

# Katalog over udvalgte spildevands- løsninger med recirkulering af næringsstoffer fra by til land

Katalog over udvalgte  
spildevandsløsninger med  
recirkulering af næringsstoffer fra by  
til land

Arne Bernt Hasling, Gitte Godsk Nielsen, Karsten Arnbjerg-  
Nielsen, Karl-Richard Jørgensen, Eto M. Hummelshøj, Claus  
Dahl Thomsen, Jesper Kjølholdt og Ole Dalgaard  
COWI A/S

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

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>13</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>19</b>
<b>2 GRUNDLAG OG FORUDSÆTNINGER</b>	<b>21</b>
<b>3 KATALOG OVER SAMLEDE SYSTEMER</b>	<b>25</b>
<b>4 ERFARINGER FRA ETABLEREDE SYSTEMER</b>	<b>65</b>
<b>5 GENNEMGANG AF ENKELTKOMPONENTER</b>	<b>71</b>
5.1 OPSAMLING I OG VED BOLIGEN	71
5.1.1 <i>Urinseparerende toilet med vandskyl</i>	71
5.1.2 <i>Urinseparerende toilet uden vandskyl</i>	73
5.1.3 <i>Rørsystem i hus til opsamling</i>	74
5.1.4 <i>Affaldsbeholder til organisk køkkenaffald</i>	74
5.1.5 <i>Samletank til urin</i>	75
5.1.6 <i>Samletank til urin, fæces og køkkenaffald</i>	76
5.1.7 <i>Bundfældningstank til gråvand eller gråvand og fæces</i>	77
5.2 INDSAMLING OG TRANSPORT, FRA BOLIGEN/BEHANDLINGSANLÆGGET	78
5.2.1 <i>Lokal kompost af køkkenaffald eller køkkenaffald og fæces</i>	78
5.2.2 <i>Rørsystem</i>	78
5.2.3 <i>Lastbil til transport af køkkenaffald til kompostering</i>	78
5.2.4 <i>Lastbil til transport af komposteret køkkenaffald</i>	79
5.2.5 <i>Lastbil til transport af slam fra renseanlæg</i>	79
5.2.6 <i>Tankvogn til transport af rå urin</i>	80
5.2.7 <i>Tankvogn til transport af blandet køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam</i>	80
5.2.8 <i>Tankvogn til transport af septisk slam</i>	80
5.2.9 <i>Tankvogn til transport af vådkompost eller slam fra biogasanlæg</i>	81
5.3 BEHANDLING	81
5.3.1 <i>Pileanlæg</i>	81
5.3.2 <i>Nedsivningsanlæg</i>	83
5.3.3 <i>Rodzoonanlæg</i>	85
5.3.4 <i>Renseanlæg MBNDK</i>	86
5.3.5 <i>Slammineraliseringsanlæg til behandling af septisk slam</i>	88
5.3.6 <i>Lokal kompostering af køkkenaffald</i>	89
5.3.7 <i>Lokal kompostering af køkkenaffald og fæces</i>	90
5.3.8 <i>Central kompostering af køkkenaffald</i>	91
5.3.9 <i>Aerob vådkompostering af blandet køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam fra gråvand</i>	93
5.3.10 <i>Bioforgasning af blandet køkkenaffald, urin og fæces og evt. septisk slam fra gråvand</i>	94
5.4 LAGER/OPBEVARING	95
5.4.1 <i>Lagertank til rå urin</i>	95

5.4.2	<i>Lagertank til slam fra renseanlæg</i>	96
5.4.3	<i>Lagertank til vådkompost eller slam fra biogasanlæg</i>	96
5.5	UDBRINGNING TIL SLUTDEPONERINGSSTEDET	97
5.5.1	<i>Lokal kompost til have</i>	97
5.5.2	<i>Lokal kompost af fæces og køkkenaffald til have</i>	97
5.5.3	<i>Central kompost af køkkenaffald til landbrugsjord</i>	98
5.5.4	<i>Slam fra mineraliseringsanlæg til landbrugsjord</i>	99
5.5.5	<i>Vådkompost til landbrugsjord</i>	99
5.5.6	<i>Slam fra renseanlæg til landbrugsjord</i>	100
5.5.7	<i>Urin til landbrugsjord</i>	100
5.5.8	<i>Slam fra biogas til landbrugsjord</i>	101
5.6	SLUTDEPONERING I JORDEN M.V.	101
5.6.1	<i>Lokal kompost af køkkenaffald i have</i>	102
5.6.2	<i>Lokalkompost af køkkenaffald og fæces i have</i>	103
5.6.3	<i>Central kompost af køkkenaffald i landbrugsjord</i>	103
5.6.4	<i>Vådkompost i landbrugsjord</i>	104
5.6.5	<i>Stabiliseret slam fra renseanlæg i landbrugsjord</i>	104
5.6.6	<i>Urin i landbrugsjord</i>	105
5.6.7	<i>Slam fra biogasanlæg i landbrugsjord</i>	106
5.6.8	<i>Slam fra mineraliseringsanlæg i landbrugsjord</i>	106
5.6.9	<i>Ophobning/brug af høst af pil fra pileanlæg</i>	107
5.6.10	<i>Påvirkning af grundvand ved nedsivningsanlæg</i>	107
5.6.11	<i>Påvirkning af overfladevand fra rodzoneanlæg</i>	108
5.6.12	<i>Påvirkning af overfladevand fra MBNDK renseanlæg</i>	108
<b>6</b>	<b>SAMMENFATTENDE VURDERING</b>	<b>111</b>
<b>7</b>	<b>ANBEFALEDE UNDERSØGELSER</b>	<b>115</b>
7.1	OPSAMLING AF URIN:	115
7.2	BIOFORGASNING	115
7.3	KOMPOSTERING	116
7.4	MULIGHEDER OG BARRIERER FOR MERE UDBREDT RECIRKULERING AF NÆRINGSSTOFFER	116
<b>8</b>	<b>KONKLUSION</b>	<b>117</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCER/LITTERATURLISTE</b>	<b>119</b>

# Forord

Dette projekt er udført under "Aktionsplan til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" og tager udgangspunkt i rapport "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land", der er udgivet som rapport nr. 14, 2001, under samme program.

De anbefalede løsninger er i dette projekt revurderet med fokus på den praktiske realiserbarhed ud fra de seneste tekniske erfaringer fra bl.a. de få steder, hvor der nu haves indledende erfaringer med drift af visse af de enkeltkomponenter, der indgår i de anbefalede løsninger.

Projektet giver i katalogform en kortfattet beskrivelse og vurdering af de anbefalede systemer og supplerer med en overordnet beskrivelse af de enkelte delkomponenter der indgår i løsningerne. Siden udgivelsen af den første rapport er der kommet nye ideer og gjort forsøg med nye løsninger. Dette katalog er derfor ikke udtømmende, men alene en praktisk guide for dem der overvejer at anvende en af de tidligere anbefalede løsninger.

Generelt har området været præget af en pioneragtig decentral og individuel udvikling i privat regi, hvorfra der ikke er dokumenteret eller publiceret meget materiale om de projekter og forsøg der er gennemført i større eller mindre målestok. Vurderingerne i dette projekt er derfor præget af erfaringer fra veldokumenterede anlæg der har været underlagt officielle undersøgelsesprogrammer eller anlæg hvor brugerne har publiceret materiale om egne erfaringer, som ofte synes at give et mere positivt billede end de "officielle" undersøgelser.

Følgende medarbejdere fra COWI har bidraget med væsentlige input til rapporten:

Arne Bernt Hasling,	Karsten Arnbjerg,	Gitte Godsk Nielsen,
Karl Richard Jørgensen,	Reto M. Hummelshøj,	Claus Dahl Thomsen,
Jesper Kjølholt	Ole Dalgaard.	

Endvidere har Jakob Magid fra KVL bidraget med oplysninger og erfaringer fra systemer der er sat i drift i Danmark og Sverige.

Projektet blev fulgt af en styringsgruppe bestående af:

Line Hollesen	Miljøstyrelsen
Mogens Kaasgaard	Miljøstyrelsen
Linda Bagge	Miljøstyrelsen
Anette Holtze	Storstrøms Amt (Amtsrådsforeningen)
Mogens Henze	DTU, Miljø & Ressourcer DTU
Jakob Magid	KVL, Institut for Jordbrugsvidenskab
Helle Katrine Andersen	DANVA
Arne Bernt Hasling	COWI



# Sammenfatning og konklusioner

Økologisk spildevandshåndtering er teknisk mulig men krævende for brugerne.

Næringsstoffer i spildevand og affald kan nyttiggøres ved en særlig indsats.

Der har i nogen tid været fokus på mulighederne for at nyttiggøre næringsstoffer fra spildevand og affald fra husholdninger som gødning i jordbrug. Under "Aktionsplan for økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" er derfor gennemført en række forsknings-, udviklings- og undersøgelsesprojekter om konsekvenserne af at håndtere husspildevand og organisk affald ud fra en mere økologisk tankegang, herunder at nyttiggøre næringsstofferne.

Denne undersøgelse resumerer de seneste aktuelle erfaringer med brug af en række metoder til øget genanvendelse. Der analyseres 12 konkrete systemer, som blev anbefalet i en tidligere mere teoretisk undersøgelse. Ingen af de undersøgte systemer er umiddelbart klar til anvendelse i stor skala. Flere af systemerne vil dog forholdsvist enkelt kunne udvikles til et godt alternativ til traditionelle systemer. Systemerne vil normalt kræve mere af brugerne end traditionelle systemer, og det skal sikres, at der er aftagere til de indsamlede og bearbejdede produkter.

## **Baggrund og formål: Fra teoretisk potentiale til vurdering af realiserbarhed**

I et tidligere projekt under "Aktionsplan for økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" er der gennemført en teoretisk analyse af potentialet for recirkulering af næringsstoffer fra køkkenaffald og spildevand fra boligområder. Rapporten anbefaler 12 samlede systemløsninger som de mest egnede til at øge recirkuleringen af næringsstoffer.

Siden er der gennemført uddybende undersøgelser af nogle af de delkomponenter, der indgår i de anbefalede løsninger, og der er enkelte steder opført bebyggelser, hvor dele af disse løsninger anvendes i praksis. Der foreligger således ny viden om den tekniske funktion af nogle delkomponenter, bl.a. urinseparerende toiletter og biogasanlæg, samt driftserfaringer fra anlæg, der har kørt i flere år og i stor skala. Der er endvidere lavet mange målinger og vurderinger af de hygiejniske og sundhedsmæssige aspekter i forbindelse med recirkulering af næringsstoffer via fæces og urin.

Generelt har området været præget af en pioneragtig decentral og individuel udvikling i privat regi, hvorfra der ikke er dokumenteret eller publiceret meget materiale om de projekter og forsøg der er gennemført. Det begrænsede publicerede materiale om brugernes egne erfaringer viser ofte et mere positivt billede end de "officielle" undersøgelser.

Formålet med dette projekt er på basis af de seneste års driftserfaringer og den tidligere undersøgelse at sammenfatte de praktiske oplysninger og give et overblik over de væsentligste fordele og ulemper ved de enkelte løsninger. Dette er ment som en hjælp til kommuner, byplanlæggere, boligselskaber eller interessegrupper, der overvejer at etablere en eller anden form for alternativ



håndtering af organisk køkkenaffald og spildevand med henblik på genanvendelse af næringsstofferne.

### **Undersøgelsen: Sammenfatning af erfaringer med udvalgte systemer til recirkulering af næringsstoffer**

I dette projekt er de 12 tidligere anbefalede løsninger revurderet med fokus på den praktiske realiserbarhed ud fra de seneste tekniske erfaringer fra bl.a. de få steder, hvor der nu haves indledende erfaringer med drift af visse af de enkeltkomponenter, der indgår i de anbefalede delløsninger.

Projektet giver i katalogform en kortfattet beskrivelse og vurdering af de foreslåede systemer og supplerer med en overordnet beskrivelse af de enkelte delkomponenter der indgår i løsningerne. Kataloget er ikke udtømmende, men er alene en praktisk guide for dem, der overvejer at anvende en af de beskrevne løsninger. Endvidere er givet en oversigt over steder i Nordeuropa, hvor der er udført større systemer til økologisk affaldshåndtering.

### **Hovedkonklusioner: Systemerne fungerer i lokalsamfund med stor opbakning, men er ikke klar til generel anvendelse i byområder**

Erfaringerne har vist, at systemer til spildevands- og affaldshåndtering med recirkulering af næringsstoffer kan fungere i lokalsamfund, hvor der blandt brugerne er stor opbakning og forståelse for systemerne.

De fleste projekter er gennemført med baggrund i en fælles økologisk ide. De fleste systemer drives og vedligeholdes derfor af frivillige personer med en særlig interesse i denne form for affaldshåndtering.

De fleste systemer kan ikke betragtes som færdigudviklede, men bør forbedres med hensyn til drift og vedligeholdelse, energiforbrug, hygiejne og komfort, inden de anvendes i byområder.

De hidtil afprøvede løsninger giver i forhold til traditionel spildevandshåndtering en væsentlig større lokal sundhedsrisiko på grund af den hyppigere og tættere kontakt med menneskelige affaldsprodukter.

Den samlede økonomi (samfunds- og lokaløkonomisk) er ikke tilstrækkeligt belyst for de beskrevne løsninger til at kunne vurdere, om det vil være økonomisk attraktivt at gennemføre en af de beskrevne løsninger frem for traditionelle løsninger.

Det bør altid overvejes, om andre systemer og anvendelser af affaldsprodukterne vil være mere økonomisk og økologisk attraktive.

Af de beskrevne løsninger vurderes to typer af systemer som de mest attraktive og realiserbare:

- Indsamling af urin for direkte anvendelse som gødning i jordbruget
- Indsamling af alle faste fraktioner til bioforgasning og anvendelse af det forgassede materiale i jordbrug

De beskrevne løsninger er bedst egnet til nybyggeri, hvor såvel boliger som indsamlings-, behandlings- og afsætningssystem kan indrettes hensigtsmæssigt.

Der er indenfor den gældende lovgivning åbnet mulighed for en stor grad af økologisk anvendelse af affaldsprodukterne, hvis det sker på en sundhedsmæssig og miljømæssig forsvarlig måde.

Inden systemerne implementeres i stor skala, bør der foretages en række konkrete tekniske undersøgelser, ligesom der bør foretages en række mere "bløde" undersøgelser om muligheder og barrierer for en mere udbredt brug af recirkulering af næringsstoffer. De bløde undersøgelser omfatter både vurderinger af samfundsøkonomi, sociologiske studier, teoretisk markedspotentiale for produkterne og krav fra slutbrugerne, dvs. landmænd, gartnerier og aftagerne af produkter herfra så som mælkeproducenter, fødevarer virksomheder og den enkelte forbruger.

## **Projektresultater**

### **Enkelte af de 12 systemer er egnede til videreudvikling, mens andre ikke kan anbefales**

12 konkrete systemløsninger er i skemaform beskrevet med hensyn til erfaringer med anlæg og drift, hygiejne og sundhed, energiforbrug recirkuleringspotentiale, økonomi, arealkrav, borgerindsats og muligheder/barrierer. I denne rapport vurderes det:

- at løsningen med vådkompostering ikke er attraktiv, idet der findes tilsvarende og simple løsninger der giver bedre udnyttelse af affaldsprodukterne,
- at løsningen med lokal kompostering og anvendelse af fæces ikke bør anvendes i bymæssig bebyggelse på grund af bl.a. sundhedsrisiko og teknologisk stade,
- at løsninger med opsamling af urin og traditionel håndtering af øvrigt affald giver stor recirkulering ved et simpelt/velkendt system,
- at løsninger med bioforgasning af alt andet end gråvand findes mest egnet for øget recirkulering af næringsstoffer og udnyttelse af affaldsprodukterne som en ressource.

### **Sammenfattende vurdering af aktuelt teknologisk stade**

- Alle de beskrevne systemer indeholder teknikker og komponenter, som ikke kan betragtes som færdigudviklede eller tilstrækkelig undersøgte. Disse teknikker og komponenter bør gøres mere robuste, driftssikre og vedligeholdelsesvenlige.
- De beskrevne systemer med lokal håndtering af affaldsprodukterne er meget følsomme over for udisciplinerede brugere, hvilket kan give lokale hygiejniske problemer og vanskeliggøre den videre bearbejdning og deponering af restprodukterne.
- Der haves kun få erfaringer med dele af de beskrevne systemer i almindelige boligområder, men der haves mange erfaringer med anvendelsen af forskellige komponenter fra øko-bebyggelser og bofællesskaber etableret af personer med en økologisk grundholdning.
- Urinopsamling giver stor recirkulering af næringsstoffer, og håndteringen er teknologisk ukompliceret. Største problem er tilstopning og renholdelse af ventiler og små slanger/rør i de urinseparerende toiletter samt i rørsystemerne for urin. Problemet kan

begrænses ved regelmæssig skylning med kaustisk soda, men må kunne løses på anden måde, så systemet giver et komfortniveau svarende til traditionelle toiletter.

- Komposttoiletter for fæces evt. med tilsætning af organisk køkkenaffald er de fleste steder opgivet i bymæssige bebyggelser på grund af store vanskeligheder med at få materialet til at kompostere fuldstændigt, vanskeligheder ved at opnå en håndterbar konsistens af slutproduktet, højt energiforbrug samt diverse gener med lugt og fluer.
- Bedst udnyttelse af affaldsprodukterne synes umiddelbart at være bioforgasning af køkkenaffald, fæces og urin sammen med andre egnede materialer. Her udnyttes det fulde recirkuleringspotentiale for næringsstoffer samtidig med, at der udvindes energi af det organiske materiale. Der er dog ofte problemer med dårligt sorteret køkkenaffald og driftsøkonomien. Anvendes store mængder urin kan processen hæmmes af det store indhold af ammonium i urin.
- De fleste systemer indebærer hyppigere og tættere kontakt med urin og fæces end traditionelle affaldshåndteringssystemer, hvilket øger den sundhedsmæssige risiko. Automatisering af systemerne til opsamling, indsamling, transport, behandling og udbringning kan begrænse risikoen, i forhold til den manuelle håndtering, der foregår i de hidtil afprøvede systemer.
- De beskrevne systemer kræver nogen tilvænning og vil i en overgangsperiode udgøre en øget sundhedsmæssig risiko. Efter overgangsperioden vurderes der fortsat at være en øget, men begrænset, sundhedsmæssig risiko ved ændret håndtering, selvom der følges en række forholdsregler.

### **Eksempel på system der vurderes at kunne etableres i større udstrækning efter videreudvikling.**

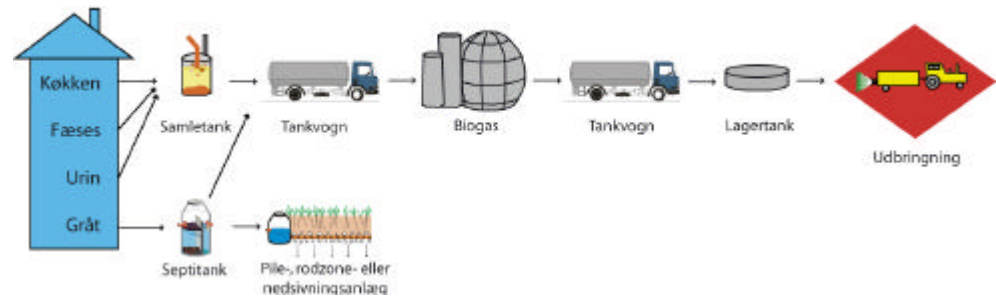
Et af de tidligere anbefalede systemer er vist i figur 1. Systemet bygger på indsamling og forgasning af organisk køkkenaffald, urin og fæces, mens det grå vand bortskaffes ved nedsivning eller lignende.

Fordelen ved dette system er en meget høj recirkulering af næringsstoffer samtidig med en stor udnyttelse af energien i materialet, uden tab af næringsstoffer. Set i forhold til traditionelle systemer fås et stort energioverskud, dels på grund af sparet kunstgødning og dels fra den direkte energiproduktion. Der ud over giver den foreslåede opsamlingsmetode en væsentlig vandbesparelse.

Erfaringer med dele af den foreslåede løsning peger på, at følgende forhold bør forbedres: Fælles opsamling af urin, fæces og køkkenaffald kan gøres mere sikker og robust ved at indsamle køkkenaffaldet separat og anvende vacuum-toiletter eller vandfrie toiletter til opsamling af urin og fæces i en separat tank. Det teknologiske stade for vakuumpoilettypen er rimeligt, men toilettet kan forbedres noget. Der skal sikres en korrekt sortering af køkkenaffaldet for at undgå problemer med den videre behandling og afsætning af materialet.

Bioforgasning er en velafprøvet teknologi, som fungerer fint, specielt hvis hovedproduktet er gylle. Laboratorieforsøg har vist, at processen også kan forløbe fint på restprodukter fra husstande. Det vil dog være hensigtsmæssigt at finde en optimal blanding og driftsform i de enkelte lokalområder. Biogasanlæg skal placeres i passende afstand fra beboelse.

