

Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning

Nr. 23 2002

Opsamling, opbevaring og udnyttelse af urin fra Museumsgården på Møn

Opsamling, opbevaring og
udnyttelse af urin fra
Museumsgården på Møn

Annette Holtze og Arne Backlund
Storstrøms Amt

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	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	15
1 INDLEDNING	23
1.1 BAGGRUND	23
1.2 FORMÅL	24
1.3 AFGRÆNSNING	24
1.4 PROJEKTFORLØB	25
1.5 KILDESORTERENDE TOILETSYSTEMER I HISTORISK PERSPEKTIV	25
1.6 Udstilling om toiletter og sanitære restprodukter	26
2 UNDERSØGELSESPROGRAM	27
2.1 ERFARINGER FRA ETABLERING OG DRIFT AF SPILDEVANDSSYSTEMET PÅ MUSEUMSGÅRDEN	27
2.2 UNDERSØGELSER AF INDHOLDSSTOFFER I HUMANE URINBLANDINGER	27
3 HUMAN URIN	31
4 BESKRIVELSE AF MUSEUMSGÅRDEN	37
4.1 MUSEETS GÆSTER	37
4.2 SPILDEVANDETS SAMMENSÆTNING	38
5 BESKRIVELSE AF SPILDEVANDSSYSTEMET	39
5.1 DET GAMLE SYSTEM	39
5.2 DET NYE SYSTEM	40
6 LOVGIVNING FOR INSTALLATIONER OG UDSPREDNING AF URIN	45
6.1 LOVGIVNING VEDRØRENDE INSTALLATIONER	45
6.1.1 Toiletter og urinal	45
6.1.2 Tanke	46
6.1.3 Rørinstallationer	46
6.2 LOVGIVNING VEDRØRENDE ANVENDELSE AF URIN	47
7 ERFARINGER MED INSTALLATIONER OG DRIFT	49
7.1 ERFARINGER MED ETABLERING AF SYSTEMET	49
7.2 ERFARINGER MED DRIFTEN	50
7.2.1 Systemkomponenternes funktionsdygtighed og driftssikkerhed	50
7.2.2 Vandforbrug	54
7.2.3 De besøgendes erfaringer	55
8 RESULTATER	57
8.1 INDHOLD AF NÆRINGSSTOFFER SAMT LEDNINGSEVNE	57
8.1.1 Indholdet af næringsstoffer i urinblandinger og i andre gødningsprodukter	60

8.2	TUNGMETALLER	62
8.2.1	<i>Indholdet af tungmetaller i urinblandinger sammenlignet med andre gødningsmidler</i>	63
8.3	MILJØFREMMEDE STOFFER	65
8.3.1	<i>Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandinger sammenlignet med indholdet i andre gødningsmidler</i>	66
8.3.2	<i>Indholdet af medicinrester og østrogener i urin</i>	67
8.4	RESULTATER AF MIKROBIOLOGISKE UNDERSØGELSER	67
8.4.1	<i>Indhold af mikroorganismer i udvalgte gødningsmidler</i>	70
9	KILDESORTERENDE TOILETSYSTEMER OG ANVENDELSE AF OPSAMLEDE URINBLANDINGER I SVERIGE	73
9.1	KILDESORTERENDE TOILETSYSTEMER I SVERIGE	73
9.2	ANVENDELSE AF URINEN	75
9.3	FORSØG MED GØDNINGSEFFEKT AF TILFØRSEL AF URINBLANDINGER	76
9.4	ANALYSER AF URIN OG VURDERING AF RISICI FORBUNDET MED AT ANVENDE URIN SOM GØDNINGSMIDDEL I SVERIGE	77
9.5	ANBEFALINGER FRA SMI I STOCKHOLM OG SLU I UPPSALA	78
10	DISKUSSION	81
11	LITTERATURLISTE	87

Forord

Storstrøms Amt har i forbindelse med "Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" iværksat projektet "Opsamling, opbevaring og udnyttelse af urin fra Museumsgården på Møn" under aktionsplanens tema 3 "Næringsstoffer fra by til land". Spildevandssystemet er etableret i april 1999, og erfaringer med systemet er indsamlet i sæsonerne 1999, 2000 og delvis 2001.

Arne Backlund, A&B Backlund ApS, har været konsulent på projektet og har medvirket til udarbejdelse af rapporten.

Projektet har haft en styregruppe bestående af:

Linda Bagge, Miljøstyrelsen
Line Hollesen, Miljøstyrelsen
Jakob Magid, Den Kongelige Veterinære Landbohøjskole, Institut for jordbrugsvidenskab
Allan Smith, Møn Kommune
Marianne Sylvest, Grøn Guide på Møn
Mette O. Jepsen, Nakskov Kommune (ved projektets start ansat i Rudbjerg Kommune)
Bent Rasmussen, Vandmiljøkontoret, Storstrøms Amt

Storstrøms Amt vil gerne takke styregruppens medlemmer for konstruktive kommentarer og forslag både i den praktiske projektperiode og i rapportfasen.

Desuden tak til:

Bo Feldevoss (tidligere ansat ved Møns Museum) for værdifulde oplysninger både om Museumsgården generelt og om driften af det nye spildevandssystem samt for hjælp til løsning af praktiske problemer og ikke mindst for frugtbare diskussioner.

Det øvrige personale på Møns Museum/Museumsgården, som velvilligt har stillet sig til rådighed ved løsning af mange forskellige praktiske problemer.

Sammenfatning og konklusioner

Storstrøms Amt har i efteråret 1998 iværksat projektet "Opsamling, opbevaring og anvendelse af urin fra Museumsgården på Møn". Nedenfor følger en sammenfatning af projekt-rapporten.

Kapitel 1: Indledning

Med henblik på at få belyst, hvorledes urin kan recirkuleres i Danmark, har Storstrøms Amt iværksat projektet "Opsamling, opbevaring og anvendelse af urin fra Museumsgården på Møn". Projektet er støttet med midler fra Miljøstyrelsens "Aktionsplan for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" og fra Møn Kommune. Initiativtagere til projektet er Møns Museum/Museumsgården, Den Grønne Guide på Møn, A&B Backlund Aps og Storstrøms Amt, som sammen har udviklet og planlagt projektet.

Spildevandets sammensætning på Museumsgården er karakteriseret ved en stor urinfraction og en lille mængde af gråt spildevand. Dette gør det attraktivt at opsamle urinen særskilt ved hjælp af kildesorterende toiletter og udnytte næringsstofferne. På et museum er der i modsætning til i en privat beboelse mange skiftende brugere af toiletterne. Det giver en mulighed for at afprøve et sorterende spildevandssystem under disse lidt vanskelige forhold.

Et af formålene med projektet er at indsamle erfaringer med installering og brug af et kildesorterende toiletsystem, herunder et vandfrit urinal, på Museumsgården og at sammenholde disse med erfaringer fra Sverige.

Et andet formål er at undersøge indholdsstofferne i urinen, herunder om indholdet af næringsstoffer, tungmetaller, miljøfremmede organiske stoffer og mikroorganismer ændrer sig i løbet af lagringsperioden. Desuden sammenlignes den opsamlede urin ud fra disse parametre med andre urinblandinger og andre gødningsmidler.

Storstrøms Amt har ikke gennemført sit eget måleprogram, idet Miljøstyrelsen i projektets første år igangsatte projektet "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land" (Dalsgaard & Tarnow, 2001).

Toiletsystemet på Museumsgården er etableret i april 1999. Der er indsamlet erfaringer med systemet i åbnings sæsonerne 1999 og 2000 og til dels i 2001.

Kapitel 2: Undersøgelserprogram

Undersøgelserne omfatter indsamling af erfaringer med installation og drift af det kildesorterende toiletsystem, baseret på interviews. Derudover bearbejdes analyseresultater fra Miljøstyrelsens koordinerede måleprogram vedrørende den opsamlede urins indhold af næringsstoffer, tungmetaller, miljøfremmede organiske stoffer og mikroorganismer.

Museumsgården er beskrevet på baggrund af stedets besøgsstatistik og andre relevante karakteristika af betydning for mængden og kvaliteten af produceret spildevand.

Kapitel 3: Beskrivelse af human urin

I dette kapitel gives en karakteristik af koncentreret urin som gødningsprodukt. Human urin er den spildevandsstrøm, der indholder hovedparten af næringsstofferne set i forhold til indholdet i de øvrige spildevandsstrømme fra en husstand. Human urin udgør normalt kun 1–1,5% af husholdningsspildevandet, men bidrager med ca. 80% af N, 55% af P og 44% af K i spildevandet.

Selv om human urin står for hovedparten af næringsstofferne i husstandsspildevandet, indeholder urinen kun en brøkdel af det samlede indhold af tungmetaller. De humant udskilte tungmetaller udskilles primært via fækalierne.

Sundhedsrisici i forbindelse med anvendelse af urin anses generelt ikke at være forbundet med urinen i sig selv men ved sammenblanding med fækalt materiale, som har et højt indhold af mikroorganismer. Hvis urin skal benyttes som gødningsmiddel, er det af afgørende betydning, at de kildesortering sanitetssystemer indrettes på en sådan måde, at krydskontaminering (sammenblanding af urin og fækalt materiale) begrænses mest muligt. Endvidere skal tilførslen af skyllevand begrænses for at sikre en god koncentration af ammonium og høj pH, der har stor betydning for reduktionen af mikroorganismer under lagringen.

Kapitel 4: Beskrivelse af Museumsgården

Museumsgården drives i dag som en del af Møns Museum. Museumsgården holder åbent fra 2. maj til 31. oktober. Der kommer gennemsnitligt ca. 4.500 besøgende om året, heraf er ca. 1/3 børn. Produktionen af spildevand er relativt lille. Inden projektets start udgjorde det årlige vandforbrug ca. 150 m³, hvoraf de 30 m³ skønnes at være brugt udendørs. Dette forbrug svarer til forbruget i en almindelig husstand. Spildevandets sammensætning afviger fra almindeligt husspildevand, idet langt den overvejende del stammer fra toiletskyl og håndvask.

Kapitel 5: Beskrivelse af spildevandssystemet

De gamle porcelænstoiletter med skyllecisterner anbragt under loftet er blevet udskiftet som led i projektet. Den nøjagtige skyllemængde i de gamle toiletter kendes ikke, men anslås til ca. 9 liter.

På herretoilettet har der været placeret et standurinal med rende udformet i rustfrit stål og med tidsreguleret periodisk vandskyl fra to cisterner. Urinalet har haft automatisk skyl ca. hvert 15.-20. minut med en ukendt vandmængde.

Det eksisterende toiletsystem er blevet udskiftet med undtagelse af bundfældningstanken og er erstattet af et kildesortering system. Der er installeret fire kildesortering, dobbeltskylende porcelænstoiletter og et vandfrit vægurinal i gelcoatbelagt glasfiber. Urinalet har en overflade, der får urinen til at perle af. I urinalet er der monteret en siphon, der danner en lugtlås i kombination med en spærrevæske.

Den fraseparerede urin inkl. skyllevandet i urinskålen ledes til lagertanke udført i polyethylen. Det øvrige spildevand ledes fortsat til bundfældningstanken. Cyklus for brugen af tankene var planlagt til: ½ års opsamling i tank 1 og herefter ½ års lagring, mens tank 2 fyldtes. Hver tank tømmes 1 gang om året med ½ års forskydning. Det har imidlertid vist sig, at tankenes kapacitet rækker til en opsamlingsperiode på mere end 1 år.

Kapitel 6: Lovgivning for installationer og udspredning af urin

Systemer til håndtering af spildevand er omfattet af miljøbeskyttelsesloven og byggeloven. I kapitlet gennemgås kort den lovgivning, som er relevant i forbindelse med etablering af et kildesortierende spildevandssystem. Det er sådan, at når der meddeles tilladelse til et spildevandssystem, der omfatter opsamling af humane restprodukter i en samletank, skal det sam-tidig sikres, at tømning, transport og slutdisponering sker på forsvarlig vis.

Der er ikke fastsat prøvnings- og godkendelsesbetingelser for urinsortierende toiletter. Der må derfor gives særskilt og individuel godkendelse til hver opsætning. Det samme var tilfældet for urinalet på etableringstidspunktet, men det har siden opnået VA-godkendelse. Rørinstallationerne i et spildevandssystem skal udføres i overensstemmelse med Afløbsnorm DS 432.

Spildevand, herunder humane restprodukter, der har en jordbrugsmæssig værdi, kan anvendes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål). Amtet kan meddele tilladelse til anvendelse af produkterne efter bekendtgørelsens § 21. Anvendelsesmulighederne for urin og andre humane affaldsprodukter afhænger af, hvorledes de er behandlet. De sidestilles som udgangspunkt med latrin, men hvis der sker en viderebehandling af produkterne, således at de ikke længere kan betragtes som latrin, kan de anvendes på jordbrug og privat havebrug (jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1999 til bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v.). Det behandlede slutprodukt sidestilles med spildevandsslam for så vidt angår de hygiejnisk begrundede anvendelsesrestriktioner (jf. slambekendtgørelsens bilag 3).

Kapitel 7: Erfaringer med installationer og drift

I kapitel 7 sammenfattes erfaringerne fra etableringen af det kildesortierende spildevandssystem på Museumsgården samt erfaringerne fra driften i sæsonerne 1999, 2000 og delvis 2001.

Der har ikke været problemer med etablering af systemet og indstilling af vandskyl på toiletterne. Lagertankene til urin blev ved en fejl ikke forankrede i forbindelse med nedgravningen. De lette tanke hævede sig derfor på grund af jordens vandtryk og er efterfølgende blevet forankrede. Ligeledes blev overgangsstykket mellem hals og tanke ikke tætnet i første omgang. Dette gav i starten af projektperioden problemer med indsvivning af vand fra omgivelserne.

Systemkomponenternes funktionsdygtighed og driftssikkerhed

Erfaringerne har overordnet og generelt været meget positive, måske endog overraskende positive, idet der på Museumsgården er mange og skiftende brugere af toiletterne.

Der har ikke været rapporteret om problemer med toiletternes skyllemekanisme. Der har heller ikke været konstateret lugtgener på grund af toiletterne. Personalet har ikke registreret fækalier i den lille urinskål eller på skillevæggen mellem den og fækalieskålen. Det tyder på, at der ikke har foregået krydskontaminering i større grad.

Det er personalets erfaring, at toiletterne er lidt mere rengøringskrævende end traditionelle toiletter. Det lille skyl har ikke kunnet holde urinskålen helt ren ved et skyl på ca. 2 dl. Personalet har ca. hver tredje uge hældt en blanding af eddikesyre og vand i toiletternes vandløse for at forebygge stop bl.a. på grund af udkrystallisering og aflejring af salte.

Den rette brug af toiletterne forudsætter, at der gives tilstrækkelig instruktion i brugen. Denne forudsætning vurderes at være opfyldt, idet der er ophængt en tegning både på toiletvæggene og på toilet dørene med anvisninger på toilettets brug.

Det vandfrie urinals indre overflade er efter 3 sæsoners brug indtakt og glat med højglans, således at urinen fortsat perler af. Der er ikke konstateret synlige rester af urin i skålen. Overfladen er ikke blevet ødelagt ved hærværk, og det har endnu ikke været nødvendigt at polere overfladen op med autopolish som anbefalet af producenten. Der har heller ikke været nogen lugtproblemer. Der har ikke været behov for at udskifte siphonen siden opstarten i 1999, selv om producenten anbefaler udskiftning efter 5.000–7.000 benyttelser eller mindst en gang om året.

De besøgendes erfaringer

Der er ikke lavet en egentlig spørgeskemaundersøgelse over de besøgendes erfaringer med Museumsgårdens toiletsystem. På baggrund af interviews af personalet og Den Grønne Guides indtryk fra snak med de besøgende vurderes det, at de besøgende generelt har været meget positive over for det nye system og tilfredse med funktionen af det. Selv ved Museumsgårdens årlige store arrangement, markedsdagen, med op til 600 besøgende har systemet fungeret til folks tilfredshed uden lugt- eller andre problemer.

Enkelte har udtalt, at de ikke bryder sig om, at toiletpapiret fra "lille-besøg" skal puttes i en spand. Her er der så mulighed for at undlade at følge instruktionen og i stedet lægge papiret i den store skål og aktivere det "store skyl".

Det har været fint, at der har været en speciel udstilling om emnet samtidig med installeringen af det nye system. Udstillingen har givet anledning til mange formelle samtaler om toiletsystemer i almindelighed. Det er indtrykket, at udstillingen har mindsket barrieren over at skulle prøve noget nyt.

Kapitel 8: Resultater og sammenligning med andre gødningsprodukter

I sæsonen 1999 (fra 2. maj til 31. oktober) blev der i tank 1 opsamlet ca. 1.830 l urinblanding (urin og skyllevand). Sæsonens besøgstal var 4.320. I perioden fra 1. november 1999 til 1. september 2001 blev der i tank 2 opsamlet 2.640 l urinblanding, og periodens besøgstal udgjorde 6.856. Analyserne i det koordinerede måleprogram er udført på urinblandingen i tank 1. Kapitel 8 omhandler resultaterne af undersøgelserne af den lagrede urinblandings indholdsstoffer. Resultaterne sammenholdes med undersøgelser af andre gødningsprodukter.

Urinblandingen fra Museumsgården har en tørstofprocent (TS) på 0,3384 og indeholder ca. 3.300 g kvælstof (N), ca. 135 g fosfor (P) og ca. 1.250 g kalium (K). Kalium er normalt den parameter, som er bedst til at vurdere urinblandingsens koncentration. Lægges kaliumkoncentrationen til grund for vurdering af forholdet mellem urin og skyllevand, fås et urinindhold på 35% svarende til en fordeling på 641 kg urin og 1.189 kg skyllevand. De opsamlede urinblandinger er ikke kun fortyndet på grund af skyllevandet, men det kan heller ikke lade sig gøre at "fange" al urinen i de kildesortierende toiletter. Opsamlingsprocenten af urin ved benyttelse af de kildesortierende toiletter på Møn kendes heller ikke. Undersøgelser af toiletter i lejligheder i Sverige har vist opsamlingsprocenter spændende fra 50 til 80 (Jönsson et al., 2000, Vinnerås, 2001). En videreudvikling af toiletterne må formodes at resultere i opsamling af et mere koncentreret gødningsprodukt.

Måleresultaterne fra Møn er sammenlignet med resultater fra prøver udtaget i urintanke fra tilsvarende kildesortierende toiletter i henholdsvis det sociale boligbyggeri "Hyldebjerg" i Albertslund og på Svanholm Gods samt med en samleprøve fra ti husstande med kildesortierende tørklosetter i kolonihaver, hvor kun en del brugere manuelt tilføjer lidt vandskyl. Alle er projekter under aktionsplanens tema 3. Resultaterne viser, at urinblandinger har et betydeligt indhold af kvælstof, og at indholdet af fosfor er lavt, lavere end i den koncentrerede urin. Der er målt det laveste indhold af fosfor i urinblandingen fra Møn.

Næringsstofindholdet i urinblandingen fra Museumsgården er sammenlignet med indholdet i koncentreret urin samt med spildevandsslam, kompost, svine- og kvæggylle, der benyttes som gødningsmidler. Indholdet af næringsstoffer (N,P,K) i urinblandingen fra Museumsgården er lavt i relation til masse og højt i relation til tørstof. Urinblandingen er således "tynd" sammenlignet med de andre gødningsprodukter, men det lave tørstofindhold gør urinblandingen yderst velegnet til spredning i drypvandingsystemer.

Tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer

Den opsamlede urinblandings indhold af tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer er målt som led i det koordinerede måleprogram. Resultaterne er sammenholdt med indholdet i urinblandingerne fra de øvrige undersøgte kildesortierende systemer med koncentreret urin og med resultater af tilsvarende undersøgelser af andre gødningsprodukter. Undersøgelsesresultaterne viser, at indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i urinblandinger er lavt. Således er indholdet i koncentreret urin og i urin fra Museumsgården, beregnet tørstofrelateret, nede på promiller af de grænse- og afskæringsværdier, der gælder for udspredding af affaldsprodukter, som må benyttes til jordbrugsformål (jf. bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000).

Endvidere viser resultaterne, at indholdet af tungmetaller i urinblandingen er væsentligt lavere end i de øvrige gødningsprodukter.

Cadmiumkoncentrationen i urinblandingen i relation til TS fra Museumsgården er kun et par procent af koncentrationerne i gylle og kun på promiller af koncentrationerne i spildevandsslam og kompost. Forskellene bliver større, hvis indholdet beregnes i forhold til indholdet af henholdsvis kvælstof og fosfor, og er størst for kvælstof.

Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandingen beregnet i forhold til indholdet af kvælstof og fosfor er nede på promiller af indholdet i spildevandsslam og komposteret husholdningsaffald. Indholdet af PAH og NPE i henholdsvis svine- og kvæggylle ligger på samme niveau som indholdet i urinblandingen. Dette er ikke overraskende, eftersom kilderne til disse stoffer primært er skyllevandet.

Resultater af de mikrobiologiske undersøgelser

Resultaterne af de mikrobiologiske undersøgelser i det koordinerede måleprogram sammenholdes med indholdet i urinblandingerne fra de øvrige tema 3-projekter. Antallet af enterokokker benyttes som indikatorer for fækal forurening af urinblandingen. Antallet af enterokokker i urinblandingen fra Museumsgården var allerede reduceret til <10 pr. 100 ml efter 2½ måned. Antal enterokokker og *E.coli* faldt typisk til under detektionsgrænsen efter 3–4 måneders opbevaring af urinblandingerne med nogen variation mellem projekterne (Dalsgaard & Tarnow, 2001). Kimtallet ved 37°C i urinblandingerne er ligeledes blevet reduceret markant i løbet af den første lagingsmåned.

Hastigheden af bakteriernes henfald afhænger af pH- og temperaturforholdene i lagertanken. pH bør være minimum 8,8, og temperaturen hellere 20 end 4 (Jönsson et al., 2000, Höglund, 2001). Temperaturen i lagertanken har været forhøjet i den sidste del af prøveperioden, og i de to sidste prøver er der målt pH-værdier, som har været i underkanten af, hvad de burde være. Det kan skyldes, at urinblandingen har en relativt lav urinkoncentration.

De mikrobiologiske undersøgelser viser, at der ikke er fundet *Salmonella* eller *Campylobacter*. Antallet af enterokokker i urinblandingen fra Museumsgården er efter 2½ måneds lagring mindre end 100/g. Urinblandingen lever på dette punkt op til de gældende hygiejniske kvalitetskrav, som er fastsat i slambekendtgørelsen (bekendtgørelse. nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål), men behandlingen af urinblandingen svarer ikke til bekendtgørelsens definition på kontrolleret hygiejniserings. Disse krav skal begge være opfyldt inden udspredding.

Dalsgaard & Tarnow (2001) konkluderer, at der ved 4 måneders lagring af separat lagret urinblanding opnås en markant reduktion af bakterielle smitstoffer. "Anvendelse af lagret urin som gødning synes at udgøre en yderst ringe risiko for bakterielt betingede mave-tarm-infektioner hos dyr og mennesker ved håndtering af urin samt ved indtagelse af afgrøder gødet med urin" (Dalsgaard & Tarnow, 2001).

Der er påvist parasitten *Cryptosporidium parvum* (Dalsgaard og Tarnow, 2001), men parasitten *Giardia duodenalis* er ikke påvist i urinblandingen fra Museumsgården. Miljøstyrelsen har blandt andet på denne baggrund igangsat en risikovurdering af den opsamlede urin (Linda Bagge, personlig meddelelse).

Kapitel 9: Kildesortering af toiletsystemer og anvendelse af opsamlet urin i Sverige

I dette kapitel beskrives en række eksempler på og erfaringer med installationer af kilde-sortering af toiletsystemer i forskellige boligtyper i Sverige for at kunne sammenligne med de danske erfaringer. Der gøres kort rede for anvendelsen af urin i Sverige og for de anbefalinger og retningslinier

vedrørende anvendelsen, som gives af Smittskyddsinstitutet i Stock-holm og SLU (Svenska Landbrugsuniversitet) i Uppsala.

Kapitel 10: Diskussion

Her diskuteres nogle centrale spørgsmål, som knytter sig til recirkulering af urin, såsom spildevandssystemernes driftssikkerhed og effektivitet med hensyn til opsamling af urin, koncentrationen af næringsstoffer i urinblandingen og problemerne omkring krydskontamination. Et vigtigt diskussionsemne er kvaliteten af den opsamlede urinblanding både med hensyn til indholdet af næringsstoffer, miljøfremmede stoffer og mikroorganismer.

Summary and conclusions

In the autumn of 1998, Storstrøm County initiated the project "Collection, storage and utilisation of urine from Møns Museumsgård" (the museum farmstead of Møn). A summary of the project report is presented below.

Chapter 1: Preface

In order to clarify how urine can be recycled in Denmark, Storstrøm County initiated the project "Collection, storage and utilisation of urine from Møns Museumsgård Møns Museumsgård". The project was funded by the Municipality of Møn, and by the Danish Environmental Protection Agency through the "Action Plan for the Development of Ecologic Renewal of Towns and Wastewater Treatment". The initiators of the project were Møn Museum/"Museumsgården", Den Grønne Guide på Møn (the Green Guide of Møn), A & B Backlund ApS (a private limited company) and Storstrøm County. Together they developed and planned the project.

The wastewater from "Museumsgården" contains a high quantity of urine and a small quantity of unidentified substances, and this makes the separation of urine by way of source-diverting toilets and the utilization of nutrients reasonable. Contrary to a private house, there are many different users of the toilets at a museum. This fact makes it possible to test a segregating wastewater system under somewhat difficult circumstances.

One of the purposes of the project is to collect experience in the installation and use of a source-diverting toilet system, including a waterless urinal, at the "Museumsgården" and to compare this with experience from Sweden.

Another purpose is to examine the constituents of the urine, including whether the contents of nutrients, heavy metals, micro organisms, and xenobiotic organic substances will change during storage. Moreover, the urine collected was compared with other urine mixtures and fertilizers on the basis of these parameters.

