet "WM ES" som to dobbeltskylende toiletter "BB Dubletten" og "WM DS".

Da ønsket er at opsamle urinen så koncentreret som muligt, er skyllemængden, der anvendes i de forskellige toiletter til urinskyl, meget

begrænset, typisk 0,1 – 0,3 l. Urinen med en tørsubstansprocent på 4 – 6 burde kunne skylles ud med en meget lille mængde vand.

Hvor separatoren som systemkomponent i et system med dobbeltskylende kildesorterende toiletter kan anvendes til at kompensere for et kvantitativt aspekt i forbindelse med anvendelse af vand i det fækale system kunne fysisk vandbehandling være en tilgang til et kvalitativt problem i urinsystemet, nemlig krystallisering.

6.2 Stop i rør og vandlåse

6.2.1 Undersøgelser af stop i rør og vandlåse

I Tyskland undersøgte allerede i 1958 "Chemische Untersuchungsanstalt Heilbronn, Dr. K. Schiller, 25 m afløbsrør efter almindelige vandskyllende urinaler, der var tilstoppet efter tre års brug på en skole i Heilbronn. Det blev entydigt fastslået, at de dannede urinsten i rørstykket med et meget stort indhold af såvel calcium som magnesium stammede fra skyllevandet. Der var kun små mængder calcium og magnesium i urin. De større mængder calcium og magnesium fra skyllevandet havde indgået forbindelser med indholdsstoffer i urinen og dannet urinsten. Afsætningerne bestod primært af uløselige kalk- og magnesiumforbindelser som forelå i form af karbonater, oxalater, fosfater og sulfater. Nitrat, klorid og sulfid er i sig selv vandopløselige men fastholdes af andre indholdsstoffer. (Baseret på oversættelse og referat fra undersøgelsen i: Udateret "Gutachten über Urinalanlagen System Ernst" E. Meyer, Leiter der Abteilung Technische Gebäudeausrüstung Hochbauamt Stadt Heilbronn)

Hannaus & Johansson (1996) beskæftigede sig bl.a. med erfaringer fra 11 større anlæg med kildesorterende toiletter i Sverige. De konkluderede, at det samlede indtryk var positivt, men at der var problemer med forskellige komponenter i anlæggene. Et af problemerne var, at der nogle steder optrådte tilstopning i rørsystemerne. Der nævnes visse problemer med krystallisering og dannelse af slam i rørene.

Burström & Jönsson (1998) rapporterede på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse samt en undersøgelse af rørsystemerne fra toilet til opsamlingskølle, at tilstopning eller dårligt gennemløb var noget der generelt optrådte i vandlåsene, hvis man ikke foretog sig noget aktivt for at forhindre det.

De undersøgte konkrete stop i vandlåse på kildesorterende dobbeltskylende toiletter af mærket BB Dubletten i bebyggelserne "Understenshöjden" og "Ekoporten" samt rørsystemet i bebyggelserne "Understenshöjden" og "Palsternackan". De indhentede desuden generelle oplysninger om stop i vandlåse på Dubletten samt det kildesorterende dobbeltskylende toilet af mærket DS fra områderne "Understenshöjden", "Smeden", "Hushagen" og "Pasternackan" via spørgeskemaer og fra "Svedden" via telefoninterviews. Flere af stederne er kort beskrevet i: Det økologiske Råd, 2000: "Alternative spildevandssystemer – 10 illustrerede eksempler fra Sverige".

På baggrund af hidtidige erfaringer burde risikoen for stop i horisontale urinrørsystemer være meget små ved rør, med en hældning på min. 1 % og en dimension på 110 mm. (Burström & Jönsson 1998, Jönsson m.fl. 2000).

Stop i vandlase i de kildesortierende toiletsystemer med vandskyl af urin er en af de tekniske achileshæle for funktionsdygtig udbredt anvendelse i systemer for recirkulering af næringsstoffer.

Burström & Jönsson (1998) undersøgte i alt 17 vandlase med tilstoppelse eller stærkt begrænset gennembløb. De prøvede om det var muligt at fjerne stoppene med henholdsvis 1) vand eller 2) renowire. Det syntes ikke muligt at fjerne stoppene med almindelige vandstråler. Med en manuelt drevet roterende renowire kunne man imidlertid nemt fjerne 13 ud af de 17 stop. De 13 stop var bløde og bestod af hår fra flaske- eller toiletbørster i kombination med krystallisering på disse hår. Det vurderedes at porcelænsproppen i Dublettens urinskål reducerede skyllehastigheden og dermed kunne formodes at have bidraget til stoppene. (Jönsson m.fl. 2000).

Fire af de 17 stop var imidlertid hårde. 3 af vandlase blev taget af, savet i stykker og analyseret. Den ene vandlas viste sig at indeholde en del af en flaskebørste. Der var et stort indhold af såvel calcium, magnesium, fosfor samt kobber i stoppene i kobbervandlase. Vandlase af kobber og kobberrør er en dårlig idé. Kobberet kan dels øge udfældningen af metalfosfater i rørene og kan dels medføre, at øgede kobbermængder ved recirkulation tilføres landbruget.