Slutproduktet vil være hygiejniseret, hvis processen køres med tilstrækkelig høj temperatur. Det skal yderligere sikres, at slutproduktet opfylder slambekendtgørelsens regler for anvendelse til jordbrugsformål, ligesom det bør sikres, at der er aftagere til produktet.



Figur 1. Eksempel på system der gennemgås med henblik på at kunne etableres i nye boligområder i byer. (N6)



# Summary and conclusions

Ecological wastewater management is technically feasible, but requires much attention and effort by the users. Nutrients in wastewater and organic waste can be utilised, but this requires a special effort.

For some time, focus has been put on the possibilities of utilising nutrients from wastewater and organic waste from households as fertiliser in agriculture. Under the programme "Action plan for ecological urban renewal and wastewater treatment", a number of research and development programmes have been carried out on the consequences of handling domestic wastewater and organic waste based on ecological principles, including utilisation of nutrients.

This study summarises the latest experience from a number of methods aiming at increasing reuse of domestic wastewater and organic waste. In this project 12 systems are analysed. The 12 systems were recommended in a previous more theoretical study. None of the systems examined are ready for large-scale utilisation. However, several of the systems could in a relatively simple way be further developed to offer a good alternative to traditional systems. Generally, these systems require more attention and effort by the users than traditional systems, and it must be ensured that collected products can be utilised.

## **Background and purpose: From theoretical potential to assessment of feasibility**

In a previous project under "Action plan for ecological urban renewal and wastewater treatment", a theoretical analysis of the potential for recirculation of nutrients from domestic waste and wastewater was carried out. The project recommended 12 solutions as the most suitable for increased recirculation of nutrients in different kinds of housing sectors.

Subsequently, studies of some of the components of the recommended solutions have been elaborated and building areas have been established where part of these solutions are used in practice. Thus, new knowledge has been obtained on the technical functioning of some of the solutions, i.e. urine separating toilets and biogas plants and experience from plants that have been operating for a reasonable period at a reasonably large scale. Furthermore, measurements and assessment have been made of hygienic and health aspects in connection with recirculation of nutrients via faeces and urine.

In general, recirculation of nutrients is characterised by pioneering and by decentralised and individual development in the private sector. Therefore, only limited documentation and publications are available from the implemented projects and tests. The material published on the experience of the users often gives a positive picture compared to the "official" studies.

The objective of this project is, on the basis of the experience gained during the last couple of years and from previous studies, to summarise information

obtained and provide an overview of the most essential advantages and disadvantages of the individual solutions. This is meant as a help to municipalities, town planners, housing associations and interest groups who are considering the establishment of alternative handling of organic household waste and wastewater in preparation for recirculation of nutrients.

**The Study: Summary of the experience from operation of selected systems for recirculation of nutrients**

In this project 12 of the previously recommended solutions are evaluated, focusing on the practical viability, based on evaluation of the latest technical experience from the few locations with preliminary experience from operation of some of the components in the recommended solutions.

This report presents a catalogue of brief descriptions and evaluation of the proposed systems, supplemented with an overall description of the components included in the individual solutions. The catalogue is not exhaustive, but merely a practical guide to those considering one of the previously recommended solutions. Furthermore, the report gives an overview of locations in Northern Europe with large systems for ecological waste handling.

**Main conclusions: The systems function in local communities with wide support, but are not ready for general utilisation in urban areas**

Experience show that systems for wastewater and waste handling using recirculation of nutrients can function in local communities with wide support and understanding of the systems.

Most projects have been implemented based on a common ecological idea, thus most systems are operated and maintained voluntarily by persons with a special interest in this kind of waste handling.

Most of the systems cannot be considered as having been fully developed. The systems should be improved with regard to operation, maintenance, energy consumption, hygiene and comfort, before being applied in urban areas.

Compared to traditional wastewater handling, the solutions tested so far pose a far greater health risk due to the frequent and close contact with human waste products.

The total economy (socio-economic and locally) of the described solutions has not been analysed sufficiently to evaluate whether it is economically feasible to implement the described solutions rather than traditional solutions.

It should always be considered if other systems and application of waste products is more economically and ecologically feasible.

The following two systems are considered to be the most attractive and viable of the described solutions:

- Collection of urine for direct application as fertiliser in agriculture

- Collection of all solid fractions for biogas and application of the sludge in agriculture

The described solutions are most suitable for new building, since buildings as well as collection, treatment and disposal systems can be organised in a proper manner.

The current legislation gives a possibility for wide ecological application of waste products, with consideration of both health and environmental aspects.

Before implementation of large-scale systems, a number of specific studies should be conducted. Furthermore, the possibilities and barriers in connection with an extended use of recirculation of nutrients should be analysed. This analysis should also include an evaluation of socio-economy, sociological studies, theoretical market potential for the products and demands for the ultimate users, i.e. farmers, gardeners and the purchasers of their products, such as milk producers, food industry and individual consumers.

### **Project results**

#### **Some of the 12 systems are suitable for development whereas others cannot be recommended**

12 specific solutions are described schematically, including experience from construction and operation, hygiene and health, energy consumption, recirculation potential, economy, area requirements, efforts required from citizens, and possibilities/barriers. This project concludes that:

- wet composting is not an attractive solution. Similar and more simple solutions exist which provide a better use of the waste products,
- local composting and application of faeces should not be applied in urban areas due to, amongst others, health risks and the present technological stage,
- collection of urine/traditional handling of the remaining waste provides increased recirculation with a simple/well-known system,
- biogasification of everything but grey water is most suitable for increased recirculation of nutrients and use of waste products as a resource.

#### **Summarised evaluation of the actual technological stage**

- All systems described include techniques and components that were neither fully developed nor sufficiently examined. These techniques and components should be developed to be more sturdy, reliable and maintainable.
- The systems with local handling of waste products are more sensitive towards undisciplined users, which might result in hygienic problems locally and complicate further processing.
- For part of the systems described, only limited experience is available from traditional residential areas. However, much experience is available on the use of the different components in ecological building areas and house sharing established by persons with a fundamental ecological attitude.



- Urine collection provides a great extent of recirculation of nutrients, and the process is technologically uncomplicated. The greatest problem is blocking and cleaning of valves and small tubes/pipes in the urine separating toilets and pipe systems for urine. The problem can be limited by regular caustic scrubbing, but could also be solved in another way, so that the system provides a level of comfort similar to that of traditional toilets.
- Composting toilets for faeces, if possible with addition of organic kitchen waste, have been dropped in urban areas, due to great difficulties in obtaining complete composting, difficulties in obtaining a texture of the end product, which is easy to handle, high energy consumption and different nuisances from smell and flies.
- The best application of waste products seems to be biogasification of kitchen wastes, faeces and urine, preferably together with other suitable materials. This uses the full recirculation potential for nutrients, and at the same time energy is extracted from the organic material. However, problems often arise from poor sorting of kitchen waste and economy of operation. If large volumes of urine are applied, the process can be hampered by the considerable extent of ammonium in the urine.
- Most systems imply more and closer contact with urine and faeces than traditional waste handling systems. This increases the health risk. Automation of the systems for collection, transport, treatment and disposal can limit the risk compared to the present manual handling of waste in systems which so far have not been tested.
- The systems described involve a certain transitional period and will for some time pose an increased health risk. It is estimated that after the transitional period there will still be an increased but limited health risk in changed handling, even if a number of precautions are followed.

### **Example of system which can be established at a larger scale after further development**

One of the previously recommended systems is shown in figure 1. The system is based on collection and gasification of organic kitchen waste, urine and faeces, whereas grey water is disposed of by means of percolation or the like.

The advantage of this system is a very high degree of recirculation of nutrients combined with utilisation of the energy in the material without loss of nutrients. Compared to traditional systems, a large surplus of energy is obtained, partly due to fertiliser savings, and partly due to direct production of energy. Furthermore, the proposed collection method gives a substantial water saving.

Experience with certain parts of the proposed solution indicates that the following aspects should be improved: Joint collection of urine, faeces and kitchen waste will be more safe and sturdy if kitchen waste is collected separately and if vacuum toilets or water-free toilets are applied with collection of urine and faeces in a separate tank. The technological development of vacuum toilets is reasonable, but some improvement can be

obtained. Correct sorting of kitchen waste must be secured in order to avoid problems with further treatment and disposal of the material.

Biogasification is a well-known and well-functioning technology, especially if the main product is slurry. Laboratory tests have shown that the process can also be applied for domestic waste products. It is, however, recommended to find an appropriate mixture and operation in the individual local communities. Biogas plants must be situated in a proper distance from houses.

The end product will be hygienised if the process takes place at an adequately high temperature. Furthermore, it should be ensured that the end product meets the requirements of the statutory order on application of sludge for agricultural purposes, and it should be secured that there are purchasers for the product, and analysed at what price the product can be sold.

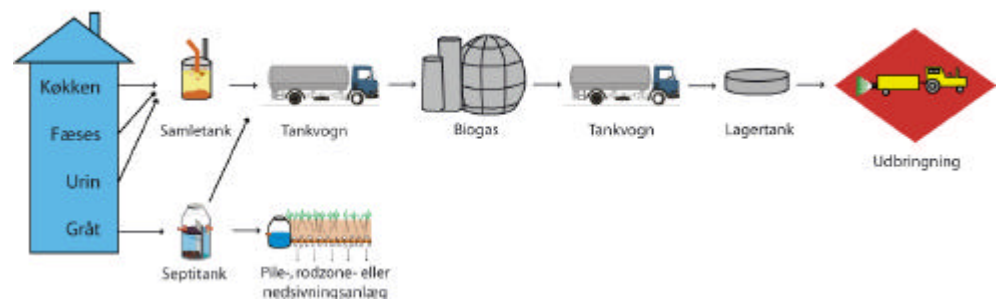


Figure 1. Example of system being prepared for establishment in new housing areas in cities (N6)



# 1 Indledning

I rapporten "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land" (Wrisberg et al., 2001), er der gennemført en teoretisk analyse af potentialet for recirkulering af næringsstoffer fra køkkenaffald og spildevand fra boligområder. Rapporten anbefaler nogle samlede systemløsninger som de mest egnede til at øge recirkuleringen af næringsstoffer i forskellige typer boligområder.

Siden er der gennemført uddybende undersøgelser af nogle af de delkomponenter, der indgår i de anbefalede samlede løsninger, og der er enkelte steder etableret bebyggelser, hvor nogle af disse løsninger er gennemført. Der foreligger således ny viden om den tekniske funktion af nogle af delkomponenterne, bl.a. urinseparatorende toiletter og biogasanlæg, samt driftserfaringer fra anlæg, der har kørt i en rimelig tid og i en rimelig stor skala. Der er endvidere lavet mange målinger og vurderinger af de hygiejniske og sundhedsmæssige aspekter i forbindelse med recirkulering af næringsstoffer via fæces og urin.

Denne rapport sammenstiller på en kort og kontant form de praktiske erfaringer der synes at kunne trækkes ud af de hidtidige undersøgelser og de erfaringer der haves fra de få bebyggelser der gennem længere tid har praktiseret alternativ spildevandshåndtering for at øge recirkulering af næringsstoffer.

Indfaldsvinklen til beskrivelserne er at give praktiske oplysninger og et overblik over væsentligste fordele og ulemper ved de enkelte løsninger, set i lyset af de seneste års driftserfaringer. Dette er ment som en hjælp til kommuner, byplanlæggere, boligselskaber eller interessegrupper, der overvejer at etablere en eller anden form for alternativ håndtering af organisk køkkenaffald og spildevand med henblik på genanvendelse af næringsstofferne. I denne rapport findes derfor ikke detaljerede tekniske, hygiejniske, økonomiske, energimæssige, gødningsmæssige, administrative eller sociologiske udredninger, idet der henvises til litteraturlisten for en uddybning af disse emner. Tilsvarende behandles alene de i Wrisberg et al. (2001), anbefalede 12 samlede systemløsninger for byområder.

Flere bemærkninger i denne rapport kan opfattes meget kontante og unuancerede på grund af den valgte kortfattede og oversigtlige skemaform. Den korte form skal ikke tages som udtryk for en stor sikkerhed i vurderingerne eller en total forkastelse eller anbefaling af løsningerne. At det nævnes, at der ikke er tilstrækkelig viden om en bestemt type løsning, er således ikke udtryk for at løsningen ikke kan bruges, men at det må erkendes, at hvis man ønsker at anvende denne løsning vil det ske på eksperimentel basis, hvilket indebærer en risiko for at skulle lave en del om senere. Tilsvarende lægges der stor vægt på de sundhedsmæssige aspekter ved vurderingen af realiserbarheden af løsningerne, men vurderingen af om der er en acceptabel sundhedsmæssig risiko, afhænger i høj grad af om det er den person der ønsker at etablere anlægget eller sundhedsvæsnen der ser på sagen.

Denne rapport omhandler, i lighed med Wrisberg et al. (2001), alene løsninger der tager sigte på recirkulering af næringsstoffer. Emner som genbrug af gråt spildevand, opsamling og anvendelse af regnvand, nye opsamlings- og rensemetoder m.v. er ikke behandlet, selvom de naturligt vil indgå i overvejelserne om en mere økologisk og miljøøkonomisk håndtering af naturens ressourcer og byens affaldsproduktion, der også udgør en anvendelig ressource.

## 2 Grundlag og forudsætninger

Dette projekt tager udgangspunkt i projektet "Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land" der blev udarbejdet for Miljøstyrelsen under programmet "Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning" og udgivet som publikation nr. 14, 2001 (Wrisberg et al., 2001).

Analysen behandler kun byområder og ikke fritliggende huse eller det åbne land.. Den typiske løsning i dag er en indsamling af køkkenaffald ugentligt sammen med ikke-organisk affald og håndtering af spildevand på centrale rensesanlæg.

I Wrisberg et al. (2001) vurderes og beskrives forskellige håndteringssystemer til organisk køkkenaffald, urin, fæces og gråvand fra husholdninger. Analysen resulterer i en anbefaling af fem systemer til eksisterende byggeri og syv systemer til nybyggeri.

Disse tolv håndteringssystemer behandles yderligere i dette projekt for så vidt angår nyeste praktiske erfaringer med etablering og drift af de komponenter, der indgår i systemløsningerne. Der angives enkelte praktiske anvisninger om arealbehov og lignende. Disse supplerende vurderinger er baseret på litteraturstudier, deltagelse i konferencer, gennemgang af udførte anlæg samt inddragelse af anlægs- og driftserfaringer fra anvendelsen af flere af komponenterne i andre sammenhænge, som f.eks. drift af biogasanlæg for råprodukter med en karakter, der ligner de fraktioner der er medtaget i dette projekt.

Oplysninger om affaldsproduktion, priser, energiudnyttelse, gødningsværdier m.v. er hentet direkte fra Wrisberg et al. (2001). Der er kommenteret på disse forhold, hvis nye oplysninger antyder en forskydning i forhold til det, der blev forudsat/antaget ved udarbejdelsen af rapporten.

I Wrisberg et al. (2001) er undersøgelsen afgrænset til at omfatte selve håndteringssystemet, der anvendes til opsamling, transport og behandling af affaldsfraktionerne. I dette projekt er ved vurderingerne af løsningernes realiserbarhed yderligere medtaget den videre bortskaffelse af produkterne (lager, transport, udspreddning og den endelige slutdeponering).

### **Opbygning og indhold af kataloget:**

I dette projekt beskrives følgende forhold overordnet i katalogform for hvert af de udvalgte 12 systemer:

- opbygning af systemet,
- anvendelsespotentiale i boligområder,
- erfaringer med foreslået teknik,
- erfaringer med etablering og drift,
- hygiejne og sundhed,
- energi,
- recirkuleringspotentiale,
- økonomi,

- fordele/ulemper generelt,
- arealkrav,
- krav til bruger,
- muligheder/barrierer og
- en samlet vurdering af systemet.

Alle nøgleoplysninger om hver systemløsning findes i skemaform på et dobbelt-opslag og er derfor meget kortfattede og unuancerede. I et følgende afsnit er derfor som supplement angivet et resume af de væsentligste positive og negative erfaringer fra bebyggelser, hvor nogle af de foreslåede løsninger anvendes. Endvidere findes et afsnit med en beskrivelse af nøgleoplysninger om de enkelte komponenter som indgår i de tidligere anbefalede systemløsninger.

### **Grundlæggende forudsætninger og nyttige nøgletal: (fra Wrisberg et al. (2001))**

Vurderingerne i denne rapport omhandler muligheder for boligernes recirkulering af næringsstoffer fra affaldsfraktionerne urin, fæces, gråt spildevand og fast organisk husholdningsaffald, dvs. organisk køkkenaffald. Det grå spildevand består af afløbene fra bad, vask og køkken, og indeholder således den del af køkkenaffaldet, der ikke opsamles i fast form, men skylles ud med spildevandet.

Recirkuleringspotentiale:

Recirkuleringspotentialet behandles for stofferne kvælstof, fosfor og kalium. Størstedelen af næringsstofferne findes i urin, hvorfor denne fraktion er særlig interessant i denne sammenhæng.

Tabel 2.1. Produktion af husholdningsrelaterede affaldsmængder samt mængden af næringsstoffer m.v. fra en voksen person. Kg/person/år og liter/person/år.

Stof	Enhed	Totalt	Fysiologisk		Køkken		Vask og bad
			Fækalier	Urin	Vand-båren	Fast	
Volumen af ressource excl. vandforsyningsvand	liter/(p.år)	793	75	430	150	130	7,5
Vandforbrug	liter/(p.år)	54.750	7.300	10.950	18.250	0	18.250
Totalt volumen	liter/(p.år)	55.543	7.375	11.380	18.400	130	18.258
Samlet tørvægt, TS	kg/(person.år)	86	13	22	15	29	7,3
Samlet vådvægt	kg/(person.år)	725	75	440	115	87	7,5
COD	kg/(person.år)	80	22	5,5	16	33	3,7
BOD	kg/(person.år)	33	7,3	1,8	11	11	1,8
Nitrogen	kg/(person.år)	6	0,37	4,0	0,37	0,62	0,37
Fosfor	kg/(person.år)	1	0,18	0,55	0,07	0,11	0,11
Kalium	kg/(person.år)	2	0,37	0,91	0,15	0,15	0,15

Wrisberg et al. (2001)

Som det ses udskiller et menneske ca. dobbelt så meget tørstof gennem urinen som med fæces, ligesom der udskilles 3-10 gange så meget næringsstof med urinen som med fæces.

Da personer ikke altid befinder sig i boligen, vil noget af affaldsproduktionen blive afleveret andre steder. Det er således antaget at en person afleverer følgende procentdele af de forskellige fraktioner i husstanden:

50 % af urin,  
 75 % af fæces,  
 90 % af det faste organiske køkkenaffald og  
 90 % af det grå spildevand.

Med denne antagelse er der således en teoretisk mulighed for, at der ved boliger kan indsamles følgende mængder af husholdningsaffald/ressourcer pr person pr år for en evt. recirkulering af næringsstoffer.

Tabel 2.2. Husholdningsaffald/ressourcer der teoretisk kan indsamles i selve husstanden for evt. recirkulering. Kg/person/år og liter/person/år.

Stof	Enhed	Totalt	Fysiologisk		Køkken		Vask og bad
			Fækalier	Urin	Vand-båren	Fast	
Volumen af ressource excl. vandforsyningsvand	liter/(p.år)	530	56	215	135	117	6,8
Vandforbrug	liter/(p.år)	44.070	5.475	5.475	16.560	0	16.560
Totalt volumen	liter/(p.år)	44.600	5.531	5.690	16.695	117	16.567
Samlet tørvægt, TS	kg/(person.år)	67,0	9,8	11,0	13,5	26,1	6,6
Samlet vådvægt	kg/(person.år)	465	56	220	104	78	6,8
COD	kg/(person.år)	67	16,5	2,8	14	30	3,3
BOD	kg/(person.år)	27,8	5,5	0,9	9,9	9,9	1,6
Nitrogen	kg/(person.år)	3,5	0,27	2,0	0,33	0,56	0,33
Fosfor	kg/(person.år)	0,67	0,14	0,27	0,07	0,10	0,10
Kalium	kg/(person.år)	1,12	0,27	0,46	0,13	0,13	0,13

Data er genereret på baggrund af Wrisberg et al. (2001)

Ovenstående affaldsmængder der bør kunne indsamles fra selve husstanden er anvendt ved beregningen af de i kataloget angivne recirkuleringspotentialer, økonomi og energiregnskab

Antages et almindeligt landbrugsmæssigt gødningsbehov på 150 kg N pr hektar pr år i private haver, vil en fuldstændig recirkulering af kvælstofindholdet i fæces, urin og køkkenaffald, der kan indsamles fra en person, dække gødningsbehovet for 189 m<sup>2</sup> plantedækket areal i haven, fordelt med 37,2 m<sup>2</sup> fra organisk køkkenaffald, 133,2 m<sup>2</sup> fra urin og 18,5 m<sup>2</sup> fra fækalier. Ved kompostering og lignende reduceres næringsstofindholdet væsentligt, specielt for kvælstof (43-86 %) (Wrisberg et al., 2001), hvorved gødningsværdien af produktet reduceres. Størst tab af kvælstof fås ved luftede kompostmiler.