Storstrøm County has not carried out its own test programme, as the Danish Environmental Protection Agency initiated the project "Assessment of the possibilities and limitations of the recycling of nutrients from town and country households" (Dalsgaard & Taarnow, 2001).

The toilet system at the "Museumsgården" was established in April 1999. Experience from the installation and operation was collected during the opening seasons 1999 and 2000, and partly during 2001.

Chapter 2: Test programme

The examinations include interviews concerning the installation and operation of the source-diverting toilet system. Apart from this, analytical results were prepared on the basis of the coordinated test programme of the Environmental Protection Agency concerning the content of nutrients in the urine collected, as well as heavy metals, micro organisms and xenobiotic organic substances.

The "Museumsgården" is described on the basis of the number of visitors and other relevant characteristics important to the quantity and quality of accumulated wastewater.

Chapter 3: Description of human urine

In this chapter, concentrated urine as a fertilizer is characterized. Compared to the content of other effluent flows from a household, human urine contains the main part of the nutrients. Normally, human urine totals 1-1.5% of the household wastewater, but it contributes approx. 80% of the nitrogen, 55% of the phosphor, and 44% of the potassium in wastewater.

Although human urine contains most of the nutrients in household wastewater, urine contains only a small proportion of the total content of heavy metals. Heavy metals from human beings are mainly secreted through faeces.

Health risks related to the application of urine is generally not looked upon as connected to the urine itself, but to the mixture of urine and faeces, which has a high content of micro organisms. If urine is to be utilized as a fertilizer, it is crucial that the source-diverting sanitary systems are established in a way that cross contamination (the mixture of urine and faecal material) is kept at a minimum. Moreover, to secure a good concentration of ammonium and a high pH factor the supply of flush water must be limited; this is of great importance to the reduction of micro organisms during storage.

Chapter 4: Description of the "Museumsgården"

Today the "Museumsgården" is run as part of the Møn Museum. The "Museumsgården" is open from May 2nd until October 31st. On average, approx. 4,500 people visit the museum every year, of which 1/3 are children. The production of wastewater is relatively low. Prior to the project start, the annual water consumption was approx. 150 m³, of which 30 m³ are estimated to have been used outdoors. This consumption corresponds to the consumption of an ordinary household. The composition of the wastewater differs from ordinary household wastewater, as the majority comes from flushing toilets and washbasins.

Chapter 5: Description of the wastewater system

As part of the project, the old porcelain bowls with flushing tanks placed under the ceiling have been replaced. The exact amount of flushing water for the old toilets is unknown, but it is estimated to be about 9 litres (approx. 2 gallons).

In the gentlemen's lavatory there has been a stand urinal with a stainless steel drain and with controlled, automatic flush from two cisterns. The urinal has had an automatic flush approx. every 15-20 minutes, using an unknown quantity of water.

With the exception of the sedimentation tank, the existing toilet system has been replaced by a source-diverting system. Four source-diverting, double-flush, porcelain closets as well as a waterless, gel-coated, fibreglass wall urinal have been established. The surface of the urinal makes the urine glance off. Inside the urinal there is a siphon, which constitutes an odour seal in combination with a sealing liquid.

The segregated urine/flush water of the urinal bowl is led into storage tanks made of polyethylene. The remaining wastewater is still led into the sedimentation tank. The cycle of the application of the tanks was planned to be 6 months' collection in tank 1, and after that 6 months' storage during the filling of tank 2. The two tanks are each emptied once a year at 6-month intervals. The capacity of the tanks, however, has turned out to be larger, i.e. a possible storage period of more than 12 months.

Chapter 6: The Act on installation and spreading of urine

Systems for treating wastewater fall under the Environmental Protection Act and the Building Act. This chapter contains a short comment on the legislation relevant to the establishment of a source-diverting wastewater system. When the permission is given for the establishment of a wastewater system including the collection of human waste products in a collection tank, it must also be ensured that emptying, transportation and final disposal take place in a proper way.

No general test and approval conditions are laid down for urine-diverting toilets. Therefore, each installation must be granted separate approval. This also applied to the urinal at the time of establishment, but later a VA approval has been granted. The pipe installations of a wastewater system must be made in accordance with the Discharge Code DS 432.

Wastewater, including human waste products with agricultural value, may be used for agricultural purposes according to the Sludge Regulations (regulation no 49 of January 20th 2000 on the application of waste products for agricultural purposes). The county may give permission to make use of these products. The applications of urine and other human waste products depend on the way they have been treated. Basically, they are comparable with night soil; but in case of further treatment of the products to the effect that they no longer may be considered as night soil, they can be used in farming and private gardening (according to the guidelines from the Environmental Protection Agency, no 5/1999 on the regulations regarding wastewater permits etc.). The treated end product may be compared with residual sludge regarding restrictions on use laid down for sanitary reasons (cf. appendix 3 of the Sludge Regulation).

Chapter 7: Experience from installation and operation

The experience from the establishment of the source diverting wastewater system at the "Museumsgården", as well as the experience from the operation during the seasons of 1999, 2000 and part of 2001 is summarized in this chapter. No problems arose in connection with the establishment of the system or with adjusting the flush. Due to an error, the storage tanks for urine were not properly fixed when they were buried underground. The light tanks rose because of the water pressure, and they later had to be fastened. Moreover, at first the bracket connecting the shanks and the tanks was not properly sealed. This meant initial problems with water leaking in from the surroundings.

Functional performance and reliability of the system components

The overall experience has been positive – maybe even surprisingly positive, if the fact that there are many, different toilet users at the "Museumsgården" is taken into account.

No problems with the flush mechanism of the toilets have been reported, and no odour problems from the toilets have been observed. The staff have noticed no faeces in the small urine bowl or at the section between the urine bowl and the faeces bowl. This indicates that no major cross contamination has taken place.

The staff have observed that the toilets demand a little more cleaning than traditional toilets. The short flush has not been able to keep the urine bowl completely clean, using a flush of about 2 decilitres. Approx. every 3 weeks the staff have poured a mixture of water and acetic acid into the water seal to prevent it from choking, among other things because of the crystallization and deposit of salt.

To use the toilets correctly, sufficient instructions for use are necessary. This precondition has apparently been met, as printed instructions on the lavatory doors and walls tell how to use the toilets.

After 3 seasons, the inside surface of the urinal is intact and smooth, so that the urine still glances off. There are no visible remains of urine in the bowl. The surface has not been vandalized, and it has so far not been necessary to polish the surface with car-polish, as recommended by the manufacturer. Nor have there been any odour problems. Even though the manufacturer recommends replacement after 5,000 – 7,000 visits, or at least once a year, there has been no need for the siphon to be replaced since it was fitted in 1999.

The visitors' experience

No inquiry has been made into the visitors' experience from the toilet system of the "Museumsgården". Interviews with the staff and the impression of the Green Guide's conversations with visitors imply that the visitors have generally approved of the new system and have expressed their satisfaction with the way it works. Even during the busy annual fair day, with up to 600 visitors, the system functioned impeccably, without odour problems or other problems.

A few have expressed that they were not comfortable putting the toilet paper into a bin in connection with a "quick visit". In this case visitors can abstain from following the instructions and put the paper into the large bowl and activate "full flush" instead.

The special exhibition about the subject along with the establishment of the new system has proved a good idea. The exhibition has given rise to many formal conversations about toilet systems in general. It seems that the exhibition has reduced the problem of trying something so completely different.

Chapter 8: Results and comparison with other fertilizers

During the season of 1999 (from May 2nd – October 31st) approx. 1,830 litres (about 40 gallons) of urine mixed with water was collected in tank 1. The number of visitors during the season was 4,320. During the period from November 1st 1999 to September 1st 2001, 2,640 litre of urine mixture was collected in tank 2; the number of visitors was 6,856. The analyses of the coordinating test programme have been carried out for the urine mixture in tank 1. Chapter 8 deals with the results of the analyses of the constituents of the urine mixture stored. The results are compared to the analyses of other fertilizers.

The urine mixture from the "Museumsgården" has a percentage of dry solid matter of 0.3384, and contains approx. 3,300 g nitrogen (N), approx. 135 g phosphorus (P) and approx. 1,250 g potassium (K). Potassium is normally the best indicator of the concentration of the urine mixture. If the ratio between urine and flush water is based on the concentration of potassium, there is a urine content of 35%, corresponding to a ratio of 641 kg of urine to 1,189 kg of flush water. The collected urine mixtures are not only diluted because of the flush water: it is not possible to retain the total quantity of urine in the source-diverting toilets. The percentage of collected urine through the source-diverting toilets on Møn is also unknown. Examinations of toilets in Swedish apartments have proved a collection percentage from 50 to 80 % (Jönsson et al., 200, Vinnerås, 2001). Further development of the toilets will probably result in the collection of a more concentrated fertilizer.

The test results from Møn have been compared to test results from urine tanks of similar source-diverting toilets in the rented dwellings at "Hyldespjældet" in Albertslund near Copenhagen, and from the Svanholm Estate. Moreover, they have been compared to a test from ten allotment garden houses equipped with source-diverting dry closets with little or no manual flushing. All the projects belong to theme 3 of the Action Plan. The analyses show that urine mixtures have a considerable content of nitrogen, and that the content of phosphorus is low – lower than in concentrated urine. The lowest content of phosphorus was demonstrated in the urine mixture from Møn.

The nutrient content of the urine mixture from the "Museumsgården" is compared to the content in concentrated urine and to residual sludge, compost, and liquid manure, used as fertilizers. The content of nutrients (N, P, K) in the urine mixture is "thin" compared to the other fertilizers, but the

low concentration of dry solid matter makes the urine mixture most suitable for spreading through sprinkling systems.

Heavy metals and organic substances alien to the environment

As part of the coordinated test result programme, the content of xenobiotic heavy metals and organic substances in the urine has been tested. The results have been compared to the content in the urine mixtures from the other diverting systems, including concentrated urine, and to results from similar analyses of other fertilizers. The results prove that the content of heavy metals and xenobiotic substances in urine mixtures is low. Thus, on the basis of dry solid matter, the content in concentrated urine and in urine from the "Museumsgården" is down to thousandths of the marginal values which apply to the spreading of residual products allowed for agricultural purposes (according to regulation no. 49 of January 20th 2000).

The analyses moreover show that the content of heavy metals in the urine mixture is considerably lower than in other fertilizers. The concentration of Cadmium (Cd) in the urine mixture, in relation to the dry solid matter from the "Museumsgården", constitutes only a couple of per cent of the concentrations found in liquid manure and only a couple of thousandths of the content in residual sludge and compost. The differences are more evident if the content is calculated in relation to the content of nitrogen and phosphorus, and is most evident for nitrogen.

The content of xenobiotic substances in the urine mixture, calculated on the basis of the content of nitrogen and phosphorus, is down to thousandths of the content in residual sludge and composted household waste. The content of PAH and NPE in liquid manure is at the same level as that in the urine mixture. This is not surprising, as the source of these substances is primarily the flush water.

The results of the microbiological analyses

The results of the microbiological analyses of the coordinated test programme were compared to the content of the urine mixtures in the other three projects under the theme. The number of Enterococci serves as an indicator of faecal pollution of the urine mixture. The quantity of Enterococci in the urine mixture from the "Museumsgården" had already been reduced to less than 10 per 100 ml after 2½ months. The quantity of Enterococci and Escherichia coli would typically fall to below the limit for detection after 3-4 months' storage of the urine mixture, with some individual modifications in the projects (Dalsgaard & Tarnov, 2001). The bacterial count of the urine mixtures, at 37°, also fell considerably during the first month of storage.

The disintegration rate of the bacteria depends on the pH and temperature conditions in the storage tanks. The pH should be min. 8.8, and the temperature 20°C rather than 4°C (Jönsson et al., 2000, Höglund, 2001). During the last part of the test period, the temperature of the storage tank rose, and the pH factors registered were not quite up to the mark. This may be due to the fact that the urine mixture has a relatively low concentration of urine.

The microbiological analyses show that no Salmonella or Camphylobactor have been found. After 2½ months' storage, the content of Enterococci in the urine mixture from the "Museumsgården" was less than 100/g. In this respect the urine mixture meets the current hygienic performance criteria, laid down in the sludge regulation (regulation no. 49 of January 20th 2000 concerning waste generation for agricultural purposes). The treatment of the urine mixture, however, does not quite correspond to the definition of controlled sanitizing laid down in the regulation. These demands must be met before spreading.

Dalsgaard & Tarnov (2001) conclude that after 4 months' storage of separately stored urine mixture a considerable reduction in bacterial infectious matter is obtained. "Utilization of stored urine as a fertilizer seems to constitute an insignificant risk of bacteria-based gastrointestinal infection with animals and human beings in the handling of urine, and in the consumption of urine-fertilized crops".

The presence of the parasite Chyptosporidium parvum (Dalsgaard & Tarnov, 2001) was demonstrated, whereas the parasite Giardia duodenalis was not found in the urine mixture from the "Museumsgården". The Danish Environmental Protection Agency has, among other things for this reason, started an analysis of risks of the collected urine (Linda Bagge, personal information).

Chapter 9: Source-diverting toilet systems and the application of collected urine in Sweden

In this chapter, a number of examples and experience from installations of source-diverting toilet systems in various types of housing in Sweden is introduced in order to be able to compare with the Danish experience. The application of urine in Sweden, as well as the recommended regulations concerning the utilization given by the Smittskyddsinstitutet (epidemiological institute) in Stockholm and the Swedish Agricultural University, SLU), are discussed.

Chapter 10: Discussion

Here, some of the important questions related to the recycling of urine are discussed, i.e. the reliability and efficiency of the waste water systems in relation to the collection of urine, the concentration of nutrients in the urine mixture, as well as the problems concerning cross-contamination. An important subject is the quality of the nutrients collected in the urine mixture concerning both the content of nutrients, xenobiotic substances, and micro organisms.

1 Indledning

Kravene til rensningen af spildevandet i det åbne land er blevet skærpede med ændringerne af miljøbeskyttelsesloven og lov om betalingsregler for spildevandsanlæg i maj 1997. Amtsrådet i Storstrøms Amt har på denne baggrund ønsket, at amtet skal medvirke til at tilvejebringe en større viden om alternative teknologier. Denne holdning er også kommet til udtryk i bladet "Tæt på", som udgives af amtet (Ansbæk, J., 1997). Interessen deles med mange borgere, som ønsker at finde lavteknologiske og bæredygtige spildevandsløsninger som alternativer til kloakering og højteknologiske løsninger.

Med henblik på at få belyst, hvorledes urin kan recirkuleres i Danmark, har Storstrøms Amt iværksat projektet med støtte fra Miljøstyrelsens "Aktionsplan for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning". Møn Kommune har endvidere dækket en del af etableringsomkostningerne. Initiativtagere til projektet er Møns Museum/Museumsgården, Den Grønne Guide på Møn, A&B Backlund Aps og Storstrøms Amt, som sammen har udviklet og planlagt projektet.



Figur 1.1
Museumsgården på Møn.

1.1 Baggrund

Møns Museum har et ønske om at udvikle Museumsgården, der drives som en del af Møns Museum, til et "bæredygtigt" sted, herunder at foretage rensningen af spildevandet fra Museumsgården, så næringsstofferne udnyttes lokalt.

Museumsgårdens spildevand er karakteriseret ved en stor urinfraction og en lille mængde gråt spildevand. Det gør det attraktivt at opsamle urinen særskilt ved hjælp af kildesorterende toiletter og udnytte næringsstofferne. På et museum er der i modsætning til i en privat beboelse mange skiftende brugere af toiletterne. Det giver en mulighed for at afprøve et sorterende spildevandssystem under disse lidt vanskelige forhold.

Det er Storstrøms Amts vurdering, at der er behov for at tilvejebringe en større viden om disse toiletsystemer og deres driftsstabilitet og om, hvad brugerne synes om dem. Dette også som følge af et stigende antal forespørgsler fra borgere om alternative toiletsystemer. Der er også behov for at undersøge urinens egnethed som gødningsstof, hvordan den skal lagres og ikke mindst en vurdering af risici ved at benytte urinen som gødning. I Sverige er der gjort en del erfaringer med anvendelse af kildesorterende systemer og recirkulering af næringsstofferne; men der findes ingen generelle regler for brug af kildesorterende systemer (Boisen, T. , 2000). Smittskyddsinstittuttet i Stockholm har udarbejdet anbefalinger vedrørende lagring og benyttelse af urin for at sikre en minimal risiko for smitte.

1.2 Formål

Et af formålene med projektet er at indsamle erfaringer med installering og brug af et kildesorterende toiletsystem, herunder et vandfrit urinal, på Museumsgården og at sammenholde disse med erfaringer fra Sverige.

Et andet formål er at undersøge indholdstofferne i urinblandingen, herunder om indholdet af næringsstoffer, tungmetaller, miljøfremmede stoffer og mikroorganismer ændrer sig i løbet af lagringsperioden.

Projektet skal medvirke til at tilvejebringe en viden, der kan danne baggrund for at udarbejde et regelsæt for opbevaring og udnyttelse af urin som gødning.

1.3 Afgrænsning

Storstrøms Amt har ikke gennemført sit eget måleprogram, idet Miljøstyrelsen i projektets første år igangsatte projektet "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land", som er under afrapportering. I dette projekt vurderes de hygiejniske og sundhedsmæssige konsekvenser ved at anvende human urin til jordbrug og privat havebrug. Der blev udvalgt 4 lokaliteter, deriblandt Museumsgården, hvor der er udført et særligt måleprogram på den opsamlede urin. Måleprogrammet er fastsat og udført af Miljøstyrelsen. Resultaterne fra dette måleprogram vil også blive vurderet i denne projektrapport.

Det var oprindeligt tanken også at indsamle erfaringer med udspredning af urinblandingen. Det har imidlertid ikke været muligt inden for projektperioden, at give en udspretningsstilladelse til den lagrede urinblanding fra Museumsgården på acceptable vilkår (jf. kapitel 2).

1.4 Projektforløb

Projektet blev iværksat i efteråret 1998. Toiletsystemet blev etableret i april 1999. Der er indsamlet erfaringer med systemet i åbningssæsonerne 1999 og 2000 og til dels i 2001.

Måleprogrammet har omfattet urinblandingsens indhold af næringsstoffer, miljøfremmede stoffer og mikroorganismer og er gennemført af Miljøstyrelsen i perioden november 1999 til juni 2000. Måleprogrammet var oprindeligt planlagt til gennemførelse over en 6-måneders periode fra oktober 1999 til marts 2000 med henblik på udspredning af urinblandingen i foråret 2000. På grund af forsinkelsen i fastlæggelsen og udførelsen af måleprogrammet blev udspredningen udskudt til efteråret 2000. Analyseresultaterne afslørede forekomst af parasitterne *Giardia duodenalis* og/eller *Cryptosporidium parvum* i urinblandingerne fra nogen af projekterne. Dette foranledigede, at Miljøstyrelsen i efteråret 2000 iværksatte en risikovurdering af anvendelse af lagret urin som gødningsprodukt. På baggrund af fundet af parasitter har Miljøstyrelsen anbefalet, at amterne ved meddelelse af eventuelle tilladelser til udspredning af urinblandinger skal sidestille produktet med stabiliseret slam. (jf. brev af 28. marts 2001). Indtil der foreligger en afklaring af de sundhedsmæssige og miljømæssige konsekvenser ved anvendelse af human urin som gødning, bortskaffes urinblandingen fra Museumsgården til et kommunalt renseanlæg.

Miljøstyrelsen har i august 2001 oplyst, at der er iværksat et projekt på KVL (Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole), hvor det bl.a. undersøges, hvorledes forskellige behandlingsmetoder påvirker forekomsten af eventuelle parasitter.

1.5 Kildesorterende toiletsystemer i historisk perspektiv

Kildesorterende toiletter uden vandskyl er ikke et nyt fænomen. I Yemen er der i århundreder anvendt kildesorterende toiletter, endog i etagebyggeri i byerne (Drangert, 1997, Esrey, 1998). Det kildesorterende Marinos-kloset, der blev produceret i Sverige, var ikke blot udbredt i Sverige, men også i København, i 1800-tallet og i begyndelsen af 1900-tallet (Wrisberg, 1996).

I Sverige blev der i 1992 præsenteret to prototyper på dobbeltskylende, kildesorterende toiletter i porcelæn (Hanæus, 1996), som efterfølgende blev sat i produktion. Det ene var "Dubletten" fra BB Innovation & Co, og det andet "WM-DS" fra Wost Man Ecology AB, Stockholm. Sidstnævnte type blev i 1998 blevet installeret på Museumsgården på Møn. Samtidig installeredes et "Waterless" skålorinal i glasfiber.

Urinaler er konstruerede til udelukkende at opsamle urin. Anvendelse af vandfrie urinaler går meget langt tilbage i historien. I 1890'erne præsenteredes i Schweiz det første vandfrie urinalsystem med en lugtlås bestående af en spærrevæske med en specifik vægt, der er lettere end urin. I 1990'erne kom der flere fabrikater med spærrevæskeprincippet (jf. reference "urinaler"), og i 1999 præsenteredes et skålorinal i porcelæn (Ernst Ing. AG, 1999).

1.6 Udstilling om toiletter og sanitære restprodukter

Museumsgården tog i 1999 initiativ til at lave udstillingen "På spanden – das eller skyl?" – en udstilling om toiletter gennem tiden. Udstillingen blev til i samarbejde med Den Grønne Guide på Møn og A&B Backlund ApS og var inspireret af toiletmuseet i Katrineholm i Sverige og to tidligere svenske toiletudstillinger i henholdsvis Tanum Kommune nord for Göteborg og på Läns museet i Kristianstad, "Den nödvändiga sitsen – Vårt dass och vårt vatten". Det kildesortierende toiletsystem på Museumsgården blev således også en anvendelig installation i udstillingssammenhæng.

Udstillingen opfordrede tilskueren til at tænke over, hvordan toilettet kan være et vigtigt redskab eller en barriere for tilbageførsel af menneskelige restprodukter fra bord til jord. Dette blev visualiseret i en udtryksfuld plakat, der sammenfattede ideerne.



Figur 1.2
Udstillingsplakaten. (Tegnet af Lotte Hilden)

På Museumsgården har udstillingen givet anledning til mange diskussioner såvel med publikum som blandt publikum om toiletsystemer i almindelighed og recirkulering i særdeleshed.

2 Undersøgelserprogram

Undersøgelserne omfatter indsamling af erfaringer med installation og drift af det kildesorterende toiletsystem baseret på interviews. Derudover bearbejdes analyseresultater fra Miljøstyrelsens koordinerede måleprogram vedrørende den opsamlede urinblandings indholdstoffer. Museumsgården er beskrevet med hensyn til karakteristika af betydning for mængden og kvaliteten af produceret spildevand.

2.1 Erfaringer fra etablering og drift af spildevandssystemet på Museumsgården

Installeringen

På baggrund af samtaler med håndværkere, museets medarbejdere og ved besøg på stedet er der indsamlet erfaringer med installeringen af de enkelte komponenter. Det drejer sig om:

- Kildesorterende "DS"-toiletter samt urinal, væghængt "Waterless".
- Rørinstallationer.
- Ventilbrønd.
- Lagertankene incl. niveaualarm.

Driftserfaringer

Erfaringerne med driften af systemet og de enkelte komponenters funktionsdygtighed er indhentet ved tilsyn og ved samtaler med Museumsgårdens personale og besøgende. Vandforbruget er registreret i projektperioden og sammenholdt med data for vandforbruget før installeringen af det kildesorterende system.

Personalet er specielt udspurgt om systemets behov for rengøring og vedligeholdelse.

Barrierer for benyttelsen af systemet

For at afdække eventuelle barrierer i forbindelse med brugerne anvendelse af spildevandssystemet har personalet og Den Grønne Guide talt med brugerne. Der er suppleret med iagttagelser og samtaler i forbindelse med tilsyn.

2.2 Undersøgelser af indholdsstoffer i humane urinblandinger

Der er udtaget prøver fra lagertanken ca. en gang om måneden over en periode på godt et halvt år. Første prøve, T0, er udtaget den 2. november 1999, og sidste prøve, T6, er udtaget den 23. maj 2000. Der er ikke tilført frisk urin til tanken i lagringsperioden.

Koordinering af prøvetagning og analyse af urinblandingen i tankene på Museumsgården blev udført af Institut for Jordbrugsvidenskab og Institut for

Veterinær Mikrobiologi, begge under Den Kongelige Veterinære Landbohøjskole (KVL). Det er en del af et større måleprogram i projektet "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land", som er sat i gang af Miljøstyrelsen. Undersøgelserne har til formål at indsamle informationer om såvel kemiske som mikrobiologiske parametre i human urin, dels for at vurdere næringsstofpotentialet og dels for at bedømme sundheds- og miljörisici ved anvendelse af human urin som gødningsmiddel til dyrkningsjord som landbrug, gartneri, haver, skov og plantager.

Museumsgårdens toiletsystem er det eneste offentlige toiletsystem under tema 3 "Recirkulering af næringsstoffer fra by til land" i Miljøstyrelsens "Aktionsplan til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning". Den opsamlede urinblanding fra Museumsgården har betydning som analyseobjekt, da der her er et stort antal skiftende brugere, der ikke på forhånd er bekendt med den kildesortende toiletteknologi. Disse forhold kan påvirke såvel koncentrationen af næringsstoffer i urinblandingen som den mikrobiologiske kvalitet på grund af krydskontamination.

Næringsstoffer samt måling af pH og ledningsevne

Der er foretaget kemiske analyser af prøver af urinblandingen for følgende næringsstoffer:

- Total kvælstof (total N)
- Total fosfor (total P)
- Kalium (K)
- Ammonium (NH₄⁺)
- Calcium (Ca)
- Magnesium (Mg)
- Natrium (Na)

Endvidere er der målt pH og temperatur, der er vigtige parametre for, om betingelserne for en smittereducerende lagring er til stede. Ledningsevnen er målt, da den kan bruges som en indikation på koncentrationen af urin i urinblandingen.

Tungmetaller

Indholdet af tungmetaller er af afgørende betydning for urinblandings kvalitet som gødningsmiddel på dyrkningsjord sammenlignet med andre gødningsprodukter som "kunstgødning", kompost, slam, gylle m.m. Urinblandingen skal som minimum overholde slambekendtgørelsens grænseværdier (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål).