I vandlase af plastik fandt Burström & Jönsson (1998) en masse på 218 gram vådvægt. TS lå på 44 % og 12 % af TS svarende til 12 g var fosfor. Gløderesten var 62 %. Indeholdet af henholdsvis calcium og magnesium var henholdsvis 159 g/kg TS og 42 g/kg TS.

Der er ikke undersøgt skyl med fastsatte skyllemængder men med vand af forskellige hårdheder.

Analyserne af stoppene i vandlase kunne tyde på, at der er tale om processer, der minder om dannelsen af nyresten i kroppen ved en sygelig tilstand med ændring af urinens pH eller minder om kemisk fældning på et rensningsanlæg ved tilsætning af fældningsmidler. Indeholdet af calcium og magnesium i skyllevandet kunne være en vigtig faktor til krystallisering og fældning af især fosfor i urinen. I såvel slammet i de stop der var lette som de hårde i vandlase samt det letrensede slam fra resten af rørsystemet, syntes fosfor primært at være bundet som kalciumfosfat, magnesiumammoniumfosfat og jernfosfat.

Hvis tilstedeværelse af hårdt vand fremmer dannelse af hårde stop i vandlase ved forbindelser med calcium og magnesium i skyllevandet, burde der forventes større problemer i områder med hårdt vand. Især i Østdanmark er der store områder med hårdt vand.

6.2.2 Indhold af calcium og magnesium i urin

Der er meget forskellige tal for indhold af calcium og magnesium i urin. I analysen fra Heilbronn blev der angivet 500 mg calcium og 400 mg magnesium i 1,5 l urin.

BRE (1986) angav i deres ikke publicerede rapport baseret på 50 personer i gennemsnit 19,5 mg calcium/100 ml urin, med et min. på 0,6 mg calcium/100 ml urin og et max. på 72,5 mg calcium/100 ml urin. Det svarer ved 1,5 l urin/p/d til i gennemsnit 292,50 g calcium/p/d. Magnesium lå i gennemsnit på

11,3 mg/100 ml urin, med et max. på 23,9 mg og et min. på 2,7 mg. Det svarer ved 1,5 l urin/p/d til i gennemsnit 169,50 mg magnesium/p/d.

Orten & Neuhaus (1982) angav en udsondring via urinen på pr. døgn og voksen person til 200 – 500 mg calcium og 100 – 200 mg magnesium.

Burström og Jönsson (1998) kom via andre kilder frem til, at en person ved et dagligt indtag på 600 – 800 g calcium og 300 – 350 mg magnesium via urinen udsondrer ca. 200 g calcium og 100 mg magnesium.

Hårdt vand kan f.eks. indeholde 100 mg calcium/l og 30 mg magnesium/l. Hvis såvel skyllemængde som urin sættes til hver 0,2 l/skyl, kunne der således fremkomme en række ændringer i urinblandingen (urin + skyllevand) i forhold til den rene urins sammensætning.

Der kan bl.a. ske en ændring i forholdet imellem calcium og magnesium, i koncentrationen af calcium og magnesium samt en ændring i forholdet imellem disse og fosfat. Resultatet kunne blive øgede udfældninger.

6.3 Kalkproblemer i vandinstallationer

En måde at forebygge krystallisering i primært vandlåsene eller i det mindste at reducere problemerne kunne måske være fysisk vandbehandling i form af elektromagnetisk behandling af vandstrømmen, der bruges til vandskyl.

Disse overvejelser, som fik yderligere aktualitet i kraft af ovennævnte undersøgelser, var bevægegrund til at se på fysisk vandbehandling i form af elektromagnetisk vandbehandling som en eventuel mulighed for at reducere problemet med krystallisering.

Problemet formindskes givetvis ved at vandgennemstrømningen pr. sekund øges, eller ved at der bruges blødere vand f.eks. regnvand, men hvad med elektromagnetisk behandling? Man kunne forestille sig udstyret anvendt i boligblokke eller ejendomme, hvor det af hensyn til øvrige vandinstallationer som opvaskemaskiner, vaskemaskiner, kaffemaskiner, brusere m.m. alligevel overvejedes at installere vandbehandling.

Der er ingen praktiske erfaringer på området, men måske kunne der trækkes på erfaringer med hensyn til fysisk vandbehandling til løsning af kalkproblemer i andre vandinstallationer.

Hvis man ikke kan forhindre en udfældning af kalk og binding af fosfor som sætter sig i vandlåsene som hårde krystalformer, kunne man måske påvirke processerne så krystalliseringen foregik omkring partikler i vandet og transporteredes videre eller aflejrede sig som bløde krystaller, der var nemmere at fjerne.

Der forekommer en række problemer i forbindelse med udfældning af kalk i vandinstallationer i såvel boliger, industri m.m. Kalkbelægnings i rør, på hedeplader, haner ventiler, brusehoveder, dyser, fliser tekstiler m.m. har en række negative effekter. Der kan være tale om reduceret vandføringskapacitet, større pumpeydelse, stærkt stigende energiforbrug og ødelæggelse af komponenter. Belægningsne kan desuden give grobund for tilvækst af bakterier og fremme lugtudvikling (Vestergård 1999).

6.4 Kalk og elektromagnetisk behandling

Kalk, kalkudfældning og løsning af kalkproblemer er forskningsområder, hvor videncentre som Cranfield University, England, Kyoto University, Japan og Baylor University, USA spiller en vigtig rolle. Der er arbejdet meget på teorier angående og mekanismer bag magnetisk vandbehandling.