#### Energiregnskab:

Energiregnskabet omfatter alene drift af systemet og medtager energi til drift af opsamlings- og behandlingsanlæg, energi til transport fra husstand til behandlingsanlæg og energigevinsten ved substitution af handelsgødning. Energiforbrug til anlæg af systemet er ikke medtaget. Energiregnskabet kan være positivt eller negativt. Et negativt energiforbrug betyder, at der ved håndteringen produceres mere energi end der bruges, og/eller at der ved substitutionen af handelsgødning spares mere energi end der bruges i den øvrige del af systemet. Ved beregningerne er forudsat følgende energigevinst ved substitution af handelsgødning: 13,9 kWh pr kg kvælstof (N), 4,4 kWh pr kg fosfor (P) og 2,2 kWh pr kg kalium (K).



### Økonomi:

Der er i de økonomiske sammenligninger medtaget de direkte udgifter, der er forbundet med etablering og drift af de forskellige løsninger. Der er ikke indregnet eventuelle besparelser i køb af kunstgødning, salg af energi, salg af kompost eller lignende, ligesom de samfundsøkonomiske gevinster af at reducere udledningen af bl.a. kvælstof og fosfor ikke er indregnet. Alle udgifter opgøres i kr./person/år og disse vil naturligvis variere, afhængigt af hvor store samlede systemer der kan etableres. Der er ved omregning af anlægsomkostninger til årlig omkostning regnet med en rente på 6 % og en teknisk levetid af alle anlæg på 20 år, bortset fra rør og brønde i traditionelle systemer, hvor den tekniske levetid er sat til 30 år.

### Generelt:

De beregnede tal for energi og økonomi er baseret på tre personer pr. husstand i Wrisberg et al (2001). Normalt bør anlæg for enkelthusstande dimensioneres for fem personer pr. husstand, selvom en gennemsnits husstand er mindre. De anførte anlægsomkostninger for anlæg til enkelthusstande er således i underkanten mens de gennemsnitlige driftsomkostninger og recirkuleringspotentialer er rimelige.

Opgaveafgrænsningen i Wrisberg et al. (2001), betyder at der i energiregnskabet og økonomien ikke er medtaget energi eller omkostninger til anlæg og drift af installationer i huse. Endvidere er ikke medtaget energi eller omkostninger til transport, udbringning og slutdeponering af slutprodukterne fra behandlingsdelen eller fra et centralt langtidslager. Regnskaberne omfatter således kun det "offentlige" indsamlings- og behandlingssystem mellem affaldsproducenten og den endelige aftager af det behandlede produkt.

I enkelte løsninger, der involverer nedsivning/rensning af gråt spildevand, ledes vandet gennem en bundfældningstank, som må tømmes en gang i mellem. I dette projekt er det antaget at slammet fra bundfældningstanken kan behandles på et beplantet slambed, i lighed med et slammineraliseringsanlæg, inden slutdeponering på landbrugsjord. Udgifterne til etablering og drift af disse anlæg er ikke medtaget i de økonomiske overslag.

Det er generelt antaget, at alle typer af slam har en kvalitet, der gør det muligt at anvende det til jordbrugsformål jævnfør slambekendtgørelsen.

### 3 Katalog over samlede systemer

De 12 systemer, der blev anbefalet i Wrisberg et al. (2001), beskrives i det følgende i en kortfattet skemaform. Et dobbelttopslag pr løsning. Der anvendes de samme betegnelser og nummersystem som i Wrisberg et al. (2001), hvilket betyder at visse numre springes over (de ikke anbefalede løsninger). Til gengæld bliver det lettere at finde supplerende oplysninger i Wrisberg et al. (2001) hvis dette ønskes. Overordnet er nummersystemet inddelt i E-løsninger til eksisterende bebyggelser og N-løsninger til nybyggeri.

Behandlingen af de fire affaldsfraktioner i de 12 løsninger er overordnet beskrevet i tabel 3.1 for at give et overblik over indholdet i løsningerne. Slutdeponeringen er i de fleste tilfælde landbrugsjord, men ved lokal kompostering regnes med deponering/anvendelse i lokale haver eller grønne områder, og for renseanlæg regnes det rensede spildevand udledt til overfladevand. Tre af løsningerne kan anvendes i både eksisterende byggeri og nybyggeri og optræder derfor med både et E- og et N-nummer (E1, E3 og E8).

Tabel 3.1: Oversigt over behandlingsformen i de 12 betragtede løsninger.

		Køkkenaffald	Urin	Fæces	Gråvand
E1 (N8)	Eksist.-reference	Central kompost	Renseanlæg	Renseanlæg	Renseanlæg
E2	Urin opsamles	Lokal kompost	Lagring	Renseanlæg	Renseanlæg
E3 (N9)	Urin opsamles	Central kompost	Lagring	Renseanlæg	Renseanlæg
E6	Biogas	Biogas	Biogas	Biogas	Renseanlæg
E8 (N3)	Urin opsamles	Lokal kompost	Lagring, ufortyndet	Lokal kompost	Nedsivning
N1	Nybyg-reference	Lokal kompost	Renseanlæg	Renseanlæg	Renseanlæg
N2	Urin opsamles	Lokal kompost	Lagring	Nedsivning	Nedsivning
N3 (E8)	Urin opsamles	Lokal kompost	Lagring, ufortyndet	Lokal kompost	Nedsivning
N4	Våd kompost	Våd kompost	Våd kompost	Våd kompost	Nedsivning
N6	Biogas	Biogas	Biogas	Biogas	Nedsivning
N8 (E1)	Eksist.-reference	Central kompost	Renseanlæg	Renseanlæg	Renseanlæg
N9 (E3)	Urinopsamles	Central kompost	Lagring	Renseanlæg	Renseanlæg

I tabel 3.2 er nogle af nøgletallene fra de 12 løsninger resumeret. Alle værdier er angivet pr. person (baseret på Wrisberg et al. (2001)).

Tabel 3.2: Nøgletal for de betragtede løsninger

		Energi forbrug kWh/år	Årlig omkostning kr./år	Re-cirkulering kg N/år	Re-cirkulering kg P/år	Re-cirkulering kg K/år
E1 (N8)	Eksist.-reference	7,3	2.263	0,85	0,57	0,20
E2	Urin opsamles	-27,9	2.687	2,53	0,57	0,66
E3 (N9)	Urin opsamles	-19,2	2.865	2,58	0,57	0,66
E6	Biogas	-118,0	2.864	3,21	0,53	0,84
E8 (N3)	Urin opsamles	-28,0	2.127	2,19	0,54	0,81
N1	Nybyg-reference	-1,4	2.085	0,80	0,57	0,20
N2	Urin opsamles	-24,9	2.217	2,11	0,39	0,65
N3 (E8)	Urin opsamles	-28,0	2.127	2,19	0,54	0,81
N4	Våd kompost	14,6	2.222	2,90	0,50	0,86
N6	Biogas	-116,0	2.312	2,90	0,48	0,83
N8 (E1)	Eksist.-reference	7,3	2.263	0,85	0,57	0,20
N9 (E3)	Urinopsamles	-19,2	2.865	2,58	0,57	0,66

Ved angivelse af anvendelsespotentialet anvendes følgende seks typebetegnelser for de forskellige typer boligområder i byer:

- Tæt bykerne: Etageejendomme i tæt bebyggelse
- Åben bykerne: Huse i 1-2 etager i tæt bebyggelse
- Lejligheder: Etageejendomme med omkringliggende friarealer.
- Rækkehuse: Tæt-lav bebyggelse i 1-2 etager
- Villaer: Fritliggende boliger
- Kolonihaver: Fritliggende boliger, primært fritidsbebyggelse

•  
Vurderingerne i skemaerne gælder alene anvendelse i byområder, og disse vurderinger kan ikke overføres direkte til boliger i det åbne land.

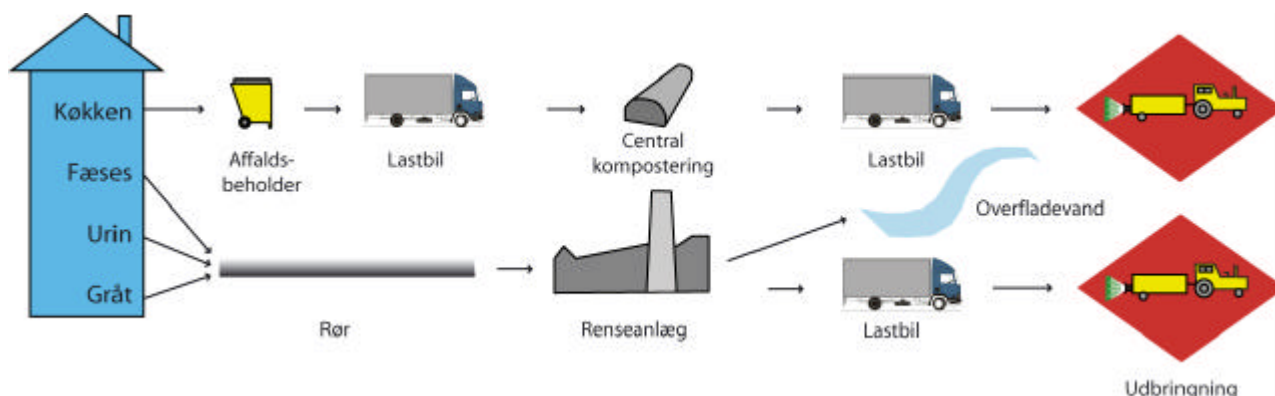
De angivne løsninger sigter mod recirkulering af næringsstoffer, men ved løsningerne E1, N1 og N8, der omfatter kompostering af organisk køkkenaffald og traditionel kloakering er recirkuleringen meget begrænset. Den største recirkulering i disse løsninger skyldes udbringning af slam fra renselanlæg, mens anvendelsen af komposten kun bidrager lidt. Dette skyldes bl.a. at ca. halvdelen af køkkenaffaldets kvælstof mistes ved komposteringsprocessen.

For nogle af systemerne er det angivet, at der skal være nedsivning af en delstrøm. I disse tilfælde kan det også vælges at behandle delstrømmen i et pileanlæg eller et rodzoneanlæg. Dette vil medføre en ændring i bl.a. udgifterne i forhold til det der er beskrevet i skemaerne. Oplysninger om pileanlæg og rodzoneanlæg er dog medtaget i kapitel 5 hvor enkeltkomponenterne beskrives.

Det bemærkes, at alle data vedrørende energi, økonomi og recirkuleringspotentialer er overført fra Wrisberg et al. (2001), mens alle øvrige vurderinger er foretaget af COWI.

## E1 - Centralkompostering af køkkenaffald. Rensning af gråvand, urin og fæces på MBNDK-rens anlæg

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og opbevares efterfølgende i en udendørs beholder, hvorfra affaldet afhentes til central kompostering. Det komposterede køkkenaffald lægges på lager, hvor det opbevares, indtil det kan udbringes på landbrugsjord.

Spildevandet bliver ledt til et renseanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på renseanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for alle boligtyper.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Der findes velafprøvede metoder til central kompostering af køkkenaffald. Erfaringer med driften af anlæg, der behandler organisk køkkenaffald viser, at der kan være problemer med at få borgerne til at sortere korrekt. Det er vanskeligt at fjerne uønskede materialer fra det sammenblandede affald. Det er vanskeligt at afsætte kompost med uønskede materialer. Køkkenaffaldets høje saltindhold kan give problemer med at få komposteringsprocessen til at forløbe tilfredsstillende hvorfor der bør ske samkompostering med andre materialer. Inden der iværksættes ordninger med indsamling af sorteret fast organisk køkkenaffald bør der gennemføres en grundig og motiverende orientering af borgerne vedrørende sorteringen af affaldet.

Rensningen af urin, fæces og gråvand i et MBNDK-rens anlæg samt behandling af slam er meget udbredt, og en velafprøvet og veldokumenteret teknologi.

### Hygiejne og sundhed:

Hygiejne- og sundhedsmæssige påvirkninger er hovedsageligt knyttet til arbejdsmiljøet på rensningsanlægget og kompostanlægget. Svampesporer mv. udgør en sundhedsmæssig risiko for personalet ved central kompostering. Problemerne kan begrænses ved at minimere den mekaniske håndtering af affaldet, samt minimering af personalets opholdstid i kritiske områder. Den sundhedsmæssige risiko mindskes såfremt der ikke opsamles animalske restprodukter.

Drift af renseanlæg, afløbssystem og slambehandling medfører kun en begrænset hygiejnisk og sundhedsmæssig risiko for personalet såfremt alle forskrifter om arbejdsmiljø følges, idet der ellers vil være en betydelig sundhedsrisiko ved langvarig kontakt med spildevand.

Der er ingen specielle hygiejnemæssige problemer i forhold til borgere, der anvender kloaksystemer til håndtering af fæces, urin og gråvand.

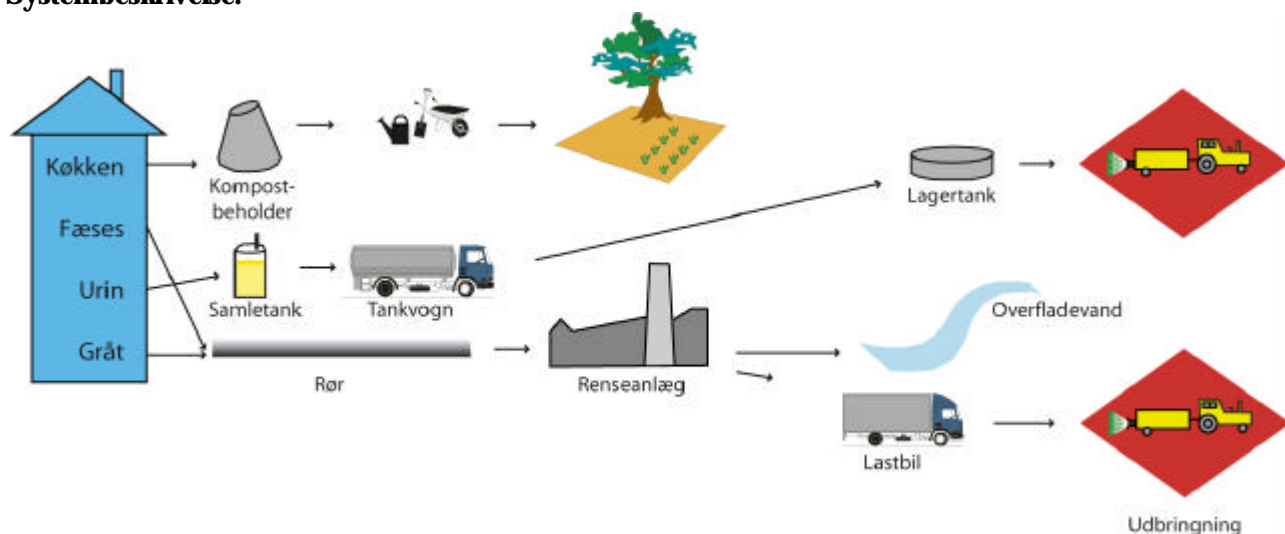
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

	Enhed
	Konventionelt renseanlæg
	Milekompostering af køkkenaffald
	I alt
Energiforbrug	kWh
	2,37
	4,9
	7,27
Økonomi	
Årlig omk.	kr.
	2.044
	219
	2.263
Nutidsværdi	kr. i alt
	27.493
	2.506
	29.999
Recirkuleringspotentiale	kg N
	0,58
	0,27
	0,85
	kg P
	0,48
	0,09
	0,57
	kg K
	0,06
	0,14
	0,20

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robust system til håndtering af spildevandet</li> <li>• Velafprøvet og velfungerende teknologi til håndtering af spildevandet.</li> <li>• Nyttiggørelse af køkkenaffald til jordforbedring.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krav til brugeren om sortering og håndtering af køkkenaffald</li> <li>• Dobbelt indsamlingssystem for affald</li> <li>• Ringe udnyttelse af næringsstoffer</li> <li>• Ingen energiudnyttelse af organisk stof</li> <li>• Mulighed for lugtgener fra komposteringsanlægget</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Der skal være plads til en udendørs opsamlingsenhed til fast organisk køkkenaffald f.eks. en 120 liters tæt og gnavesikker beholder ved den enkelte husstand.</p> <p>Udbringning af kompost på landbrugsjorden, kræver ca. 18 m<sup>2</sup> pr. person, mens udbringning af slam kræver ca. 39 m<sup>2</sup> pr. person. I alt 57 m<sup>2</sup> pr. person.</p> <p>Borgerne skal udføre en omhyggelig sortering af det faste organiske køkkenaffald og bringe det til den særlige opsamlingsbeholder for lagring inden det afhentes.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Der skal sikres afsætningsmuligheder for restprodukterne. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet og komposten afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen. For køkkenaffaldet er det i høj grad afhængigt af kvaliteten af sorteringen af køkkenaffaldet.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Dette system svarer stort set til det system der almindeligvis anvendes i dag. Eneste afvigelse er at der introduceres separat indsamling af fast organisk køkkenaffald og efterfølgende central kompostering.</p> <p>Separat indsamling af organisk køkkenaffald foretages i flere kommuner, ligesom der findes centrale komposteringsanlæg til behandling af affaldet, som regel sammen med andre egnede affaldsfraktioner. Komposteringsprocessen kører fint de fleste steder, men det har vist sig vanskeligt at drive disse anlæg på kommerciel basis, bl.a. på grund af kompostkvaliteten. Der kører nu lovende forsøg med central sortering af affaldet hvorved kvaliteten af komposten vil kunne forbedres.</p> <p>Systemet giver en meget lille grad af recirkulering af næringsstoffer. Recirkuleringen skyldes primært anvendelsen af slam i landbruget.</p> <p>I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## E2 - Lokal kompostering af køkkenaffald, urinopsamling og rensning af gråvand og fæces på MBNDK-renseanlæg

### Systembeskrivelse:



Det sorte køkkenaffald opsamles og komposteres ved den enkelte husstand. Komposten udspreddes på grunden.

Urina opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand samt fæces ledes via et traditionelt kloaksystem til et rensenanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på rensenanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for rækkehuse, villaer og kolonihaver og evt. til mindre lejlighedskomplekser hvor der haves afsætningsmuligheder for komposten.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Lokal kompostering af køkkenaffald (uden animalsk affald) er en velafprøvet teknologi, som giver gode resultater, specielt hvis der komposteres med andre egnede typer affald. På markedet findes både opsamlingsystemer til affaldet og kompostbeholdere samt mange gode instruktioner i brugen heraf. Inden introduktion af tvungen lokal kompostering, bør det sikres at borgerne kan acceptere det lokale genbrug og er indstillet på selv at tage vare om køkkenaffaldet, idet mange sorteringsordninger er umuliggjort på grund af manglende opbakning fra brugerne.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er flere steder problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til opsamling af urin. Skylning for urin bør ske med et meget lavt vandforbrug.

Tilsvarende findes på markedet tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr.

Rørsystem, rensenanlæg og slambehandling af fæces og gråvand er velafprøvede teknologier, som ikke forventes påvirket negativt af den separate opsamling af urin.

### Hygiejne og sundhed:

Det er ikke tilladt at kompostere animalske restprodukter lokalt på grund af risiko for spredning af smitstof via rotter og andre dyr der tiltrækkes af de animalske materialer.

Der er risiko for, at urinen er forurenet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufortyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kaustisk soda hver 2.-4. uge kan sikre et højt pH og mindske tilstopninger af rør m.v.

Ved rengøring af kompostbeholderen er der mulighed for aerosoldannelse, hvilket medfører sundhedsmæssige risici.

**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Konventionelt renseanlæg	Lokal kompostering af køkkenaffald	Urin opsamling	I alt
	Energiforbrug kWh	-1,52	-3,8	-22,6
Økonomi				
Årlig omk. kr.	1.380	41	1.266	2.687
Nutidsværdi kr. i alt	18.666	461	14.992	34.119
Recirkuleringspotentiale kg N	0,50	0,22	1,81	2,53
kg P	0,21	0,09	0,27	0,57
kg K	0,07	0,14		0,45



0,66

**Fordele:**

- Meget næringsstof recirkuleres
- Mindre transport af affald
- Stort energioverskud (på grund af sparet kunstgødning)
- Vandbesparelse ved brug af separerende toiletter

**Ulemper:**

- Store krav til brugeren (egen håndtering af køkkenaffald, urinseparering)
- Tilstopning af urindelen af toiletet
- Animalsk køkkenaffald giver sundhedsmæssige risici
- Ingen energiudnyttelse af organisk stof
- Risiko for lugtgener fra både urintank og animalsk køkkenaffald.

**Arealkrav og borgerindsats:**

Kompostbeholderens volumen skal være ca. 200 liter pr. person. Denne beslaglægger ca. 1 m<sup>2</sup> på grunden. Derudover skal der være ca. 1 m<sup>2</sup> til rådighed til eftermodning af komposten. Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toiletet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.

Der skal være et areal på ca. 15 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt på grunden til udspreddning af komposten. Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning. Udspreddningen af slam fra renseanlæg kræver et landbrugsareal på ca. 33 m<sup>2</sup> pr. person. I alt ca. 154 m<sup>2</sup> pr. person.