Der er analyseret for følgende tungmetaller:

- Cadmium (Cd)
- Bly (Pb)
- Crom (Cr)
- Nikkel (Ni)
- Kobber (Cu)
- Zink (Zn)

Miljøfremmede stoffer

Urinblandingen er undersøgt for de grupper af miljøfremmede stoffer, der er fastsat afskæringsværdier for i slambekendtgørelsen:

Lineære alkylbenzensulfonater (LAS)
Polycykliske, aromatiske hydrocarboner (PAH)
Nonylphenol (+ethoxylater) (NPE)
Di(2-ethylhexyl)phtalat (DEHP)

Medicinrester og østrogener

Der er endvidere analyseret for acetylsalicylsyre og paracetamol, som er de farmaceutiske stoffer, der forbruges i største mængde i Danmark. Østrogener er medtaget på grund af den aktuelle interesse for hormoner i miljøet

Mikrobiologiske undersøgelser

Urin betragtes som værende fri for smitstoffer. Der kan dog ved brug af kildesorterende toiletsystemer ske en fækal forurening, idet det kan ske, at de to fraktioner, urin og fækaliær, ikke opsamles korrekt ("ikke rammer den rette del af toiletskålen").

I måleprogrammet er følgende mikrobiologiske parametre udvalgt (jf. Dalsgaard & Tarnow, 2001):

Bakterielle indikatorer:
Total-kimtal ved 37°C
E. coli
Enterokokker

Total-kimtal ved 37°C er en generel indikator for tilstedeværelse af smitstoffer og kan indikere bakteriel vækst. De øvrige er udvalgt som indikatorer på fækal forurening.

Bakterielle smitstoffer:
Campylobacter spp.
Salmonella

Parasitære smitstoffer:
Cryptosporidium parvum
Giardia duodenalis
Andre tarmparasitter

Ovennævnte parasitter er udvalgt som vigtige repræsentanter for rundorme og protozoer, der kan forårsage diarré hos mennesker i Danmark.

Analyselaboratorier

Der er benyttet følgende laboratorier:

ROVESTA Miljø I/S, Næstved, har foretaget fysisk-kemiske- og bakteriologiske undersøgelser.
Miljø Kemi, Dansk Miljøcenter A/S, Viborg, har undersøgt indholdet af næringsstoffer, tungmetaller og miljøfremmede stoffer.
Medilab, København, har undersøgt indholdet af farmaceutiske stoffer.

Statens Seruminstitut og Danmarks Veterinærinstitut (tidligere Statens Veterinære Serumlaboratorium) har foretaget de parasitologiske undersøgelser.

Prøveudtagning

Laboratoriet ROVESTA Miljø I/S har forestået prøveudtagningen af urin på Museumsgården. Efter 15-20 minutters omrøring af urinen med en cirkulationspumpe er der udtaget prøver (1liter) i sterile vakuumflasker. Tilledningen af frisk urin til lagertanken blev stoppet den 28. oktober 1999. Der er herefter udtaget 7 prøver, cirka 1 pr. måned (jf. tabel 2.1).

Tabel 2.1
Datoer for prøveudtagningen på Museumsgården.

Prøve nr.	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Dato	02.11.99	13.12.99	17.01.00	22.02.00	29.03.00	27.04.00	23.05.00

3 Human urin

Produktionen af human urin varierer meget med hensyn til såvel kvantitet som indholdsstoffer fra person til person og fra kultur til kultur. På baggrund af revurderinger af standardtal fra Sundberg, 1995, er følgende baseret på en udsondret urinmængde pr. person og døgn på 1,5 liter (Jönsson, 2000, og Vinnerås, 2001).

Næringsstoffer

Koncentreret human urin indeholder betydelige mængder næringsstoffer. Mængderne er angivet som normværdier i tabel 3.1.

Tabel 3.1
Standardværdier for masse, tørstof samt indhold af makronæringsstoffer i koncentreret urin.

Parameter	Enhed	Udskilt urin pr. person/år	Mængde pr. kg urin
Masse	kg	550	
Tørstof (TS)	kg	21,9	0,04
TS-procent	%	4	4
Kvælstof (N)	g	4.015	7,3
Fosfor (P)	g	365	0,7
Kalium (K)	g	1.100	2,0

Kilde: Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001.

Det fremgår af figur 3.1 og tabel 3.2, at human urin er den spildevandsstrøm, der indeholder hovedparten af næringsstofferne set i forhold til indholdet i de øvrige spildevandsstrømme fra en husstand.

Human urin udgør normalt kun 1–1,5 % af husholdningsspildevandet, men bidrager med ca. 80% af N, 55% af P og 44% af K i spildevandet. Af de næringsstoffer, der udsondres via urinen og fækalierne, stammer følgende procentdele fra urinen: 80–90% af N, 50–80% af P og 70–90% af K (Sundberg, 1995, Jönsson et al., 2000, Eilersen et al., 1998, Vinnerås, 2001). Det er i modstrid med mange lægfolks opfattelse af, at hovedparten af næringsstofferne skulle være indeholdt i fækalierne.

Den mængde næringsstoffer, som et menneske udskiller, kan bruges til at producere den mængde vegetabilsk føde, som mennesket har behov for. Det kan f.eks. være 250 kg majs pr. år, når der tages udgangspunkt i afgrødens kvælstofbehov (Jönsson, H., 1997). Ved beregningen er det forudsat, at den mængde næringsstoffer (N, P, K), som et voksent menneske indtager med føden, stort set bliver udskilt igen.

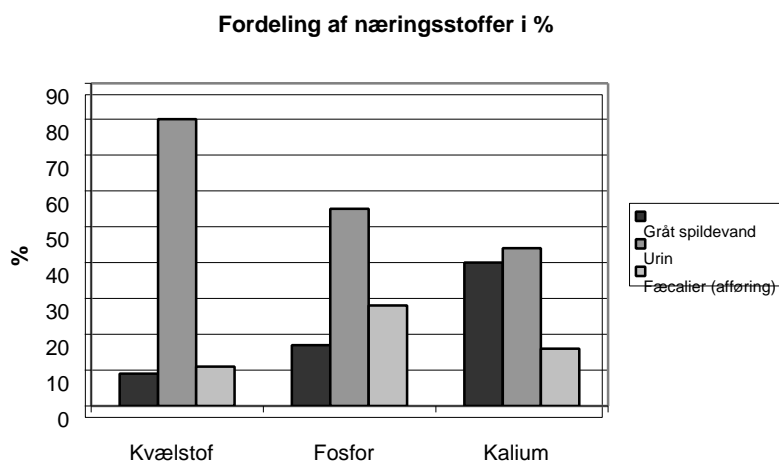
Tabel 3.2

Procentvis fordeling af makronæringsstoffer i husspildevandet fordelt på fraktionerne urin, fækalier og gråt spildevand.

Parameter	Enhed	Urin	Fækalier	Gråt spildevand
Kvælstof (N)	%	80	11	9
Fosfor (P)	%	55	28	17
Kalium (K)	%	44	16	40

Kilde: Sundberg, 1995, Vinnerås, 2001.

Forholdet mellem næringsstofindholdet i urin og fækalier kan yderligere sammenlignes i relation til tørstofindholdet og i form af NPK-forhold og N/P-kvot. Et gødningsprodukt karakteriseres almindeligvis ved forholdet mellem indholdet af N, P og K eller ved forholdet mellem N og P, der så kan sammenholdes med en given afgrødes gødningsbehov. Forholdene, og især N/P-kvoten, kan bruges til at vurdere urinblandingsens sammensætning i forhold til koncentreret urin og andre urinblandinger. Det fremgår af tabel 3.3, at koncentreret urin er karakteriseret ved et højt kvælstofindhold målt i relation til tørstof (TS). Indholdet af fosfor og kalium er stort set det samme i urin og fækalier målt i relation til tørstof.



Figur 3.1

Fordeling af næringsstoffer i spildevandsstrømmene.

Kilde: Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001.

Tabel 3.3

Indhold af tørstof og næringsstoffer i urin og fækalier i relation til tørstof samt NPK-forhold og N/P-kvoter.

Parameter	Enhed	Urin	Fækalier
Tørstof (TS)	kg	21,9	10,8
Kvælstof (N)	g/kg TS	183,3	50,7
Fosfor (P)	g/kg TS	16,7	16,9
Kalium (K)	g/kg TS	50,2	37,0
NPK-forhold		100:9:27	100:33:73
N/P-kvot		11	3

Kilde: Sundberg, 1995, Vinnerås 2001.

Tungmetaller i human urin og fækalier

Selv om human urin står for hovedparten af næringsstofferne i husstandsspildevandet, indeholder urinen kun en brøkdel af det samlede indhold af tungmetaller. I tabel 3.4 er de procentvise fordelinger af de enkelte tungmetaller i fraktionerne beregnet ud fra værdier fra Sundberg (1995) modificeret ud fra senere målinger (Vinnerås, 2001).

Tabel 3.4
Procentvis fordeling af masse, næringsstoffer og tungmetaller i husspildevandets fraktioner (urin, fækalier og gråt spildevand).

Parameter	Enhed	Urin	Fækalier	Gråt spildevand
Kobber (Cu)	%	1,4	15,3	83,3
Krom (Cr)	%	0,3	0,7	99,0
Nikkel (Ni)	%	0,3	3,6	96,1
Zink (Zn)	%	0,1	24,4	75,5
Bly (Pb)	%	0,06	0,66	99,28
Cadmium (Cd)	%	0,6	5,4	94,1
Kviksølv (Hg)	%	3,0	46,1	51,0

Kilde: Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001.

Tallene viser potentialet for at kildesortere og tilbageføre human urin separat til landbrugsjorden. De humant udskilte tungmetaller udskilles primært via fækalierne. Ved tilførsel af en given mængde N, P og K i form af human urin til landbrugsjorden ville der kun blive tilført 0,06–3,0% af de enkelte tungmetaller i husspildevandet. Urinen bidrager således kun med 0,6% af indholdet af cadmium. Det fremgår af tabel 3.4, at hovedparten af de humant udsondrede tungmetaller udsondres via fækalierne. Tungmetalindholdet i fækalier i relation til TS spænder fra 0,66% for bly til 46,1% for kviksølv.

Tabel 3.5 viser, at udskillelsen via urin også er væsentligt mindre end via fækalierne set i relation til TS, N og P.

Tabel 3.5

Indhold af tungmetaller i urin og fækalier i relation til indhold af TS, N og P samt grænseværdier i henhold til slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000).

Parameter	Enhed	Urin	Fækalier	Grænseværdier
Kobber	mg/kg TS	1,7	22,3	1.000
Kobber	mg/kg N	9,2	733,6	
Kobber	mg/kg P	101,4	2.196,7	
Krom	mg/kg TS	0,2	0,4	100
Krom	mg/kg N	0,9	13,3	
Krom	mg/kg P	10,1	39,9	
Nikkel	mg/kg TS	0,1	1,5	30
Nikkel	mg/kg N	0,6	49,3	
Nikkel	mg/kg P	7,1	147,5	
Zink	mg/kg TS	0,7	219,0	4.000
Zink	mg/kg N	4,0	7.193,4	
Zink	mg/kg P	43,8	21.541,0	
Bly	mg/kg TS	0,03	0,4	120
Bly	mg/kg N	0,2	13,3	
Bly	mg/kg P	1,9	40,0	10.000
Cadmium	mg/kg TS	0,02	0,2	0,8 (0,4)
Cadmium	mg/kg N	0,1	6,8	
Cadmium	mg/kg P	1,0	20,2	100
Kviksølv	mg/kg TS	0,02	0,4	0,8
Kviksølv	mg/kg N	0,1	13,9	
Kviksølv	mg/kg P	1,4	41,5	200

Kilde: Beregnet ud fra Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001.

På grund af urinens relativt store indhold af kvælstof bliver forskellene i indhold af tungmetaller endnu større ved relatering til kvælstof end ved de normalt anvendte parametre tørstof og fosfor. Relationen er relevant, da urin typisk vil blive doseret ud fra den tilladte/ønskede mængde kvælstof pr. hektar. Der vil da eventuelt blive suppleret med et andet gødningsmiddel i tilfælde af fosforkrævende afgrøder. Samtlige værdier for tungmetallindhold i urin og fækalier ligger under de grænseværdier, som er fastsat i slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000). Værdierne for urin ligger langt under. Opsamlet urin har ikke i sig selv et betydeligt eller problematisk indhold af tungmetaller. Ved opsamling af urin kan tungmetaller blive tilført fra andre kilder, som tilføres toilettet, eller fra dele af installationerne. Tal for indhold af tungmetaller i opsamlede urinblandinger og i andre gødningsmidler præsenteres i kapitel 8.

Miljøfremmede stoffer

De miljøfremmede stoffer LAS, PAH, NPE og DEHP (defineret i kapitel 2) udsøndres i ubetydelige mængder i human urin. Fund i urinblandinger tillægges derfor andre kilder. Der findes ingen standardværdier for urins indhold af miljøfremmede stoffer og medicinrester.

Indikatororganismer og sygdomsfremkaldende bakterier

Human urin indeholder, ud over generelt meget lave koncentrationer af tungmetaller og miljøfremmede stoffer, kun få bakterier i forhold til fækalier, som har et højt indhold af bakterier (jf. tabel 3.6). Der er desuden generelt ikke smitstoffer, der kan blive overført via miljøet. Risikoen for overførsel af sygdom ved håndtering og anvendelse af urin fra kildesortering toiletsystemer er stort set afhængig af krydskontaminering af fækalt materiale.

Kildesorteret urin forventes derfor som udgangspunkt, at være et gødningsmiddel af høj kvalitet, som kan anvendes i landbruget (Höglund, 2001). Dette er også en nødvendig forudsætning, hvis produktet skal bruges som gødningsmiddel. Det er derfor vigtigt, at kildesorteringssystemer indrettes på en sådan måde, at krydskontaminering begrænses mest muligt. Endvidere skal tilførslen af skyllevand begrænses for at sikre en god koncentration af ammonium og høj pH, der har stor betydning for nedbrydningen af sygdomsfremkaldende bakterier under lagringen.

Tal for indhold af indikatorbakterier og smitstoffer i urinblandingen fra Museumsgården og i andre gødningsmidler præsenteres i kapitel 8.

Tabel 3.6
Indhold af udvalgte indikatorbakterier i fækalier.

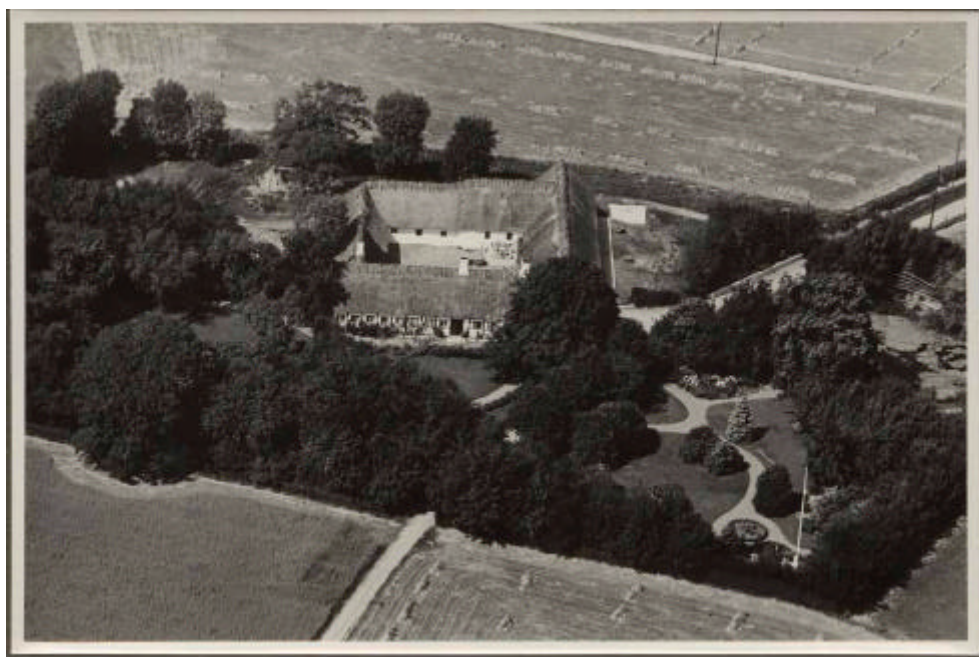
Indikatorbakterie	Enhed	Indhold i fækalier
Totale koliforme	cfu/g	$10^7 - 10^9$
E. coli	cfu/g	$10^7 - 10^9$
Enterokokker	cfu/g	$10^5 - 10^7$

cfu: colony forming units

Kilde: Jönsson et al. 2000, Höglund 2001.

4 Beskrivelse af Museumsgården

Museumsgården er en typisk firlænget østdansk gård. Den blev genopført i 1880 i bindingsværk og med stråtag. Enkelte bygninger er siden blevet fornyet. Indtil året 1800 lå gården inde i landsbyen Keldbylille. Efter de store landboreformer i slutningen af 1700-tallet blev gården flyttet midt ud på ejerens jordlod syd for Keldbylille. Nationalmuseet åbnede den som museum i 1968, men overdrog den til Møn Kommune i 1990. Den drives nu som en del af Møns Museum (Møns Museum, 1992).



Figur 4.1
Museumsgården på Møn.

Ud over den faste udstilling, der viser indretningen af en traditionel gård, arrangerer museet særudstillinger. I somrene 1999 og 2000 vistes bl.a. udstillingen "På spanden - das eller skyl?" Der vises således også udstillinger, som har en økologisk/bæredygtig vinkel.

4.1 Museets gæster

Museet er åbent fra 2. maj til 31. oktober. Åbningstiden er fra kl. 10 til 16, men der er lukket om mandagen. På hverdagene er der især mange skoleklasser/lejrskoler, som er på besøg. Ofte er det 5. og 6. klassetrin fra folkeskolen. De opholder sig typisk på gården i nogle timer og har af og til madpakken med. I weekends og ikke mindst i sommerferien er der besøg af turister, såvel danskere som udlændinge, oftest tyskere eller svenskere. Besøgenes varighed bevirker, at mange gæster benytter toiletterne (personlig meddelelse, Bo Feldtvoss, daglig leder af Museumsgården indtil sæson 2001).

Besøgsstatistikken fra 2. maj 1998 til 1. september 2001 er vist i tabel 4.1. Museumsgården har gennemsnitligt ca. 4.500 besøgende. Cirka 1/3 af dem er børn, og de fleste kommer med familien.

En gang om året holdes en særlig markedsdag, hvor et særligt tema er rammen for dagens aktiviteter. Den dag er besøgstallet typisk omkring 600, og besøgene er længere end på en almindelig dag. Det ugentlige besøgstal i højsæsonen ligger typisk på ca. 300 og uden for på ca. 100 (jf. tabel 4.1).

Tabel 4.1
Museumsgårdens besøgsstatistik for årene 1998–2001.

År	Besøg i alt	Gennemsnit/uge	Voksne i alt	Børn i alt	Børn fra institutioner	Besøg på markedsdage
1998	4700	174	3493	1207	213	376
1999	4320	160	3303	1017	113	712
2000	4185	155	3136	1049	135	442
2001 *	2671	171	1891	780	110	288

Åbningsæsonen er fra 2. maj til og med 31. oktober.

* I 2001 fra 2. maj til og med 2. september.

4.2 Spildevandets sammensætning

Museumsgården har i dag indlagt vand. I stuehuset er der et lille køkken, hvor personalet kan lave kaffe, samt et personaletoilet med bad. Toiletter til besøgende findes i portlængen.

Gården er ikke beboet. Personalet laver ikke mad i køkkenet eller tager bad på Museumsgården. Der er ikke servering for de besøgende. De kan almindeligvis kun købe is og sodavand. På aktivitetsdage, typisk 1 pr. uge i skoleferien, sælges der kaffe. Kaffen er normalt brygget på forhånd og bringes til Museumsgården. På markedsdagen kan man normalt købe både kaffe/te og mad.

Omfanget af rengøring er mindre end i en almindelig husholdning, dog med undtagelse af rengøring af toiletterne. De rengøres dagligt i højsæsonen. Der er normalt personale på Museumsgården i ca. 2 måneder udover åbningssæsonen. Gården er helt lukket i ca. 4 måneder (fra november til marts). I den periode er kun herretoiletet åbent, hvis de, der passer have, eller andre forbigående skulle få brug for det.

Produktionen af spildevand er relativt lille. Inden projektets start udgjorde det årlige vandforbrug ca. 150 m³, hvoraf de 30 m³ skønnedes at være brugt udendørs. Forbruget svarede således til forbruget i en almindelig husstand. Spildevandets sammensætning afviger fra almindeligt husspildevand, idet langt den overvejende del stammer fra toiletskyl og håndvask. Man må endvidere formode, at toiletbesøgene overvejende er til urinering, idet mange besøg på Museumsgården er af kortere varighed. 7 toiletbesøg pr. døgn er almindeligt, og heraf vil urinering typisk udgøre de 6.

Spildevandets urinfraktion vurderes derfor at være relativt stor, hvilket gør det attraktivt at opsamle den særskilt med henblik på at udnytte gødningsværdien.

5 Beskrivelse af spildevandssystemet

I dette kapitel beskrives både det gamle ikke-sorterende toiletsystem og det nye kildesortierende toiletsystem bl.a. for at kunne vurdere ændringen i vandforbruget i løbet af projektperioden. Beskrivelsen af det nye system er primært baseret på producenternes oplysninger.

5.1 Det gamle system

Der blev etableret toiletter for personale og besøgende i forbindelse med Museumsgårdens åbning som museum i 1968. Installationerne er derfor efter den tids forskrifter.

Toiletter

Museumsgården havde gamle porcelænstoiletter med højt skyl fra skyllecisterner anbragt under loftet. Vandforbruget var stort. Den nøjagtige skyllemængde kendes ikke. Den kan have været ca. 9 liter og var i hvert fald større end de seks liter, som typisk anvendes i dag til "stort" skyl. To toiletter var placeret i toiletrummet for damer, et i toiletrummet for herrer, og det sidste på personaletolietet. Kun personaletolietet havde "lavt skyl", dvs. formentlig et skyl på 6-8 liter.



Figur 5.1
De afmonterede toiletter.

Urinal

På herretoilettet var der placeret et standurinal med rende udformet i rustfrit stål og med tidsreguleret periodisk vandskyl fra to cisterner. Frekvensen for vandskyl og dermed skyllemængden blev således ikke bestemt af den faktiske benyttelse af standurinalet. Urinalet skyllede typisk hvert 15.-20. minut, med en ukendt vandmængde.

Bundfældningstank

Alt spildevandet på Museumsgården blev tidligere ledt til en bundfældningstank og blev dermed underkastet en mekanisk rensning. Tanken er 3-kamret og størrelsen er kun ca. 1 m³.

5.2 Det nye system

I forbindelse med projektet blev hele det eksisterende toiletsystem udskiftet med undtagelse af bundfældningstanken. Den fraseparerede urin incl. vandskyllet i urinskålen ledes til lagertanke. Det øvrige spildevand ledes fortsat til bundfældningstanken.

Kildesortende dobbeltskylende toiletter

I april 1999 blev der installeret fire kildesortende, dobbeltskylende porcelænstoiletter af mærket "WM DS" (jf. fig. 5.2) To toiletter blev anbragt på dametoilettet, et på herretoilettet og et på personalettoilettet. Toiletterne er ikke VA-godkendt. Der eksisterede ikke en standard til VA-godkendelse af kildesortende, dobbeltskylende toiletter, hvorfor der måtte gives en særskilt og individuel godkendelse til etableringen (jf. kapitel 6 om lovgivning).

Urindelen

"WMDS" minder meget om et traditionelt vandskylende porcelænstoilet med "stort" og "lille" skyl bortset fra, at der i kummen er dannet en lille skål til opsamling af urin og skyllevand ved hjælp af en porcelænsbarriere. En fleksibel slange (Ø 22 mm) i plast, der er koblet til urinafløbet, fører urinen ud af toilettet i siden af toiletfoden. Slangen blev koblet til et Ø 32 mm 90 grader vinkelstykke med muffe og et Ø 32 mm rørstykke som overgang til Ø 50 mm i gulv, således at der blev dannet en vandlås på ca. 17 cm.



Figur 5.2
Det kil desortierende DS-toilet.

Fækalidelen

Fækalier, papir og skyllevand føres via en Ø 92 mm afløbsstuds til afløbssystemet.

Vandskyl

Det fækale vandskyl ("stort" skyl) kan indstilles til et skyl på mellem tre og seks liter og aktiveres ved tryk på en knap. I Danmark skal der skylles med seks liter i almindelige installationer, hvor man f.eks. i Sverige kan nøjes med fire liter. Ved "stort" skyl skylles den lille urinskål tillige med, og en mindre del af dette skyllevand ender dermed i lagertanken.

Det "lille" skyl udgør 2-4 dl. Mængden er dels bestemt af den skyllevandsmængde, der udgår fra cisternen og som kan justeres dels af højden og dermed modstanden fra den etablerede vandlås. Vandmængden afhænger også af, hvor længe man trykker på knappen. Det faktiske vandskyl bliver da typisk på ca. 2 dl til urinsystemet.

På et offentligt toilet som her benyttes en sanitetsspand til det toiletpapir, der er brugt i forbindelse med vandladning (jf. figur 7.2). I en privat beboelse kunne papiret puttes i kummedelen beregnet for fækalierne og udskylles sammen med disse.