Der er generel enighed om; ” at et magnetfelt er i stand til at ændre væskers opløsningers fysiske og kemiske egenskaber, hvilket kan være en forudsætning for, hvordan kalken udfælder sig. Det drejer sig f.eks. om ændringer i overfladespænding, pH og zeta-potentialer af partikler, hvor der er opnået reproducerbare resultater ” og videre ” at magnetisk vandbehandling ofte har en klar positiv effekt ved engangsgennemløb af vandet igennem et magnetfelt. Denne effekt er i mange tilfælde også dokumenteret, men endnu ikke reproducerbar.” (Vestergård 1999 s. 7).

Ved udfældning af calciumkarbonat (CaCO_3) kan der alt efter omstændigheder dannes forskellige krystaltyper. Calcit består af hårde krystaller, der er vanskelige at fjerne, mens aragonit har en løsere struktur. Hvis det ikke kan undgås, at der udfældes kalk i rør m.m., vil det være en stor fordel, hvis kalken udfældes som aragonit, hvis løse struktur gør den væsentlig nemmere at fjerne.

Vand danner en kappe omkring ioner og urenheder, der forhindrer calciumkarbonat molekyler i at bruge fremmedlegemer til udfældning. Kalken vil derfor sætte sig på rørvægge m.m. Ved elektromagnetisk behandling slås vandkappen af fremmedlegemet og kalken skulle nu danne et slam som enten flyder med vandet ud eller sætter sig som et langt blødere lag, der er væsentligt nemmere at fjerne.

Der er en hel del dokumentation for positive resultater i form af at forhindre kalkbelægning, fjernelse af eksisterende kalkbelægning samt ændring af krystalform til en form, der ikke giver hårde belægnings (Vestergård 1999).

Adspurgte producenter og leverandører opfattede det meget ringe antal returneringer af udstyret ved fri returret som et udtryk for at udstyret virkede. En del adspurgte brugere kunne bekræfte gode resultater men der var også nogle, der ikke havde opnået den ønskede effekt. På rensningsanlægget i Visby på Gotland anvendtes elektromagnetisk vandbehandling med stor tilfredshed i forbindelse med hårdt vand i slamafvandingsanlægget (Pers. samtaler med folk fra kommunen og rensningsanlæg i Visby).

6.5 Elektromagnetiske vandbehandlere

6.5.1 Fabrikater

Der er flere fabrikater bl.a. Aqua-Perl, Metro og Trebema. Metros kalkspaltere produceres af det svenske firma Trebema.

6.5.2 Funktion

De elektromagnetiske vandbehandlere skal enten som ved Aqua-Perl anbringes så at vandstrømmen ledes igennem et rør som er en del af enheden

eller som ved Metros/Trebemas enheder ved at de forbindes med eksisterende rør via ledninger.

Der genereres impulser og dannes et elektrostatisk kraftfelt i vandet. Det tilstræbes ved hjælp af påvirkningen af vandet, at kalken ikke kan sætte sig som hårde aflejringer i rørinstitutioner, vandvarmere m.m. Allerede hårdt afsat kalk i rørinstitutioner som det behandlede vand gennemstrømmer søges også fjernet.

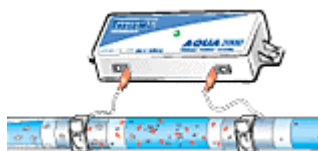


Fig. 6.1 Trebema "Aqua 2000"

6.5.3 Anvendelsesområde

Elektromagnetiske vandbehandlere anvendes såvel i husstande som i industri, landbrug, vaskerier, sports- og svømmehaller, restauranter og hoteller m.m.

6.5.4 Kapacitet

Der er en række typer med forskellig kapacitet.

Tabel 6.1 Oversigt over elektromagnetiske kalkspalttere

Type (W)	Rørdia. (mm)	l/min	l/h	Effekt
Aqua 1000	10 – 25	25	1.500	2
Aqua 2000	10 – 50	50	3.000	4
Aqua 3000	25 – 100	200	12.000	25
Aqua 5000	40 – 150	800	50.000	40
Aqua-Perl 480	15	20	1.200	6
Aqua-Perl 580	20	40	2.400	6
Aqua-Perl Home 6	20	66	4.000	
Aqua-Perl Home 6	25	100	6.000	
Aqua-Perl Home 6	32	150	9.000	
Aqua-Perl Home 12	40	230	13.800	
Aqua-Perl Home 18	50	360	21.600	
Aqua-Perl Home 24	63	570	34.200	
Aqua-Perl Home 48	100	1.450	87.000	

Kilder: Aqua-Perl Danmark, 1998 samt Trebema, udateret

6.6 Praktisk afprøvning

Der er som tidligere nævnt ingen praktiske erfaringer i forbindelse med dobbeltskyllende kildesortende toiletter. Det kunne være interessant at afprøve teknikken i forbindelse med installationer med meget hårdt vand, hvor

det også var af interesse i forbindelse med øvrige vandinstallationer i en ejendom.

6.7 Alternative anvendelsesmuligheder

Der kunne også være andre interessante anvendelsesmuligheder i forbindelse med urinblandinger/anden flydende gødning og elektromagnetisk vandbehandling.