Løsningen forudsætter en høj grad af borgerindsats, idet borgerne dels selv skal sortere, behandle og udbringe køkkenaffaldet lokalt og dels skal ændre vaner m.h.t. brug af toilet og renholdelse af dette.

**Muligheder/Barrierer:**

Der skal sikres afsætningsmuligheder for restprodukterne. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet og komposten afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen. For køkkenaffaldet er det i høj grad afhængigt af kvaliteten af sorteringen af affaldet.

Anvendelsen af animalske restprodukter til kompostering lokalt medfører at komposteringen er sværere at få til at forløbe på grund af et højt saltindhold og øger risikoen for lugtgener.

**Samlet vurdering:**

Dette system giver på grund af urinopsamlingen en høj grad af recirkulering af næringsstoffer. Der sker dog ingen energiudnyttelse af det organiske stof og ved den lokale kompostering reduceres næringsstofindholdet med 50-80 %.

Håndteringen af køkkenaffald overlades fuldstændigt til den enkelte borger, hvilket kan give sundhedsmæssige problemer. Det er derfor i dag kun tilladt at anvende vegetabilsk affald til lokal håndtering af kompost.

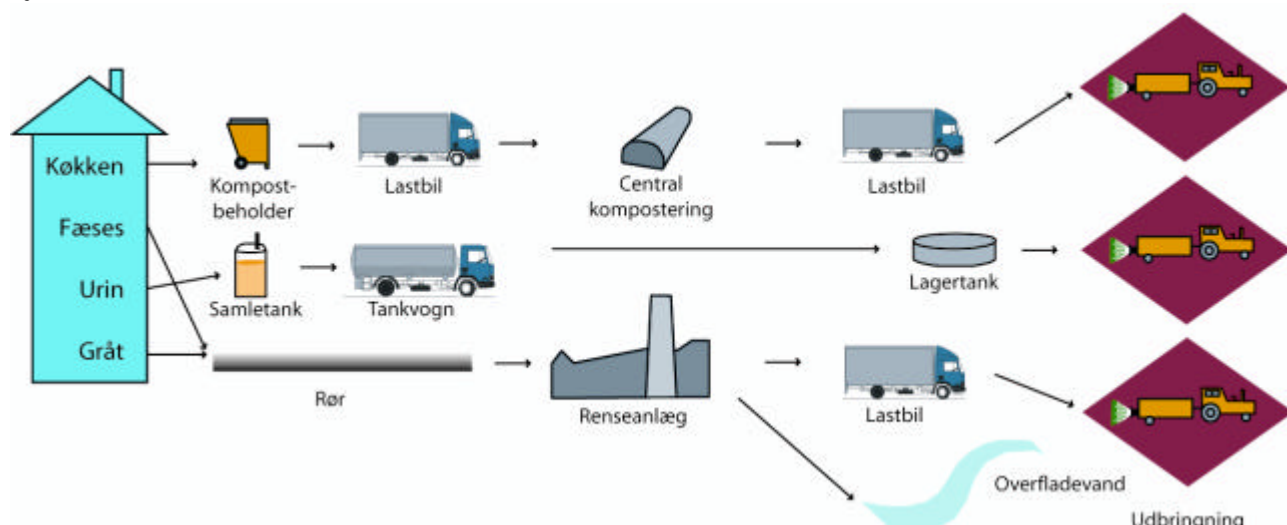
Opsamling af urin er mulig, men kræver store omstillinger af de tekniske installationer og vilje hos brugerne til at acceptere et mindre driftssikkert toilet.

Håndteringen af fæces og gråvand kan ske uproblematisk i de eksisterende anlæg.

I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset, herunder urinsystemet, eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.

### E3 - Centralkompostering af køkkenaffald, urinopsamling og rensning af gråvand og fæces på MBNDK-renselanlæg

#### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og opbevares efterfølgende i en udendørs beholder, hvorfra affaldet afhentes til central kompostering. Det komposterede køkkenaffald lægges på lager, hvor det opbevares, indtil det kan udbringes på landbrugsjord.

Urinaen opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand samt fæces ledes via et traditionelt kloaksystem til et renselanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på renselanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

#### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Alle boligtyper.

#### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Der findes velafprøvede metoder til central kompostering af køkkenaffald. Erfaringer med driften af anlæg, der behandler organisk køkkenaffald viser, at der kan være problemer med at få borgerne til at sortere korrekt. Det er vanskeligt at fjerne uønskede materialer fra det sammenblandede affald. Det er vanskeligt at afsætte kompost med uønskede materialer. Køkkenaffaldets høje saltindhold kan give problemer med at få komposteringsprocessen til at forløbe tilfredsstillende hvorfor der bør ske samkompostering med andre materialer. Inden der iværksættes ordninger med indsamling af sorteret fast organisk køkkenaffald bør der gennemføres en grundig og motiverende orientering af borgerne vedrørende sorteringen af affaldet.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er flere steder problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til opsamling af urin. Skylning for urin bør ske med et meget lavt vandforbrug. Tilsvarende findes på markedet tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr. Rørsystem, renselanlæg og slambehandling af fæces og gråvand er velafprøvede teknologier, som ikke påvirkes væsentligt af den separate opsamling af urin.

#### Hygiejne og sundhed:

Svampeporer m.v. udgør en sundhedsmæssig risiko for personalet ved central kompostering. Problemerne kan begrænses ved at minimere den mekaniske håndtering af affaldet, samt minimering af personalets opholdstid i kritiske områder. Den sundhedsmæssige risiko mindskes såfremt der ikke opsamles animalske restprodukter.

Der er risiko for, at urinen er forurennet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufortyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kaustisk soda hver 2.-4. uge kan sikre en højt pH og også mindske tilstopning af rør m.v.

Der er ingen specielle hygiejnemæssige problemer i forhold til borgere, der anvender kloaksystemer til

håndtering af fæces og gråvand.

**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Konventionelt renseanlæg	Milekompostering af køkkenaffald	Urin opsamling	I alt
Energiforbrug kWh				
				-1,52
				4,9
				-22,6
				-19,22
Økonomi				
Årlig omk. kr.				
				1.380
				219
				1.266
				2.865
Nutidsværdi kr. i alt				
				18.666
				2.506
				14.992
				36.164
Recirkuleringspotentiale kg N				
				0,50
				0,27
				1,81
				2,58
kg P				
				0,21
				0,09
				0,27
				0,57
kg K				
				0,07
				0,14
				0,45

0,66

**Fordele:**

- Robust håndtering af fæces og gråvand
- Meget næringsstof recirkuleres
- Stort energioverskud (på grund af sparet kunstgødning)
- Vandbesparelse ved brug af separerende toilet

**Ulemper:**

- Store krav til brugeren (egen håndtering af køkkenaffald, urinseparering)
- Tilstopning af urindelen af toilettet
- Ingen energiudnyttelse af organisk stof
- Risiko for lugtgener fra urintank

**Arealkrav og borgerindsats:**

Der skal være plads til en udendørs opsamlingsenhed i form af f.eks. en 120 liters beholder ved den enkelte husstand til køkkenaffaldet.

Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toilettet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.

Udbringning af kompost kræver et landbrugsareal på 18 m<sup>2</sup> pr. person til rådighed.

Udbringningen af spildevandsslam på landbrugsjorden kræver et landbrugsareal på 33 m<sup>2</sup> pr. person.

Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning. Alt i alt skal der altså være et landbrugsareal på 172 m<sup>2</sup> pr. person.

Løsningen forudsætter en nogen grad af borgerindsats, idet borgerne dels skal sortere affaldet lokalt og dels skal ændre vaner m.h.t. brug af toilet og renholdelse af dette.

**Muligheder/Barrierer:**

Det er vigtigt, at der er afsætningsmuligheder for restprodukterne. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet og komposten afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen. For køkkenaffaldet er det i høj grad afhængigt af kvaliteten af sorteringen af køkkenaffaldet.

**Samlet vurdering:**

Separat indsamling af organisk køkkenaffald foretages i flere kommuner, ligesom der findes centrale komposteringsanlæg til behandling af affaldet, som regel sammen med andre egnede affaldsfraktioner. Komposteringsprocessen kører fint de fleste steder, men det har vist sig vanskeligt at drive disse anlæg på kommerciel basis, bl.a. på grund af kompostkvaliteten. Der kører nu lovende forsøg med central sortering af affaldet hvorved kvaliteten af komposten vil kunne forbedres.

Urinopsamlingen giver en høj grad af recirkulering af næringsstoffer. Der sker dog ingen energiudnyttelse af det organiske stof og ved den lokale kompostering reduceres næringsstofindholdet med 50-80 %.

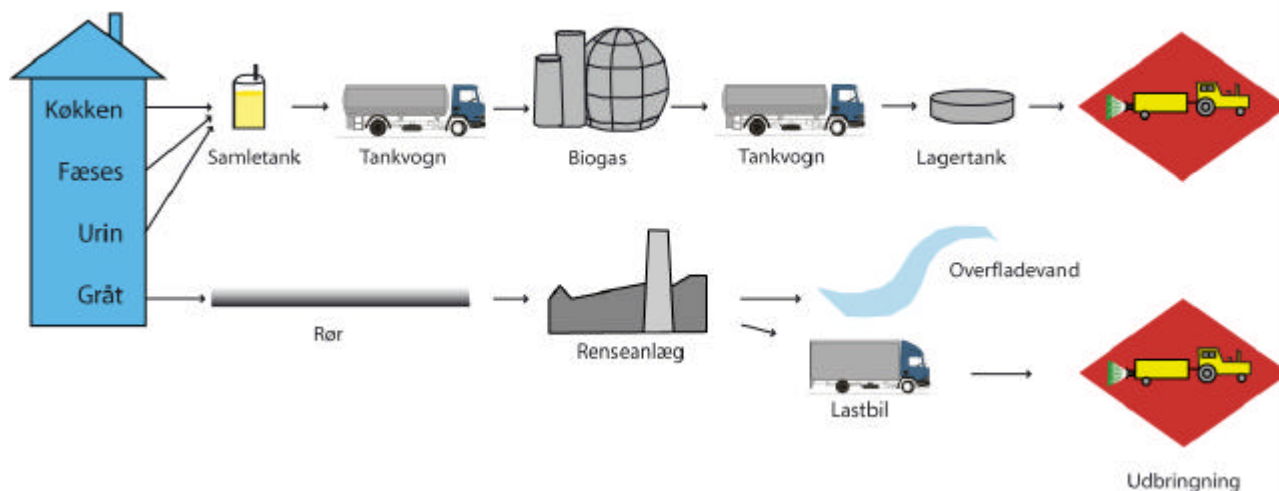
Opsamling af urin er mulig, men kræver store omstillinger af de tekniske installationer og vilje hos brugerne til at acceptere et mindre driftssikkert toilet.

Håndteringen af fæces og gråvand kan ske uproblematisk i de eksisterende anlæg.

I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.

## E6 - Bioforgasning af køkkenaffald, urin og fæces. Rensning af gråvand på MBNDK-renselanlæg

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og overføres efterfølgende til en samletank, eventuelt via et mellemkammer. Til samletanken ledes også urin og fæces fra et vandbesparende toilet. Samletanken tømmes, hvorefter blandingen køres til et biogasanlæg. Efter behandling på biogasanlægget bringes materialet til et lager, hvor det opbevares indtil det kan udspredes på landbrugsjord.

Det grå spildevand ledes via et traditionelt kloaksystem til et renselanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på renselanlægget og udspredes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Åben bykerne, lejligheder, rækkehuse og villaer

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Teknikken til bioforgasning er velafprøvet. Der er dog ikke erfaringer med behandling af humant fæces og urin sammen med organisk køkkenaffald og slet ikke erfaringer med samlet opsamling lokalt. Det kan vise sig at være nødvendigt at opsamle enten urinen eller køkkenaffaldet separat.

De fleste eksisterende biogasanlæg behandler hovedsageligt kvæg- og svinegylle opblandet med andet organisk affald. Problemerne med tilførslen af køkkenaffald til anlæg er ofte relateret til forkert sortering af affaldet i husstanden og giver driftsproblemer og stor andel af reject. Systemet vil formodentlig kræve vacuum-toiletter eller lignende for at få indholdet i samletanken tilstrækkeligt tykt. Rørsystem, renselanlæg og slambehandling formodes ret enkelt at kunne omstilles til kun at håndtere gråvand. Det formodes at det er nødvendigt at tilsætte eksternt kvælstof.

### Hygiejne og sundhed:

Der kan være sundhedsmæssige problemer i forbindelse med borgernes indkastning af køkkenaffald i samletanken. Dette kan mindskes ved etablering af et mellemkammer så eksponering i forbindelse med overførsel til samletanken mindskes. Ved samlet opsamling lokalt vil reject ved bioforgasningsanlægget have høj risiko for at indeholde smitstoffer.

**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

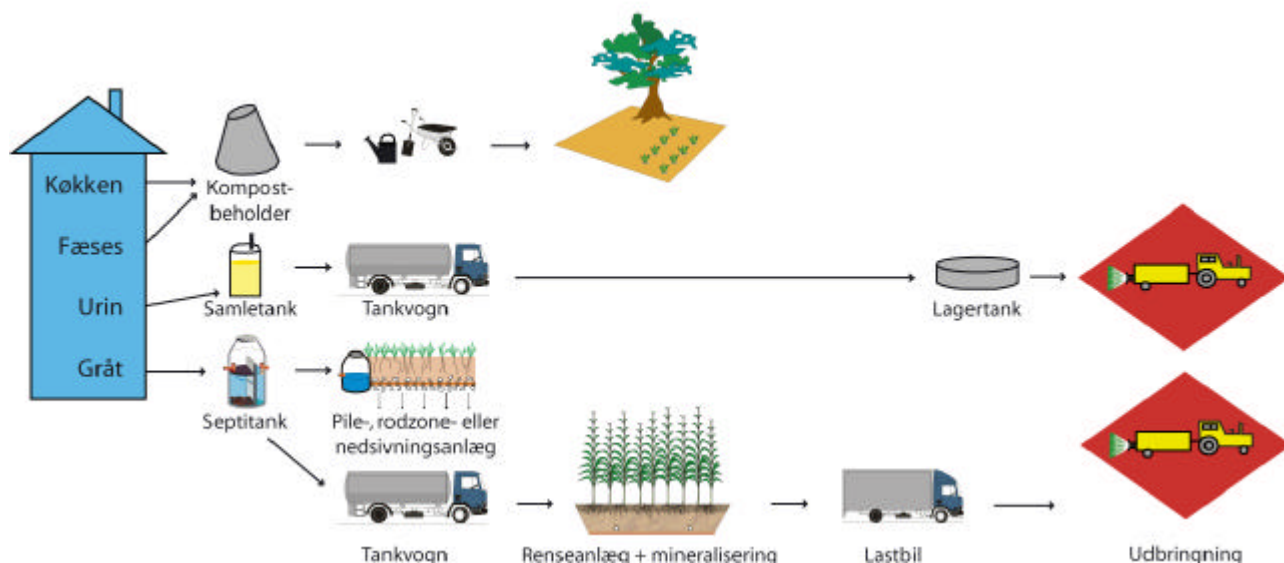
Enhed	Konventionelt renseanlæg
	Bioforgasning I alt
Energiforbrug kWh	-1 -117 -118
Økonomi	
Årlig omk. kr.	1.332 1.532 2.864
Nutidsværdi kr. i alt	18.125 17.585 35.710
Recirkuleringspotentiale kg N	0,36 2,85 3,21
kg P	0,07 0,46 0,53
kg K	0,04 0,80 0,84

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Meget stort energioverskud</li> <li>• Mindre vandforbrug til toiletskyl mv.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mulighed for lugtgener fra biogasanlæg og lokal samletank.</li> <li>• Øgede sundhedsrisici for borgerne</li> <li>• Krav til brugeren, primært om korrekt håndtering af køkkenaffald</li> <li>• Ingen erfaring med lokal opsamling som foreslået</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Ved den enkelte husstand skal der etableres en samletank til opsamling af urin, fæces og køkkenaffald. Tanken skal have et volumen på ca. 1,5-2,5 m<sup>3</sup> pr. person (tømning 1 gang pr. år).  Der skal pr. person være et landbrugsareal til udspredning på hhv. 190 m<sup>2</sup> til slam fra biogas og 24 m<sup>2</sup> til slam fra renseanlæg. I alt 214 m<sup>2</sup> landbrugsareal.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  En mulighed i forbindelse med dette system er at opsamle urinen separat. Derved opnås et mere tørt produkt.  En barriere i forbindelse med systemet kan være den fælles samletank for urin, fæces og køkkenaffald. Køkkenaffaldet kan eventuelt opsamles separat i fald den fælles opsamling viser sig at være problematisk.  Energiregnskabet er sandsynligvis overvurderet fordi der vil være en omsætning i samletanken.  Afsætnings- og deponeringsmulighederne for slam fra biogas- og renseanlæg afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Systemet sikrer recirkulering af en stor mængde næringsstoffer, og samtidig er der i systemet en energiudvinding. Det vurderes dog at den fælles opsamling af køkkenaffald, urin og fæces kan give problemer, både lugtmæssigt, driftsmæssigt og sundhedsmæssigt.  Håndtering af gråvand kan formodentlig ske uproblematisk i eksisterende anlæg efter en mindre ombygning og med tilsætning af kvælstof.</p> <p>I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	



## E8 - Lokalkompostering af køkkenaffald og fæces, urinopsamling og nedsivning af gråvand.

### Systembeskrivelse:



Det sorterede køkkenaffald opsamles indendørs i en beholder. Fæces og urin opsamles i et urinseparerende toilet uden vandskyl. Køkkenaffald og fæces samkomposteres i en beholder. Der er flere beholdere i kompostenheden så komposten kan opbevares efter tilledning er ophørt. Komposten udspreddes på grunden.

Urinen opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand ledes via en bundfældningstank til den lokale renseforanstaltning i form af enten et nedsivningsanlæg, et rodzoneanlæg eller et pileanlæg. Slam fra bundfældningstanken køres til renseanlæg eller eventuelt slammineraliseringsanlæg.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Kolonihaver

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Ved lokal håndtering af fæces er der tale om opbevaring snarere end kompostering; omsætningen er ringe. Det kræver viden og omhu af brugeren for at sikre at materialet er let at håndtere. Der er ingen erfaring med samkompostering af fæces og køkkenaffald, men tilsætning af køkkenaffald forventes at forbedre omsætningen i forhold til ren fæces. Det har vist sig nødvendigt at etablere ventilation bl.a. for at undgå træk og lugtgener. Energiforbruget på op til 400 kWh pr. toilet er ikke medtaget i energiregnskabet.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden vandskyl uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er kun få problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til tør opsamling af urin, sammenlignet med toiletter, hvor der anvendes vandskyl. På markedet findes tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr.

Nedsivningsanlæg er en velprøvet teknologi. Der er også etableret retningslinier for etablering og drift af pileanlæg og rodzoneanlæg.

### Hygiejne og sundhed:

Der er sundhedsmæssige problemer med kompostering af køkkenaffald og fæces. Eksponering for allergener kan mindskes ved at etablere et mellemkammer til indkastning af køkkenaffald og mulighed for mekanisk omrøring uden kontakt med materialet. Der vil dog forekomme eksponering via toilettet og der er også en risiko for infektion med smitstoffer f.eks. ved ophold i haven hvor komposten er udspredd. Ved rengøring af kompostbeholderen er der mulighed for aerosoldannelse, hvilket medfører sundhedsmæssige risici.

Der er risiko for, at urinen er forurenet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufertyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kaustisk soda kan sikre et højt pH og mindske tilstopninger af rør m.v.

Det er muligt at udforme rensningen af det grå spildevand så der ikke er væsentlige sundhedsmæssige risici.