Vandfrit urinal

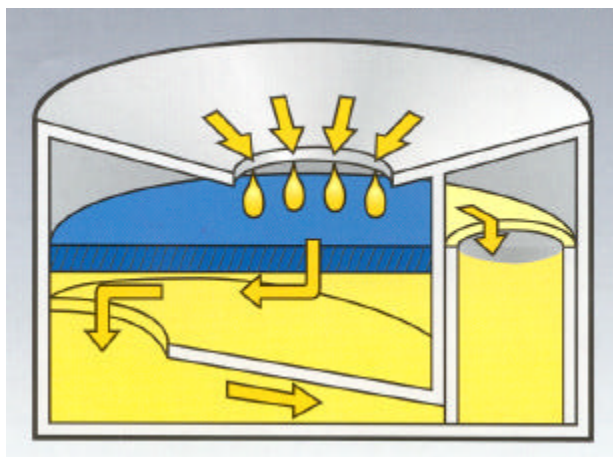
Der blev etableret et vandfrit vægurinal i gelcoatbelagt glasfiber af mærket "Waterless". Urinalet har en overflade, der gør, at urinen perler af. Rørafgangen er Ø 50 mm. Vandfrie urinaler er nærmere beskrevet i rapport om kildesortering toiletter i kolonihaver (Back-lund, 2001). Urinalet var ikke VA-godkendt på installationstidspunktet, men er blevet det senere (ETA, 1999).



Figur 5.3
Vandfrit Waterless urinal.

Siphon

I urinalet er der monteret en siphon, der danner en lugtlås i kombination med en spærrevæske, hvis specifikke vægt er lettere end vand. Siphonen og spærrevæsken skal udskiftes efter ca. 5.-7.000 benyttelser ved 50 benyttelser pr. dag. Den gamle siphon tages ved udskiftningen op af urinalet ved hjælp af en specialnøgle og erstattes med en ny, der ligeledes påfyldes ny spærrevæske.



Figur 5.4
Siphon. Væskelåsen i urinalet.

Spærrevæske

Spærrevæsken "All SEAL" indeholder en blanding af Laurylalkohol, Cetylalkohol, Butyl./Ethyl Stearat Ester samt begrænsede andele farve- og duftstoffer (Waterless Deutschland, 1999). Produktet er patentbeskyttet. Den specifikke vægt er 0,834–0,84 g/cm³. Opløseligheden i vand ved 20 °C er 0,004 g/l. Der er et lavt fordampningstab fra væskeoverfladen (jf. specifikationer i Waterless Danmark ApS, 1998). Produktet er testet for biologisk nedbrydelighed (LGA Bayern 1998, Waterless Deutschland, 1999).

Lagertanke

Der blev nedgravet to lagertanke ved siden af den gamle møddingplads. (figur 9.1) Tankene er af polyethylen og har et effektivt volumen på hver 3 m³. De er ikke VA-godkendt. De er svensk produceret og anvendes i Sverige som lagertanke for spildevand/urin.

Der sker kun tilledning til en tank af gangen. Dvs. den ene tank kan bruges som opsamlingstank, mens den anden er lagertank. Der tilføres ikke frisk urin til lagertanken under lagringen for at hindre genkontaminering af urinen.

Cyklus for brugen af tankene var planlagt til: ½ års opsamling i tank 1. Herefter ½ års lagring, mens tank 2 fyldtes. Hver tank tømmes 1 gang pr. år med ½ års forskydning. Hvis kapaciteten skulle vise sig at være større, kunne cyklus i stedet være 1 års opsamling efterfulgt af 1 års lagring og dermed kun 1 tømning pr. år.

Ventil- og ventilbrønd

Tilløbsledningen til tankene er forsynet med en ventilbrønd, hvor der manuelt via en tovejs ventil kan skiftes fra den ene tank til den anden.

Niveaularm

Tankene er forsynet med niveaularm, som står i elektrisk forbindelse med et lille panel i Museumsgårdens entré. Ved aktivering af en knap for hver tank på panelet lyser en lampe for den aktuelle tank enten rødt eller grønt afhængigt af, om tanken er fuld eller ej.

Rørsystemer

Rørsystemet fra toiletter og urinal til henholdsvis bundfældningstank og lagertanke er nu dobbeltstrenget

På baggrund af anbefalinger fra SLU (Svensk Landbrugs Universitet) i Uppsala (Burström et al., 1998, Jönsson et al., 2000) er installationerne udført således:

- Mindst 1% hældning på afløbsrørene.
- 110 mm på horisontale rør (der anbefales en større diameter end 50 mm).
- Afgangsrøret for urinen kan afmonteres, og det giver mulighed for inspektion og for at renskylle rørene.

Instruktion

For at sikre, at brugerne kunne anvende det nye toiletsystem uden problemer, og for at sikre så optimal en opsamling af urinen som muligt er der hængt informationstavler op på alle toiletterne. Systemet og dets brug er her forklaret med både ord og tegning (figur 7.2) både på dansk og tysk.

Endvidere har personalet fået instruktion i systemets rengøring og vedligeholdelse. Dette emne behandles nærmere i kapitel 7.

6 Lovgivning for installationer og udspredning af urin

Systemer til håndtering af spildevand er omfattet af miljøbeskyttelsesloven og byggeloven. I kapitlet gennemgås kort den lovgivning, som er relevant i forbindelse med etablering af et kildesortierende spildevandssystem, samt lovgivningen vedrørende anvendelse af urinen, som gødning. Det er sådan, at når der meddeles tilladelse til et spildevandssystem, der omfatter opsamling af humane restprodukter i en samletank, skal det samtidig sikres, at tømning, transport og slutdisponering sker på forsvarlig vis (jf. § 37 bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4).

6.1 Lovgivning vedrørende installationer

Spildevandssystemet er som nævnt omfattet af både miljøbeskyttelsesloven og byggeloven. Reglerne for byggeriet er nærmere præciseret i bygningsreglementerne (Bygningsreglement BR 1995 & Bygningsreglement for småhuse BR-S 98) Afsløbsinstallationerne skal udføres i overensstemmelse med normen for afløbsinstallationer, DS 432, 2000. I den stilles der krav om, at komponenter og materiel skal være godkendte f.eks. i form af By- og Boligministeriets VA-godkendelser. Benyttes der som i dette projekt komponenter, der ikke er VA-godkendt, forudsætter det kommunens tilladelse. Arbejdet skal endvidere udføres af autoriserede mestre.

Disse lovgivningsmæssige bestemmelser er sammenfattet i projektrapport "Økologisk håndtering af spildevand" (Dansk Teknologisk Institut, Rørcentret, 2001). Projektet er udført under "Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning."

6.1.1 Toiletter og urinal

Der er i øjeblikket ikke fastsat prøvnings- og godkendelsesbetingelser for urinsortierende toiletter. Der må derfor gives særskilt og individuel godkendelse til hver opsætning. Det samme var tilfældet for urinalet på etableringstidspunktet. Tilladelsen er givet af Møn Kommune.

Dansk Teknologisk Institut (DTI) har i forbindelse med projektet "Økologisk håndtering af spildevand" testet det kildesorterende toilet "WM DS", som er installeret på Museumsgården. DTI vurderede et fækkalt skyl på 5 l som tilfredsstillende, men et skyl på 3 l som mindre tilfredsstillende. Denne vurdering er begrundet i krav til, hvor ren skålen skal blive ved hvert skyl. Testen er udført efter de samme principper, som anvendes ved test af traditionelle toiletter. Principperne vil blive videreudviklet, bl.a. på baggrund af erfaringerne fra denne test, og vil senere udmønte sig i en godkendelsesordning (Teknologisk Institut, Rørcentret, 2001).

DS toilettet er svensk produceret og der er opsat mindst 3.000 kildesortierende, dobbeltskylende toiletter i Sverige; men her eksisterer der

ikke en VA-godkendelsesordning svarende til den danske. I Sverige godkender de enkelte kommuner bygherrernes toiletsystemer på baggrund af producentoplysninger.

Waterless-urinalerne har opnået VA-godkendelse i september 1999 med godkendelsesnummer: VA 2.54/11488 /ETA 1999 (ETA Danmark, 1999).

6.1.2 Tanke

Opbevaring af spildevand eller urin blandet med skyllevand (såkaldte "humane restprodukter") i nedgravede tanke forudsætter en tilladelse fra kommunalbestyrelsen eller amtsrådet i henhold til §§ 37-39 i bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999. Kommunen kan give denne tilladelse, hvis tanken enten

- er typegodkendt af Prøvningsudvalget for Olietanke. (jf. den til enhver tid gældende bekendtgørelse om kontrol med oplag af olie)

eller

- efter tilladelsesmyndighedens vurdering opfylder lignende kvalitetskrav til opbevaring af husspildevand og "humane restprodukter".

De nedgravede tanke er svensk producerede, men ikke typegodkendt i Danmark. Møn Kommunes godkendelse af tankene på Museumsgården er begrundet i, at de opfylder kravene, som er fastsat i "Sveriges Plastförbunds Verksnorm 1300" og "Svenska Vatten-och Avloppsverksförningens Typgranskningsregler, nr. 2/92".

Projekteringsreglerne er yderligere beskrevet i ovennævnte projektrapport (Teknologisk Institut, Rørcentret, 2001).

Inden godkendelsesmyndigheden meddeler tilladelsen, skal det "sikres, at tømning, transport og slutdisponering sker på forsvarlig vis. Ansøgeren skal i ansøgningen give kommunen oplysning om lokaliteten for slutdisponering og dokumentere, at der foreligger tilladelse til slutdisponering på den pågældende lokalitet" (bekendtgørelsen nr. 501, § 37, stk. 9).

6.1.3 Rørinstallationer

Rørinstallationerne i et spildevandssystem skal udføres i overensstemmelse med Afløbsnorm DS 432. DTI har i sin rapport (2001) præciseret projekteringsreglerne for ledningssystemer både med reduceret vandskyl og med separat transport af urin. Her står bl.a.:

"Dimension: Separate urinledninger skal i bygning have en indvendig diameter på min. Ø 44 mm og gerne 75 mm. Tilsvarende ledninger i jord skal have en indvendig diameter på min. Ø 75 mm og gerne Ø 100 mm.

Fald: Separate urinledninger skal lægges med et fald på min. 2%."

Desuden beskrives krav til rensemuligheder, tæthed af ledninger etc.

Rørinstallationerne på Museumsgården er udført på baggrund af anbefalinger fra SLU (Sveriges Landbrugs Universitet) i Uppsala). SLU anbefaler, at de rør, som bortleder urinen gennem jord, skal have Ø 110 mm og et fald på mindst 1%, for at minimere risikoen for aflejring af udfældede salte.

6.2 Lovgivning vedrørende anvendelse af urin

Spildevand, der har en jordbrugsmæssig værdi, kan anvendes til jordbrugsformål reguleret efter slambekendtgørelsen. Her medregnes humane affaldsprodukter (urin og fækalier) (jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1999 til bekendtgørelse nr. 501 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4). Produkterne fra kildesortering toiletter er normalt koncentrerede, da der ikke benyttes vandskyl eller kun et begrænset vandskyl. Anvendelsesmulighederne for urin og andre humane affaldsprodukter afhænger af, hvorledes de er behandlet.

Humane affaldsprodukter sidestilles som udgangspunkt med latrin (jf. kapitel 13.2.2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5). Tilladelse til produkternes bortskaffelse meddeles af kommunen. Sagerne behandles efter bekendtgørelse nr. 366 af 10. maj 1992 om ikke-erhvervsmæssigt dyrehold, uhygiejniske forhold m.m. Kommunen kan f.eks. give tilladelse til, at latrinen nedgraves på egen grund.

Hvis der sker en viderebehandling af produkterne, så at de ikke længere kan betragtes som latrin, kan de anvendes på jordbrug og privat havebrug. Det behandlede slutprodukt sidestilles med spildevandsslam for så vidt angår de hygiejniske begrundede anvendelsesrestriktioner, jf. bekendtgørelse nr. 40 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Amtet kan meddele tilladelse til anvendelse af produkterne efter bekendtgørelsens § 21. Inden afgørelse træffes, skal amtsrådet indhente udtalelse fra embedslægen og kredsdyrlægen.

Mulighederne for anvendelsen af urin/fækalier afhænger af, hvilken type viderebehandling de underkastes. Mulighederne er vist i tabel 6.1.

Tabel 6.1

Muligheder for anvendelse af urin- og de tilhørende krav til behandling, når det behandlede slutprodukt sidestilles med spildevandsslam.

Anvendelse og restriktioner	Behandling af urin/fæces
Tilførsel til renseanlæg.	Ubehandlet.
Anvendelse i jordbrug til ikke-fortærbare afgrøder og ikke i parker og havebrug. Nedbringning i jord inden 12 timer.	Stabiliseret.
Anvendelse i jordbrug til ikke-fortærbare afgrøder og ikke i parker og havebrug.	Kontrolleret komposteret.
Anvendelse i jordbrug og private havebrug, herunder fortærbare afgrøder.	Kontrolleret hygiejniseret.

Tabellen er lavet på baggrund af bestemmelserne i slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 40 af 20. januar 2000).

Spørgsmålet er, om en efterbehandling af urinen i form af lagring i 6 måneder, hvor pH-værdien i urinblandingen er på ca. 9 eller derover, kan sidestilles med kontrolleret hygiejnisering efter slambekendtgørelsens definition (bilag 3 i bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål). Projekterne med opsamling af urin under "Aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" skal medvirke til, at der tilvejebringes et grundlag for at lave denne vurdering. På baggrund af analyseresultaterne fra det koordinerede måleprogram under

Aktionsplanen, der afslørede forekomst af parasitterne *Giardia duodenalis* og *Cryptosporidium parvum*, har Miljøstyrelsen i efteråret 2000 iværksat en risikovurdering af lagret urin som gødningsprodukt. Miljøstyrelsen har anbefalet, at urin sidestilles med stabiliseret slam ved eventuelle meddelelser af tilladelser efter slambekendtgørelsen, indtil denne risikovurdering foreligger (brev af 28. marts 2001). Det betyder, at urinen for tiden ikke kan benyttes som gødning i privat havebrug, men kan udsprede på landbrugsjord under samme vilkår som stabiliseret slam fra renseanlæg.

7 Erfaringer med installationer og drift

I dette kapitel sammenfattes erfaringerne fra etableringen af det kildesorterende spildevandssystem på Museumsgården samt erfaringerne fra driften i sæsonerne 1999, 2000 og delvis 2001.

7.1 Erfaringer med etablering af systemet

Det nye spildevandssystem blev etableret i marts-april 1999 og blev taget i brug ved sæsonåbningen 2. maj. En lokal VVS-installatør forestod etableringen inkl. nedgravningen af tankene.

Kildesorterende, dobbeltskylende toiletter

De fire gulvstående WM-DS-toiletter har integreret skyllecisterne ligesom traditionelle toiletter. Toiletterne skulle således kun skrues fast i gulvet og forbindes med de forberedte rørinstallationer. Toiletterne afviger imidlertid fra traditionelle toiletter ved, at der skal monteres en særskilt afløbsslange for urinen, som også danner en vandlås (jf. beskrivelsen i kapitel 5).

Der har ikke været problemer med etablering af systemet og indstilling af vandskyl. Dog syntes montørerne, at det var svært at læse og forstå den svenske tekst, og anbefaler, at der medfølger danske beskrivelser.

Vandfrit urinal

Det væghængte vandfrie Waterless skålurinal blev uden problemer monteret på væggen på herretoiletet og forbundet med et Ø 50 mm afløbsrør. Siphonen er fyldt med spærrevæske i henhold til medfølgende instruktioner på dansk og monteret i urinalet. Der har ikke været problemer med at forstå denne vejledningstekst.

Urintanke

Der er blevet nedgravet to 3 m³ lagertanke til urin. De valgte tanke er 2,1 m høje. Hertil kommer tømningshalse med en højde på 55 cm, Ø 60 cm. Da tankene fejlagtigt ikke blev forankrede i henhold til leverede vejledninger, hævdede en af de lette og tomme tanke sig på grund af jordens vandtryk. Tankene er efterfølgende blevet forankrede.

Ved monteringen af tømningshalsene blev overgangsstykket mellem hals og tanke ikke tætnet som beskrevet i montagevejledningen. Dette har givet problemer med indsivning af vand fra omgivelserne, da halsene er placeret i et niveau noget under den omgivende jord og gruslag. Samlingerne mellem tanke og halse er blevet tætnet med silikone i sensommeren 1999. De medfølgende vejledninger er på svensk, og det kan ikke udelukkes, at sprogproblemer kan have været medvirkende til fejl ved etableringen.

Det er især lagertank nr. 2, som er blevet tilledt vand i ekstraordinære mængder. Den tank, som er blevet brugt til opsamling af urin i den første sæson, og som der siden er udført analyser på, synes ikke at være blevet tilledt ekstra vand i større mængde. Men det kan ikke udelukkes, at der er sivet noget vand ind i tanken fra den omkringliggende jord.



Figur 7.1
Nedgravning af lagertankene.

Overvågning

Der blev uden problemer monteret en enkelt elektrisk niveualarm i hver tank, som er forbundet til betjeningspanelet i Museumsgårdens entré.

Rørinstallationerne, herunder ventilbrønden

Ved etableringen af afløbssystemet har det et enkelt sted af bygningstekniske årsager ikke været muligt at opnå det ønskede fald. Der er ikke rapporteret om problemer med rørinstallationerne i øvrigt.

7.2 Erfaringer med driften

7.2.1 Systemkomponenternes funktionsdygtighed og driftssikkerhed

Erfaringerne har overordnet og generelt været meget positive, måske endog overraskende positive, idet der på Museumsgården er mange og skiftende brugere af toiletterne.

Kildesortende, dobbeltskylende toiletter

Vi har ikke oplysninger om, hvor mange af de besøgende der benytter toiletterne, og om de benytter dem korrekt. Her tænkes især på brugen af henholdsvis det "lille" og det "store" skyl. Vi kender ikke opsamlingsprocenten for urin til urinsystemet. Vi har oplysninger om Museumsgårdens vandforbrug samt kvantitative og kvalitative oplysninger om

den opsam-lede urinblanding. Fokus har været rettet mod at afklare, om systemet på en driftsstabil måde har kunnet benyttes af brugerne til produktion af et attraktivt gødningsmiddel.

Vandskyl

Der har ikke været rapporteret om problemer med skyllemekanismerne. Dog har det "lille" skyl på nogle af toiletterne stået for lavt. Det betyder, at vandet kun løber ned i urinskålen i smalle stråler, og så kniber det med, at den forreste side i skålen bliver skyllet ren. Skyllmængden vil derfor blive justeret op til maksimal ydelse (4 dl) på alle toiletterne. Vi ved ikke, om alle har fulgt instruktionen i toiletternes brug. Nogle har formentlig i forbindelse med vandladning puttet papiret i den store skål til fækalier i stedet for i spanden og så brugt det "store" skyl i stedet for det lille. Dette kan, ligesom ekstraskyl i det hele taget, betyde en ekstra tilledning af vand til opsamlingsstanken og dermed føre til en fortynding af urinblandingen. Uden en egentlig brugerundersøgelse kan dette kun vurderes ud fra koncentrationen af stoffer i den opsamlede urinblanding.

Kildesortering

Personalet har ikke registreret fækalier i den lille urinskål, og besøgende har heller ikke henvendt sig om det. Det tyder på, at der ikke har foregået overførsel af fækalt materiale i større omfang til urinsystemet.

Al urin havner ikke automatisk i urinsystemet. Nogle mænd har sikkert valgt at urinere i naturen. Ved mænds brug af toiletet vil en meget stor del af urinen kunne opsamles. Alle kvinder og piger vil formentlig bruge toiletterne. Ved deres brug af toiletterne går der typisk mere urin tabt. For nogle få kan det dreje sig om, at hovedparten går tabt, fordi strålen simpelthen ikke rammer skålen. Svenske undersøgelser har indikeret opsamlingsprocenter på 50-80% af urinen ved toiletter installeret i private hjem.

Vandlås

Personalet har generelt ca. hver tredje uge hældt en blanding af eddikesyre og vand i toiletternes vandlås for at forebygge stop bl.a. på grund af udkrystallisering og aflejring af salte som rapporteret i en række svenske undersøgelser (Jöhnsson et al., 2000). Enkelte gange har man i stedet anvendt en blanding af kaustisk soda (Natriumhydroxid) og vand, i forholdet 1:1,5. Dette på baggrund af anbefaling i den svenske rapport (Jöhnsson et al., 2000). Kaustisk soda er dels mere effektiv end eddikesyre og har den fordel, at pH hæves i tankene med positiv virkning for hygiejniseringen (Jönsson et al., 2000, Höglund, 2001) og uden negative konsekvenser for kvaliteten af gødningsmidlet. Der har først i sensommeren 2001 været stop for gennemløb i urinsystemet i et af toiletterne. Dette fordi ovennævnte procedure ikke har været fulgt i en periode med nyt personale. Stoppet er afhjulpes med kaustisk soda. Det har ikke været nødvendigt at bruge den leverede rensewire.

Lugt

Der har ikke været konstateret lugtgener fra toiletterne bortset fra en kort periode efter systemets etablering, hvor nogle fejlagtigt puttede alt toiletpapir i spandene. Spandene til toiletpapir i forbindelse med "lille" toiletbesøg tømmes dagligt i højsæsonen og i øvrigt efter behov. Selv på varme sommerdage er der ikke konstateret lugtgener fra spandene.

Rengøring

Tidligere brugerundersøgelser har vist, at toiletterne af nogle opfattes som mere rengøringskrævende, mens andre ikke synes, der er nogen større forskel.

Det er personalets erfaring, at toiletterne er lidt mere rengøringskrævende end traditionelle toiletter. Det lille skyl har ikke kunnet holde urinskålen ren.

For at undgå hår fra rengøringsbørster i afløbet, som kan forårsage udkrystallisering af salte, har man benyttet svampe til rengøringen af urinskålen. Det har ikke været et problem for personalet.

Der har ikke været problemer med, at toiletskålen ikke har en form, der passer med mindre børns anatomi. I privatbeboelser i Hyldespjældet (Agenda Center, 2000) har brugerne klaget over, at mindre børns afføring til tider rammer kanten mellem de to skåle i toiletet. Når problemet ikke har vist sig på Museumsgården, kan det dels skyldes, at de fleste besøgende formentlig kun bruger toiletterne til vandladning, dels at de fleste besøgende børn er børn i skolealderen. Til sammenligning kan det oplyses, at en familie på Lolland med samme toilet heller ikke har haft problemet, selv om der hyppigt er besøg af børnebørn i alle aldre.

Information

Den rette brug af toiletterne forudsætter, at der gives tilstrækkelig instruktion i brugen. På selve toiletet er der tegninger (stor og lille dråbe), der viser, hvilken knap der skal aktiveres. Derudover er der ophængt en tegning på væggen med forklaring på toilettets brug (figur 7.2). I starten var tegningen kun hængt op over toiletterne, så besøgende kunne se dem, når de trådte ind på toiletet. Det viste sig imidlertid, at det var nødvendigt også at hænge tegningen op på døren/væggen over for toiletlet, så den kunne ses, når man sad på toiletlet. Inden dette blev gjort, skete det flere gange, at nogle besøgende puttede alt toiletpapir i spandene. Herefter er dette ikke sket.



Figur 7.2
Informationstegning om brug af toiletterne.
Tegnet af Lotte Hilden

Vandfrit urinal

Der er ikke konstateret synlige rester af urin i skålen. Det vandfrie urinals indre overflade er indtakt og glat med højglans, således at urinen fortsat perler af. Overfladen er ikke blevet ødelagt af brændende cigaretter eller anden form for hærværk. Det har endnu ikke været nødvendigt at polere overfladen op med autopolish som anbefalet af producenten. Der har ikke været konstateret nogen lugtproblemer.

Siphon

Siphonen har ikke været udskiftet siden opstarten i 1999. Udskiftning af siphon og dermed af spærrevæsken anbefales af producenten efter 5.000–7.000 benyttelser og mindst en gang om året. Der har ingen stop været, og der er ikke registreret reduceret gennemstrømning.

Der har heller ikke været udskiftet spærrevæske særskilt i projektperioden. De nævnte benyttelsestal er endnu ikke nået. Selv om siphonen har været i funktion i 2½ år, er spærrevæsken ikke blevet fortrængt eller fordampet fra siphonen.

Selv om der ingen problemer har været med spærrevæsken, og den har holdt i en lang periode, overvejer personalet at afprøve en almindelig spiselig rapsolie som spærrevæske. Det er med held forsøgt på "Gals Klint Camping" i Middelfart (Lars Jensen, personlig meddelelse, juni 2000). Hvis det viser sig, at denne spærrevæske er mindre stabil, og at den havner i urintankene, vil den bidrage til at danne en lugt- og fordampningsspærre i tankene.

Rengøring

Producenten anbefaler, at urinalet sprayes med et rengøringsmiddel, hvorefter det poleres. Denne procedure er fulgt det meste af perioden, og rengøringen har været nem.

Lagertanke

I sæsonen 1999 blev der i tank 1 opsamlet 1,3–1,6 m³ urinblanding bestående af urin og skyllevand fra 4.320 besøgende og de to ansatte. Analyserne i det koordinerede måleprogram er udført på urinblandingen i tank 1.

I perioden fra 1. november 2000 til 1. september 2001 er der i tank 2 opsamlet i alt 2,25 – 2,5 m³ urinblanding bestående af urin og skyllevand. Der har været 6.856 besøgende i perioden. Derudover har der været 1-2 ansatte på Museumsgården i ca. 2 måneder ud over åbningssæsonerne.

Fordelingen mellem urin og skyllevand kendes ikke, da der hverken er kendskab til benyttelsesfrekvens, fordelingen af brugen af urinal henholdsvis herretoilet, opsamlingsprocent eller skylleadfærd.

Tæthed

Efter tætningen af overgangen mellem tankhalse og tanke (jf. afsnit 7.1) vurderes tankene at være tætte.

Lugt

Personalet har en sjælden gang, afhængigt af vindretningen, kunnet registrere en ubehagelig lugt af ammoniak fra tankene.

Overvågning

Under monteringen blev de leverede ledninger forlænget med samlinger, og disse har ikke været tilstrækkelig tætte. Følerne og ledningssystemet er irrede til i det fugtige og basiske klima, som hersker i tankene. Alarmerne har derfor ikke virket efter hensigten. De skal justeres, og samlingerne skal være fugt-/vandafvisende. Det er uhyre vigtigt, at alarmerne er driftsstabile, da det har vist sig, at tankene har kapacitet til mindst 1 års tilførsel, og man derfor ikke løfter dækslerne jævnligt for at se, hvor fyldte tankene er.