I mange lande bruges der klor i drypvandingsystemer for at modvirke bakteriedannelse og aflejring/tilstopning i rør, drippers og sprinklers. Det ville være interessant om fysisk vandbehandling kunne være et alternativ.

Det ville også være interessant i vækstofforsøg at undersøge, om ændringerne i væskerne har en gavnlig virkning på planternes optagelse af næringsstoffer og dermed på planternes vækst og kvalitet.

6.8 Alternative tilgange til krystallisering og stop

I et projekt med 4 dobbeltskylende kildesortende toiletter på Møns Museumsgård i Keldbylille har man i forbindelse med hårdt skyllevand regelmæssigt tilsat en blanding med eddikesyre. Der har i en sæsonerne 1999 og 2000 ikke været nogen stop (Pers. medd. Bo Feldtvos, Museumsgården)



Fig. 6.2 "WM-DS" kiil desortierende dobbel tskyllende toilet



Fig. 6.3 " WM-DS" urinafløb

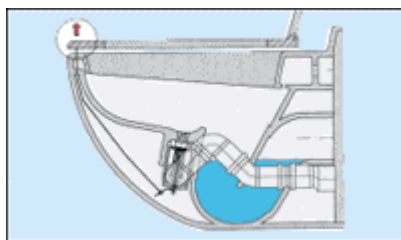
SLU, Uppsala har undersøgt anvendelse af en række forskellige kemikalier samt en mekanisk rensesplit og rapporterer at der endnu ikke har været stop man ikke har kunnet opløse og håndtere ved hjælp af en mekanisk rensesplit og kaustisk soda (NaOH) (Jönsson 2000). Kaustisk soda er med succes blevet afprøvet ved kraftigt stop i urinvandlåsen i et kildesorterende vakuumtoilet i Andelssamfundet i Hjortshøj (Pers. medd. Budde Jensen). Den kaustiske soda vil desuden kunne hæve pH i urintanken, hvilket er positivt for hygiejniseringen.

En anden tilgang kunne være at forsøge at løse problemet ved kilden ved at afskaffe vandskyl og vandlås i forbindelse med de kildesorterende toiletters urinsystem. Det kunne gøres ved at bruge en alternativ lugtlås som den f.eks. kendes i forbindelse med de vandfrie urinaler eller ved at operere med et undertryk som det kendes fra andre kildesorterende toiletter. En mindre radikal løsning på kort sigt kunne være at forsøge at ændre vandlåsene.

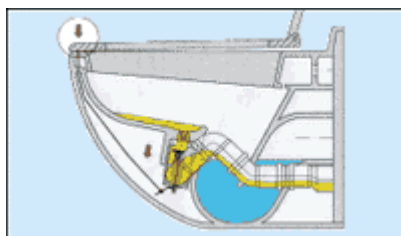


Fig. 6.4 Roovac kil desorterende dobbeltskyllende toilet

Før benyttelse



Ved benyttelse



Ved skyl efter benyttelse

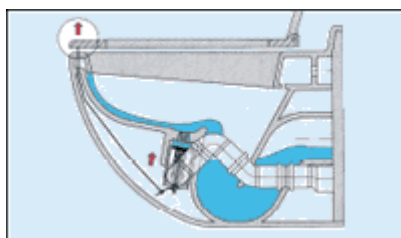


Fig. 6.5 Principskitser Roovac kildesorterende dobbeltskyllende toilet

6.9 Sammenfatning

Der har været betydelige problemer med krystallisering og stop i dobbeltskyllende kildesorterende toiletsystemer. Fysisk vandbehandling i form af elektromagnetisk vandbehandling kunne måske reducere eller løse problemet i forbindelse med hårdt vand, men der er ingen praktiske erfaringer.

Det ser ud til at problemerne dels kan søges forebygget med f.eks. eddikesyre og når de opstår kan løses ved en kombination af en mekanisk renowire og kaustisk soda. SLU rapporterer at der endnu ikke er fundet stop der ikke kan fjernes ved kombination af en mekanisk renowire og brug af kaustisk soda.

Frekvensen af stop kunne givetvis nedsættes i kildesorterende dobbeltskyllende toiletsystemer ved etablering af større vandlås og større vandskyl, hvilket dog ville gøre urinen mindre interessant. En interessant løsning er en opbygning af toiletlosettet og skyllesystemet således at koncentreret urin ved benyttelse via urinskålen løber til urinsystemet mens skyllevandet efter benyttelse af toiletet og ventilaflukning af urinsystemet tager fækalievejen. Et toiletloset med dette princip er udviklet og overvejes markedsført. Der er i den forbindelse lige som ved brug af vandfrie urinaler brug for mere viden om rørtransport af koncentreret urin.

Det ville endvidere være interessant at undersøge potentialet for fysisk vandbehandling ved spredning via rør og drippers/sprinklers af den flydende gødning og mulighederne for at påvirke planternes vækst og kvalitet.

6.10 Perspektiver

Dobbeltskylende kildesortende toiletter uden tilførsel af vand til urinsystemet kunne måske ikke blot være et interessant bud på problemer med hårde aflejringer og hyppige stop ved urinskyl men kunne måske blive en yderst interessant systemkonfiguration i kombination med Aquatron separatorer. Over 80 % af urinen ville kunne opsamles koncentreret og særskilt samtidig med at op til 70 % af indholdsstofferne i fækalierne i installationer uden store vertikale blev separerede. Ved urinskyl på 2 – 3 l, hvor skyllevandet tager fækalievejen, ville kun nogle få procent af skyllevandet tage partikkelvejen og dermed kun sænke koncentrationen i begrænset omfang.