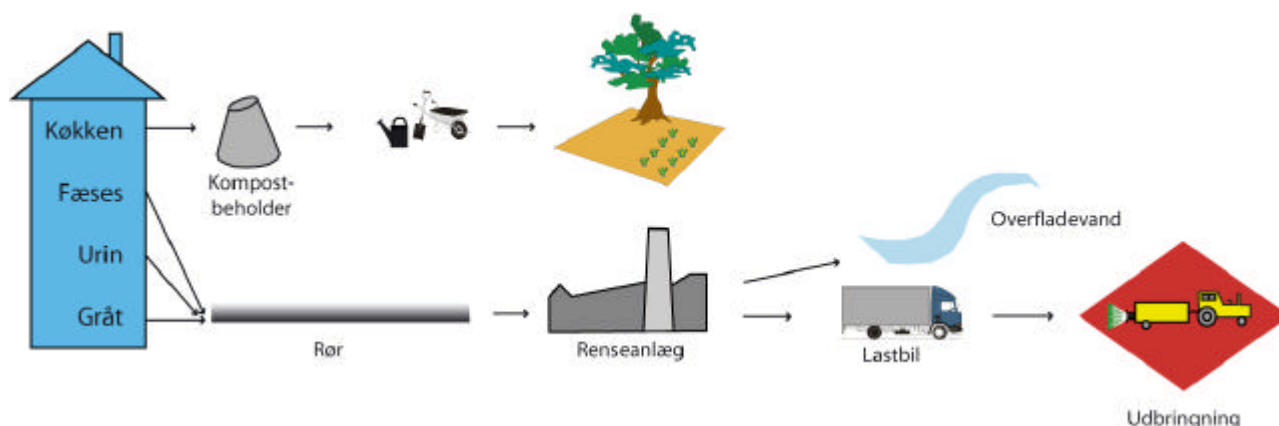
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Nedsivningsanlæg	Lokal kompostering af køkkenaffald og fækalier	Urin opsamling	I alt
Energiforbrug kWh				
			1	
			-6,41	
			-22,6	
			-28,01	
Økonomi				
Årlig omk. kr.				
			780	
			81	
			1.266	
			2.127	
Nutidsværdi kr. i alt				
			8.930	
			1.401	
			14.992	
			25.323	
Recirkuleringspotentiale kg N				
			0,05	
			0,33	
			1,81	
			2,19	
kg P				
			0,02	
			0,25	
			0,27	
			0,54	
kg K				
			0,03	
			0,33	
			0,45	
			0,81	

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Energiforskjud (hvis ikke ventilation medregnes)</li> <li>• Meget begrænset transport af affald</li> <li>• Vandbesparelse ved brug af vandskylsfrie toiletter.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Væsentlige sundhedsmæssige risici for brugere og andre private borgere</li> <li>• Processen er vanskelig at styre og kræver særligt motiverede brugere</li> <li>• Hyppig tilstopning af urindelen af toilettet</li> <li>• Risiko for lugtgener fra kompostbeholder og urintank</li> <li>• Meget pladskrævende lokalt</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Komposteringen beslaglægger ca. 1 m<sup>2</sup> på grunden og 4-10 m<sup>2</sup> i bygningens kælderetage. Hertil kommer adgangsforhold til kælderen udefra.  Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toilettet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.  Bundfældningstanken til det grå spildevand bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup>.  Det nødvendige areal til rensning af gråt spildevand varierer fra 25-500 m<sup>2</sup> afhængigt af lokale forhold og rensningsmetode.  Der skal være et areal på ca. 22 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt på grunden til udspreddning af komposten.  Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Der vil være barrierer omkring den lokale håndtering af fæces, der skal overvindes.   Det er af hygiejniske årsager ikke tilladt at udsprede human fæces uden forudgående kontrolleret hygiejniserings.   Afsætnings- og deponeringsmulighederne for det behandlede slam fra septiktanken afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen   Et alternativ til dette system er at deponere urinen lokalt på grunden. Dette kræver at der lokalt etableres en ekstra samletank, så der er mulighed for lagring i en seks måneders periode uden tilførsel af frisk urin.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Det vurderes at systemet kan etableres i områder med lav befolkningstæthed, både fordi systemet er pladskrævende lokalt og fordi de sundhedsmæssige risici derved måske bliver acceptable. I egentlige bymæssige områder kan løsningen ikke anbefales på grund af bl.a. sundhedsrisiko og det nuværende teknologiske stade.   I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N1 - Lokalkompostering af køkkenaffald og rensning af gråvand, urin og fæces på MBNDK-renselanlæg

### Systembeskrivelse:



Det sorterede køkkenaffald opsamles og komposters ved den enkelte husstand. Komposten udspreddes på grunden.

Spildevandet bliver ledt til et renselanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på renselanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Lejligheder, rækkehuse og villaer

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Lokal kompostering af køkkenaffald (uden animalsk affald) er en velafprøvet teknologi, som giver gode resultater, specielt hvis der komposteres med andre egnede typer affald. På markedet findes både opsamlingsystemer til affaldet og kompostbeholdere samt mange gode instruktioner i brugen heraf. Inden introduktion af tvungen lokal kompostering, bør det sikres at borgerne kan acceptere det lokale genbrug og er indstillet på selv at tage vare om køkkenaffaldet, idet mange sorteringsordninger er umuliggjort på grund af manglende opbakning fra brugerne.

Rensning af urin, fæces og gråvand i et MBNDK-renselanlæg samt behandling af slam er meget udbredt, og en velafprøvet og veldokumenteret teknologi.

### Hygiejne og sundhed:

Det er ikke tilladt at kompostere animalske restprodukter lokalt på grund af risiko for spredning af smitstof via rotter og andre dyr der tiltrækkes af de animalske materialer.

Ved rengøring af kompostbeholderen er der mulighed for aerosoldannelse, hvilket medfører sundhedsmæssige risici.

Drift af renselanlæg, afløbssystem og slambehandling medfører kun en begrænset hygiejnisk og sundhedsmæssige risiko for personalet såfremt alle forskrifter om arbejdsmiljø følges, idet der ellers vil være en betydelig sundhedsrisiko ved langvarig kontakt med spildevand.

Der er ingen specielle hygiejnemæssige problemer i forhold til borgere, der anvender kloaksystemer til håndtering af fæces, urin og gråvand.

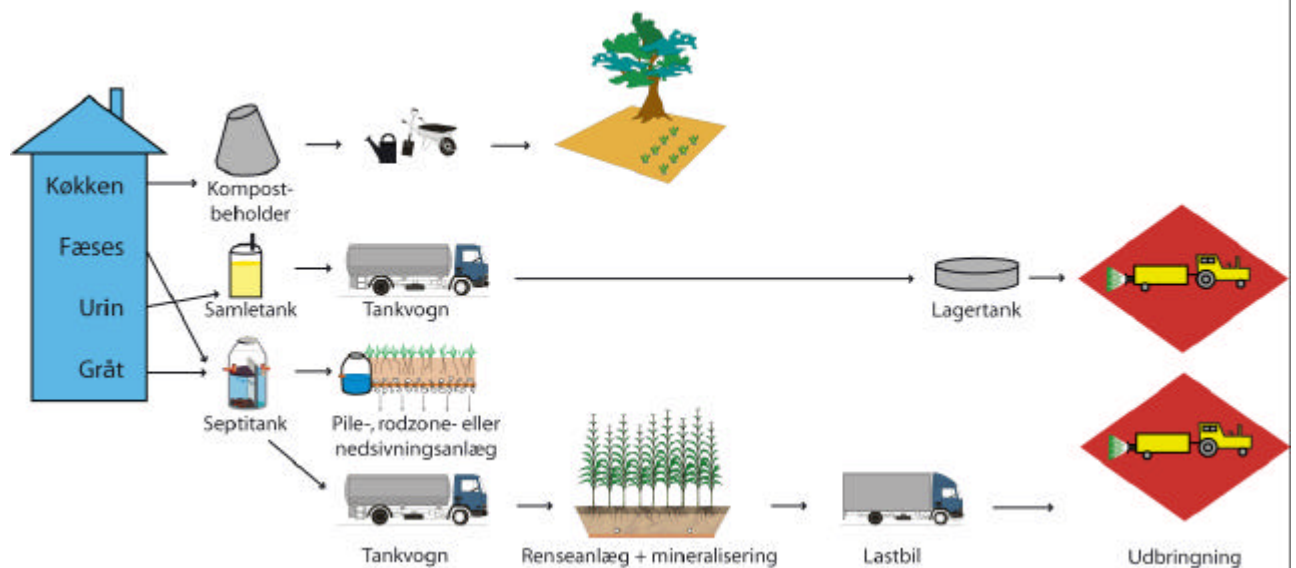
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Konventionelt renseanlæg	Lokal kompostering af køkkenaffald	I alt
	Energiforbrug kWh	2,37	-3,8
Økonomi			
Årlig omk. kr.	2.044	41	2.085
Nutidsværdi kr. i alt	27.493	461	27.954
Recirkuleringspotentiale kg N	0,58	0,22	0,80
kg P	0,48	0,09	0,57
kg K	0,06	0,14	0,20

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robust system til håndtering af spildevandet</li> <li>• Velafprøvet og velfungerende teknologi til håndtering af spildevandet</li> <li>• Nyttiggørelse af køkkenaffald til jordforbedring</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krav til brugeren om sortering og håndtering af køkkenaffald.</li> <li>• Dobbelt indsamlingssystem for affald.</li> <li>• Ringe udnyttelse af næringsstoffer</li> <li>• Ingen udnyttelse af organisk stof</li> <li>• Mulighed for lugtgener fra komposteringsanlægget</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Kompostbeholderens volumen skal være ca. 200 liter pr. person. Denne beslaglægger ca. 1 m<sup>2</sup> på grunden. Derudover skal der være ca. 1 m<sup>2</sup> til rådighed til eftermodning af komposten. Der skal være et areal på ca. 15 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt på grunden til udspreddning af komposten. Udspreddningen af slam fra renseanlæg kræver et landbrugsareal på ca. 39 m<sup>2</sup> pr. person. Der kræves en vis borgerindsats, idet borgerne selv skal sortere, behandle og udbringe køkkenaffaldet lokalt.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Der skal sikres afsætningsmuligheder for restprodukterne. For køkkenaffaldet vil dette i høj grad afhænge af kvaliteten af sorteringen af affaldet. Anvendelsen af animalske restprodukter til kompostering lokalt medfører at komposteringen er sværere at få til at forløbe på grund af et højt saltindhold og øger risikoen for lugtgener  Ved etablering af lokalkompostering i områder med lejligheder kan det være nødvendigt, at der er én person (vicevært eller lignende), der er ansvarlig for behandlingen og udbringningen, idet det formodentlig ellers er vanskeligt at fordele arbejdet.  Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Dette system svarer stort set til det system der almindeligvis anvendes i dag. Eneste afvigelse er at der introduceres lokal kompostering af fast organisk køkkenaffald.  Der sker ingen energiudnyttelse af det organiske stof og ved den lokale kompostering reduceres næringsstofindholdet med 50-80 %. Håndteringen af køkkenaffald overlades fuldstændigt til den enkelte borger, hvilket kan give sundhedsmæssige problemer. Det er derfor i dag kun tilladt at anvende vegetabilsk affald til lokal håndtering af kompost.  Systemet giver en meget lille grad af recirkulering af næringsstoffer. Recirkuleringen skyldes primært anvendelsen af slam i landbruget.   I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N2 - Lokalkompostering af køkkenaffald, urinopsamling og nedsivning af grävand og fæces.

### Systembeskrivelse:



Det sorte køkkenaffald opsamles og komposteres ved den enkelte husstand. Komposten udspreddes på grunden.

Urina opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand ledes via en septiktank til den lokale renseforanstaltning i form af enten et nedsivningsanlæg, et rodzoneanlæg eller et pileanlæg. Slam fra septiktanken køres til renseanlæg eller eventuelt slammineraliseringsanlæg.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Lejligheder, rækkehuse, villaer og kolonihaver.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Lokal kompostering af køkkenaffald (uden animalsk affald) er en velafprøvet teknologi, som giver gode resultater, specielt hvis der komposteres med andre egnede typer affald. På markedet findes både opsamlingsystemer til affaldet og kompostbeholdere samt mange gode instruktioner i brugen heraf. Inden introduktion af tvungen lokal kompostering, bør det sikres at borgerne kan acceptere det lokale genbrug og er indstillet på selv at tage vare om køkkenaffaldet, idet mange sorteringsordninger er umuliggjort på grund af manglende opbakning fra brugerne.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er flere steder problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til opsamling af urin. Skylning for urin bør ske med et meget lavt vandforbrug. Tilsvarende findes på markedet tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr.

Nedsivningsanlæg er en velprøvet teknologi. Der er også etableret retningslinier for etablering og drift af pileanlæg og rodzoneanlæg. Der arbejdes stadig med at optimere pileanlæg.

### Hygiejne og sundhed:

Det er ikke tilladt at kompostere animalske restprodukter lokalt på grund af risiko for spredning af smitstof via rotter og andre dyr der tiltrækkes af de animalske materialer. Ved rengøring af kompostbeholderen er der mulighed for aerosoldannelse, hvilket medfører sundhedsmæssige risici. Der er risiko for, at urinen er forurenet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufortyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kaustisk soda hver 2.-4. uge kan sikre et højt pH og mindske tilstopninger af rør m.v.

De sundhedsmæssige risici i forbindelse med håndteringen af fæces og grävand afhænger af den lokale udformning, herunder om der er adgang til spildevandet i overfladen af grävandsanlægget. Det er muligt at udforme rensningen af det grå spildevand så der ikke er væsentlige sundhedsmæssige risici.

**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

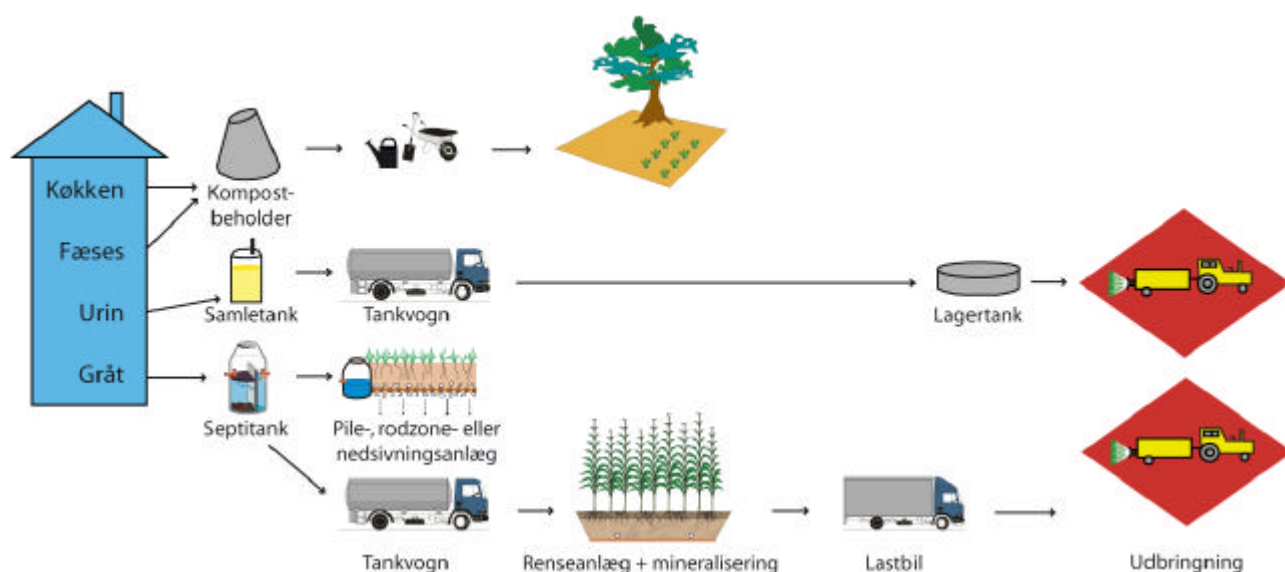
Enhed	Nedsivningsanlæg	Lokal kompostering af køkkenaffald	Urin opsamling	I alt
Energiforbrug kWh				
				1,5
				-3,8
				-22,6
				-24,9
Økonomi				
Årlig omk. kr.				
				910
				41
				1.266
				2.217
Nutidsværdi kr. i alt				
				10.466
				461
				14.992
				25.919
Recirkuleringspotentiale kg N				
				0,08
				0,22
				1,81
				2,11
kg P				
				0,03
				0,09
				0,27
				0,39
kg K				
				0,06
				0,14
				0,45
				0,65



<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Mindre transport af affald</li> <li>• Stort energioverskud (på grund af sparet naturgødning)</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Store krav til brugeren (egen håndtering af køkkenaffald, urinseparering)</li> <li>• Hyppig tilstopning af urindelen af toiletet</li> <li>• Animalsk køkkenaffald giver sundhedsmæssige risici.</li> <li>• Risiko for lugtgener fra både urintank og animalsk køkkenaffald</li> <li>• Meget pladskrævende lokalt</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b></p> <p>Kompostbeholderens volumen skal være ca. 200 liter pr. person. Denne beslaglægger ca. 1 m<sup>2</sup> på grunden. Derudover skal der være ca. 1 m<sup>2</sup> til rådighed til eftermodning af komposten. Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toiletet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.</p> <p>Bundfældningstanken til det grå spildevand bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup>.</p> <p>Det nødvendige areal til rensning af gråt spildevand varierer fra 25-500 m<sup>2</sup> afhængigt af lokale forhold og rensemetode.</p> <p>Der skal være et areal på ca. 15 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt på grunden til udspreddning af komposten. Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning. Løsningen forudsætter en høj grad af borgerindsats, idet borgerne selv skal sortere, behandle og udbringe køkkenaffaldet lokalt, skal ændre vaner m.h.t. brug af toilet og renholdelse af dette og skal etablere og vedligeholde renselanlæg til gråt spildevand..</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b></p> <p>Der skal sikres afsætningsmuligheder for restprodukterne. For køkkenaffaldet vil dette i høj grad afhænge af kvaliteten af sorteringen af affaldet. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for det behandlede slam fra septiktanken afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.</p> <p>Anvendelsen af animalske restprodukter til kompostering lokalt medfører at komposteringen er sværere at få til at forløbe på grund af et højt saltindhold og øger risikoen for lugtgener.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b></p> <p>Dette system giver på grund af urinopsamlingen en høj grad af recirkulering af næringsstoffer. Der sker dog ingen energiudnyttelse af det organiske stof og ved den lokale kompostering reduceres næringsstofindholdet med 50-80 %.</p> <p>Håndteringen af køkkenaffald og gråt spildevand overlades fuldstændigt til den enkelte borger, hvilket kan give problemer.</p> <p>Opsamling af urin er mulig, men kræver store omstillinger af såvel de tekniske installationer som holdningen til opsamling og anvendelse af urin.</p> <p>I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset, herunder urinsystemet, eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

### N3 - Lokalkompostering af køkkenaffald og fæces, urinopsamling og nedsivning af gråvand.

#### Systembeskrivelse:



Det sorte køkkenaffald opsamles indendørs i en beholder. Fæces og urin opsamles i et urinseparerende toilet uden vandskyl. Køkkenaffald og fæces samkomposteres i en beholder. Der er flere beholdere i kompostenheden så komposten kan opbevares efter tilledning er ophørt. Komposten udspreddes på grunden.

Urina opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand ledes via en bundfældningstank til den lokale renseforanstaltning i form af enten et nedsivningsanlæg, et rodzoneanlæg eller et pileanlæg. Slam fra bundfældningstanken køres til renseanlæg eller eventuelt slammineraliseringsanlæg.

#### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Kolonihaver

#### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Ved lokal håndtering af fæces er der tale om opbevaring snarere end kompostering; omsætningen er ringe. Det kræver viden og omhu af brugeren at sikre at materialet er let at håndtere. Der er ingen erfaring med samkompostering af fæces og køkkenaffald, men tilsætning af køkkenaffald forventes at forbedre omsætningen i forhold til ren fæces. Det har vist sig nødvendigt at etablere ventilation bl.a. for at undgå træk og lugtgener. Energiforbruget på op til 400 kWh pr. toilet er ikke medtaget i energiregnskabet.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden vandskyl uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er kun få problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til opsamling af urin, sammenlignet med toiletter, hvor der anvendes vandskyl. På markedet findes tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr.

Nedsivningsanlæg er en velprøvet teknologi. Der er også etableret retningslinier for etablering og drift af pileanlæg og rodzoneanlæg.

#### Hygiejne og sundhed:

Der er sundhedsmæssige problemer med kompostering af køkkenaffald og fæces. Eksponering for allergener kan mindskes ved at etablere et mellemkammer til indkastning af køkkenaffald og mulighed for mekanisk omrøring uden kontakt med materialet. Der vil dog forekomme eksponering via toilettet og der er også en risiko for infektion med smitstoffer f.eks. ved ophold i haven hvor komposten er udspredd. Ved rengøring af kompostbeholderen er der mulighed for aerosoldannelse, hvilket medfører sundhedsmæssige risici.

Der er risiko for, at urinen er forurenet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufertyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kaustisk soda kan sikre et højt pH og mindske tilstopninger af rør m.v.

Det er muligt at udforme rensningen af det grå spildevand så der ikke er væsentlige sundhedsmæssige risici.