Ventil og ventilbrønd

Den alternerende drift af tankene og den manuelle omskiftning af tovejsventilen i ventilbrønden har fungeret uden problemer. Systemet vurderes at være tæt, således at der ikke er risiko for tilledning af frisk urin til den tank, hvor urinblandingen lagres.

7.2.2 Vandforbrug

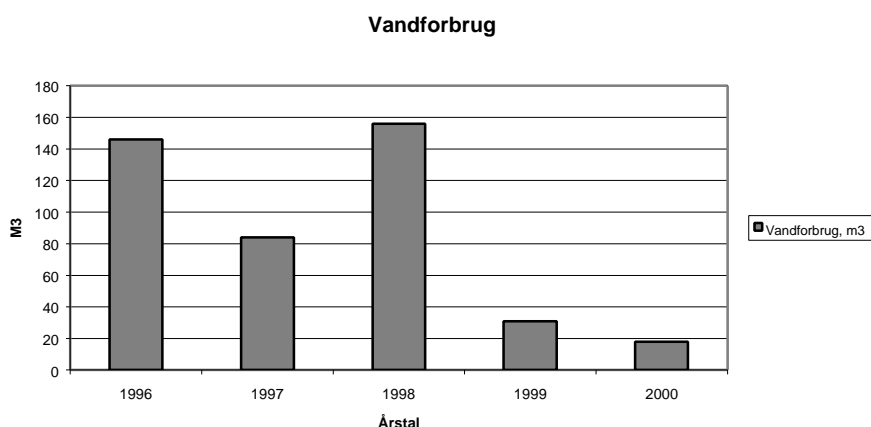
Vandforbruget på Museumsgården er reduceret med ca. 75% efter installeringen af de 4 kildesortende toiletter og det vandfrie urinal. Udviklingen i vandforbruget fremgår af tabel 7.1.

Tabel 7.1
Vandforbrug og besøgstal på Museumsgården.

År	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Vandforbrug, m ³	146	84	156	31	18	43
Besøgstal	5.380	4.361	4.700	4.320	4.185	2.671*

Vandforbrug oplyst af vandværket.

* pr. 1. september 2001.



Figur 7.3
Vandforbrug på Museumsgården.

Vandmåleren blev udskiftet i oktober 1999, da vandværket rejste tvivl, om det nye spildevandssystem kunne resultere i en så stor reduktion i vandforbruget. Vandforbruget har været endnu lavere i 2000, men vandværket har oplyst, at der er registreret målerdefekt dette år.

Det er så steget igen i 2001 til et højere niveau end i 1999, men i 2001 har der været brud på ledningen. Det er derfor svært at afgøre præcist, hvor stor reduktion der er opnået på vandforbruget. Forbruget i 2002 kan forhåbentlig af- eller bekræfte, om det er det målte forbrug i 1999, der er repræsentativt for systemet. En stor reduktion er imidlertid forventelig.

Nedtagningen af det automatisk skylende urinal vil i sig selv give en enorm vandbesparelse. Ligeledes vil der være en reduktion på næsten 7 liter, hver gang der kun benyttes det lille skyl på DS-toilettet set i forhold til de gamle toiletter på Museumsgården. Til sammenligning har en familie på Lolland, som også har installeret et DS-toilet, reduceret sit vandforbrug med ca. 50%.

7.2.3 De besøgendes erfaringer

Der er ikke lavet en egentlig spørgeskema- eller interviewundersøgelse over de besøgendes erfaringer med Museumsgårdens toiletsystem. Den følgende beskrivelse er baseret på samtaler med personalet og Den Grønne Guide og suppleret med iagttagelser og samtaler med besøgende i forbindelse med tilsyn med spildevandssystemet.

Generelt har tilbagemeldingerne været meget positive. Selv ved Museumsgårdens årlige store arrangement, markedsdagen, hvor der har været op til 600 besøgende, har systemet fungeret tilfredsstillende uden lugt- eller andre problemer.

Det er personalets indtryk, at de fleste, der har haft behov for at bruge et toilet, har gjort det. Kun ganske få har opgivet deres forehavende ved synet af toiletterne med et "atypisk udseende". Mændenes toilet er placeret lidt mere afsides, og det er derfor vanskeligt at sige, om en del mænd har foretrukket en hæk frem for urinalet eller det sorterende toilet. Nogle mænd har faktisk også benyttet dametoilettet. Direkte adspurgt er der mange mænd, som siger, at de ikke bryder sig om at sidde ned på toilettet, når de kun skal urinere.

Ingen har klaget over systemet som helhed. Enkelte har udtalt, at de ikke bryder sig om, at toiletpapiret fra "lille" besøg skal puttes i en spand. Her er der så mulighed for at undlade at følge instruktionen og i stedet lægge papiret i den store skål og aktivere det "store" skyl. Det lave vandforbrug og mængden af papir i spandene indikerer dog, at systemet generelt bruges efter hensigten.

Det har været fint, at der har været en speciel udstilling om emnet samtidig med installeringen af det nye system. Udstillingen har givet anledning til mange uformelle samtaler om toiletsystemer i almindelighed. Det er indtrykket, at udstillingen har mindsket barrieren over at skulle prøve noget nyt. Måske er det nemmere at acceptere et andet og anderledes toiletsystem, når man er på ferie og på museumsbesøg end derhjemme eller hos bekendte.

8 Resultater

Dette kapitel handler om resultaterne af undersøgelser gennemført på Museumsgården i perioden 2. november 1999 til 23. maj 2000, hvor der er analyseret for indholdsstofferne i den lagrede urinblanding. Desuden præsenteres resultater af undersøgelser af andre gødningsprodukter.

8.1 Indhold af næringsstoffer samt ledningsevne

I tank 1 blev der opsamlet en blanding af urin og skyllevand i perioden 1. maj 1999 til 28. oktober 1999. Der blev udtaget prøver 3 gange i lagringsperioden. Prøverne er analyseret for næringsstoffer samt ledningsevne. Prøve T0 er udtaget den 2. november 1999, prøve T3 den 22. februar 2000 og prøve T6 den 23. maj 2000.

Der er opsamlet ca. 1.830 l urinblanding. T0 prøven har en tørstofprocent (TS) på 0,3384 og indeholder ca. 3.300 g kvælstof (N), ca. 135 g fosfor (P) og ca. 1.250 g kalium (K). Analyseresultaterne fremgår af tabel 8.1.

Tabel 8.1

Sammenligning af masse, TS, TS-procent, makronæringsstoffer, NPK-kvøte og N/P-forhold i urinblanding Møn T0 med standardværdier for urin (jf. kapitel 3).

Parameter	Enhed	Møn T0*	Konc. urin** person/år	Møn T0 % af konc. urin
Masse	kg	1.830	550	333
Tørstof	kg	6,2	21,9	28
TS-procent	%	0,34	4	9
Kvælstof	g	3.300	4.015	82
Kvælstof	g/kg MS	1,8	7,3	25
Kvælstof	g/kg TS	532,6	183,3	291
Fosfor	g	135,4	365	37
Fosfor	g/kg MS	0,1	0,7	14
Fosfor	g/kg TS	21,9	16,7	131
Kalium	g	1.244	1.100	113
Kalium	g/kg MS	0,7	2	35
Kalium	g/kg TS	201,1	50,2	401

Kilde: Beregnet ud fra: * Miljøstyrelsen, 2001, ** Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001.

Forsøger man at udlede indholdet af henholdsvis urin og skyllevand i urinblandingen (T0) fra Møn ud fra tal for henholdsvis TS, kvælstof, fosfor og kalium i koncentreret urin, fås vidt forskellige resultater.

Med udgangspunkt i indholdet af kalium (K) indeholder prøven Møn T0 35% koncentreret urin og med udgangspunkt i kvælstof (N), fosfor (P) og TS henholdsvis 25%, 14% eller 8%.

Det er et kendt fænomen, at en stor del af tørstoffet i koncentreret urin omdannes, således at det ikke indgår i måleresultaterne fra urinblandinger. Det vides også, at fosfor, specielt ved brug af kalkholdigt skyllevand som på

Museumsgården, udfældes i rørene og på urintankenes bund og vægge (Burström et al., 1998, Jönsson et al., 2000, Vinnerås, 2001).

En del kvælstof kan være gået tabt ved rørtransport og tilførsel fra toppen af den høje tank og ikke mindst som følge af den kraftige omrøring af blandingen før prøveudtagning. Dette fremgår også af forholdet mellem kvælstof og fosfor, N/P-kvoten. N/P-kvoten i T0 på 24 afviger meget fra N/P-kvoten i koncentreret urin på 11.

Kalium er normalt den bedste parameter af næringsstofferne til at vurdere urinblandingens koncentration. Der kan dog være store variationer i udsondringen pr. person, eventuelt også bestemt af tidspunktet for udsondringen. Hvis f.eks. morgenurinen er mere koncentreret end den øvrige urin, vil det for Museumsgården med en besøgstid fra 10 til 16 betyde, at indholdet af urin i urinblandingens undervurderes. Lægges kaliumkoncentrationen trods alt til grund for vurdering af forholdet mellem urin og skyllevand, fås et urinindhold på 35% svarende til en fordeling på 641 kg urin og 1.189 kg skyllevand. Baseret på kvælstoftallene ville fordelingen have været 458 kg urin og 1.372 kg skyllevand.

De opsamlede urinblandinger er ikke kun fortyndet på grund af skyllevandet. Det kan heller ikke lade sig gøre at "fange" al urinen i de kildesortende toiletter. Opsamlingsprocenten for urin ved benyttelse af de kildesortende toiletter på Møn kendes heller ikke. Undersøgelser af toiletter i lejligheder i Sverige har vist opsamlingsprocenter spændende fra 50 til 80 (Jönsson et al., 2000 og Vinnerås, 2001). En videreudvikling af toiletterne må formodes at resultere i opsamling af et mere koncentreret gødningsprodukt.

Måleresultaterne fra Møn (prøverne T0, T4 og T6) er sammenlignet med resultater fra prøver udtaget i urintanke fra tilsvarende WM DS toiletter i henholdsvis det sociale boligbyggeri Hylde-spjældet i Albertslund og på Svanholm Gods samt fra en samleprøve fra ti husstande med kildesortende tørklosetter i kolonihaver i Ballerup Kommune, hvor kun en del brugere manuelt tilfører lidt vandskyl. Se tabel 8.2.

Tabel 8.2
Ledningsevne samt indhold af næringsstoffer.

Parameter	Enhed	Møn T0	Møn T4	Møn T6	Hylde-spjældet *	Svanholm**	Koloni haver* **
Ledningsevne	ms/m	1.500	1.500	1.400	1.400	1.730	3.000
Total-kvælstof	mg/l	1.800	1.500	1.600	2.000	2.500	5.400
Total-fosfor	mg/l	74	77	68	100	170	360
Kalium	mg/l	680	670	590	430	1.200	1.100
Ammonium	mg/l	1.800	1.500	1.600	1.500	2.200	5.100
Calcium	mg/l	36,6			20,4		9,67
Magnesium	mg/l	<1,80			<1,80	0,82	<1,8
Natrium	mg/l	616			756		1.700

* Urinblanding fra 10 lejligheder i socialt boligbyggeri i Albertslund.

** Urinblanding fra det økologiske landbrugskollektiv Svanholm.

*** Urinblanding fra 10 kolonihaver i Ballerup Kommune.

Kilde: Miljøstyrelsen, 2001.

Urinblandingernes koncentration kan sammenlignes ud fra ledningsevnen. På den baggrund er koncentrationen i urinblandingens Møn T0 ca. 7% højere end

koncentrationen i urinblandingen fra Hyldebjerg og ca. 87% og 50% af koncentrationerne på Svanholm og i kolonihaverne.

Det fremgår af tabel 8.2, at der er stor variation i de enkelte parametre. Det fremgår også, at det undertiden kan være problematisk at bruge kalium som parameter for koncentration. Urinblandingen fra Svanholm fremstår ud fra kaliumindholdet som mere koncentreret end urinblandingen fra kolonihaverne, hvor der generelt ikke blev brugt skyllevand.

Ledningstal og koncentrationer af næringsstoffer var lavere på Møn end på Svanholm. Det kan skyldes, at Museumsgården havde stadigt skiftende og nye brugere, hvoraf en hel del desuden var børn, mens toiletterne på Svanholm blev brugt af et begrænset antal faste brugere, der var mere fortrolige med dem og kildesortering. Koncentrationen i prøven Møn T0 er formentlig også påvirket af en række fejl- og afprøvningsskyl af toiletter uden tilførsel af urin. Der kan f.eks. være fejlskyl i form af udskylning af toiletteppapir fra uriner, som er puttet i fækalieskålen i stedet for i spanden. Brugen af det vandfrie urinal har muligvis været begrænset, men dette har ikke kunnet af- eller bekræftes. Endelig kan en vis fortynding af blandingen have fundet sted som følge af indsivning af overfladevand i starten af opsamlingsperioden, hvor halsene ikke var tætnet (jf. kap 7.1).

Koncentrationerne af næringsstoffer i urinblandingen i opsamlingstanken var som ventet lavere end i samleprøven fra kolonihaverne, hvor der blev opsamlet urin fra 10 kildesorteringer tørklosetter. Opsamlingsprocenten må have været væsentligt højere i kolonihaverne med faste brugere, der var fortrolige med kildesorteringen.

Koncentrationerne i urinblandingen i opsamlingstanken i Hyldebjerg var højere for kvælstof og især for fosfor, men lavere for kalium sammenlignet med Møn T0, men generelt væsentligt lavere sammenlignet med Svanholm. Installationen af et vandfrit urinal på Museumsgården har givet en forventning om, at koncentrationen i Møn T0 ville være højere end i Hyldebjerg. Men brugen heraf har måske været begrænset. Mange drenge og mænd benytter muligheden for at tisse i det fri.

NPK-forholdet og N/P-kvoten i udvalgte urinblandinger

NPK-forholdet og N/P-kvoten giver en indikation på urinblandingernes gødningsværdi. Disse parametre er vist for udvalgte urinblandinger i tabel 8.3. Det fremgår, at der er stor forskel på blandingernes NPK-forhold og N/P-kvoter, hvilket man skal tage højde for ved brugen af dem som gødningsprodukter.

Det fremgår også, at fosforandelen er lavere i alle blandinger (Svanholm undtaget) end i den koncentrerede urin. Fosfordelen i urinblandingen fra Møn var den laveste. Dette antyder, at noget af den udskilte fosfor ikke var til stede i den væskefase, prøverne blev udtaget fra. Det skyldes måske for kort omrøringstid før prøveudtagningerne og/eller, at der var udfældet og bundfældet en del fosfor på grund af kalkindholdet i vandet. Tabellen viser desuden, at der er stor forskel på urinblandinger. Fosforindholdet fra Møn svarer dog til indholdet i en urinblanding, der gav gode vækstresultater ved tilførsel til et areal med engepil (omtalt i afsnit 7.3, Backlund, 2001).

Tabel 8.3
NPK-forholdet og N/P-kvoten i udvalgte urin-
blandinger samt i koncentreret urin.

	NPK-forhold	N/P-kvot
Møn 1	100:4:38	25
Hyldeespjældet	100:5:22	20
Svanholm	100:12:48	8
Kolonihaver	100:7:20	14
Koncentreret urin	100:9:27	11

Kilde: Beregnet ud fra Miljøstyrelsen, 2001,
og tabel 3 (Sundberg, 1995, og Vinnerås, 2001).

8.1.1 Indholdet af næringsstoffer i urinblandinger og i andre gødningsprodukter

Urinblandingen fra Museumsgården er sammenlignet med koncentreret urin samt med spildevandsslam, kompost og svine- og kvæggylle, der benyttes som gødningsmidler. Se tabel 8.4 og figur 8.1.

Indholdet af næringsstoffer (N, P og K) i urinblandingen fra Møn var som forventet lavt i relation til masse og højt i relation til tørstof. Urinblandingen er således "tynd" sammenlignet med de andre gødningsprodukter, men det lave tørstofindhold gør urinblandingen yderst velegnet til spredning i drypvandingsystemer. Det høje indhold af kvælstof bevirker, at en urinblanding kan være et godt alternativ til andre gødningsmidler. Det ses især, når indholdet af kvælstof beregnes i forhold til tørstofindholdet (jf. figur 8.1). Jo mere koncentreret en urinblanding opsamles, desto større bliver gødningsværdien.

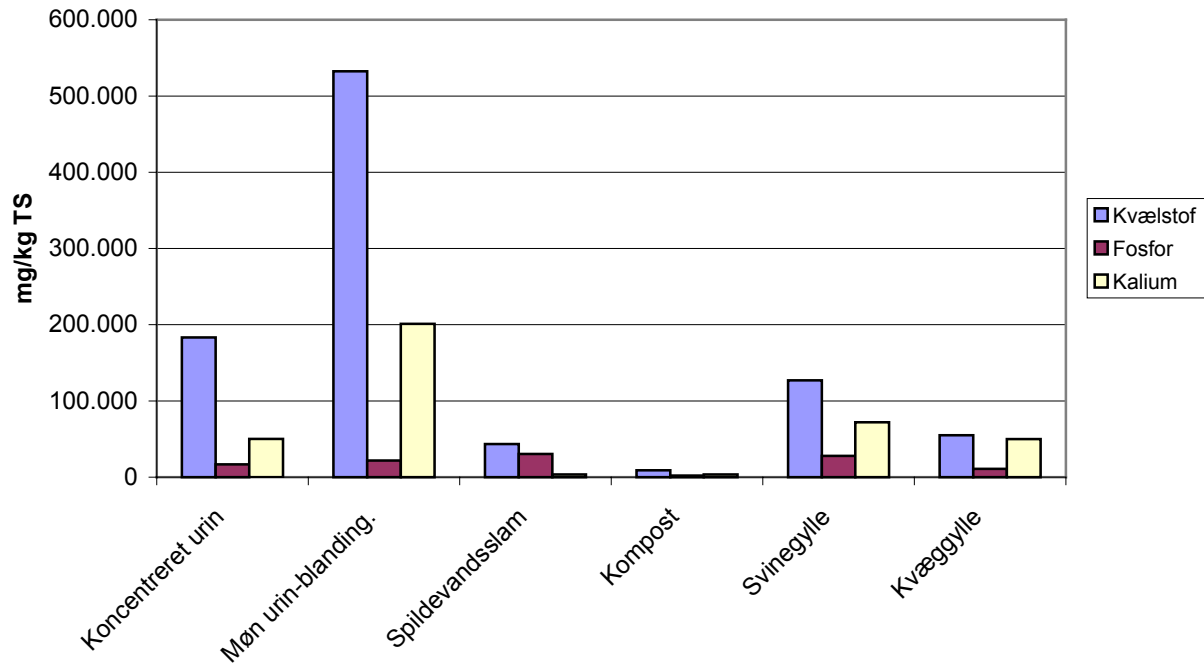
Tabel 8.4
Indhold af næringsstoffer i opsamlet urinblanding på Museumsgården sammenlignet med indholdet i udvalgte gødningsmidler.

Stof	Enhed	Urin	Møn TO	Spildevandsslam*	Kompost*	Svinegylle*	Kvæggylle*
Tørstof	%	3,98	0,3384	14	66	7	12
Kvælstof	mg/kg TS	183.300	532.544	43.200	8.900	134.400	62.000
Fosfor	mg/kg TS	16.700	21.893	31.500	2.100	26.900	7.200
Kalium	mg/kg TS	50.200	201.183	3.100	3.700	48.400	52.000

*Værdierne er beregnet ud fra Eilersen et al., 1998.

Kilde: Værdierne for koncentreret urin er fra tabellerne 3.1 og 3.3. Værdierne for Museumsgården er beregnet ud fra tabel 8.2.

Fordeling af næringsstoffer



Figur 8.1

Fordeling af næringsstoffer i relation til tørstofindholdet i udvalgte gødningsmidler.

Kilde: Tabel 8.4.

I tabel 8.5 er NPK-forholdet for urinblandingen fra Møn sammenholdt med forholdet i andre gødningsmidler og udvalgte afgrøders gødningsbehov. Det fremgår, at urinblandingen har et meget lavt indhold af fosfor sammenlignet med de øvrige gødningsmidler. De relativt høje værdier for indhold af kvælstof og kalium i urinblandingen fra Møn skyldes blandingens lave tørstofindhold. Urinblandingen kan dog bruges som den er ved gødsning af pileplantager, men der skal formentlig gives ekstra fosfor ved brug på byg og hvede.

Tabel 8.5

NPK-forholdet i opsamlet urinblanding "Møn T0" og i andre udvalgte gødningsmidler samt det tilsvarende næringsbehov for udvalgte afgrøder.

Gødningsmiddel	NPK-indhold	Afgrøde	NPK-behov
Møn 0	100:4:38	Energipil*	100:12:72
Spildevandsslam	100:78:8	Vinterhvede**	100:14:33
Kompost	100:22:39	Vinterbyg**	100:19:48
Svinegylle	100:22:57		
Kvæggylle	100:20:91		

Kilde: Eilersen et al, 1998, Miljøstyrelsen, 2001, * Aronsson, 2001, personlig meddelelse), ** Hydro Agri, 1995.

8.2 Tungmetaller

Tungmetallerne, som registreres i urinen, kan stamme fra den kost, vi indtager og fra rygning. Tungmetaller har en tendens til at blive ophobet i kroppen. En mindre del udskilles igen og heraf størsteparten med fækaliene. Den opsamlede urinblandings indhold af tungmetaller er målt som led i det koordinerede måleprogram. Resultaterne fremgår af tabel 8.6, som også viser indholdet i urinblandingerne fra de øvrige undersøgte kildesorteringssystemer og i koncentreret urin.

Tabel 8.6
Indholdet af tungmetaller i urinblandinger fra tema 3-projekterne og i koncentreret urin.

Stof	Enhed	Møn T0*	Hylde-spjældet	Svanholm	Kolonihaver	Urin
Cadmium	µg/l	0,04	0,09	6,2	0,10	0,7
Bly	µg/l	1,66	0,90	4	0,71	1,3
Crom	µg/l	1,64	0,84	1	<0,2	6,7
Nikkel	µg/l	4,21	5,24	10	5,29	4,7
Kobber	µg/l	10,3	81,7	300	59	67,3
Zink	µg/l	155	162	2.400	160	29,1

* Analyse er kun udført på den første af måleprogrammets 6 prøver (T0).
Kilde: Miljøstyrelsen, 2001, Sundberg, 1995 og Vinnerås, 2001.

Indholdet af tungmetaller i urinen opsamlet på Museumsgården afviger ikke markant fra indholdet målt de øvrige steder. Da urinblandingen fra Museumsgården er den tyndeste kunne det forventes, at indholdet af tungmetaller ville være lavest her. Dette er kun tilfældet for cadmium og zink. Det fremgår af tabel 8.6, at indholdet af tungmetaller i urinen fra Svanholm er væsentligt højere end i de andre urinblandinger. Disse forskelle kan ikke umiddelbart forklares. Man kunne forvente, at koncentrationen af tungmetaller ville være højere i den koncentrerede urin end i de opsamlede urinblandinger. Det gælder kun for nogle af tungmetallerne og antyder, at der kan være tilledt tungmetaller til blandingerne fra andre kilder, f.eks. fra rørsystemerne og evt. fra de pumper, som er brugt til omrøring før prøveudtagningen.

Indholdet af forskellige tungmetaller i forhold til tørstofindholdet er vist i tabel 8.7. Af tabellen fremgår desuden slambekendtgørelsens grænseværdier for tungmetaller (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål).

Tabel 8.7

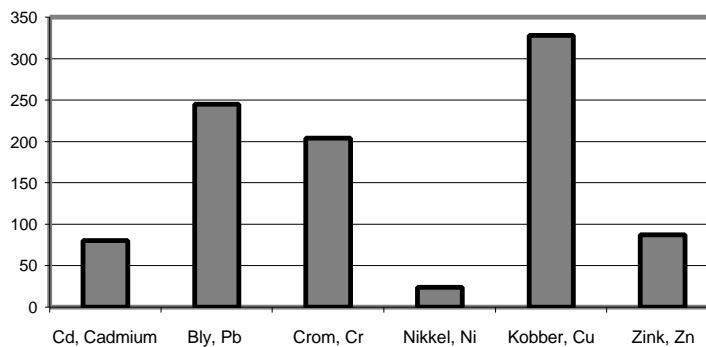
Indhold af tungmetaller i urinblandingen Møn T0 sammenlignet med standardværdier for koncentreret urin og slambekendtgørelsens grænseværdier.

Stof	Enhed	Møn T0*	Urin**	Grænseværdi i slambekendtgørelsen
Cadmium	mg/kg TS	<0,01	0,02	0,8
Bly	mg/kg TS	0,49	0,03	120
Crom	mg/kg TS	0,49	0,17	100
Nikkel	mg/kg TS	1,25	0,12	30
Kobber	mg/kg TS	3,05	1,69	1.000
Zink	mg/kg TS	45,86	0,73	

Kilde: * Beregnet ud fra Miljøstyrelsen, 2001.

** Fra tabel 3.5.

Antal gange grænseværdien ligger over den målte værdi



Figur 8.2

Indhold af tungmetaller i urinblandingen fra Museumsgården i forhold til slambekendtgørelsens grænseværdier.

8.2.1 Indholdet af tungmetaller i urinblandinger sammenlignet med andre gødningsmidler

Indholdet af tungmetaller pr. kg tørstof i urin opsamlet på Møn Museumsgård sammenholdt med indholdet i andre gødningsprodukter er vist i tabel 8.8. Det fremgår af tabellen, at indholdet af tungmetaller i urinblandingen er væsentligt lavere end i de øvrige gødningsprodukter. Cadmiumkoncentrationen i urinblandingen fra Museumsgården var kun på et par procent af koncentrationerne i gylle og kun på promiller af koncentrationerne i spildevandsslam og kompost.