7 Referencer

Aqua-Perl Danmark, 1998: Afprøvning af Aqua-Perl vandbehandling på køletårne.

Aqua-Perl Danmark, 1998: Aqua-Perl forsøg med kalkaflejninger i rør.

Aqua-Perl Danmark, 1998: Aqua-Perl vandbehandling. Informationsblad.

Aqua-Perl Danmark, 1998: Aqua-Perl vandbehandling i varmtvandsbeholder.

Aqua-Perl Danmark, udateret: Bedre vandkvalitet. Effektiv kalkbehandling. Brochure.

Aqua-Perl Danmark, 1999: Kimal kølevand Aqua-Perl behandling.

Aqua-Perl Danmark, 1998: Referencebrugere af Aqua-Perl.

Aqua-Perl Danmark, 1999: Spørgsmål og svar for Aqua-Perl. Informationskrivelse.

Aquatron International AB, udateret: Aquatron ALE – Toalett och avfallskompostering för större fastigheter.

Aquatron International AB, 1996: Aquatron – Biologiskt toalettsystem för wc-stol. (Brochure).

Aquatron International AB, 1995: Aquatron 90, 400 och 4x200 - Frågor och svar.

Aquatron International AB, 2000: Aquatron 4x300 . Biologiskt toalettsystem för större fastigheter. (Brochure).

Aquatron International AB, 1997 (1997A): Aquatron – Referensanläggningar för permanentboende och fritid.

Aquatron International AB, 1997 (1997B): Aquatron – Referenslista över större fastigheter, skolor.

Aquatron International AB, udateret: WC med noll-utsläpp av växtnäringsämnen. (Brochure).

Alfa Laval AS, udateret: Våtkompostreaktor. (Brochure).

Almedal, Carina, 1998: Lokal hantering av slam från enskilda avlopp i Svalövs kommun.

Institutionsmeddelande 98:04. Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala. Sverige.

Bech, U. 1986: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt am Main. Tyskland.

Bech., U. 1988: Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit. Frankfurt am Main. Tyskland.

Bech, U., Gideon, A. Lash, S. 1994: reflexive Modernization. Politics, tradition And Aessthetics In The Modern Social Order. Stanford University. Stanford. USA.

Breistrand, Arild (Alfa Laval AS), 1998: Vätkompostering. Brev til A & B Backlund ApS.

Breistrand, Arild (Alfa Laval AS), 1998: Vätkomposteringsreaktor. Brev til A & B Backlund ApS.

Burström, A., Jönsson, H., 1998: Dubbelspolande urinsorterande toaletter – driftserfarenheter och problemuppföljning. Rapport 229. Institutionen för lantbruksteknik. SLU, Uppsala, Sverige.

Coalition Clean Baltic, 1997: Ecotechnology For Wastewater Treatment. Functioning facilities in the Baltic Sea region.

Corona Solar – Gesellschaft für ökologische Anlagentechnik, 1998: Teilschlussrechnung (Vakuumanlage Hannover).

Del Porto, D., Steinfeld, C. 2000: The Composting Toilet System Book. Massachusetts. USA.

Det Økologiske Råd, 1999: Alternative spildevandssystemer - 10 illustrerede eksempler fra Sverige.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK, 1996: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (für EVAC Unterdruck-Entwässerungssystem).

Drangert, Jan-Olof m.fl.: ECOLOGICAL ALTERNATIVES IN SANITATION.

Proceedings from Sida Sanitation Workshop. Balingsholm, Sweden 6 – 9 August 1997.

Publications on Water resources: No 9. SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT COOPERATION AGENCY (Sida). Department for Natural Resources and the Environment.

Duravit AG 2001: McDry, brochure 13-05-2001-09-05

Eilersen, A. M. , Magid J., Tjell J.C. 1998: Genanvendelse af affald på jord s. 493 – 510 i "Affaldsteknologi". Ed. T.H. Christensen Teknisk forlag. København.

Ernst, F. Ing. AG, udateret: Pflegeanleitung. Urinalanlagen SYSTEM ERNST ohne Wasserspülung.

Ernst, F. Ing. AG, 1999: SICHERHEITSDATENBLETT GEMÄSS 93/112/EG. Urinol – Sperrflüssigkeit.

Ernst, F. Ing. AG, udateret: WASSERLOSE URINALANLAGEN.
(Brochure).

Esray, S. m.fl., 1998: Ecological Sanitation. Sida publikation.

ETA DANMARK, 1999: Godkendelse af urinal uden vandskyl,
WATERLESS.

Etnier, Carl & Karen Refsgaard, 1999: Economics of decentralized
wastewater treatment: Testing a model with a case study.
Proceedings of the 4th. International Conference: Managing the Wastewater
Resource, Ecological Engineering for wastewater Treatment. Ås, Norway
June 7 – 11, 1999.

Evac, udateret: A totally new dimension of building freedom. (Brochure).

Evac, udateret: UK – Reference List. (Brochure).