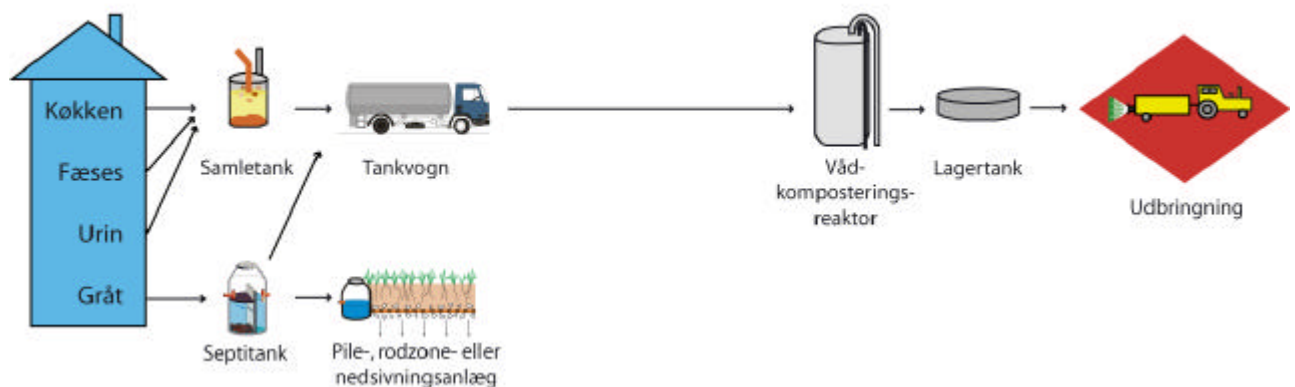
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Nedsivningsanlæg	Lokal kompostering af køkkenaffald og fækalier	Urin opsamling	I alt
Energiforbrug kWh				
			1	
			-6,41	
			-22,6	
			-28,01	
Økonomi				
Årlig omk. kr.				
			780	
			81	
			1.266	
			2.127	
Nutidsværdi kr. i alt				
			8.930	
			1.401	
			14.992	
			25.323	
Recirkuleringspotentiale kg N				
			0,05	
			0,33	
			1,81	
			2,19	
kg P				
			0,02	
			0,25	
			0,27	
			0,54	
kg K				
			0,03	
			0,33	
			0,45	
			0,81	

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Energiforskjul (hvis ikke ventilation medregnes)</li> <li>• Meget begrænset transport af affald</li> <li>• Vandbesparelse ved brug af vandskylsfrie toiletter.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Væsentlige sundhedsmæssige risici for brugere og andre private borgere</li> <li>• Processen er vanskelig at styre og kræver særligt motiverede brugere</li> <li>• Hyppig tilstopning af urindelen af toilettet</li> <li>• Risiko for lugtgener fra kompostbeholder og urintank</li> <li>• Meget pladskrævende lokalt</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Komposteringen beslaglægger ca. 1 m<sup>2</sup> på grunden og 4-10 m<sup>2</sup> i bygningens kælderetage. Hertil kommer adgangsforhold til kælderen udefra.  Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toilettet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.  Bundfældningstanken til det grå spildevand bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup>.  Det nødvendige areal til rensning af gråt spildevand varierer fra 25-500 m<sup>2</sup> afhængigt af lokale forhold og rensningsmetode.  Der skal være et areal på ca. 22 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt på grunden til udspreddning af komposten.  Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Der vil være barrierer omkring den lokale håndtering af fæces, der skal overvindes.   Det er af hygiejniske årsager ikke tilladt at udsprede human fæces uden forudgående kontrolleret hygiejniserings.   Afsætnings- og deponeringsmulighederne for det behandlede slam fra septiktanken afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.   Et alternativ til dette system er at deponere urinen lokalt på grunden. Dette kræver at der lokalt etableres en ekstra samletank, så der er mulighed for lagring i en seks måneders periode uden tilførsel af frisk urin.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Det vurderes at systemet kan etableres i områder med lav befolkningstæthed, både fordi systemet er pladskrævende lokalt og fordi de sundhedsmæssige risici derved måske bliver acceptable. I egentlige bymæssige områder kan løsningen ikke anbefales på grund af bl.a. sundhedsrisiko og det nuværende teknologiske stade.   I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N4 - Vådkompostering af køkkenaffald, urin og fæces. Nedsivning af gråvand.

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og overføres efterfølgende til en samletank, eventuelt via et mellemkammer. Til samletanken ledes også urin og fæces fra et vandbesparende toilet. Samletanken tømmes, hvorefter blandingen køres til et vådkomposteringsanlæg. Efter behandling på anlægget bringes materialet til et lager, hvor det opbevares indtil det kan udsprede på landbrugsjord. Det grå spildevand ledes via en bundfældningstank til den lokale renseforanstaltning i form af enten et nedsivningsanlæg, et rodzoneanlæg eller et pileanlæg. Slam fra bundfældningstanken køres til vådkomposteringsanlæg.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Åben bykerne, lejligheder og villaer.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Der er ingen erfaring med samlet opsamling af køkkenaffald, urin og fæces lokalt. Opsamling af køkkenaffald, fæces og urin i én samlebeholder er ikke afprøvet. Det kan vise sig at være nødvendigt at opsamle enten urinen eller køkkenaffaldet separat. Forkert sorteret køkkenaffald kan give driftsproblemer og stor andel af reject. Systemet vil formodentlig kræve vacuum-toiletter eller lignende for at få indholdet i samletanken tilstrækkeligt tykt.

Der er kun etableret få vådkomposteringsanlæg til behandling af køkkenaffald, urin og fæces. For de anlæg, der er etableret er der blandede erfaringer med hvordan driften forløber.

Nedsivningsanlæg er en velprøvet teknologi. Der er også etableret retningslinier for etablering og drift af pileanlæg og rodzoneanlæg.

### Hygiejne og sundhed:

Der kan være sundhedsmæssige problemer i forbindelse med borgernes indkastning af køkkenaffald i samletanken. Dette kan mindskes ved etablering af et mellemkammer så eksponering i forbindelse med overførsel til samletanken mindskes. Ved samlet opsamling lokalt vil reject ved vådkomposteringsanlægget have høj risiko for at indeholde smitstoffer.

De sundhedsmæssige risici i forbindelse med håndteringen af gråvand afhænger af den lokale udformning, herunder om der er adgang til spildevandet i overfladen af gråvandsanlægget. Det er muligt at udforme rensningen af det grå spildevand så der ikke er væsentlige sundhedsmæssige risici.

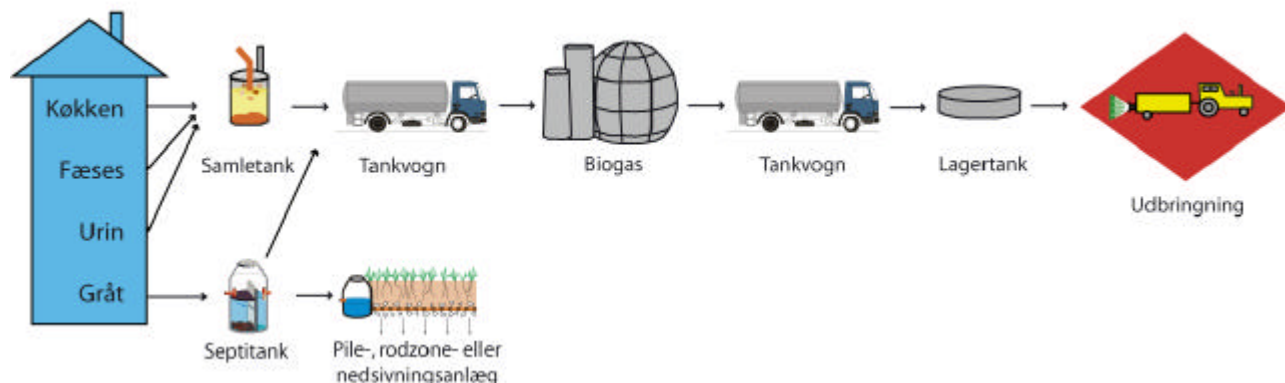
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Nedsivningsanlæg	Vådkompostering	I alt
Energiforbrug kWh			
	1		
	13,6		
		14,6	
Økonomi			
Årlig omk. kr.			
	780		
	1.442		
		2.222	
Nutidsværdi kr. i alt			
	8.930		
	18.539		
		27.469	
Recirkuleringspotentiale kg N			
	0,05		
	2,85		
		2,90	
kg P			
	0,02		
	0,48		
		0,50	
kg K			
	0,03		
	0,83		
		0,86	

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Mindre vandforbrug til toiletskyl mv.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mulighed for lugtgener fra anlæg og lokal samletank</li> <li>• Energikrævende proces.</li> <li>• Øgede sundhedsrisici.</li> <li>• Krav til brugeren, primært om korrekt håndtering af køkkenaffald.</li> <li>• Ingen erfaring med lokal opsamling som foreslået.</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Ved den enkelte husstand skal der etableres en samletank til opsamling af urin, fæces og køkkenaffald. Tanken skal have et volumen på ca. 1,5-2,5 m<sup>3</sup> pr. person (tømming en gang pr. år). Bundfældningstanken til det grå spildevand bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup>. Det nødvendige areal til rensning af gråt spildevand varierer fra 25-500 m<sup>2</sup> afhængigt af lokale forhold og rensemetode. Der skal pr. person være et landbrugsareal til udspredning på ca. 190 m<sup>2</sup> til slam fra biogas og ca. 3 m<sup>2</sup> til slam fra bundfældningstanken. Der kræves nogen borgerindsats til pasning af anlægget til rensning af gråt spildevand samt til korrekt sortering af køkkenaffald.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  En mulighed i forbindelse med dette system er at opsamle urinen separat. Derved opnås et mere tørt produkt. En barriere i forbindelse med systemet kan være den fælles samletank for urin, fæces og køkkenaffald. Køkkenaffaldet kan eventuelt opsamles separat i fald den fælles opsamling viser sig at være problematisk. Energiforbruget er sandsynligvis undervurderet fordi der vil være en omsætning i samletanken. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for slam fra vådkomposteringsanlæg afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Behandlingen af fæces, urin og køkkenaffald i et vådkomposteringsanlæg er forbundet med et temmelig stort energiforbrug. Den foreslåede fælles opsamling af køkkenaffald, urin og fæces kan give problemer, både lugtmæssigt, driftsmæssigt og sundhedsmæssigt. Der er blandede erfaringer med driften af vådkomposteringsanlæg. På baggrund af dette vurderes det ikke at være hensigtsmæssigt at etablere systemet.</p> <p>I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset, herunder urinsystemet, eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N6 - Bioforgasning af køkkenaffald, urin og fæces. Nedsivning af gråvand.

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og overføres efterfølgende til en samletank, eventuelt via et mellemkammer. Til samletanken ledes også urin og fæces fra et vandbesparende toilet. Samletanken tømmes, hvorefter blandingen køres til et biogasanlæg. Efter behandling på biogasanlægget bringes materialet til et lager, hvor det opbevares indtil det kan udsprede på landbrugsjord.

Det grå spildevand ledes via en bundfældningstank til den lokale renseforanstaltning i form af enten et nedsivningsanlæg, et rodzoneanlæg eller et pileanlæg. Slam fra bundfældningstanken køres til biogasanlæg.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Åben bykerne, lejligheder, rækkehuse og villaer.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Teknikken til bioforgasning er velafprøvet. Der er dog ingen erfaring med behandling af humant fæces og urin sammen med organisk køkkenaffald og slet ikke erfaringer med samlet opsamling lokalt. Det kan vise sig at være nødvendigt at opsamle enten urinen eller køkkenaffaldet separat.

De fleste eksisterende biogasanlæg behandler hovedsageligt kvæg- og svinedyr opblandet med andet organisk affald. Problemerne med tilførslen af køkkenaffald til anlæg er ofte relateret til forkert sortering af affaldet i husstanden og giver driftsproblemer og stor andel af reject. Systemet vil formodentlig kræve vacuum-toiletter eller lignende for at få indholdet i samletanken tilstrækkeligt tykt. Nedsivningsanlæg er en velprøvet teknologi. Der er også etableret retningslinier for etablering og drift af pileanlæg og rodzoneanlæg..

### Hygiejne og sundhed:

Der kan være sundhedsmæssige problemer i forbindelse med borgernes indkastning af køkkenaffald i samletanken. Dette kan mindskes ved etablering af et mellemkammer så eksponering i forbindelse med overførsel til samletanken mindskes. Ved samlet opsamling lokalt vil reject ved biogasanlægget have høj risiko for at indeholde smitstoffer.

De sundhedsmæssige risici i forbindelse med håndteringen af gråvand afhænger af den lokale udformning, herunder om der er adgang til spildevandet i overfladen af gråvandsanlægget. Det er muligt at udforme rensningen af det grå spildevand så der ikke er væsentlige sundhedsmæssige risici.



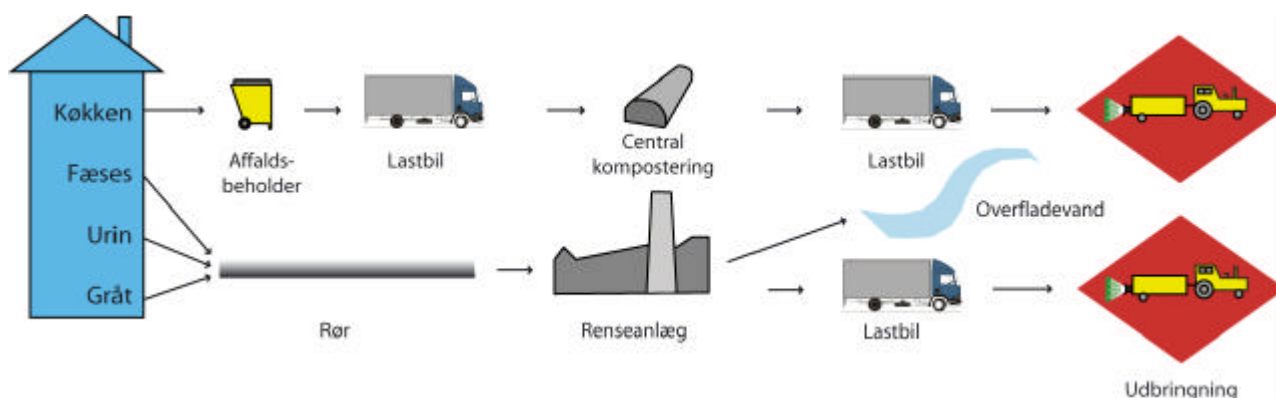
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Nedsivningsanlæg
	Bioforgasning
	I alt
Energiforbrug kWh	1
	-117
	-116
Økonomi	
Årlig omk. kr.	780
	1.532
	2.312
Nutidsværdi kr. i alt	8.930
	17.585
	26.515
Recirkuleringspotentiale kg N	0,05
	2,85
	2,90
kg P	0,02
	0,46
	0,48
kg K	0,03
	0,80
	0,83

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Meget stort energioverskud</li> <li>• Mindre vand til toiletskyl mv.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mulighed for lugtgener fra anlæg og lokal samletank.</li> <li>• Øgede sundhedsrisici for borgerne</li> <li>• Krav til brugeren, primært om korrekt håndtering af køkkenaffald.</li> <li>• Ingen erfaring med opsamling som foreslået.</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Ved den enkelte husstand skal der etableres en samletank til opsamling af urin, fæces og køkkenaffald. Tanken skal have et volumen på ca. 1,5-2,5 m<sup>3</sup> pr. person (tømning en gang pr. år). Bundfældningstanken til det grå spildevand bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup>. Det nødvendige areal til rensning af gråt spildevand varierer fra 25-500 m<sup>2</sup> afhængigt af lokale forhold og rensemetode. Der skal være et landbrugsareal til udspredning på ca. 190 m<sup>2</sup> til slam fra biogas og ca. 3 m<sup>2</sup> til slam fra bundfældningstanken. Der kræves nogen borgerindsats til pasning af anlægget til rensning af gråt spildevand samt til korrekt sortering af køkkenaffald.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  En mulighed i forbindelse med dette system er at opsamle urinen separat. Derved opnås et mere tørt produkt. En barriere i forbindelse med systemet kan være den fælles samletank for urin, fæces og køkkenaffald. Køkkenaffaldet kan eventuelt opsamles separat i fald den fælles opsamling viser sig at være problematisk. Energiregnskabet er sandsynligvis overvurderet fordi der vil være en omsætning i samletanken. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for slam fra biogasanlægget afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Systemet sikrer recirkulering af en stor mængde næringsstoffer, og samtidig er der i systemet en energiudvinding. Det vurderes dog at den fælles opsamling af køkkenaffald, urin og fæces kan give problemer, både lugtmæssigt, driftsmæssigt og sundhedsmæssigt.   I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N8 - Centralkompostering af køkkenaffald og rensning af gråvand, urin og fæces på MBNDK-renselanlæg

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og opbevares efterfølgende i en udendørs beholder, hvorfra affaldet afhentes til central kompostering. Det komposterede køkkenaffald lægges på lager, hvor det opbevares, indtil det kan udbringes på landbrugsjord.

Spildevandet bliver ledt til et renselanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på renselanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for alle boligtyper.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Der findes velafprøvede metoder til central kompostering af køkkenaffald. Erfaringer med driften af anlæg, der behandler organisk køkkenaffald viser, at der kan være problemer med at få borgerne til at sortere korrekt. Det er vanskeligt at fjerne uønskede materialer fra det sammenblandede affald. Det er vanskeligt at afsætte kompost med uønskede materialer. Køkkenaffaldets høje saltindhold kan give problemer med at få komposteringsprocessen til at forløbe tilfredsstillende hvorfor der bør ske samkompostering med andre materialer. Inden der iværksættes ordninger med indsamling af sorteret fast organisk køkkenaffald bør der gennemføres en grundig og motiverende orientering af borgerne vedrørende sorteringen af affaldet.

Rensningen af urin, fæces og gråvand i et MBNDK-renselanlæg samt behandling af slam er meget udbredt, og en velafprøvet og veldokumenteret teknologi.

### Hygiejne og sundhed:

Hygiejne- og sundhedsmæssige påvirkninger er hovedsageligt knyttet til arbejdsmiljøet på rensningsanlægget og kompostanlægget. Svampesporer m.v. udgør en sundhedsmæssig risiko for personalet ved central kompostering. Problemerne kan begrænses ved at minimere den mekaniske håndtering af affaldet, samt minimering af personalets opholdstid i kritiske områder. Den sundhedsmæssige risiko mindskes såfremt der ikke opsamles animalske restprodukter.

Drift af renselanlæg, afløbssystem og slambehandling medfører kun en begrænset hygiejnisk og sundhedsmæssig risiko for personalet, såfremt alle forskrifter om arbejdsmiljø følges, idet der ellers vil være en betydelig sundhedsrisiko ved langvarig kontakt med spildevand.

Der er ingen specielle hygiejnemæssige problemer i forhold til borgere, der anvender kloaksystemer til håndtering af fæces, urin og gråvand.

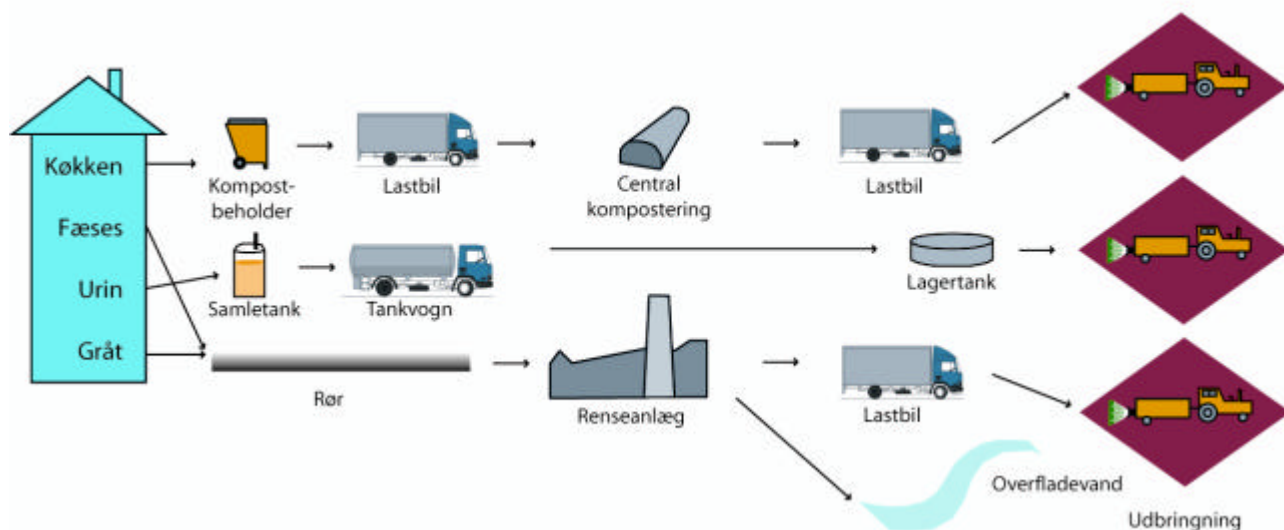
**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

	Enhed
	Konventionelt renseanlæg
	Milekompostering af køkkenaffald
	I alt
Energiforbrug	kWh
	2,37
	4,9
	7,27
Økonomi	
Årlig omk.	kr.
	2.044
	219
	2.263
Nutidsværdi	kr. i alt
	27.493
	2.506
	29.999
Recirkuleringspotentiale	kg N
	0,58
	0,27
	0,85
	kg P
	0,48
	0,09
	0,57
	kg K
	0,06
	0,14
	0,20

<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robust system til håndtering af spildevandet</li> <li>• Velafprøvet og velfungerende teknologi til håndtering af spildevandet.</li> <li>• Nyttiggørelse af køkkenaffald til jordforbedring.</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krav til brugeren om sortering og håndtering af køkkenaffald</li> <li>• Dobbelt indsamlingssystem for affald</li> <li>• Ringe udnyttelse af næringsstoffer</li> <li>• Ingen energiudnyttelse af organisk stof</li> <li>• Mulighed for lugtgener fra komposteringsanlægget</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Der skal være plads til en udendørs opsamlingsenhed til fast organisk køkkenaffald f.eks. en 120 liters tæt og gnavesikker beholder ved den enkelte husstand.</p> <p>Udbringning af kompost på landbrugsjorden, kræver ca. 18 m<sup>2</sup> pr. person. Endvidere kræves ca. 39 m<sup>2</sup> pr. person til udbringning af slam.</p> <p>Borgerne skal udføre en omhyggelig sortering af det faste organiske køkkenaffald og bringe det til den særlige opsamlingsbeholder for lagring inden det afhentes.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Der skal sikres afsætningsmuligheder for restprodukterne. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet og komposten afhænger bl.a. af, hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen. For komposten er det i høj grad afhængigt af kvaliteten af sorteringen af køkkenaffaldet.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Dette system svarer stort set til det system der almindeligvis anvendes i dag. Eneste afvigelse er at der introduceres separat indsamling af fast organisk køkkenaffald og efterfølgende central kompostering.</p> <p>Separat indsamling af organisk køkkenaffald foretages i flere kommuner, ligesom der findes centrale komposteringsanlæg til behandling af affaldet, som regel sammen med andre egnede affaldsfraktioner. Komposteringsprocessen kører fint de fleste steder, men det har vist sig vanskeligt at drive disse anlæg på kommerciel basis, bl.a. på grund af kompostkvaliteten. Der kører nu lovende forsøg med central sortering af affaldet hvorved kvaliteten af komposten vil kunne forbedres.</p> <p>Systemet giver en meget lille grad af recirkulering af næringsstoffer. Recirkuleringen skyldes primært anvendelsen af slam i landbruget.</p> <p>I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## N9 - Centralkompostering af køkkenaffald, urinopsamling og rensning af gråvand og fæces på MBNDK-renseanlæg

### Systembeskrivelse:



Køkkenaffaldet samles indendørs og opbevares efterfølgende i en udendørs beholder, hvorfra affaldet afhentes til central kompostering. Det komposterede køkkenaffald lægges på lager, hvor det opbevares, indtil det kan udbringes på landbrugsjord.