I tabellerne 8.9A og 8.9B er indholdet af tungmetaller i urin fra Museumsgården sammenholdt med samleværdier for projekterne med kildesorterede toiletter fra det koordinerede måleprogram og med indholdet i udvalgte gødningsprodukter. Værdierne er beregnet dels kvæstof- og dels fosforrelateret. Det fremgår på baggrund af dette beregningsgrundlag, at indholdet af de enkelte tungmetaller i urinblandingen er fra promiller til højst

20% af koncentrationen i de øvrige gødningsprodukter, hvor indholdet af tungmetaller i urin er større relateret til fosfor end til kvælstof. Da indholdet af fosfor i urin er relativt lavt, vil urinblandingen næppe blive doseret ud fra fosforindholdet, men ud fra indholdet af kvælstof. Produktet vil derfor også blive vurderet ud fra de tørstofrelaterede grænseværdier og ikke ud fra de fosforrelaterede grænseværdier.

Tabel 8.8

Indholdet af tungmetaller i urinblanding fra Museumsgården sammenholdt med indholdet i udvalgte gødningsprodukter. Koncentration i mg/kg tørvægt.

Stof	Spildevands- slam*	Kompost *	Svine gylle*	Kvæg gylle*	Møn TO**
Cadmium	1,4	0,3	0,5	0,6	<0,01
Kviksølv	1,4	0,1	-	-	-
Bly	57	32	3	4	0,49
Nikkel	25	9	13	7	1,25
Krom	40	10	10	3	0,49
Zink	302	147	822	108	45,86
Kobber	772	50	354	68	3,05

Kilde: * Eilersen et al., 1998.

** Fra tabel 8.7.

Tabel 8.9A

Tungmetaller i urinblanding fra Museumsgården sammenlignet med samle-værdier for urinblandinger i tema 3-projekter og standardværdier for udvalgte gødningsmidler. Koncentration i mg/kg N.

Stof	Møn TO***	Urin- blandinger Tema 3*	Spilde- vands- slam*	Kompost* (hushold- ningsaffald)	Svine- gylle**	Kvæg- gylle**
Cadmium	<0,02	0,028 (0,014)	32,9	35	3,6	8,5
Krom	0,91	0,456 (0,438)	929	1.118	72	58
Kobber	5,72	19,2 (19,0)	17.857	5.588	2.640	1.097
Kviksølv	-	0,16 (0,12)	31,4	12	-	-
Nikkel	2,34	1,98 (0,877)	571	1.000	96	116
Zink	86,11	65,6 (31,2)	7.000	16.471	6.120	1.742
Bly	0,92		1.329 ^a	3.352 ^a	24	58

Kilde: * Wrisberg et al., 2001. ** samt ^a beregnet ud fra Eilersen et al., 1998. *** Beregnet ud fra Miljøstyrelsen, 2001. Tallene i parentes angiver standardafvigelse.

Tabel 8.9B

Tungmetaller i urinblanding fra Museumsgården sammenlignet med samleleværdier for urinblandinger i tema 3-projekterne og standardværdier for udvalgte gødningsmidler. Koncentration i mg/ kg P.

Stof	Møn TO***	Urinblanding Tema 3*	Spildevands-slam*	Kompost* (husholdningsaffald)	Svinegylle**	Kvæggylle**
Cadmium	< 0,54	0,570 (0,302)	45,1	150	18	73
Krom	22,16	10,4 (10,9)	1.275	4.750	360	388
Kobber	139,19	373 (384)	24.510	23.750	13.200	9.444
Kviksølv		3,45 (3,18)	43,1	50	-	-
Nikkel	56,89	41,3 (23,2)	784	4.250	480	1.000
Zink	2.094,59	1.386 (849)	9.608	70.000	30.600	15.000
Bly	22,43	-	1.823 ^a	14.250 ^a	120	500

Kilde: * *Wrisberg et al., 2001.* ** samt ^a beregnet ud fra *Eilersen et al., 1998.* *** Beregnet ud fra *Miljøstyrelsen, 2001.* Tallene i parentes angiver standardafvigelse.

8.3 Miljøfremmede stoffer

Det koordinerede måleprogram omfattede analyse af indholdet af de samleparametre for miljøfremmede organiske stoffer, som der er fastsat afskæringsværdier for i slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000). Eventuel forekomst af disse stoffer i den opsamlede urin-/vandblanding tilskrives overvejende tilledning via skyllevandet og eventuelt tilledning via udstyret til prøveudtagning. Resultaterne ses i tabel 8.10.

Tabel 8.10

Indhold af de miljøfremmede stoffer PAH, DEHP, NPE og LAS i urinblandinger fra tema 3-projekter.

Stof	Enhed	Møn T0	Møn T4	Møn T6	Hylde-spjældet T0	Svanholm	Koloni-haver T0
PAH	µg/l	0,000	0,069	0,34	0,094	<10	0,85
DEHP	µg/l	2,4	20	5,4	3,0	29,0	20
NPE	µg/l	0,0	9,8	11	0,0	<15	27
LAS	µg/l	<20	<20	<20	<20	< 0,03	<0,02

Kilde: *Miljøstyrelsen, 2001.*

Resultaterne af T6-analysen fra Møn (urin lagret i 7 måneder) viste højere værdier end T0-prøven (jf. tabel 8.10). For enkelte parametre blev den højeste værdi registreret i T4-prøven (lagret 5 måneder). Der vurderes ikke at være risiko for, at miljøfremmede stoffer er blevet tilledt tanken i perioden imellem udtagningerne af T0 og T6. Variationerne kan måske skyldes varieret omrørings- eller simpelthen målesikkerhed, idet der er tale om meget små koncentrationer.

At indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandingen er relativt lavt fremgår af tabel 8.11, hvor indholdet i forhold til tørstofmængden sammenholdes med de afskæringsværdier, der gælder for udspreddning af affaldsprodukter, som må benyttes til jordbrugsformål (jf. bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000). Det fremgår, at indholdet af miljøfremmede stoffer målt på Museumsgården er på 0,5–11% af afskæringsværdierne.

Tabel 8.11

Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblanding opsamlet på Museums-
gården pr. kg TS sammenholdt med afskæringsværdierne i slambekendtgø-
relsen.

Stof	Møn T0	Møn T6	Afskæringsværdi *
PAH	0	0,10	3
DEHP	0,71	1,60	50
NPE	0	3,25	30**
LAS	<5,9	<5,9	1.300

*Gældende fra 1. juli 2000. ** Skærpes til 10 fra 1. juli 2002.

Kilde: Beregnet ud fra Miljøstyrelsen, 2001.

8.3.1 Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandinger sammenlignet med indholdet i andre gødningsmidler

I tabellerne 8.12 og 8.13 er indholdet af miljøfremmede stoffer i urin fra Museumsgården sammenholdt med samleværdier for projekterne med kildesorterede toiletter fra det koordinerede måleprogram og med indholdet i udvalgte gødningsprodukter. Værdierne er beregnet dels kvælstof- og dels fosforrelateret. Det fremgår på baggrund af dette beregningsgrundlag, at indholdet af miljøfremmede stoffer i urinen er langt lavere end i spildevandsslam og komposteret husholdningsaffald. I tabellerne er der kun værdier for indholdet af PAH og NPE i henholdsvis svine- og kvæggylle. Niveaulet her svarer til indholdet i urinblandingen. Det er ikke overraskende, da kilderne til disse stoffer primært er skyllevandet.

Tabel 8.12

Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandinger i human urin (tema 3-
projekter) sammenlignet med standardtal for indholdet i slam og kompost.
Koncentration i mg/kg N.

Stof	Møn *** T0-T6	Urinblanding Tema 3*	Spilde- vands- slam*	Kompost (hushold- ningsaf- fald)*	Svine- gylle**	Kvæg- gylle**
LAS	<12,5		61.429 ^a	2.353 ^a		
PAH	0 - 0,2	0,10 (0,08)	143	59	0,16	0,32
NPE	0 - 6,9	3,95 (2,50)	357	59	8	16
DEHP	1,3 - 13,3	3,9 (3,74)	857	1.176		

Kilde: * *Wrisberg et al., 2001.* ** samt ^a beregnet ud fra *Eilersen et al., 1998.* *** Beregnet ud fra *Miljøstyrelsen, 2001.* Tallene i parentes angiver standardafvigelse.

Tabel 8.13

Indholdet af miljøfremmede stoffer i urinblandinger i tema 3-projekter
sammenlignet med standardtal for indholdet i slam og kompost.
Koncentration i mg/kg P.

Stof	Møn *** T0-T6	Urinblanding. Tema 3*	Spilde- vands- slam*	Kompost* (hushold- ningsaf-fald)	Svine- gylle**	Kvæg- gylle**
LAS	<294		84.314 ^a	10.000 ^a		
PAH	0 - 5	1,85 (1,72)	196	250	0,80	2,78
NPE	0 - 162	75,2 (55,8)	490	250	40	139
DEHP	32 - 260	75,8 (78,0)	1.176	5.000		

Kilde: * *Wrisberg et al., 2001.* ** samt ^a beregnet ud fra *Eilersen et al., 1998.* *** Beregnet ud fra *Miljøstyrelsen, 2001.* Tallene i parentes angiver standardafvigelse.

8.3.2 Indholdet af medicinrester og østrogen i urin

Indholdet af udvalgte medicinrester og østrogen er målt som led i det koordinerede måleprogram. På Museumsgården er indholdet målt i prøverne T0 og T3. Indholdet i den opsamlede urin fra Museumsgården og de øvrige tema 3-projekter fremgår af tabel 8.14.

Tabel 8.14

Indhold af udvalgte farmaceutiske stoffer (medicinrester) og østrogen i urinblandinger i tema 3-projekter.

Stof	Enhed	Møn T0	Møn T3	Hylde- spjældet T0	Hylde- spjældet T4	Koloni- haver T0	Koloniha- ver T1
Acetylsalicyl syre	Mmol/l	Ikke påvist	0,09	Ikke påvist	0,08	Påvist	Påvist
Paracetamo	Umol/l	Påvist	331	Påvist	331	Påvist	Påvist
Østrogen	Nmol/l	20	Ikke målt	24	19,3	57	61

Kilde: Miljøstyrelsen, 2001.

Betydningen af eventuel forekomst af medicinrester i urin er nærmere behandlet i "Udnyttelse af næringssalte i urin på Svanholm Gods" (Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 4, Miljøstyrelsen, 2001), medicinrester og østrogen i Wrisberg et al., 2001.

8.4 Resultater af mikrobiologiske undersøgelser

Resultaterne af de mikrobiologiske undersøgelser i det koordinerede måleprogram fremgår af tabel 8.15. Indhold af enterokokker (fækale streptococcer), *E. coli* og termotolerante coliforme bakterier benyttes som indikatorer for fækal forurening af urinblandingen.

Tabel 8.15

Indhold af mikroorganismer i urinblandingen fra Museumsgården og andre urinblandinger.

Parameter	Enhed	Tidspunkt	Museumsgården	Kravværdi*
<u>Bakterielle indikatorer</u>				
Kimtal v/37°C	cfu/ml	T0 T1 T2 T3 T4 T5 T6	16.000 900 500 700 500 600 670	
Termotolerante coliforme bakterier	cfu/100 ml	T0	<2	
<i>E.coli</i>	cfu/100 ml	T0 T1 T2	<1 <10 <10	
Enterokokker	cfu/100 ml	T0 T1 T2 T3 T4 T5 T6	1.800 350 <10 <1 <10 10 50	fækale streptokokker: <100 cfu/g
<u>Bakterielle smitstoffer</u>				
<i>Campylobacter</i>	Antal/10 ml	T0-T2	Ikke påvist	
<i>Salmonella</i>	Antal/10 ml	T0-T2	Ikke påvist	Må ikke påvises
<u>Parasitære smitstoffer</u>				
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Positiv/ Negativ (antal pr. ml)	T0-T6	Positiv	
<i>Giardia duodenalis</i>	Positiv/ Negativ	T0-T6	Negativ	
Andre tarmparasitter	Positiv/ Negativ	T0-T6	Negativ	

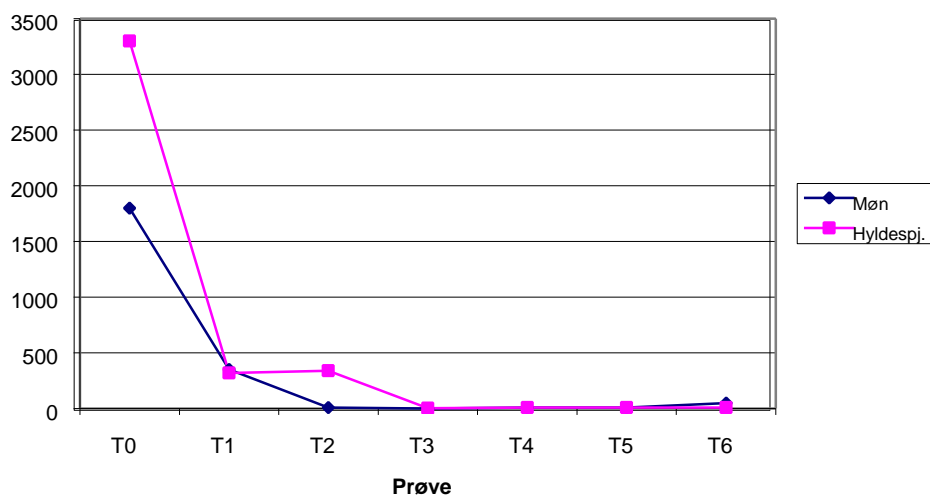
*Jf. slambekendtgørelsens bilag 3 (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000).

cfu: colony forming units.

Kilde: Dalsgaard & Tarnow, 2001 og Miljøstyrelsen, 2001.

Antallet af enterokokker i urinblandingen fra Museumsgården var allerede reduceret til <10 pr. 100 ml i T2-prøven (jf. også figur 8.3). Dette gjorde sig også gældende i urinblandingerne fra de øvrige tema 3-projekter (jf. Dalsgaard & Tarnow, 2001). Kimtal ved 37°C er en indikator for tilstedeværelse af smitstoffer og kan indikere bakteriel vækst. Det fremgår af tabellen, at kimtal ved 37 °C også reduceredes markant fra T0 til T1-prøven (jf. også figur 8.4), ligesom det er set i de øvrige tema 3-projekter.

Udviklingen i antallet af enterokokker



Figur 8.3
Udviklingen i antallet af enterokokker i urinblandingerne fra Museumsgården og Hyldebjerg i løbet af lagringsperioden.
Kilde: Miljøstyrelsen, 2001.

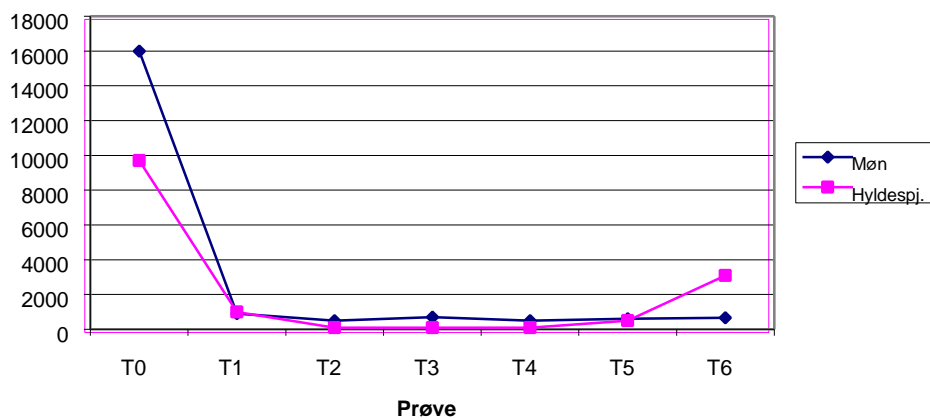
Hastigheden af bakterienes henfald afhænger af pH- og temperaturforholdene i lagertanken. pH bør være minimum 8,8, og temperaturen over 20°C (Jönsson et al., 2000, og Höglund, 2001). I tabel 8.16 er vist de målte værdier for pH og temperatur i lagertankene på Møn og i Hyldebjerg. Det fremgår af tabellen, at pH-værdierne på Møn har været i underkanten af, hvad de burde være. Dette kan skyldes, at urinblandingen her har en relativt lav urinkoncentration. Temperaturen i lagertankene kendes ikke i den sidste del af lagringsperioden, da temperaturen ved en fejl er målt i laboratoriet (Dalsgaard, A., og Tarnow, I., 2001).

Tabel 8.16
pH og temperatur målt i urinblandingerne.

Parameter	Prøve nr.	Møn	Hyldebjerg
pH	T0	8,8	9,3
	T1	8,9	9,3
	T2	8,8	9,2
	T3		7,3
	T4	8,8	9,1
	T5	8,7	9,1
	T6	8,6	8,8
Temperatur °C.	T0		9,5
	T1	8,4	10
	T2	7,0	7
	T3	6	6

Kilde: Miljøstyrelsen, 2001.

Udviklingen i kimaltal ved 37 °C



Figur 8.4
Udviklingen i kimaltal v. 37°C i urinblandinger fra Museumsgården og Hyldebjerg i løbet af lagringsperioden.
Kilde: Miljøstyrelsen, 2001.

De mikrobiologiske undersøgelser viste desuden, at der ikke er påvist de bakterielle smitstoffer *Salmonella* eller *Campylobacter* i urinblandingen fra Museumsgården (jf. tabel 8.15). Indholdet af indikatorbakterier har desuden været under 100 pr. ml i de prøver, der er udtaget efter en lagringsperiode på 4 måneder. Dalsgård og Tarnow, 2001, konkluderer på denne baggrund, at anvendelse af separeret urin som gødning efter 4 måneders lagring synes at udgøre en yderst ringe risiko for bakterielt betingede mave-tarm-infektioner hos dyr og mennesker. Dette såvel ved håndtering af urin som ved indtagelse af afgrøder gødet med urin (Dalsgaard & Tarnow, 2001). De peger dog på, at eventuel genvækst af kim ved 37°C og enterokokker i urintankende bør undersøges nærmere.

Urinblandingerne i tema 3-projekterne er også undersøgt for indhold af parasitære smitstoffer. Der er påvist forekomst af *Cryptosporidium parvum* i urinblandingerne fra 3 af de 4 tema-3 projekter, deriblandt fra Museumsgården. På urinblandingen fra Museumsgården er der ikke påvist parasitten *Giardia duodenalis*, men den er påvist i andre urinblandinger (jf. Dalsgaard & Tarnow, 2001). Der blev påvist både levende og infektiøse parasitæg, men antallet af fundne parasitæg var behæftet med så stor usikkerhed, at en egentlig kvantificering ikke var mulig. Dalsgaard & Tarnow konkluderer på denne baggrund, at yderligere undersøgelser er påkrævet for at kunne fastlægge forekomst og overlevelse af virus og parasitæg i lagret urin. På baggrund af fundene af *Giardia* og *Cryptosporidier* i den opsamlede urin har Miljøstyrelsen igangsat en risikovurdering af den opsamlede urin.

8.4.1 Indhold af mikroorganismer i udvalgte gødningsmidler

Indholdet af mikroorganismer i urinblandingen fra Museumsgården sammenholdes i tabel 8.17 med indholdet målt i udvalgte gødningsprodukter (jf. bilag 2, som viser flere af undersøgelsesresultaterne). Disse

gødningsprodukter kan udsprede på landbrugsjord med forskellige restriktioner i forhold til den gældende regulering. Husdyrgødning udsprede efter bestemmelserne i bekendtgørelsen om erhvervsmæssigt dyrehold m.v. (bekendtgørelse nr. 604 af 15 juli 2002). Slam fra renselanlæg udsprede efter bestemmelserne i slambekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål). Bekendtgørelsen regulerer også anvendelsen af en lang række andre affaldsprodukter, som kan anvendes til jordbrugsformål. Analyseresultaterne er et udtryk for, hvad indholdet af mikroorganismer har været på undersøgelsestidspunktet.

Tabel 8.17
Indhold af udvalgte mikroorganismer i udvalgte gødningmidler.

Parameter	Møn T2 (T6)	Svinegylle *	Kvæggylle *	Aerobt stabiliseret slam **	Anaerobt udrådet slam **	Afgasset masse fra biogasanlæg ***
Kimtal cfu/ml	500 (670)	0,34 x 10 ⁶ til 7.1 x 10 ⁶	2 x 10 ⁶ til 32 x 10 ⁶			
Enterococ- cer/fækale streptokok ker cfu/100 ml	<10 (50)	0,22 x 10 ⁶ til 43 x 10 ⁶	1,3 x 10 ⁶ til 48 x 10 ⁶	0,2 x 10 ⁶ ▲ til 29 x 10 ⁶ ▲	70 x 10 ³ til 1,4 x 10 ⁶	<1.000 til 83 x 10 ⁶
Campylo- bacter antal/10 g (ml)	Ikke påvist	Påvist i 53,5% af besætning- gen	Påvist i 50% af besætning- gen			
<i>Salmonella</i> antal/10 g (ml)	Ikke påvist	Op til 0,28 x 10 ⁶	Op til 0,28 x 10 ⁶	130 - 5.000	20 - 300	Påvist i 4 af 53 prøver
<i>Giardia d.</i> antal/ml	Ikke påvist	0 – 300	0 – 100			
<i>Cryptosporidium parvum</i> antal/ml	Er påvist i en prøve	0 – 200	0 – 100			

cfu: colony forming units. ▲ Slammet er analyseret for indhold af fækale steptokokker

Kilde: * Andersen & Hald, 2001. ** Miljøprojekt 351, 1997. *** Tafdrup et al, Bendixen, 1995, Bendixen, udateret.

Det fremgår af tabel 8.17, at det målte indhold af mikroorganismer i urinblandingen fra Museumsgården er væsentligt lavere end målt i de øvrige gødningsprodukter.

9 Kildesorterende toiletsystemer og anvendelse af opsamlede urinblandinger i Sverige

9.1 Kildesorterende toiletsystemer i Sverige

I Yemen havde man enkle kildesorterende toiletsystemer endog i fleretagebyggeri for flere hundrede år siden (Esrey m.fl., 1998).

Det kildesorterende tørkloset "Marinos Kloset", der blev produceret i Stockholm, var i 1800-tallet og i begyndelsen af 1900-tallet ikke blot udbredt i Sverige, men også i København, hvor de fleste boliger med klosetrum i 1886 havde "Marinos Kloset" (Wrisberg, 1996).

Da de vandskyllende porcelænstoiletter uden kildesortering vandt frem i begyndelsen af 1900-tallet, fortrængtes de kildesorterende toiletter af de vandskyllende toiletter og senere af kildesamlende tørklosetter og kemiske klosetter til fritidsboliger.

I 1990'erne har de kildesorterende toiletsystemer fået en renæssance i Sverige. Størst er udbredelsen blevet i de ikke-kloakerede fritidshuse, hvor der vurderes at være op mod 100.000 kildesorterende tørklosetter, når de til kildesortering moderniserede das'er medregnes (personlige meddelelser fra producenter).

To kildesorterende dobbeltskyllende porcelænstoiletter præsenteredes i begyndelsen af 1990'erne i Sverige. Det væghængte eller i dag også gulvstående "Dubletten" fra BB Inovation & Co. i Stockholm med to særskilte skyllemekanismer og det gulvstående "WM-DS" fra Wost Man Ecology AB i Stockholm med en skyllemekanisme og to knapper til henholdsvis "stort" og "lille" skyl. Gustavsberg AB introducerede i 2000-2001 yderligere et kildesorterende dobbeltskyllende porcelænstoilet med en skyllemekanisme og henholdsvis "stort" og "lille" skyl. Et nyt tysk kildesorterende dobbeltskyllende toilet uden tilførsel af skyllevand til urinsystemet er desuden blevet præsenteret og forventes snart markedsført i bl.a. Sverige og Danmark (personlige samtaler).

Der er i dag over 3.000 kildesorterende, dobbeltskyllende toiletter i Sverige i villaer, lejligheder, skoler m.m.

Eksempler på lejlighedskomplekser og skoler med kildesorterende, dobbeltskyllende toiletter, mange forskellige brugere og fælles opsamling i urintanke

I lejlighedskomplekset "Hushagen" er otte lejligheder udstyret med WM-DS-toiletter. "Liljan 2" i Linköping har WM-DS i 19 lejligheder. Dubletten er bl.a. installeret i 51 lejligheder i "Palsternackan" og i 44 lejligheder og huse i "Understenshöjden" i Stockholm samt i 18 lejligheder i "Ekoporten" i Norrköping. I 24 lejligheder i "Smedens Ekoby" i Jönköping er der enten

WM-DS eller "Dubletten" (Vinnerås, 1998, Burström et al., 1998, Jönsson et al., 1998, Det Økologiske Råd, 2000).

På museet "Grafikens Hus" i Mariefred er der installeret 5 stk. Dubletten til brug for ca. 40.000 årlige gæster. Dubletten er desuden bl.a. installeret på "Elias Friies Skolan" i Hyltebruk samt på "Säveskolan" i Visby. WM-DS" er bl.a. installeret på "Ösby Skola" i Gustavsberg og på "Ekerö Skola" på øen Ekerö. Skolerne har henholdsvis 35 og 6 stk. WM-DS (Det Økologiske Råd, 2000, Backlund, 2001, personlige meddelelser, 2001).

Tidligere undersøgelser af kildesorterende dobbeltskyllende toiletter

I perioden 1995-2000 har der i Sverige været udført en række forsknings- og udviklingsprojekter, der har omhandlet kildesorterende, dobbeltskyllende toiletter og tilbageførsel og anvendelse af humanurin. Nogle af de vigtigste projekter med deltagelse af bl.a. Institutionen för Lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitetet i Uppsala (SLU) og Smittskydds-institutet i Stockholm har været: "Organisk affald som vækstnæringsressurs – systemstudie, "Källsorterad humanurin i kretslopp –förstudie i tre delar", "Hållbar förnyelse av stadsbebyggelse" og "Källsorterad humanurin i kretslopp (Jönsson et al., 2000, Vinnerås, 1999).

I forbindelse med projekterne er der lavet en række rapporter og afhandlinger, bl.a. Olsson, 1995, Jönsson et al., 1998, Burström et al., 1998, Vinnerås, 1998, Kärrman et al., 1999, Lindgren, 1999, Jönsson et al., 2000 og Höglund, 2001.