Evac, udateret: Evac at Sea, in the Air, on rails and on the ground.
(Brochure).

Evac, udateret: Vacuum – the Alternative. (Brochure).

Evac/Triton-Format GmbH, 1998: Vakuumsysteme. Betriebsanleitung
Vakuumanlage.

Griggs, J.C. m.fl., 1986: The development and performance of waterless
urinals.
Building Research Establishment Report. Department of the Environment.
Building Research Establishment. Building Research Station. Garston,
Watford..
Limited circulation. Not publicated and not for publication.

Grünert, Konrad, 1999: Vakuumentwässerung – eine preiswerte Alternative?
Der Einsatz der Vakuumkanalisation zur Entwässerung kommunaler und
industrieller Vorhaben.
Planungsbüro für Vakuumentwässerung GmbH.

Hanæus, Åsa & Erica Johansson, 1996: Urinsorterande avloppssystem –
Inventering, utvärdering och laboratorieförsök. Examensarbete 1996:176E.
Institutionen för samhällsbyggnadsteknik. Avdelningarna för Restproduktteknik
och VA-teknik. Tekniska Högskolan i Luleå. Luleå, Sverige.

Hermann, T. m.fl., 1999: Innovative Water Concept Applied At An Urban
Multistorey Building.

Hesse, Thomas (Stadtwerke Hannover AG), 1998 (1998A):
Vakuumtoilettenanlage. Hannover. Tyskland.

Hesse, T. (Stadtwerke Hannover AG), 1998 (1998B): Vakuumtoilettenanlage
Kugelfangtrift 90 – 96. Grundriss. Hannover. Tyskland.

Hesse, T. (Stadtwerke Hannover AG), 2000: Auswertung der Zählerstände
Vakuumanlage. Brev af 16-03-2000.

Hesse, T. (Stadtwerke Hannover AG), 2001: Öko-Technik-Park Hannover. Zählerstände und Auswertung der Vakuumanlage. Brev af 04-01-01.

Hochbauamt Landeshauptstadt Hannover, 1999: Betr. Urinalanlagen "System Ernst". (Brev).

Jenssen, Petter D. & Odd Jarle Skjelhaugen: Local ecological solutions for wastewater and organic waste treatment – a total concept for optimum reclamation and recycling. Proceedings of Seventh National Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems. Atlanta Hilton and Towers, Atlanta, Georgia, December 11 – 14, 1994. ITF-trykk 74/1994.

Jets Vacuum AS, udateret: Jets 1986 – 1996. (Brochure).

Jets Vacuum AS, udateret: Jets – Jets Vacuum Sewage System. (Brochure).

Jets Vacuum AS, udateret: Vacuumator Jets 60 MB. (Brochure).

Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C., 1998: Urinsortering – et avloppssystem för framtiden.? Gröna fakta 7/1998. Movium, SLU. Alnarp, Sverige.

Johansson, Mats & Maria Lennartsson, udateret: SUSTAINABLE WASTEWATER TREATMENT FOR SINGLE-FAMILY HOMES. Udgivet af Coalition Clean Baltic.

Jönsson, H., Burström, A., Svensson J., 1998: Mätning på två urinsorterande avloppssystem – urinlösning, toalettanvändning och hemvaro i en ekoby och i et hyresområde. Rapport 228, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Jönsson, H., Olsson, A., Stenström, T.A., Dalhammar, G., 1996: Källsorterad humanurin i kretslopp – en förstudie i tre delar. VA-FORSK Rapport 1996-03 VAV AB. Stockholm, Sverige.

Kärrman, E., Jönsson, H., Gruvberger, C., Dalemo, M., Sonesson, U. Stenström, T.A., 1999: Miljösystemanalys av hushållens avlopp och organiska avfall – syntes av hanteringssystem undersökta inom FoU-programmet "Organiskt avfall som väkstnärsresurs". VA-FORSK Rapport 1999-15. VAV AB, Stockholm Sverige.

Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA), 1999: Bestätigung Wasserlosen Ernst-Urinale.

Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA), 1998: Prüfbericht Nr. PAZ 6281184.

Landesgewerbeamt Bayern (LGA), udateret: Vorläufige Untersuchungsergebnisse der Abklatschanalysen. Fax fra American Waterless 1999-19-05.

Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt, 1996: Teilstrombehandlung von Fäkalienwasser im Wohngebieten mit städtischer Struktur.

Lange, Jörg & Ralf Otterpohl, 1997: Abwasser – Handbuch zu einer zukunftsfähigen wasserwirtschaft. Mall-Beton-Verlag. Donauueschingen-Pföhren. Deutschland.

de Lasson, Aksel, udateret: Behandlung von schnittrosen mit Aqua-Perl wasser.

Lindgren, M., 1999: Urinsorterande toaletter – rensning av stopp samt upsamling och attityder. Institutionsmeddelande 99:05, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Lindworsky, Peter, 1992: Kein Grund zum Naserümpfen: wasserlosen Ernst-Urinale. Art. i Haustechnische Rundschau 12. Krammer Verlag. Düsseldorf. Deutschland.

Luhmann, N. 1986: Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische gefährdungen einstellen? Opladen. Tyskland.

Luhmann, N. 1998: Observations On Modernity. Stanford University. Stanford. USA.