Urinaen opsamles i en tank ved den enkelte husstand hvorfra det transporteres i tankbil til et langtidslager ved det enkelte landbrug. Efter lagringen nedfældes urinen på landbrugsjord.

Det grå spildevand samt fæces ledes via et traditionelt kloaksystem til et rensenanlæg, hvor der sker en traditionel rensning og udledning til overfladevand. Spildevandsslammet behandles på rensenanlægget og udbringes herefter på landbrugsjord, evt. efter en lagring.

### Anvendelsespotentiale:

Egnet for: Alle boligtyper.

### Erfaringer: Teknik, etablering og drift

Der findes velafprøvede metoder til central kompostering af køkkenaffald. Erfaringer med driften af anlæg, der behandler organisk køkkenaffald viser, at der kan være problemer med at få borgerne til at sortere korrekt. Det er vanskeligt at fjerne uønskede materialer fra det sammenblandede affald. Det er vanskeligt at afsætte kompost med uønskede materialer. Køkkenaffaldets høje saltindhold kan give problemer med at få komposteringsprocessen til at forløbe tilfredsstillende hvorfor der bør ske samkompostering med andre materialer. Inden der iværksættes ordninger med indsamling af sorteret fast organisk køkkenaffald bør der gennemføres en grundig og motiverende orientering af borgerne vedrørende sorteringen af affaldet.

Der findes på markedet flere typer urinseparerende toiletter uden at disse kan betegnes som færdigudviklede. Der er flere steder problemer med udfældning/bakterievækst i toilettets rør og ventiler samt rørsystemet til opsamling af urin. Skylning for urin bør ske med et meget lavt vandforbrug.

Tilsvarende findes på markedet tanke der er velegnede til opbevaring af urin og instruktioner i at undgå lugt og ammoniakfordampning. Urin afhentes med traditionelt slamsugerudstyr.

Rørsystem, rensenanlæg og slambehandling af fæces og gråvand er velafprøvede teknologier, som ikke forventes påvirket negativt af den separate opsamling af urin.

### Hygiejne og sundhed:

Svampesporer m.v. udgør en sundhedsmæssig risiko for personalet ved central kompostering.

Problemerne kan begrænses ved at minimere den mekaniske håndtering af affaldet, samt minimering af personalets opholdstid i kritiske områder. Den sundhedsmæssige risiko mindskes såfremt der ikke opsamles animalske restprodukter.

Der er risiko for, at urinen er forurennet med fækalier og derved indeholder smitstoffer. Er urinen fortyndet med vand overlever patogener længere end i ufertyndet urin med mindre pH justeres i væsken. Tilsætning af kausisk soda hver 2.-4. uge kan sikre et højt pH og også mindske tilstopning af

rør m.v. Der er ingen specielle hygiejnemæssige problemer i forhold til borgere, der anvender kloaksystemer til håndtering af fæces og gråvand.

**Energiforbrug, recirkuleringspotentiale og økonomi pr. person/år:**

Enhed	Konventionelt renseanlæg	Milekompostering af køkkenaffald	Urin opsamling	I alt
Energiforbrug kWh				
				-1,52
				4,9
				-22,6
				-19,22
Økonomi				
Årlig omk. kr.				
				1.380
				219
				1.266
				2.865
Nutidsværdi kr. i alt				
				18.666
				2.506
				14.992
				36.164
Recirkuleringspotentiale kg N				
				0,50
				0,27
				1,81
				2,58
kg P				
				0,21
				0,09
				0,27
				0,57
kg K				
				0,07
				0,14
				0,45
				0,66



<p><b>Fordele:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robust håndtering af fæces og gråvand</li> <li>• Meget næringsstof recirkuleres</li> <li>• Stort energioverskud (på grund af sparet kunstgødning)</li> <li>• Vandbesparelse ved brug af separerende toilet</li> </ul>	<p><b>Ulemper:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Store krav til brugeren (egen håndtering af køkkenaffald, urinseparering)</li> <li>• Tilstopning af urindelen af toilettet</li> <li>• Ingen energiudnyttelse af organisk storf</li> <li>• Risiko for lugtgener fra urintank</li> </ul>
<p><b>Arealkrav og borgerindsats:</b>  Der skal være plads til en udendørs opsamlingsenhed i form af f.eks. en 120 liters beholder ved den enkelte husstand til køkkenaffaldet.  Samletanken til urin kan placeres i bygningen eller nedgraves på grunden. Tanken skal have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup>/person excl. skyllevand til toilettet. Der skal kunne køres tæt til tanken i forbindelse med tømningen.  Udbringning af kompost kræver et landbrugsareal på 18 m<sup>2</sup> pr. person til rådighed.  Udbringningen af spildevandsslam på landbrugsjorden kræver et landbrugsareal på 33 m<sup>2</sup> pr. person.  Udbringningen af urin kræver et landbrugsareal på ca. 121 m<sup>2</sup> pr. person, hvis urin er eneste gødning.  Alt i alt skal der altså være et landbrugsareal på 172 m<sup>2</sup> pr. person.  Løsningen forudsætter en nogen grad af borgerindsats, idet borgerne dels skal sortere affaldet lokalt og dels skal ændre vaner m.h.t. brug af toilet og renholdelse af dette.</p>	
<p><b>Muligheder/Barrierer:</b>  Det er vigtigt, at der er afsætningsmuligheder for restprodukterne. Afsætnings- og deponeringsmulighederne for spildevandsslammet og komposten afhænger bl.a. af hvorvidt det kan afsættes til jordbrugsformål i henhold til slambekendtgørelsen. For køkkenaffaldet er det i høj grad afhængigt af kvaliteten af sorteringen af køkkenaffaldet.</p>	
<p><b>Samlet vurdering:</b>  Separat indsamling af organisk køkkenaffald foretages i flere kommuner, ligesom der findes centrale komposteringsanlæg til behandling af affaldet, som regel sammen med andre egnede affaldsfraktioner. Komposteringsprocessen kører fint de fleste steder, men det har vist sig vanskeligt at drive disse anlæg på kommerciel basis, bl.a. på grund af kompostkvaliteten. Der kører nu lovende forsøg med central sortering af affaldet hvorved kvaliteten af komposten vil kunne forbedres.  Urinopsamlingen giver en høj grad af recirkulering af næringsstoffer. Der sker dog ingen energiudnyttelse af det organiske stof og ved den lokale kompostering reduceres næringsstofindholdet med 50-80 %.  Opsamling af urin er mulig, men kræver flere tekniske installationer og vilje hos brugerne til at acceptere et mindre driftssikkert toilet.  Håndteringen af fæces og gråvand kan ske uproblematisk i de eksisterende anlæg.  I ovenstående økonomi- og energital er ikke medtaget forbrug til anlæg og drift af aktiviteter i huset eller til transport, udbringning og nedfældning af slutprodukterne.</p>	

## 4 Erfaringer fra etablerede systemer

I dette kapitel gennemgås nogle af de erfaringer, der haves fra etablerede systemer eller enkeltkomponenter, dels i Danmark og dels i tilsvarende lande i den vestlige verden. Nogle af de teknologier der indgår i systemløsningerne er meget udbredte og velafprøvede, f.eks. kloakering og renseanlæg, mens andre kun er anvendt få steder og ofte på forsøgsbasis. Der vil i dette kapitel alene blive fokuseret på de teknologier, der ikke er almindeligt anvendt og hvor erfaringerne i Danmark er sparsomme eller ikke almindeligt kendte.

Lørdigheden og omfanget af informationer om de gennemførte forsøg, undersøgelser og anlæg er meget forskellige. Det har i nogen grad været muligt at få objektive og gennearbejdede data for økonomi, teknik, driftserfaringer mv. i de tilfælde hvor private firmaer og/eller universiteter har været tilknyttet projekterne.

Det er kendetegnende for specielt de lokale løsninger, at beskrivelserne er stærkt præget af hvem der har udført undersøgelserne og hvem der er udspurgt om økonomi, teknik, driftserfaringer mv. Økologiske forsøg og økologiske bebyggelser er ofte udført lokalt med aktiv deltagelse af engagerede brugere, der også på andre måder prøver at udleve en økologisk tankegang. Det skriftlige materiale er derfor ofte præget af at det er udarbejdet af personer med en økonomisk og/eller politisk interesse i at fremme udbredelsen af alternative systemer.

Denne farvning af materialet er i praksis meget svær at undgå, fordi det er en individuel subjektiv vurdering om en løsning fungerer godt eller dårligt og om eventuelle gener er acceptable. Det begrænsede omfang af ufarvet materiale skyldes at der ikke er gennemført større økologiske bebyggelser for gennemsnitsborgere, eller lavet undersøgelser af denne gruppes interesse og villighed til at anvende økologiskløsninger til håndtering af husholdningens affaldsprodukter.

I U-lande anvendes ofte avancerede metoder til vurdering af befolkningsgruppens evne og vilje til at betale for forskellige løsninger indenfor vandforsyning, kloakering og håndtering af affald. Disse metoder kunne med fordel anvendes på de alternative metoder i Danmark for at få et overblik over hvor mange personer der er villige til at acceptere hvilke ændringer i håndteringen af affaldsprodukter fra husholdninger i byområder. Det har dog ikke i litteraturen været muligt at finde sådanne undersøgelser, om end der er iværksat undersøgelser i bl.a. Sverige, The Urban Water Programme og Schweiz, NOVAQUATIS projektet under EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology).

I nedenstående tabel er angivet en oversigt over steder, hvor der anvendes en eller flere af de teknologier, der indgår i de systemløsninger der er vist i afsnit 3. Tabellen angiver for hver lokalitet: stednavn med omfang og etableringsår, land, behandlingsmetode for køkkenaffald, fæces, urin og gråvand. Ved nogle af lokaliteterne gælder at der for en fraktion ikke er angivet behandlingsmetode, eller metoden er angivet med småt i kursiv. Dette skyldes at der på den pågældende lokalitet anvendes en behandlingsmetode, der enten

ikke indgår i de anbefalede håndteringssystemer, eller at fraktionen behandles ved en almindeligt kendt og afprøvet teknologi uden væsentlig recirkulering af næringsstoffer.

Listen er ikke fyldestgørende, men giver alene et overblik. Ønskes yderligere information om de enkelte lokaliteter findes disse lettest ved at søge på Internettet under de angivne stednavne. Flere af økobebyggelserne har egne hjemmesider med angivelse af kontaktpersoner m.v.

Sted	Land	Køkkenaffald	Fæces	Urin	Gråt
Munksøgård, Roskilde (100 boliger, 2000)	DK	-	sandfilter/ udsivning	lagring	sandfilter/ udsivning
Svanholm (2 toiletter, 1998)	DK	-	MB-rensning	lagring	MB-rensning
DTU (2 toiletter og et urinal, 1994-2001)	DK	-	kompost	kompost/ rodzoneanlæg	-
Hyldebjerg, Albertslund (10 boliger, 1999)	DK	-	kloak	lagring	kloak
Museumsgården, Møn (4 toiletter og et urinal, 1999)	DK	-	M-rensning	lagring	M-rensning
Hjortshøj (16 boliger, ca.1995)	DK	-	kompost	lagring	pileanlæg
Hjortshøj (22 boliger, ca.1995)	DK	-	-	lagring	pileanlæg
10 haveforeninger i Ballerup, Herlev og Slagelse Kommuner (89 kolonihavehuse, 1999)	DK	-	(kompost)/ nedgravet i egen have	lagring/ nedgravning i egen have	-
Hyltebruk (Elias Fries Skole med 350 elever, 1995)	SE	-	kompost	lagring	nedsivning
Palsternacken, Stockholm (51 lejligheder, 1996)	SE	-	kloak	lagring	kloak
Understenshöjden, Stockholm (44 boliger, 1995)	SE	-	kloak	lagring	kloak
Gebers, Orhem, Stockholm (32 boliger, 1998)	SE	-	kompost	lagring	kloak
Smedens Ekoby, Jönköping (24 lejligheder, 1995)	SE	-	kompost / have	lagring	-
Ekoporten, Norrköping (18 lejligheder, 1997)	SE	-	kompost/ have	lagring	rodzoneanlæg
Kvicksund (Tegelviken skole med ca. 500 elever, 1998)	SE	vådkompost	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	rodzoneanlæg, bassin m.v.
Mariefred, Grafikkens hus, (museum, 5 toiletter, 1996)	SE	-	kompost	lagring/ landbrugsjord	-
Kalmars Tekniske Højskole (700 elever, 65 ansatte, 1997)	SE	-	kompost	lagring	kalkfilter og damme
Toarp (37 huse, 1997)	SE	-	kompost	kompost	rodzoneanlæg/ filter/pond
Kyrkbyn, Göteborg (lille boligkarre, 1997)	SE	-	kloak	lagring/ (landbrug)	kloak
Bomarsund og Prästö, Sunds (30 lejligheder og 2 campingpladser, 2001)	SE	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	nedsivning
Etnedal (Gårdanlæg, 148 boliger, 1992)	NO	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	nedsivning
Meldal (Gårdanlæg, 10 husstande, 1992)	NO	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	-
Aremark (Gårdanlæg, ca. 20 husstande, 1992)	NO	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	vådkompost/ landbrugsjord	-
Kangasala Eco-village, (9 huse)	FIN	kompost/ have	kompost/ have	lagring	-

Sted	Land	Køkkenaffald	Fæces	Urin	Gråt
Västanfjärd Kommune, (husholdninger, 1999)	FIN		kompost/ landbrug	lagring	-
Lambertsmühle (museum, 3toiletter, 2 urinaler, 2001)	DE	kompost/ planlagt på landbrugsjord	kompost/ planlagt på landbrugsjord	lagring	rodzoneanlæg
Braamwisch, Hamborg (40 boliger, 1996)	DE	kompost/ have	kompost/ have	kompost/ have	rodzoneanlæg
Bielefeld-Waldquelle (100 lejligheder, 1994)	DE	kompost/ have	kompost/ have	-	-
Institution Ökohaus i Rostock (Kontor, restaurant, forretninger, 1999)	DE	-	kompost/ have	-	-
Flintenbreite, Lübeck (Ca. 350 beboere, 2001)	DE	biogas/ planlagt på landbrugsjord	biogas/ planlagt på landbrugsjord	biogas/ planlagt på landbrugsjord	rodzoneanlæg
Wohnen & Arbeiten, Freiburg (20 lejligheder, 1999)	DE	biogas/ landbrugsjord	biogas/ landbrugsjord	biogas/ landbrugsjord	genbrug/ nedsivning
Het Groene Dak, Utrecht (66 lejligheder, fra 1993)	NE	-	kompost - opgivet, 2000	kompost - opgivet, 2000	sandfilter/ rodzone

**Samlede systemløsninger.** Der haves en del gode erfaringer med anlæg og drift af de komponenter der indgår i systemløsningerne E1, E2, E3, N1, N8 og N9, hvor der anvendes traditionelle afløbssystemer for fæces og gråt spildevand, opsamling af urin og kompostering af køkkenaffald. Det er da også kendetegnende for de seneste økologiske bebyggelser i Danmark, at der nu sættes på mere sikre løsninger med opsamling af urin til gødningsformål og traditionel bortskaffelse af det øvrige spildevand ved lokal eller central rensning, evt. i grønne renseanlæg. Noget af køkkenaffaldet komposteres evt. lokalt eller afleveres til den kommunale ordning.

I Tyskland er der de seneste år opført et par bebyggelser, hvor der sættes på bioforgasning af alle affaldsfraktionerne, undtagen det grå spildevand, der genbruges og eller renses traditionelt. Der haves gode erfaringer fra bebyggelsen Wohnen & Arbeiten, mens der endnu ikke haves reelle erfaringer fra Flintenbreite. Fælles kompostering af fæces, evt. sammen med organisk køkkenaffald, er gennemført for et par bebyggelser i Tyskland, men komposten må bruges på egne arealer, da der ikke findes interesserede aftagere til produktet. Individuelle komposttoiletter i samlede bebyggelser er mere eller mindre opgivet de fleste steder.

I det følgende gives en kort overordnet oversigt over de erfaringer der haves fra brugen af nogle af de komponenter der indgår i de anbefalede systemløsninger.

**Urinseparerende toiletter og rør til transport af urin.** Der er de fleste steder problemer med tilstopning og vanskelig rengøring af toiletterne. Især i vandlåsen og det lille afløbsrør er meget udsat for tilstopning (og vanskelig rengøring). Kemisk og mekanisk rengøring må udføres hver 2-3 måned. Problemerne er mest udbredt, hvor der bruges lidt vand til skyl af urindelen. Bruges meget eller meget lidt vand til skyl er tilstopningsproblemerne mindre. Meget vand betyder dog stort opsamlingsvolumen og tyndt urin som dels giver længere overlevelse af patogener og dels er vanskeligt at afsætte som gødningsprodukt.

Teknologien er endnu ikke fuldt udviklet, hvilket betyder væsentlig mere rengøring, vedligeholdelse og tolerance end ved almindelige toiletter. De almindeligst forekommende problemer er tilstopning, vanskelig rengøring, vandlåsen blæses/suges tom, utætheder ved samlinger, utætheder fra svage rør/konstruktioner i toiletterne. Mange af problemerne forventes dog at kunne løses forholdsvis enkelt. Dels kan producenterne gå mere seriøst ind i udvikling af toiletter/ventiler/rør, og dels kan der i forbindelse med projekteringen af anlæggene fokuseres mere på teknik og praktisk/hygienisk udformning end ideologi, økologi og billige løsninger. Uanset hvor meget systemet udvikles, vil det nok være vanskeligt at opnå samme serviceniveau for brugeren som ved brug af traditionelle toiletter. Alene det at have to rørsystemer frem for et, kræver mere plads og flere installationer at vedligeholde.

**Opsamlingsbeholdere og lagertanke for urin.** Der er mange gode tanker på markedet, og hvis disse projekteres og placeres under hensyntagen til holdbarhed, adgangsforhold for tømning, let og ubesværet betjening, tæthed, alarmer m.v. er det eneste tilbageværende problem eventuelle udfældninger i rør, ventiler m.v.. Lugtgener og ammoniakfordampning fra tankene kan begrænses/forhindres ved dykket indløb eller olie på overfladen.

**Kan det betale sig at opsamle urin?** I en undersøgelse for Svanholm Gods (Kolby, L et al., 2003) konkluderes at det for en eksisterende bebyggelse med et velfungerende renselanlæg ikke vil kunne betale sig økonomisk at opsamle og nyttiggøre urin til gødningsformål, selvom renselanlægget også vil kunne fungere tilfredsstillende uden tilledning af urin. For nybyggeri stiller sagen sig formentlig anderledes, da alle installationer og opsamlingsystem kan disponeres bedre og opføres sammen med boligen. Der er ingen tvivl om at recirkuleringen af næringsstoffer er stor og forholdsvis ukompliceret ved opsamling af koncentreret urin (evt. sammen med fæces), men det er tvivlsomt om der kan opnås en økonomisk fordel.

**Komposttoiletter.** Der haves mange erfaringer med composttoiletter for enkelthusstande. Der har generelt været problemer med at igangsætte og styre processerne i de forskellige typer composttoiletter. Der er for flere typer også praktiske/hygieniske problemer ved håndteringen af det helt eller delvis færdigkomposterede produkt. Lokal kompostering af fækalier og eventuel samkompostering med køkkenaffald kræver stor omhyggelighed og indsats af brugerne af toilettet/systemet. Efter mange års brug er beboerne i Bielefeld således begyndt at beklage sig over det store tidsforbrug til komposthåndteringen samt de besværlige arbejdsprocesser. I den hollandske bebyggelse Het Groene Dak blev composttoiletterne opgivet i 2000 efter 6 års forsøg på at få dem til at fungere tilfredsstillende for beboerne. De fleste steder er der et stort energiforbrug til at undgå lugt, fluer og andre gener fra toilettet. Ved komposteringen mistes 40-80% af kvælstofindholdet i materialet.