Stop i vandlåsene

Der har været konstateret store problemer med tilstopning af toiletternes vandløse på grund af en lille rørdiameter. Stort set alle undersøgte toiletter har haft stop i vandlåsen. Forskellige alternative rensesmuligheder er blevet undersøgt, og det anses nu at være let at løse problemerne med stop ved hjælp af f.eks. en rejsewire, evt. i kombination med anvendelse af kaustisk soda, som desuden har en gavnlige indflydelse på pH i opsamlingsstankene (Burström et al., 1998, Vinnerås, 1998, Lindgren, 1999, Jönsson et al., 2000).

Skyllevand i urinblandingen

I Hushagen i Borlänge er skyllevandsmængder ved brug af WM-DS blevet målt i syv lejligheder. Ved det "lille" skyl (urins skyl), der kan stilles individuelt, gik fra 0,131–0,200 l skyllevand med et gennemsnit på 0,155 l til urinsystemet. Ved "stort" skyl gik 0,263–0,438 l skyllevand med et gennemsnit på 0,325 l til urinsystemet (Vinnerås, 1998).

Opsamlingsprocent for urin

Det vurderedes, at 60–80% af den urin, som tilførtes de forskellige undersøgte toiletter og toiletsystemer havnede i urinsystemet. Den resterende urin kunne bl.a. have taget fækalievejen, fordi mænd stod op og tisede i fækalieafdelingen (Vinnerås, 1999, Burström et al., 1999, Jönsson, 2000).

Dimensionering af tanke ved brug af WM-DS

Ved brug af WM-DS vurderedes tankkapaciteten at skulle dimensioneres ud fra opsamling af 2,5 l urinblanding pr. person og døgn ved en hjemmefrekvens på 15 timer pr. person og døgn og en skyllevandsmængde til urinsystemet på henholdsvis 0,2 l for det "lille" skyl og 0,3 l for det "store" skyl (Jönsson et al., 2000).

9.2 Anvendelse af urinen

Anvendelse af humane restprodukter som urin og fækalier går langt tilbage i tiden. I Kina har man komposteret i flere tusind år, og i Japan har man recirkuleret den humane gødning siden 1100-tallet (Esrey m.fl., 1998).

Urin er også historisk blevet brugt til andre formål end til gødningsmiddel til jordbrug m.m. I Sverige er urinen blevet brugt til at smøre sår, til tør hud og i et vist omfang til at indtage som medicin (Drangert et al., 1997). I Danmark anvendtes urin i 1800-tallet ved vask af tøj (Drangert et al., 1997). Selv til produktion af krudt har urin fundet anvendelse (Höglund, 2001).

I Sverige er det med genindførelsen af kildesorterede toiletsystemer i 1990'erne blevet mere almindeligt at anvende human urin som gødningsmiddel.

Opsamling og anvendelse af egen urin på eget areal

Det vides ikke, hvor mange af de anslået op imod 100.000 enkelthusstande i Sverige med kildesorterede toiletsystem, der bruger urinen som gødningsmiddel.

I fem kolonihaveforeninger i Landskrona er der etableret kildesorterede tørklosetter i over 1.000 kolonihaver. Kolonihaveejerne kan efter aftale med kommunen opsamle deres urin i dunke og anvende den til egen beplantning og egne afgrøder (Backlund m.fl., 2001, manuskript).

Opsamling og anvendelse af urin fra større kildesorterede toiletsystemer

Urinblandingerne opsamles i Sverige flere steder fra etagebyggeri eller andre bebyggelser i nedgravede samletanke, i glasfiberarmeret plast eller beton, der modtager urin fra mange forskellige husstande, eller fra toiletter på f.eks. skoler. Den opsamlede urinblanding bruges mange steder som gødningsmiddel til jordbrugsarealer.

Den til jordbrugsformål anvendte urinblanding er nogle steder lagret i en tank uden tilførsel af ny urinblanding. Der anvendes således mindst to opsamlingstanke, der er parallelkoblede, således at en eller flere kan bruges som lagringstanke.

Nogle steder transporteres den opsamlede urinblanding til en eller flere centrale lagertanke. Urinblandingerne fra Palsternackan (Stockholm) og Understenshöjden (Stockholm) transporteres til Stockholm Vattens bygninger ved Bornsjön. Her er der tre ekspanderende plastbeholdere delvist placeret over jorden, hver med en kapacitet på 150 m³. Urinblandingen lagres i henhold til forskrifter i mindst seks måneder med efterfølgende landbrugsmæssig anvendelse (Jönsson m.fl., 2000, Det Økologiske Råd, 2000). Urinblanding fra Palsternackan og Understenshöjden er blevet anvendt i et markforsøg med vørsæd. Andre steder anvendes urinblandingen mere eller mindre direkte efter afhentning fra en opsamlingstank med kontinuerlig tilledning.

I det økologiske byggeri Smedens Ekoby ved Jönköping opsamles urinblanding fra ca. 70 personer i 24 lejligheder. Urinblandingen opsamles i to nedgravede tanke på hver 30 m³. En lokal landmand afhenter og anvender urinen som gødningsmiddel til foderproduktion, der bruges til slagtekvæg.

Urinblandingen bruges ikke til produktion af foder til malkekvæg på grund af modstand fra mejerierne. Kommunen stiller ikke krav om, at urinen lagres før anvendelse som gødningsmiddel i landbruget (personlig meddelelse fra Pia Larsson, Smedens Ekoby, 1999-2000, Det Økologiske Råd, 2000).

I Elias Fries skolen i Hyltebruk med ca. 350 elever fra børnehaveklasse til 6. klasse opsamles urinblandingen i to nedgravede tanke på hver 10 m³. Urinblandingen anvendes som gødningsmiddel af en lokal landmand til arealer med kødkvæg uden forudgående lagring eller anden hygiejniserings. Kommunen stiller ikke krav om lagring (personlig meddelelse fra Kenth Backlund, Elias Fries skolen, 1999-2000).

På Säveskolan i Visby med ca. 1.200 gymnasieelever opsamles urinblanding i en nedgravet tank. Urinblandingen bruges bl.a. som gødningsmiddel til markforsøg med energipil i kort omdrift. Urinblandingen lagres i en 5 m³ nedgravet tank ved forsøgsarealerne. Lagringstiden er bestemt af behov for tilførsel i vækstsæsonen. Resultater fra forsøget er kort beskrevet i afsnit 9.3.

En stor begrænsning for anvendelse af urin er, at den endnu ikke er EU-godkendt til anvendelse i økologisk landbrug. Anvendelsen af det humane gødningsmiddel kan derfor kun anvendes i det konventionelle landbrug.

9.3 Forsøg med gødningseffekt af tilførsel af urinblandinger

Der er foretaget en del undersøgelser af, hvordan urinblandinger fungerer, og hvordan de skal håndteres som gødningsmidler.

Humanurin som gødningsmiddel til vårsæd

"Institutet för jordbruks- och miljöteknik" (JTI) i Uppsala gennemførte i perioden 1997 - 1999 et tre-årigt feltforsøg for at se på effekten for væksten samt miljøpåvirkningen ved at anvende menneskeurin til vårsæd (Stintzing & Rodhe, 2000).

Urinblandingen kom især fra de tidligere nævnte bebyggelser Palsternackan og Understenshöjden. Indholdet af kvælstof i de om foråret tilførte urinblandinger var i andet år (1998): 2,6 kg tot-N/2,1 kg NH₄-N pr. tons urinblanding og i tredje år (1999) 2,3 kg tot-N/2,3 kg NH₄-N pr. tons urinblanding. NPK-forholdet var i 1998 100:10:38 og i 1999: 100:8:30.

Det konkluderes i projektet, at feltforsøgene viste, at menneskeurin var et hurtigtvirkende gødningsmiddel, der kunne erstatte konventionel handelsgødning. En tilførsel af 100 kg kvælstof/hektar fra den koncentrerede urinblanding gav i 1997-1999 en høst, der svarede til ca. 80-85% af, hvad der kunne høstes ved at bruge 100 kg kvælstof i form af handelsgødning.

Ammoniaktabet lå på 0,7% ved spredning af koncentreret urinblanding om foråret i 1998 og 1999. 20 tons urinblanding med et indhold på 2,3-2,6 kg tot-N/2,1-2,3 kg NH₄-N pr. tons blev direkte nedmuldet med slæbefod. Ved anvendelse af slæbeslanger og nedharvning efter fire timer var den tilsvarende ammoniakafgang 3,3%. Det største tab, der blev konstateret, var på 9,7% og blev konstateret i forbindelse med brug af slæbeslanger i foråret 1997. Tabene af ammoniak fra det voksende korn kunne knap måles.

Risikoen for lækage af kvælstof vurderedes ikke at være større end ved brug af handelsgødning.

Humanurin som gødningsmiddel til energipil i kort omdrift

Ved Roma på Gotland er der plantet energipil af klonen "Jorr" i kort omdrift inden for rammerne af et EU-projekt. Der er bl.a. etableret 18 forsøgsfelter på hver på 400 m² og et grundvandsrør i hvert felt til prøvetagning. Felterne vandes via et drypvandingssystem placeret på jorden med en mængde svarende til henholdsvis 1 PE (potentielt fordampning), 2 PE eller 3 PE rensede spildevand fra en dam, 1 PE drikkevand, 1 PE urinblanding + drikkevand eller ingen tilførsel. Urinblandingen tilføres fra en nedgravet 5 m³ glasfiberarmeret polyestertank og en injektor, der blander urinblanding med drikkevand variabelt i forholdet 1:50 til 1:20. Der er tre felter til hver type tilførsel (Backlund, 2001).

De tre arealer, der modtog urinblanding blandet med drikkevand, modtog ca. 80 kg tot-N/ha fra urinblandingen, ca. 5 kg tot-N fra drikkevandet og ca. 5 kg tot-N via nedbøren, i alt ca. 90 kg i vækstsæsonen år 2000. NPK-forholdet i urinblandingen var henholdsvis 100:4:34 (1999) og 100:3:34 (2000). Pilen trivedes fint med urinblandingen, havde meget grønne blade og var ikke generet af sygdom eller stress. Analyser af grundvandet viste ingen problemer med lækage. Urinarealerne gav den største årsproduktion (Backlund, 2001, Larsson, 2000).

Årsproduktionen af pileved i år 2000 for de to-årige stokke på tre-årige rødder var meget stor med et gennemsnit for de tre arealer på 13,2 tons TS/ha. Produktionen var over dobbelt så stor som felterne, der kun havde modtaget naturlig nedbør (5 kg tot-N), 77% større end felterne med 1 PE drikkevand (16,9 kg tot-N), 86% mere end 1 PE spildevand (39,1 kg tot-N), 44% mere end 2 PE spildevand (73,2 kg tot-N) og endelig 46% mere end 3 PE spildevand (107,3 kg tot-N), (Larsson, 2001, Backlund, 2001).

9.4 Analyser af urin og vurdering af risici forbundet med at anvende urin som gødningsmiddel i Sverige

Sveriges Lantbruksuniversitetet (SLU) i Uppsala, Smittskyddsinstitutet (SMI) i Stockholm m.fl. har bl.a. i forbindelse med forsknings- og udviklingsprojekter som "Organisk afval som vækstnæringsressurssystemstudie", "Källsorterad humanurin i kretslopp-förstudie i tre delar" og "Källsorterad humanurin i kretslopp" målt indholdsstoffer i urinblandinger og resoneret om kvalitet og risici i forbindelse med anvendelsen. Resultaterne er formidlet i en række rapporter og artikler, bl.a. Olsson, 1995, Jönsson et al., 1998, Burström et al., 1998, Vinnerås, 1998, Kärman et al., 1999, Jönsson et al., 2000 og Höglund, 2001.

Målinger på urinblandingerne viste, at der her var tale om et gødningsmiddel af højeste kvalitet, når man så på indhold af tungmetaller og tungmetaller i relation til indhold af fosfor. Vurderingen af risici forbundet med anvendelse af urinblandinger blev et spørgsmål om krydskontaminering af urinblandingen med forskellige mængder fækal materiale, hvor man forestillede sig forskellige scenarier med hensyn til sygdomsudbrud, lagring af urinen, smitte via forskellige afgrøder til mennesker eller til dyr.

Man kom frem til, at målinger på indikatororganismer som *E. coli* og enterokokker i lagringstankene ikke gav et godt billede på fækal forurening. Det var nødvendigt at resonere i kredsløb fra toiletstol og frem til de spisende mennesker eller dyr for at vurdere risici. Risici for overførsel af smitte er bl.a. afhængig af urinblandings lagringstid, lagringstemperatur, pH og koncentration af kvælstof. Risikoresonement og regneeksempler præsenteres bl.a. i Kärrman et al., 1999, Jönsson et al., 2000 og Höglund, 2001. Arbejdet har resulteret i udarbejdelse af anbefalinger og retningslinjer.

9.5 Anbefalinger fra SMI i Stockholm og SLU i Uppsala

I det følgende gengives kort anbefalinger vedrørende anvendelse af urin som gødning i Sverige. Anvendelsen er ikke reguleret ved en lovgivning som i Danmark.

SMI og SLU skelner mellem store og små systemer. Ved store systemer forstås opsamling af urin fra offentlige toiletter, skoler, museer etc. eller fra en række husstande i lejligheder, villaer eller lignende. I disse tilfælde vil de personer, der forbruger den opsamlede urin, ikke være de samme som de personer, der producerer den. Ved små systemer forstås systemer, hvor urinen produceres i en enkelt husstand, f.eks. i en villa, et sommerhus eller i et kolonihavehus, og efterfølgende anvendes som gødningsmiddel i husstandens egen have til produktion af egne afgrøder (Jönsson, 2000, Höglund, 2001).

Smittskyddsinstitutet (SMI) i Stockholm vurderer, at der er større risiko for direkte smitte mellem personer i en enkelt husstand ved håndtering og anvendelse af urin til planteproduktion i haven. SMI anbefaler mindst 1-6 måneders lagring af urin/urinblandinger for at reducere smitterisici ved opsamling af urin/urinblanding fra flere husstande. Perioden angives til 1-6 måneder ved en pH på minimum 8,8, alt efter lagringstemperatur og hvilke afgrøder, der skal gødes (jf. tabel 9.1). I enkelte husstande uden betydelig overførsel af fækalt materiale er anbefalingen minimum en måned og kan eventuelt undværes (Jönsson et al., 2000, Höglund, 2001).

Håndtering af urinblanding

Beskyttelse, f.eks. ved at anvende handsker, og bevidsthed om risici er især vigtig for dem, der håndterer ulagret urinblanding.

Spredningsmetoder

Jordnære spredningsmetoder reducerer eksponering for mennesker og dyr og minimerer tab af kvælstof.

Risikogrupper

Anvendelse af urinblandinger fra hospitaler og plejehjem bør undgås.

Tabel 9.1
 Anbefalede afgrøder bestemt af minimum lagringstider og lagringstemperatur for urinblandingen.

Lagringstemperatur	Lagringstid	Anbefalede afgrøder
4°C	Minimum 1 måned	Foderafgrøder og fødevarer, der processeres.
4°C	Minimum 6 måneder	Fødevarer, der processeres, og foderafgrøder.
20°C	Minimum 1 måned	Fødevarer, der processeres, og foderafgrøder.
20°C	Minimum 6 måneder	Samtlige *

* Ved produktion af fødevareafgrøder, der spises rå, og hvor den spiselige del vokser over jorden, anbefales det, at urinblandingen spredes senest 1 måned inden høst og nedmuldes.

Kilder: Jönsson, 200, Höglund, 2001.

10 Diskussion

Etablering

Etableringen af det nye spildevandssystem gik godt bortset fra en manglende befæstelse af urintankene og tætning af samlingen mellem tankene og tankhalsene.

Driftssikkerhed

Det nye system har fungeret rigtigt godt. Det har skullet fungere under vanskelige betingelser med et stort antal stadig skiftende besøgende, heraf også mange børn. Det har ikke blot vist sig egnet til benyttelse af brugerne, men har også resulteret i opsamling af en urinblanding uden tegn på betydelig krydskontaminering.

Driftssikkerheden har været stor. Der har ingen problemer været med driften af skylle- og afløbssystemet. Anvendelse af først eddikesyre og derefter kaustisk soda vurderes at have forhindret stop i toiletternes vandløse til urinsystemet, som ellers tidligere er konstateret som et udbredt og hyppigt optrædende fænomen (Burström et al., 1998, Lindgreen, 1999 og Jönsson et al., 2000). De hyppige skyl og skyl med større vandmængder igennem urinsystemet ved fækale skyl kan også have virket positivt ind. Det skal bemærkes, at skyllevandet på Museumsgården er middelhårdt. Anvendelsen af eddikesyre kan eventuelt have sænket pH i tank 1.

Information

Der blev forud for etableringen holdt et byggemøde med den ansvarlige håndværker, hvor han modtog mundtlig og skriftlig information om de nye systemkomponenter. Det skriftlige materiale vedrørende befæstigelse af tanke og tætning af halse var på svensk. Det er muligt, at fejlene ved etablering af tankene kunne have været undgået med skriftlige instruktioner på dansk.

God information til brugerne vurderes at have været afgørende for resultatet. Tydelig skriftlig information på såvel dansk som tysk med illustrationer af håndtering af papir og vandskyl har været hængt op på toiletterne, således at en plakat har været synlig ved ankomst til toilettet og en anden ved benyttelsen.

Henvisningen til herretoilettet er ikke så tydelig. Det er muligt, at en bedre skiltning ville have resulteret i en større anvendelse af det vandfrie urinal og dermed i et yderligere tilskud af koncentreret urin, urin med en opsamlingsprocent på 100 og helt uden krydskontamination fra fækal materiale. Koncentrationen af næringsstoffer ville stige, og de i forvejen lave koncentrationer af tilførte mikroorganismer kunne have været endnu lavere.

Personalet er dels blevet informeret om rengøring af toiletterne, dels om forebyggelse af stop i toiletternes vandløse i urinsystemet ved hjælp af midler som eddikesyre, en rense- split/renewire eller kaustisk soda. Personalet har

ikke ved rengøringen fundet fækalt materiale i urinskålen. Rengøringen har været uproblematisk, men har krævet lidt mere arbejde af personalet.

Brugerundersøgelse

Der var oprindeligt planlagt en mindre brugerundersøgelse, der ville have kunnet give nogle informationer om faktisk anvendelse af toiletterne, skylleadfærd, papirhåndtering, opfattelse af og eventuelle problemer og barrierer forbundet med anvendelsen af toiletsystemet. Det var desværre ikke muligt at gennemføre undersøgelsen. Grundlaget for vurderingerne har derfor været samtaler med personalet om deres erfaringer og samtaler med besøgende. En brugerundersøgelse blandt faste brugere af samme toiletmodel er gennemført i ti lejligheder i Hyldespjældet (Agenda Center Albertslund, 2000) og en større brugerundersøgelse blandt faste brugere af kildesorterende tørklosetter er gennemført i kolonihaver i Ballerup, Herlev og Slagelse (Backlund et al., 2002, manuskript).

Barrierer

Den gode information på toiletterne, toiletudstillingen med fokus på tilbageførsel af humane restprodukter til landbrugsjorden og etablering af vandfrie urinaler har uden tvivl haft stor betydning for brugernes overvindelse af eventuelle barrierer. Vandfrie urinaler har for brugere af herretoiletet elimineret eventuelle barrierer forbundet med, at mænd skulle sidde ned ved urineren. Det, at de dobbeltskylende kildesorterende toiletter minder meget om almindelige toiletter, i kombination med god information, har minimeret antallet af brugere, der ikke har ønsket at bruge toiletterne. Enkelte har dog udtalt sig negativt om brugen af spande til toiletpapir.

Koncentration af næringsstoffer i urinblandingen

Koncentrationen af næringsstoffer i den opsamlede urinblanding var lav. Det er vanskeligt ud fra koncentrationerne af N, P og K at præcisere fordelingen af urin og skyllevand i de opsamlede 1.830 l fra sæsonen 1999. Alt efter hvilket næringsstof, der lægges til grund, fås forskellige fordelinger mellem urin og skyllevand. N/P-kvoten på 25 i urinblandingen er meget høj sammenlignet med kvoten for ren urin og for mange andre urinblandinger. Kalium, kvælstof eller ledningsevne vurderes at være de bedste parametre at vurdere koncentration af ren urin på.

Fosforkoncentrationerne på 68–77 mg P/l urinblanding er meget lave. Det middelhårde skyllevands indhold af kalk kan have ført til en fældning af især fosfor og aflejring i rørsystem og bundfældning i opsamlingsstankene. Dette kan have medført, at en del af den udsondrede fosfor ikke har været registrerbar i tankens væskefase selv efter en omrøring på ca. 15 minutter. Burström et al., 1998, fandt 12 g P i et kort plastkrør, der dannede vandlås i forbindelse med et kildesorterende, dobbeltskylende toilet. Det er derfor overvejende sandsynligt, at det samlede urinsystem har bundet store mængder forfor, der derfor ikke indgår i målingerne. På et eller andet tidspunkt må der blive frigivet fosfor til væskefasen, således at fosforen dels bliver tilgængelig for målinger og dels kan nyttiggøres ved spredning af urinblandingen til gødningsformål.

Der kan have været et vist tab af N ved tilførsel af N højt oppe i de høje tanke. Det eventuelle tab kan minimeres ved tilførsel i bunden. Tabene i et kildesorterende toiletsystem frem til spredning vurderes at ligge på < 0,3% og

ved tilførsel i bunden på 0,1%. Ved efterfølgende spredning med egnet teknik i en åben plantage bliver tabet 1–10% (Jönsson et al., 2000). Det registrerede kvælstoftab i Museumsgårdens urinblanding i perioden tillægges primært den kraftige omrøring med en cirkulationspumpe før prøveudtagningerne samt måleusikkerhed.

Baseret på indholdet af kalium og standardværdierne for urin skulle sammensætningen af ren urin og skyllevand i urinblandingen være 641 kg urin og 1.189 kg skyllevand svarende til ca. 1:2 (35% ren urin).

Selv om urinblandingen har en lav koncentration af næringsstoffer, og her især udpræget af P, svarer urinblandingen til den urinblanding, der gav en meget fin tilvækst tilført ved hjælp af et drypvandingssystem i en pileplantage på Gotland. Det gennemsnitlige NPK-forhold i den tilførte urinblanding på Gotland var i 1999 100:4:34 og i 2000 100:3:34, hvor det på Møn alt efter måletidspunkt varierede fra 100:4:37 til 100:5:45 (Backlund, 2001). Den ideelle sammensætning af N, P og K til gødsning af pil anses for at være 100:14:72 (personlig meddelelse, Aronsson, 2001, Sveriges Lantbruksuniversitetet (SLU), Uppsala). Det lave fosforindhold kunne ved behov suppleres med tilførsel fra andre fosforkilder. Det må dog ikke forventes, at landmænd vil være villige til at betale noget for en næringsstofblanding, der er langt mindre koncentreret, end hvad de er vant til at håndtere.

For at mindske kvælstoftabet i forbindelse med udbringning bør urin nedfældes, ligesom det sker med flydende husdyrgødning. Der er krav om, at flydende husdyrgødning (ajle og gylle) skal nedfældes inden 12 timer efter udbringningen både for at nedsætte ammoniaktabet og mindske eventuelle lugtgener. Nedfældning og den traditionelle udbringning af gylle ved hjælp af slæbeslanger mindsker desuden spredningen af eventuelle smittekim i omgivelserne (jf. Miljøprojekt nr. 606, 2001).

Opsamlingsprocent for urin

For mænd, der anvender de vandfrie urinaler, må opsamlingsprocenten kunne sættes til 100. Det vurderes, at mænd ved frit valg mellem urinal og toilet vælger urinalet. Selv ved siddende anvendelse af toilettet, vurderes opsamlingsprocenten at være høj. Ved en stor udsondret urinmængde under højt tryk kan den lille urinskål dog blive fyldt, således at en del urin går tabt til fækaliesystemet. En højere kant vil kunne løse dette problem. For kvinder og for piger kan det være sværere at få en høj opsamlingsprocent. Opsamlingen er bestemt af urinstrålens retning og en brugerundersøgelse i kolonihaverne viste, at en betydelig del af kvinderne i begyndelsen havde problemer med at sikre en god opsamling af urin (Backlund et al., 2002). Dette forhold vurderes at have påvirket urinblandingsens koncentration på Møn, hvor de besøgende primært er stadigt skiftende engangsbrugere. En videreudvikling af toiletterne forventes at kunne resultere i højere opsamlingsprocenter.

Krydskontamination

Selv om der ikke er indikationer på betydelig krydskontaminering fra fækalt materiale, peger nævnte undersøgelser på muligheden af, at fækalt materiale ved mindre børns brug af toiletterne havner i urinskålen. Toiletterne er ikke udformet til mindre børn (Jönsson et al., 2000). Et børnebræt bruges i dag til en række modeller for at gøre det nemmere for små børn. Der er dog ikke noget børnebræt til DS-toilettet. Et toilet, der dels kunne forhindre at

fejlsorteret fækalt materiale, der er havnet i urinskålen, tilføres urinsystemet og dels kunne skylle materialet ud i fækaliesystemet, kunne være af stor interesse.

Skyllvandsmængder

Koncentrationen i urinblandingen er også et spørgsmål om skyllvandsmængder og skyllefrekvens. Ved et lille skyl efter urinering tilføres urinsystemet anslået ca. 2 dl og ved et stort skyl 3–4 dl. Eventuelle fejlagtige store skyl i stedet for små giver således en mertilførsel på 1–2 dl pr. skyl til urintanken. Fejlagtigt udskyl af papir eller udskyl af andet ved ren urinering giver samme mertilførsel.

Der findes andre toiletmodeller, der slet ikke har vandskyl eller har to separate skylleanordninger. Ved en separat skylleanordning kan tilførsel af vand til urinsystemet fra fækale skyl elimineres. En alternativ model til nedsatte skyllemængder og separate skyllesystemer er på vej på markedet. Det drejer sig om et kildesorterende toilet, hvor skyllvandet slet ikke tilføres urinsystemet. Med dette system bliver det måske muligt at løse dilemmaet mellem et godt og tilstrækkeligt vandskyl til at rense samtlige flader og en minimal tilførsel af skyllvand til urinsystemet for at sikre en maksimal koncentration. Dette vil også give et minimalt behov for lagringskapacitet, transport og eventuel spredning.