Metro Therm A/S, udateret: Aqua 2000 Elektronisk kalkspaltning. Brochure.

Metro Therm A/S, udateret: Elektronisk kalkspaltning. Aqua 2000, 3000 og 5000. Brochure.

Metro Therm A/S, 2000: "Den gør et eller andet". Artikel i Metroorientering nr. 14, marts 2000.

Meyer, E. (Leiter der Abteilung Technische Gebäudeausrüstung Hochbauamt stadt Heilbronn), udateret: Gutachten über Urinalanlagen System Ernst.

Norges Landbrukshøgskole, 1997: Kildeseparering for avløbsvann. (Informationsblad).

Norin, Erik, 1996 (1996A): Våtkompostering som stabiliserings- och hygieniseringsmetod för organisk avfall – försök i pilotskala med svartvatten, köksavfall och gödsel. JTI rapport Nr. 3 Kretslopp och avfall, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.

Norin, Erik, 1996 (1996B): Våtkompostering i et lokalt, kretsloppsaserat behandlingssystem för Toalett- och köksavfall – Förstudie av planerad bebyggelse i Horn, Västerås kommun. JTI rapport Nr. 5 Kretslopp och avfall, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.

Orten & Neuhaus, 1982: Human Biochemistry. 10th edition, Mosby Year Book.

Otterpohl, Ralf m.fl., 1997: Sustainable Water And Waste Management In Urban Areas.

Art. I: Water Science & Technology Vol. 35, No. 9/1997. Elsevier Science. Great Britain.

Otterpohl, Ralf m.fl. 1995: A possibly sustainable sanitation concepts for cities in humid countries. International Conference on Ecological Engineering for Wastewater Treatment, Waederswil, Schweiz 18. – 22.9.1995.

Reese A/S, udateret: Referenceliste.

Reese A/S, udateret: Uridan non water system. (To brochurer).

Roediger, udateret: Roovac – vacuum technology. Decontamination Plants. Collection and treatment of waste water from hospital nuclear therapies (Brochure)

Roediger 2002: Facts about decontamination plants for radioactive wastewater in hospitals

Sanivac Vakuumenteknik GmbH, 1997: Das Vakuum Sanitärsystem für die Gebäudeausrüstung.

SITAC (Swedish Institute for Technical Approval in Construction), 1995: Typgodkännandebevis 0790/91. Separator til Aquatron Toalettssystem.

Skjelhaugen, O.J., 1999 (1999A): Closed System For Local Reuse Of Blackwater And Food Waste, Integrated With Agriculture. Art. i IAWQ-journal Water Science & Technology. Vol. 39, No. 5 pp. 161-168, 1999.

Skjelhaugen, O.J., 1999 (1999B): Thermofilic aerobic reactor for processing organic liquid wastes. Art. i Water Research 33:7, pp.1593 - 1602.

Stadtwerke Hannover AG 1998: Erläuterungsbericht der Vakuumtoilettenanlage im Gebäude: Kugelfangtrift 90-96 in 30657 Hannover.

Stadtwerke Hannover AG, udateret: Energie EXPONate. (Brochure).

Stadtwerke Hannover AG, udateret: Umwelttechnik im Alltag. Öko-Technik-Park Hannover.

Stadtwerke Hannover AG 2001: Öko-Technik-Park Hannover. Beschreibung und Auswertung der Haustechnik vom Öko-technik-Park Hannover.

Stadtwerke Hannover AG 2001: Öko-technik-Park Hannover. Beschreibung der Technik. Bilder von allen anlagen. Darstellung der ergebnisse. Vortragvorlage mit Power point. CD-Rom.

Statens Provningsanstalt, Borås, Sverige (SP), 1992: Provnig av separator/vätskeavskiljare. Rapport E30314 1992-04-13.

Sundberg, K., 1995: Vad innehåller avlop från hushåll? Statens Naturvårdsverk. Rapport 4425. Stockholm, Sverige.

Tratsch-Bau GmbH & Co. KG, udateret: ökologiske wohnsiedlung flintenbreite.

Ökologisches Pilotprojekt der Hansestadt Lübeck. (Brochure).

Trebema, udateret: Fakta och information om Aqua 2000. Informationsskrivelse.

Trebema, udateret: Kalklösare. Brochure.

Trebema, udateret: References. Referenceliste.

Triton-Format GmbH/Rainer Hohnholz, 1999: Einsatz von Vakuumsanitärtechnik im Hochbau. Referenzliste. (Skrivelse til A & B Backlund ApS).

Triton-Format – Schiffstechnik – Umweltsysteme GmbH, 1998 (1998A): Technische Beschreibung der Vakuum-Sanitäranlage WOB AU Schleswig-Holstein in Ammersbek "Mühlenkoppel".

Triton-Format GmbH 1998 (1998B): Betriebsanleitung Vakuumanlage. Projekt Hågewiesen.

Triton-Format GmbH & Stadtwerke Hannover AG 1998 (1998C): Abnahmeprüfung (Vakuumanlage Kugelfangtrift, Hannover).

Valdmaa, K. 1986: Undersökning av funktionen i vattentoaletten "Aquatron 3000".

Sveriges Lantbruksuniversitet. Avd. för avfallsbiologi, Uppsala.