Kvaliteten af den opsamlede urinblanding

Den opsamlede urinblanding har en meget høj kvalitet, idet indholdet af tungmetaller er lavt, såvel målt i forhold til grænseværdierne i slambekendtgørelsen som i forhold til andre gødningsmidler. Indholdet af miljøfremmede stoffer er ligeledes langt under grænseværdierne. Der er et behov for at vurdere, om der er tale om en lavere eller ligeværdig smitterisiko ved håndtering og anvendelse af den opsamlede urinblanding sammenlignet med håndteringen og anvendelse af andre gødningsprodukter som gylle, kompost, slam, afgasset biomasse m.m., der allerede anvendes i dag.

Urin udgør i sig selv ikke nogen betydelig smitterisiko. Det er krydskontaminering af fækalt materiale, der udgør den potentielle risiko. Måleresultaterne fra Museumsgården tyder på et begrænset indhold af fækalt materiale i urinblandingen. Fækalier indeholder 10^5 – 10^7 cfu enterokokker/g og 10^7 – 10^9 cfu *E. coli*/g. Ved undersøgelser af urinblandinger ud fra den kemiske indikator coprostanol som fækal indikator vurderedes 22% af urinblandingerne at have en åbenlys krydskontaminering med et gennemsnitligt indhold af fækalt materiale på 9,1 mg/l urinblanding plus/minus 5,6 mg/liter urinblanding (Sundin, 1999, Jönsson, 2000 og Höglund, 2001).

Udgangsværdierne for indikatorbakterierne i urinblandingen fra Museumsgården er lave, og betingelserne for reduktion i kraft af ammoniumindhold, pH og temperatur er gode. Reduktionen i antallet af indikatorbakterier er betinget af, at der sker en lagring af urinen uden tilførsel af "frisk" urin, som kan indeholde fækalt materiale. Der blev ikke fundet smitstoffer som *Campylobacter*, *Salmonella* eller *Giardia duodenalis* i urinblandingen på noget tidspunkt i lagringsperioden. Protozoen *Cryptosporidium parvum* blev påvist i 3 af de 4 undersøgte urinblandinger (tema 3-projekter), deriblandt på Museumsgården. Det har imidlertid ikke været muligt at kvantificere antallet af parasitæg (oocyster) Det kunne ikke i

infektionsforsøg med oocyster fra Museumsgården påvises, at disse var infektive som påvist i infektionsforsøg for enkelte oocyster fra urinblanding opsamlet i Hyldebjerg (Dalsgaard & Tarnow, 2001). Miljøstyrelsen har på denne baggrund i efteråret 2000 iværksat en risikovurdering af lagret urin som gødningsprodukt.

I kapitel 8 og bilag 2 er præsenteret resultater af mikrobielle undersøgelser af en række udvalgte gødningsmidler. I tabel 10.1 er vist resultatet af en beregning af tilførslen til landbrugsjorden af tungmetaller, miljøfremmede stoffer samt udvalgte mikroorganismer i gødningsmidler som slam, svinegylle og kvæggylle m.m. Beregningen er foretaget ud fra måleresultaterne vist i bilag 2. På baggrund af disse undersøgelsesresultater beregnes tilførslerne i tabel 10.1. I beregningen er der taget udgangspunkt i en tilførsel af 100 kg N/ha svarende til 1 g N/0,1 m².

Tabel 10.1

Tilførsel af tungmetaller, miljøfremmede stoffer og udvalgte mikroorganismer til landbrugsjord. Beregningen er foretaget ud fra en tilførsel af 1 g N til 0,1 m² landbrugsjord med udvalgte gødningsmidler.

Stof	Enhed /g N	Urinblandin g Møn	Slam	Svinegylle	Kvæggylle
Masse	kg	1,830	0,569	0,364	0,447
Cadmium	µg	<0,02	32,9	3,6	8,5
Bly	µg	0,92	1.329	24	58
Nikkel	µg	2,34	571	96	116
Crom	µg	0,91	929	72	45
Zink	µg	86,11	7.000	6.120	1.742
Kobber	µg	5,72	17.857	2.640	1.097
LAS	µg	<12,5	61.429		
PAH	µg	0 – 0,21	143	0,16	0,32
NPE	µg	0 – 6,98	357	8	16
DEHP	µg	1,33 – 13,33	857		
Entero-koccer	cfu	<183 (T2) 915 (T6)	391x 10 ³ * - 162 x10 ⁶ *	0,8 x 10 ⁶ til 1,6 x 10 ⁹	5,8 x10 ⁶ til 2,1 x 10 ⁹
<i>Campylobacter</i>	cfu	Ikke påvist		Påvist i 53,5% af besætningerne	Påvist i 50% af besætningerne
<i>Salmonella</i>	cfu	Ikke påvist.	112 – 28 x 10 ³	Op til 10 ⁶	Op til 1,25 x 10 ⁶
<i>Giardia d.</i>	cfu	Ikke påvist		0 – 1.092	0 – 447
<i>Cryptosporidium p.</i>	cfu	Op til 201		0 – 728	0 – 447

cfu: colony forming units.

* Slammet er analyseret for indhold af fækale streptokokker.

Kilde: Udregnet på baggrund af tabellerne i bilag 2.

Det fremgår af tabellen, at en anvendelse af urinblanding som gødningsmiddel vil give den mindste tilførsel af såvel tungmetaller, miljøfremmede stoffer som af udvalgte mikroorganismer.

Fremtidsperspektiverne

Projektet har vist, at selv ved skiftende brugere af et kildesortende toiletsystem, brugere som ikke selv har valgt systemet, kan der opsamles en urinblanding af høj kvalitet. Men det er vigtigt, at systemerne og toiletterne videreudvikles, og at der fortsat sker adfærdsændringer, så opsamlingsprocenten bliver større og gødningsproduktet mere koncentreret. Det er også vigtigt at gøre spildevandssystemerne endnu mere driftssikre, hvis de skal finde bred anvendelse i samfundet.

På grund af fundet af parasitten *Cryptosporidium parvum* i urinblandingerne har Miljøstyrelsen, som nævnt ovenfor, igangsat en risikovurdering af anvendelse af opsamlet urin som gødning. Indholdet af mikroorganismer i lagrede urinblandinger ser ud til at være lavt i forhold til, hvad indholdet er bestemt til i undersøgelser af andre organiske gødningsprodukter.

På denne baggrund er der et stort behov for, at de centrale myndigheder foretager en vurdering af kvaliteten af opsamlede urinblandinger både med hensyn til indholdet af næringsstoffer, miljøfremmede stoffer og mikroorganismer. Det er vigtigt at få vurderet graden af eventuelle sundhedsrisici, som kan være forbundet med anvendelsen af lagret urin som gødningsmiddel. Det er også vigtigt at få afklaret, om der kan udarbejdes retningslinjer for, hvordan gødningsproduktet kan/skal håndteres både i landbruget og i havebrug, så eventuelle sundhedsrisici elimineres eller minimeres til et, efter myndighedernes vurdering, acceptabelt niveau.

11 Litteraturliste

Agenda Center Albertslund, Povl Markussen, 2001: "Urinopsamling og – anvendelse i Hyldebjerg". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 10, Miljøstyrelsen 2001

Almedal, C., 1998: Lokal Hantering Av Slam Från Enskilda Avlop I Svalövs Kommun.
Examensarbete. Institutionsmeddelande 98:04. SLU Uppsala, Sverige.

Alunda Polyeten AB, 1994: Brochure A 3000 ST

Alunda Polyeten AB, 1994 : Läggningsanvisning för slutna tank A 3000 ST.

Alunda Polyeten AB, 1994 : Monteringsanvisning för förhöjningsstos.
Monteringsanvisning för nivåarm.

Andersen, J. S., Hald, T., 2001: "Risikovurdering ved anvendelse af vandingskanoner til udspredding af gylle fortyndet med vand". Miljøprojekt nr. 606, 2001. Miljøstyrelsen.

Backlund, A., 2001 (manuskript): Udvidelse af vidensgrundlaget inden for tekniske delområder vedrørende separat opsamling af urin og fækalier (Manuskript til rapport i serien: Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning. Miljøstyrelsen).

Backlund, A. m.fl., 1999: Spørgeskema til brug ved telefoninterviews med og besøg hos projektdeltagere i M 226-0057.

Backlund, A. m.fl., 2001 (manuskript): Økologisk håndtering af urin og fækalier i kolonihaver ved hjælp af kildesortering toiletter. (Manuskript til rapport i serien: Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning. Miljøstyrelsen).

Backlund, A., 2001: Third individual progress report FAIR CT97-3947 "Biomass short rotation willow coppice fertilized with nutrient from municipal wastewater (BWCW).
Ed. Stig Larsson i samlerapport med samme titel.

Bendixen, H.J. et al., 1995: Smitstofreduktion i biomasse. Det veterinære forsøgsprogram i biogasfællesanlæg. Bind 1: Hovedrapport 1995. Landbrugs- og Fiskeriministeriet. Veterinærdirektoratet.

Bendixen, H.J., udateret; Hygiene Aspects Of Anaerobic Digestion Of Mixed Wastes. Sanitation Requirements in Danish Biogas Plants.

Boisen, T., 2000: "Smittesikring ved håndtering af urin, fæces og spildevand". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 1. Miljøstyrelsen 2000.

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

Dalsgaard, A. og Tarnow, I., 2001: "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by og land". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 18. Miljøstyrelsen 2001.

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

Drangert, J.-O., Bew, J. Winblad, U., 1997: Ecological Alternatives In Sanitation. Proceedings from Sida Sanitation Workshop. Balingholm, Sweden 6 – 9 August 1997. Publications on Water resources: No 9. Sida Swedish International development Cooperation Agency. Department for Natural Resources and the Environment. Stockholm. Sweden.

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.

Eilersen, A., Henze M. Wrisberg S., Magid, J., 2000: Bygødning på marken – vand i åen.
Art. i "Jord & Viden, nr. 13/2000.

Ernst AG Ing. Udateret: www.ernstsystem.com

Esrey, S.A., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Hébert, M., Vargas, J., Winblad, U., 1998: Ecological Sanitation. Sida. Swedish International Development Cooperation Agency. Stockholm. Sweden.

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

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.

Höglund C., 1998: Hygienisk kvalitet på källsorterad urin. Sammanfatning från Rikskonferansen Avlopp Kretslopp, Linköping 2-3 mars 1998.

Höglund, C., 2001: Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine. Royal Institute of Technology (KTH). Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI). Department of Water and Environmental Microbiology. Stockholm. Sverige.

Jönsson, H., Olsson A., Stenström, T.A., Dalhammar, G., 1996: Källsorterad humanurin i kretslopp – förstudie i tre delar. Uppsala. Sverige.

Jönsson, H., 1997: Assesment Of Sanitation Systems And Reuse Of Urine. Art. i Ecological Alternatives In Sanitation. Publications on Water Ressources: No. 9. Sida, Stockholm.

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

Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T. A., Dalhammar, G., Kirchmann H.,
2000: Källsorterad humanurin i kretslopp. VA-FORSK RAPPORT 1/2000, Stockholm, Sverige.

Kolby, E., Jansen J.L., 2001: "Udnyttelse af næringssalte i urin på Svanholm Gods". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 4. Miljøstyrelsen, 2001.

Kärman, 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 "Organisk avfall som väkstnäringsresurs". VA-FORSK Rapport 1999-15, Stockholm, Sverige.

Ladesgewerbeanstalt Bayern ,1998: "Prüfbericht N. PAZ 6281184" af 23-03-1998.

Lange, J., Otterpohl, R., 1997: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Donaueschingen-Pföhren. Tyskland.

Larsen, T., 1999: Nährstoffkreisläufe in der Siedlungswasserwirtschaft – Technische Möglichkeiten von eliminations- und recyclingverfahren. EAWAG News 46, januar 1999.

Larsson, S., Ed. 2001: Third annual progress report FAIR CT97-3947 "Biomass short rotation Willow coppice fertilized with nutrient from municipal wastewater (BWCW). Svalöv.

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

Ljungblom, Lennart, 2000: Källsorterad humanurin. Art. i "Kretslopp" nr. 3/2000.

Länsmuseet i Kristianstad, 1996: Den nödvändiga sitsen – Vårt dass och vårt vatten.

Miljøstyrelsen, bekendtgørelser:

- Bekendtgørelse nr. 210 af 6. april1998:
Bekendtgørelse om økologisk jordbrugsproduktion.
- Bekendtgørelse nr. 366 af 10. maj1992:
Bekendtgørelse om ikke-erhvervsmaessigt dyrehold, uhygiejniske forhold m.m.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni1999:

Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 (spildevandsbekendtgørelsen) og vejledning nr. 5/1999.

- Bekendtgørelse nr. 528 af 20. juni 1997:
Bekendtgørelse om tilsyn med kvaliteten af kommunalt spildevandsslam og komposteret husholdningsaffald m.m. til jordbrugsformål.
- Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000:
Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål (slambekendtgørelsen).
- Bekendtgørelse nr. 604 af 15. juli 2002 om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. (husdyrgødningsbekendtgørelsen).

Miljøstyrelsen, 2001: Brev af 28. marts 2001 med måleresultater vedr. urinblandingerne Kolonihaveforbundet, Møns Museumsgård og Hyldebjergdet.

Miljøstyrelsen, brev af 28. marts 2001 om meddelelse af tilladelser til udspredning af urin.

Museumsgården, Keldbylille, 1999: "På spanden – fra das til skyl".

Møns Museum, 1998 - 2001: Besøgsstatistikker for Museumsgården 1998 – 2001.

Møns Museum, 1992: Museumsgården – vejleder.

Olsson, A., 1995: Kålsorterad humanurin – förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning. Rapport 208, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Uppsala.

Pedersen, Hans, 1999: Natmanden. Art. i Weekendavisen 30. juli 1999 vedr. udstillingen "På Spanden – fra das til skyl" på Museumsgården.

Pedersen, Hans, 1999: Miljømagasinet DR 1 (1. august 1999) besøger udstillingen "På spanden – fra das til skyl" på Museumsgården.

Reese A/S, udateret: Information. www.uridan.dk

Rex, Tue, 2000: Et casestudie af urinopsamling og – udbringelse i Hyldebjergdet. Institut for Planlægning. DTU.

Roskilde Amt, 1998: Tilladelse til udspredning af komposteret fækal materiale og urin – samt nedgravning af opsamlingstanke til urin, Munkesøgård, Roskilde

Roskilde Amt, 2000: Tidsbegrænset tilladelse til Naturskolen Roskilde til udbringning af produkter stammende fra komposttoiletter.

Schultze, D., 1994: Ratgeber für die kommunale Abwasserentsorgung. Berlin. Tyskland.

Slagelse Kommune, Teknisk Forvaltning, 2000: Tilladelse til nedgravning eller kompostering og efterfølgende nedgravning af fækaler på egen grund.

Stintzing, A. R., Rodhe, L. 2000: Humanurin som gödselsmedel i vårsäd. TEKNIK FÖR LANTBRUKET 84. JTI - Institutet för jordbruks- och miljötekniken, Uppsala, Sverige.

Sundberg, K., 1995: Vad innehåller avlopp från hushåll? Statens naturvårdsverk. Rapport 4425. Solna.

Sundin, Annika, 1999: Koprostanol som fekal indikator i urinsorterande system. Examensarbete 1999:2 Institutionen för mikrobiologi. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Uppsala.

Tafdrup, S., Christensen, J., Gregersen, K.H.Jensen, J.D., Birkmose, T., Bendixen, H.J., Møller, H.B., 1995: Biogassfællingsanlæg – fra idé til realitet. Energistyrelsen.

Teknologisk Institut, Rørcentret, 2001: "Økologisk håndtering af spildevand". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 6, Miljøstyrelsen.

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

Vinnerås, B., 2001: Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater. Licentiate Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Engineering. Report 244. Uppsala.

VKI – Vandkvalitetsinstitutet, 1997: "Hygiejniske aspekter ved behandling og genanvendelse af organisk affald". Miljøprojekt nr. 351. Miljøstyrelsen.

Waterless Danmark ApS, udateret: Information. www.Waterless.dk

Waterless Danmark ApS, udateret: Brochure.

Waterless Danmark ApS, udateret: Montering af Waterless Urinal.

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

Waterless Danmark ApS, udateret: Rengøring af Waterless Urinaler.

Waterless Deutschland, 1999: "Sicherheitsdatenblatt (91/155/EWG)" af 27. januar 1999.

WM-Ekologen, udateret: Brochure.

WM-Ekologen AB, udateret: Justering av urinspolning.

Wost Man Ecology AB, udateret: Tegning over etablering af vandlås ved toilettype DS.

Wrisberg, S., 1996: Urinseparation i København – Genoprettelse af forbindelsen mellem land og by. Bachelorprojekt. Institut For Jordbrugsvidenskab. Sektion for Agroøkologi. Den Kgl. Veterinær- Og Landbohøjskole, Frederiksberg.

Wrisberg, S., Eilersen, A.M., Nielsen, S.B., Clemensen, K., Henze M. og Magid J., 2001: Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land. Miljøprojekt/Aktionsplanen for økologisk omstilling og spildevandsrensning. Miljøstyrelsen..

Det Økologiske Råd, 1998: Kildeseparering af spildevand i Trekroner bydel i Roskilde – en udredningsrapport. København.

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

Århus Amt, 1998: Vedr. alternativ spildevandsafledning. Andelssamfundet i Hjortshøj. Boggruppe 3. Tilladelse til udspredning af kompost, tilladelse til udspredning af urin tilladelse til afledning af ”gråt spildevand” til pileanlæg og tilladelser til etablering af nedgravede tanke for urin og spildevand.

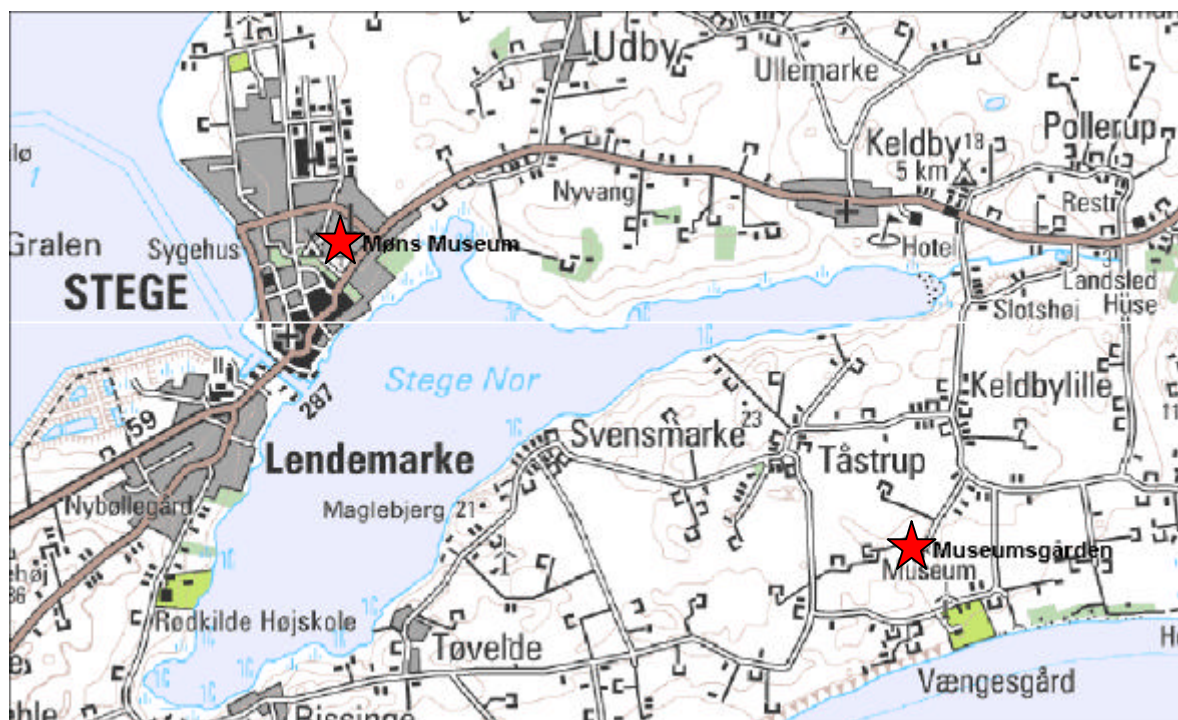
Personlige meddelelser:

Aronsson, 2001: Personlig meddelelse fra Pär Aronsson, SLU, Uppsala.

Jensen, L., 2000: Personlig meddelelse fra Lars Jensen, Gals Klint Camping.

Backlund, Kenth, 1999-2000: Personlig meddelelse fra Kenth Backlund, Elias Friesskolen.

Kortudsnit



Museumsgården, Skullebjergvej 15, Keldbylille, 4780 Stege

Indhold af mikroorganismer i andre gødningsmidler

I det følgende gengives måleresultater fra mikrobiologiske undersøgelser af forskellige gødningsmidler. Disse gødningsprodukter kan udsprede på landbrugsjord med forskellige restriktioner i forhold til den gældende regulering. Analyseresultaterne er et udtryk for, hvad indholdet af mikroorganismer har været på undersøgelsestidspunktet.

Indhold af udvalgte mikroorganismer i svinegylle og kvæggylle

Tabel 1 viser fund af udvalgte mikroorganismer i svinegylle og kvæggylle. Måleresultaterne gengivet i "Svin 1" og "Kvæg 1" stammer fra prøver af gylle fra fem tilfældigt udvalgte svinebesætninger og ligeledes fem tilfældigt udvalgte kvægbesætninger. Tallene er gengivet fra "Miljørapport nr. 606, 2001" (Andersen & Hald, 2001).

Tabel 1
Indhold af mikroorganismer i svinegylle og kvæggylle

Stof	Enhed	Svin 1	Svin 2	Kvæg 1	Kvæg 2
<u>Bakterielle indikatorer</u>					
Kimtal v/ 37°C	cfu/ml	0,34 x 10 ⁶ - 7,1 x 10 ⁶		2 x 10 ⁶ - 32 x 10 ⁶	
Termotolerantecoliforme	cfu/100 ml	1,3 x 10 ³ - 1,7 x 10 ⁶		0,49 x 10 ⁶ - 4,6 x 10 ⁶	
Enterokokker	cfu/100 ml	0,22 x 10 ⁶ - 43 x 10 ⁶		1,3 x 10 ⁶ - 48 x 10 ⁶	
<u>Bakterielle Smitstoffer</u>					
<i>Campylobacter</i>	antal/10 g (ml)	Ikke påvist.		Ikke påvist	
<i>Salmonella</i>	antal/10 g (ml)	Ikke påvist.	- 280.000	Ikke påvist	- 280.000
<u>Parasitære Smitstoffer</u>					
<i>Cryptosporidium parvum</i>	antal/ml	0 – 200	- 300	0 – 100	- 300
<i>Giardia duod.</i>	antal/ml	0 – 300		0 – 100	

cfu: colony forming units.

Kilde: Andersen & Hald, 2001

Måleresultaterne i "Svin 2" og "Kvæg 2" er resultater af andre undersøgelser gengivet i "Miljørapport nr. 606, 2001". I en undersøgelse gengivet samme sted vedrørende *Salmonella* i svine- og kvægbesætninger fra 1998 af 2.328 svinebesætninger og 265 kvægbesætninger blev der konstateret *Salmonella* i 266 svinebesætninger (11,4%) og i 15 kvægbesætninger (5,6%). Ved en

anden undersøgelse i 1999 fandt man *Campylobacter* i 53,5% af de undersøgte svinebesætninger og i 50% af kvægbesætningerne. Der er i andre undersøgelser fundet *Cryptosporidium parvum* i et antal op til 300 pr. ml.

Indhold af udvalgte mikroorganismer i spildevandsslam

Slam fra renselanlæg med biologisk rensning, hvor slammet enten er aerobt eller anaerobt stabiliseret, kan anvendes på landbrugsjord efter slambekendtgørelsens regler for stabiliseret slam (bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000). Indholdet af fækale streptokokker og *Salmonella* i spildevandsslam er undersøgt i nogle spildevandsanlæg (Miljøprojekt 351, 1997), og resultaterne heraf fremgår af tabellerne 8.18 og 8.19. Indholdet af bakterier er stort, da slammet kun er "stabiliseret" (jf. slambekendtgørelsens bilag 3). Der er konstateret *Salmonella* i begge typer slam.

Tabel 2

Indhold af fækale streptokokker og *Salmonella* efter aerob stabilisering af slam i fire langtidsbeluftede aktive slamanlæg.

Renselanlæg	Antal fækale streptokokker cfu/g			Antal <i>Salmonella</i> pr. g		
	Gns.	Max.	Min.	Gns.	Max.	Min.
1	57.000	90.000	24.000	83	140	24
2	32.000	50.000	18.000	47	500	13
3	60.000	290.000	14.000			
4	6.100	40.000	2.000			

cfu: colony forming units.

Kilde: Miljøprojekt 351, 1997.

Tabel 3

Indhold af fækale streptokokker og *Salmonella* efter anaerob stabilisering af slam i rådnetanke på tre rensningsanlæg.

Renselanlæg	Antal fækale streptokokker cfu/g			Antal <i>Salmonella</i> pr. g		
	Gns.	Max.	Min.	Gns.	Max.	Min.
1	5.800	10.000	1.600	12	30	2
2	2.400	5.100	700			
3	6.100	14.000	2.100			

cfu: colony forming units.

Kilde: Miljøprojekt 351, 1997.

Mikroorganismer i lagertanke på biogasanlæg med afgasset biomasse til anvendelse i landbruget

Afgasset biomasse, heriblandt store mængder afgasset gylle, anvendes som gødningsprodukt på landbrugsjord. Resultater af undersøgelser af indholdet af mikroorganismer i afgasset biomasse i lagertanke er vist i tabel 8.20.

De ti danske biogasanlæg, der omfatter såvel mesofile som termofile anlæg, samt karakteren af biomassen og udgangskoncentrationerne er nærmere beskrevet i Tafdrup et al. 1995, Bendixen, 1995, og Bendixen, udateret.