Vestergaard, J. B. 1999: Kalk & Vand – Udredning om fysisk vandbehandling for løsning af kalkproblemer i vandinstallationer. Teknologisk Institut, Energi. Århus.

Wier, M. 2000: Væksten i forbrug af økoverer. Art. i AKF Nyt nr. 2 2000.

Vinnerås, B., 1998: Källsorterad humanurin – skiktning och sedimentering samt opsamlad mängd och sammansättning. Institutionsmeddelande 98:05, Institutionen för Lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Waterless Danmark ApS, 1998: Airseal – Identifikation, sundheds- og sikkerhedsforskrifter.

Waterless Danmark ApS, udateret: Montering af Waterless Urinal.

Waterless Danmark ApS, udateret: Montering/Udskiftning af vandlås (siphon).

Waterless Danmark ApS, 1998: Oversættelse af rapport fra Growmore, Californien, USA. Undersøgelse af almindeligt anvendte rengøringsmidlers indflydelse på Airseal.

Waterless Danmark ApS, 1999: Referenceliste: Danmark.

Waterless Danmark ApS, udateret: Rengøring af Waterless urinaler.

Waterless Danmark ApS, udateret: Waterless – System. Ofte stillede spørgsmål og svar.

Waterles Danmark ApS, udateret: When The Well Is Dry, We Know The Worth Of Water. (Brochure).

Waterless Deutschland 1999: EG-Sicherheitsdatenblatt (91/155/EWG)

Waterless Deutschland GmbH & Co.: Wasserlose urinale senken die kosten, sind umweltfreundlich, hygienisch und pflegeleicht! (Brochure)

Weglin, J. Vinnerås B. 2000: Avloppsvatten och fast organiskt avfall i hyreshuset Ekoporten – sammansättning och flöde. Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.
Rapport 244.

Winblad, Uno, 1997: Towards An Ecological Approach To Sanitation. Swedish International Development Cooperation Agency (Sida). Department for Natural Resources and the Environment. Publications on Water resources No 5.

WM-Ekologen ab, udateret: Ekovak - Mjukvakuumsystem med urinsortering. (Brochure).

WM-Ekologen ab, udateret: Kopplingschema.

WM-Ekologen ab, udateret: Sorterande toaletter av sanitetsporlin. (Brochure).

Personlige meddelelser:

Andersen, Carsten. Café Europa. København.

Backlund, Kenth. Elias Fries Skolan. Hyltebruk, Sverige.

Berg, Ole. Lind & Risør, Taastrup

Brömster, Elisabeth. Österjärva Gärd, Solna, Sverige.

Budde Jensen, Werner. Andelssamfundet Hjortshøj, Hjortshøj.

Bøgsted, Finn. Tivoli Udvikling. København.

Feldtvos, Bo. Møns Museumsgård

Fischer, Jens Peter. Jægersborg Skovdistrikt. Klampenborg.

Friberg, Stefan. WM Ekologen ab (nu Wost Man Ecology AB). Stockholm, Sverige.

Gruvberger, Christoffer. Avdelningschef på JTI, Jordbrukstekniska Institutionen, SLU, Uppsala, Sverige.

Hesse, Thomas. Stadtwerke Hannover. Hannover, Tyskland.

Jensen, Lars. Gals Klint Camping. Middelfart.

Jensen, Michael. Statens Lufthavnsvesen

Johansson, Palle. Lalandia Feriecenter. Rødby.

Jönsson, Håkan. Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala, Sverige.

Kristensen, Knud. Musikcentret Holstebrohallerne.

Kølster, Per. Fuglebjerggård. Restaurant. Helsingø.

Larsen, Søren. Billund Camping. Billund.

Larsson, Pia. Tilknyttet Smedens Ekoby i Jönköping, Sverige.

de Lasson, Aksel. Aqua Perls ApS.

Magnusson, Bosse. WM Ekologen ab (nu Wost Man Ecology AB).
Stockholm, Sverige.

Møllergaard, Ole. Illum. København.

Møller Nielsen, Allan. Vand & Miljøgruppen. Nykøbing Falster.

Nielsen, Flemming. Holte Hallerne. Holte.

Nyman, Ove. Hyresbostäder i Norrköping. Norrköping, Sverige.

Oldenburg, Martin. Otterwasser GmbH. Ingenieurgesellschaft für integrierte
Siedlungstechnik. Lübeck, Tyskland

Otterpohl, Ralf. Otterwasser GmbH. Ingenieurgesellschaft für integrierte
Siedlungstechnik. Lübeck, Tyskland.

Pahlmann, Mats. OY Paltermo, Finland.

Pedersen, Hans Jørgen. Legoland Billund. Billund.

Reedtz – Thott, Ivan. Ivan Reedtz – Thott Camping. Fakse.

Reese, John. Reese A/S. Haderslev.

Stegfeldt, Thomas. Sörab Vallentuna, Sverige.

Stigborg, Flemming: Lind & Risør, Taastrup

Torpe, Mia. Miljöchef i HSB, Stockholm, Sverige.

Vestergaard, Jens Brusgaard. Teknologisk Institut, Energi. Århus.

Vinnerås, Björn. Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala, Sverige.

Zetterquist, Lars. Timrå kommun, Sverige.

Åkeson, Torsten. Åkeson Innovation AB & Aquatron International AB.
Stockholm, Sverige.