**Fælles kompostering af fæces.** I Tyskland haves erfaringer fra økohuset i Rostock, hvor der i et ældre hus med restaurant, forretninger og kontorer er indrettet toilettet til tør opsamling af fæces til et fælles kompostanlæg i kælderen. Forsøget har forløbet rimeligt, men der er også her praktiske problemer med drift og tømning af kompostbeholderen. Det konkluderes endvidere at det er meget vigtigt at have veluddannet personale til at passe anlægget og at der skal være en navngiven hovedansvarlig og substitut for den daglige drift og kontrol af processen.

**Vådkompostering.** Fra gårданlæggene i Meldal og Aremark i Norge behandles køkkenaffald sammen med septisk slam og sort spildevand fra samletanke. Anlæggene betjener 10-20 husstande og på det ene tilsættes yderligere husdyrgødning. Der har ikke været reelle problemer med selve komposteringsprocessen eller lugt fra produktet, men der har været mange praktiske problemer, der har betydet hyppige driftsstop. Væsentligste problemer har været: Fremmedlegemer i affaldet, kraftig korrosion og nedslidning af transport- og indføringssystem og problemer med luftningsudstyret. Ved det større anlæg i Bomarsund i Sverige, hvor anlægget er dimensioneret for 60 husstande, har forsøgsperioden med en belastning på 30 husstande kun givet anledning til få problemer, bl.a. skumdannelse i reaktoren og tilstopning i rørsystemerne fra de meget lavtskyllende toiletter (LIFE projektet for Bomarsund og Prästö i Sunds Kommune, Sverige). Generelt synes processen at kunne forløbe tilfredsstillende, hvis problemerne med dårligt sorteret og uensartet råmateriale løses. Man skal dog være opmærksom på at processen kræver en omhyggelig pasning og en del energi til luftning. Endvidere må det sorte spildevand opblandes med andre materialer for at få processen til at forløbe tilfredsstillende.

**Bioforgasning.** Bioforgasning har været brugt meget længe til udvikling af gas fra organisk affald. I Kina har det således været almindeligt på landet at alle huse/gårde havde deres eget biogasanlæg til behandling af køkkenaffald, fæces, gylle osv. for fremstilling af gas til madlavning og opvarmning. I Danmark er der gode erfaringer med biogasanlæg til behandling af gylle og organisk affald. Energiudnyttelsen er stor og næringsstofferne bevares. Størst problem er uønskede materialer i det dårligt sorterede organiske affald, idet disse materialer giver mekaniske driftsproblemer og begrænsede afsætningsmuligheder for restproduktet. Oftest vil produktet blive hygiejniseret ved bioforgasningen og kan derfor normalt udbringes direkte på landbrugsjord. Eventuelt kan produktet opvarmes direkte eller efterkomposteres for at opnå hygiejniseret. Ved tilførsel af meget urin er der mulighed for at ammonium vil hæmme processen. Generelt er der ingen problemer med selve forgasningsprocessen eller udnyttelsen af gassen til el eller varme, men der er endnu en del problemer med uønskede materialer i råmaterialet og driftsøkonomien. Der har siden 1. februar 2003 været et forsøg i gang i Danmark med delvis mekanisk sortering af råmaterialet inden dette anvendes til biogas eller kompost samt eftersortering af det færdige produkt (SOLUM Gruppens forsøgsanlæg på Audebo losseplads).

**Afsætningsmuligheder.** Der har i landbruget ikke været den store interesse for at aftage næringsstoffer gennem restprodukterne/ressourcerne. Dette kan måske skyldes frygt for senere indgreb fra myndighederne overfor arealer der har været anvendt til deponering, for store gener forbundet med at opbevare og udbringe materialet, for uensartet og udeklareret materiale, driftsøkonomiske hensyn eller måske krav fra fødevareproducenter der benytter afgrøderne til videre forarbejdning. Uanset grunden, er det et problem der skal tages meget seriøst, inden der iværksættes projekter der baserer økonomien på at slutprodukterne kan sælges eller i det mindste afhentes gratis.



# 5 Gennemgang af enkeltkomponenter

I dette kapitel behandles de enkelte komponenter, der indgår i de samlede systemløsninger. I beskrivelsen af komponenterne fokuseres på følgende emner:

- Teknisk kvalitet (anlægs- og driftserfaringer)
- Hygiejne og sundhed
- Arbejdsmiljø
- Energi
- Risici
- Nationale og internationale regler, der har relation til den enkelte komponent.

Endelig er det beskrevet hvilke erfaringer, der er med anvendelsen af komponenten.

Nogle komponenter indgår i flere løsninger og anvendes ved forskellige sammenblandinger af affald og spildevand. I beskrivelsen nævnes det, hvis der er forhold, der specielt gør sig gældende for en blanding af spildevand.

Det er kendetegnende for alle systemerne, at de er følsomme overfor fejlhåndtering og -sortering. Det forventes, at såfremt et eller flere systemer bliver mere alment udbredte vil der enten ske en udvikling imod mere robuste systemer eller også vil brugernes viden om og interesse for systemerne medføre at systemet fungerer. Som eksempel herpå kan nævnes den lokale kompostering af vegetabilsk køkkenaffald, der har fået en vis udbredelse og hvor der i parcelhusområder typisk vil være den fornødne viden i lokalområdet.

Det er vanskeligt at vurdere de sundhedsmæssige risici objektivt, idet de nye systemer som udgangspunkt altid vil medføre øgede risici, fordi patogenerne ikke føres væk fra borgerne men recirkuleres. Endvidere vil der i en indkøringsperiode for et nyt system, være mulighed for fejlbetjening og fejlhåndtering som medfører større sundhedsmæssig risiko end ved et endeligt indkørt system. Der er i vurderingerne i det følgende taget udgangspunkt i den situation, hvor et nyt system er indkørt og nye vaner er etableret hos de borgere der benytter systemerne.

## 5.1 Opsamling i og ved boligen

### 5.1.1 Urinseparerende toilet med vandskyl

Et urinseparerende toilet med opsamling af urin har to adskilte skåle, hvorved urinen skilles fra fækaler samt papir. Der findes flere kommercielt tilgængelige urinseparerende toiletter med opsamling af urin. Nogle toiletter har to skyl, mens andre anvender samme skyllesystem til både fækalie- og urindelen. Det er en fordel med to skyl, idet vandmængden der anvendes i forbindelse med urindelen bør være så lav som muligt, for at begrænse den nødvendige tankvolumen til opsamling af urin og for at øge den hygiejniske



kvalitet af urinen, samtidig med at sandsynligheden for tilstopning af urinsystemet begrænses. Fækaliedelen kan eventuelt udformes som et vakuumsystem.

De tilgængelige toiletter har en rimelig standard for brugerne. Generelt er der dog problemer med, at børn samt voksne med diarre kontaminerer den opsamlede urin (problemet afhænger af slutdeponeringen). Derudover viser erfaringer fra flere projekter at tilstopning af vandlås og rør fra urindelen er et udbredt problem. Disse problemer kan mindskes ved tilsætning af eksempelvis natriumhydroxid eller eddikesyre. Udover dette er det vigtigt, at vandlåsen monteres korrekt. Hvis vandlåsen monteres med forkert højde kan dette medføre, at vandlåsen bliver suget tom, hvilket resulterer i en ubehagelig lugt (Markussen, 2001). Derudover kræver flere af toiletterne i deres nuværende udformning, at mænd sidder ned når de tisser for at sikre opsamling af urinen.

Der vil være sundhedsmæssige risici i forbindelse med rengøring af og overløb fra urindelen på grund af kontaminering med fæces og den tætte kontakt med urinen. Tilstopningen er størst i kollektiver, offentlige bygninger m.m., hvor der er mange mennesker, der anvender toilettet. Behovet for vedligeholdelse er større for urinseparerende toiletter end for traditionelle toiletter. Kemisk rensning og forebyggende vedligeholdelse af urinsystemet bør ske med basisk kaustisk soda frem for syreprodukter, idet overlevelsestiden for patogener i det opsamlede urin forlænges væsentligt, hvis pH sænkes ved tilsætning af syre eller tilsætning af meget vand.

Arbejds miljømæssigt er der ingen specielle problemer forbundet med det urinseparerende toilet.

Der er risiko for forkert montering og tilslutning mm. af toilettet, hvilket kan medføre nogle vanskeligheder med driften. Disse forhold kan udbedres i takt med, at de opstår/opdages.

For urinseparerende toiletter gælder som for traditionelle toiletter at alle afløbsinstallationer skal udføres af autoriseret kloakmester i overensstemmelse med DS432. Der foreligger endnu ingen VA-godkendelse af denne type toiletter, hvorfor installationen af toiletterne skal godkendes af den stedlige myndighed.

Der er flere steder udført projekter med opsamling af urin. Af danske projektlokalteter kan nævnes: Museumsgården Møn (Holtze og Backlund, 2002), Hyldebjerg i Albertslund (Markussen, 2001), Munkesøgård samt Svanholm Gods (Kolby og Jansen, 2001). Erfaringerne fra disse projekter viser, at opsamlingen af urin i de urinseparerende toiletter har fungeret tilfredsstillende efter en indkøringsperiode. Generelt nævnes det, at der stilles flere krav til anvendelsen og rengøringen af toiletterne sammenlignet med almindelige toiletter, men at anvendelsen og urinsepareringen efter en tilvænningsperiode fungerer tilfredsstillende. Der har dog alle steder været problemer med tilstopning af specielt de tynde slanger og vandlåsen i urinsystemet. I Hyldebjerg er beboerne således belært af erfaringer blevet instrueret om hyppig kemisk rensning af urinsystemet og rensning med rensfjeder en gang hver 2.-3. måned (Markussen et al. 2001).

Der er ligeledes en række svenske projekter med opsamling af urin. Projektlokalteterne er meget forskellige, idet der både er udført projekter i lejlighedskomplekser, uddannelsessteder samt et museum. De fleste steder

fungerer toiletterne fint, men lider også under problemer med tilstopning, om end i mindre omfang end rapporteret fra Danmark.

Kildesorterende vakuums toiletter er bl.a. etableret i en boligblok i Hannover i forbindelse med renovering i 1997. Vakuums toiletssystemet er etableret i 32 lejligheder med i alt 80 beboere. I begyndelsen var der mange problemer med driften i form af bl.a. tilstopninger, utætte ventiler og klager over støj fra vakuumsystemet. Problemet har siden været aftagende, men der forekommer stadig tilstopninger, og det er nødvendigt med service to gange om året. (Backlund, 2003).

### 5.1.2 Urinseparerende toilet uden vandskyl

Der findes flere kommercielt tilgængelige urinseparerende toiletter af rimelig standard med separat opsamling af urin og fæces uden brug af vand. Overordnet kan der skelnes mellem to hovedtyper af toiletter, hvor forskellen er opsamlingen af fæces. I det ene system sker der en opsamling af fækalier i en beholder under gulv, og i det andet system opsamles fækalierne i selve toilettet.

For de fleste af de urinseparerende toiletter er der problemer med at børn samt voksne med diarre kontaminerer den opsamlede urin. Derudover viser erfaringer fra flere projekter at tilstopning af vandlås og rør fra urindelen er et kendt problem. Disse problemer kan mindskes med ved anvendelse af bl.a. eddikesyre eller natriumhydroxid (kaustisk soda). Syre bør dog helst undgås da det sænker pH og øger overlevelsestiden for patogener i urintanken. For at undgå lugtgener monteres ofte en ventilator, hvilket visse steder har medført klager over støj. Derudover kræver flere af toiletterne i deres nuværende udformning, at mænd sidder ned når de tisser for at sikre opsamling af urinen.

Der vil være sundhedsmæssige risici i forbindelse med tilstopning af urindelen. Behovet for vedligeholdelse er større end for traditionelle toiletter.

Arbejdsmiljømæssigt gælder det, at arbejdet har samme risiko som håndtering af latrinaffald.

I forbindelse med tør opsamling af fæces skal der etableres ventilation. I Tyskland anvendes typisk en ventilator med et effektforbrug på 55 W, svarende til ca. 400 kWh/ år i husstanden (Oplyst ved besigtigelse af Lamberts-mühle). Komposttoiletter er normalt forsynet med ventilatorer på 11-19 W, hvilket giver et årligt energiforbrug på 30-55 kWh/person/år til kompostventilatoren (Backlund, 2003). Der er også et elektricitetsforbrug i forbindelse med anvendelse af vakuumsystemet hvis dette anvendes. Energiforbrug til vakuumsystemer er angivet til omkring 23 kWh/person/år (Backlund, 2003).

Der er en væsentlig mikrobiel risiko ved vedligeholdelse samt ved opsamling af fæces. Ved en husstand på 4 personer er det beregnet at mere end 10% af beholdere med 1 års opsamlede fækalier vil indeholde patogene mikroorganismer (Arnbjerg *et al*, 2003). Der kræves stor opmærksomhed ved opsamling af fæces, ligesom det er vigtigt af den tekniske kvalitet af fæcesbeholderen er god. Yderligere giver muligheden for fejkoblinger af systemerne forhøjet mikrobiel risiko i de senere processer.

For urinseparerende toiletter gælder som for traditionelle toiletter at alle afløbsinstallationer skal udføres af autoriseret kloakmester i overensstemmelse

med DS432. Der foreligger endnu ingen VA-godkendelse af denne type toiletter, hvorfor installationen af toiletterne skal godkendes af den stedlige myndighed.

Forsøg med kildesorterende tørklosetter er udført i en række haveforeninger i Danmark fra 1999. Erfaringerne fra disse forsøg er angivet i Backlund et al. (2003). I referencen anføres at brugerne, der alternativt skulle kloakeres, var positive/tilfredse eller meget positive/meget tilfredse med systemet, set i relation til det tidligere kemiske toilet.

### 5.1.3 Rørsystem i hus til opsamling

Rørsystemer til opsamling af blandet gråvand, urin og fæces er den traditionelle afløbsløsning i dag. Der er ingen tekniske problemer forbundet med dette, og der er gode erfaringer med systemet. Denne type rørsystem vil ligeledes kunne anvendes til gråvand og fækalier samt til gråvand og urin alene. Der er dog særlige krav til ledningssystemer til transport af materiale fra toiletter, der skyller med mindre end 6 liter.

Kravene til dimension og fald af rør til betjening af toiletter med skyl på hhv. 4 og 3 liter er gennemgået i Teknologisk Institut (2001). Kravene er skærpet med hensyn til diameter, fald, retningsændringer og længde på rørene frem til der er en væsentlig vandføring, defineret som tre boliger. Der er ikke opstillet regler for skyl på under 3 liter.

Det har vist sig, at der kan opstå problemer med tilstopninger og udfældninger i rørsystemer, hvori der transporteres urin og skyllevand. Disse problemer kan mindskes ved tilsætning af f.eks. natriumhydroxid eller eddikesyre i forbindelse med driften af systemet. Syre bør dog undgås da det sænker pH og øger overlevelsestiden for patogener i opsamlingstanken.

Der er ingen sundhedsmæssige aspekter forbundet med rørsystemet, ligesom der heller ikke er væsentlige arbejdsmiljømæssige problemer.

Følgende har relation til afløbssystemer i hus:

- Bygningsreglementerne 1995
- Bygningsreglement for småhuse 1998
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer (2000)
- DS 439, Norm for vandinstallation (2000)
- Alle materialer skal være VA-godkendt eller være godkendt af den stedlige myndighed

### 5.1.4 Affaldsbeholder til organisk køkkenaffald

Der er behov for to opsamlingsenheder ved hver bolig, én til indendørsbrug og én til udendørs brug. Udformningen af opsamlingsenhederne afhænger af hvilken løsning, der betragtes. Hvis køkkenaffaldet skal til central behandling bør den indendørs opsamlingsenhed være et stativ med en vådstærk 15-18 liters papirpose, mens opsamlingsenheden i løsningen hvor køkkenaffaldet lokalkomposteres bør være en 12-15 liters spand med låg.

Udformningen af den udendørs opsamlingsenhed er ligeledes afhængig af løsningen. Hvis affaldet skal til central behandling bør den udendørs opsamlingsenhed være en 2-hjulet 120 liters beholder med låg. Denne bør

tømmes en gang ugentligt, alternativt hver 14. dag. Hvis affaldet skal lokalkomposteres er den udendørs opsamlingsenhed en kompostbeholder.

Den indendørs opsamlingsenhed kan normalt placeres under køkkenvasken, mens den udendørs kræver et areal på ca. 0,7 m<sup>2</sup> på grunden. Udover dette skal der i løsningen, der indebærer en central behandling af affaldet være en farbar kørevej frem til skel. Kørevejens beskaffenhed er behæftet med restriktioner jf. At-anvisning nr. 4.1.0.1

Den hygiejniske standard vedrørende den udendørs beholder styres af borgeren og dennes krav til lugtafgivelse fra beholderen. Der er en risiko for sundhedspåvirkende aerosoldannelse ved højtryksspuling af beholderens indre, hvilket akut kan udløse diarré-lignende symptomer og efter længere tids eksponering menes at kunne give allergi.

De primære mangler ved løsningen omfatter holdbarheden af de benyttede papirsposer samt renholdelse af de benyttede udendørs beholdere. Borgerne skal normalt, udover gennemførelsen af en korrekt affaldssortering, selv sørge for renholdelse af de til løsningen hørende opsamlingsenheder. I enkelte kommuner skal borgerne også selv sørge for, at beholderne bringes frem til skel på indsamlingsdagen. Væsentligste fejlmulighed omfatter borgernes manglende vilje til at sortere køkkenaffaldet korrekt. En forkert sortering medfører stor risiko for et usælgeligt slutprodukt eller driftsstop i den videre bearbejdning af køkkenaffaldet.

Følgende lovgivning har relevans for opsamlingen:

- Bekendtgørelse nr. 619 om affald, dateret 27. juni 2000, med senere ændringer.

Udover ovennævnte lovgivning har følgende relation til opsamling:

- At-anvisning nr. 4.1.0.1. om manuel håndtering og transport af dagrenovation.
- At-vejledning nr. A.0.1 om indretning af renovationssystemer
- At-vejledning nr. D.3.1 om løft, træk og skub

Der er udført forsøg med indsamling af organisk affald flere steder i Danmark. Resultaterne fra disse projekter viser en varierende succes med ordningen. (Jørgensen, 2003), (Larsen, 2003), (Reeh, 1995)

#### 5.1.5 Samletank til urin

Samletanken skal udstyres med et (dykket) tilløbsrør, et opsamlingskammer, en inspektionsluge og en afløbsstuds. Tanken kan være udført i beton, metal eller i plast. Afhængigt af husstandens størrelse skal tanken have et volumen på 1-2 m<sup>3</sup> således, at den kun skal tømmes 2 gange pr. år. En person producerer ca. 1,2 l urin pr. dag. Det samlede volumen, der ledes til tanken er afhængigt af skyllemængden i toilettet.

Tanken skal være 100 % tæt, så afdampning af ammoniak til omgivelserne kan undgås.

Samletanken vil normalt være nedgravet tæt ved huset, hvorfor denne ikke reelt vil optage plads på grunden efter etableringsperioden. Inspektionsluge og afløbsstuds vil være eneste synlige komponenter. Opsamlingstanken kan også placeres i kælder med afløbsstuds ført ud fra huset.

Der skal være let adgang for større køretøjer for tømning af tanken. Vælges lokal lagring skal der være mindst en ekstra tank hvor urinen kan stå i mindst et halvt år uden yderligere tilledning af urin.

Der er ingen sundhedsmæssige problemer med selve opsamlingen af urin i samletanke. Der er heller ingen arbejdsmiljømæssige problemer forbundet hermed. Der kan dog opstå lugtgener, når dækslerne tages af tankene.

Når det urinseparerende system og herunder samletanken er etableret er der ingen væsentlige muligheder for fejl. Dog kan det ikke undgås, at der falder lidt jord, græs og blade ned i tankene, når dækslerne tages af (Markussen, 2001).

Tilladelse til etablering af samletank til urin meddeles efter spildevandsbekendtgørelsens § 37-39. Tilladelsesmyndigheden skal, når der meddeles tilladelse, sikre at tømning, bortskaffelse og slutdisponering sker på forsvarlig vis jf. bekendtgørelsens § 37 stk. 8-9 og 38-39

Udover dette har følgende relation til samletanke til urin:

- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser, med senere ændringer
- Bygningsreglementet
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer (2000)
- Typegodkendelse fra Prøvningsudvalget for Olietanke (PUFO)

Erfaringerne med samletanke til opsamling af urin er få, men gode. De problemer der har været har mest været knyttet til praktiske forhold i forbindelse med den daglige drift, vedligeholdelse og tømning. Disse problemer bør let kunne forudses og løses i projektfasen.

#### 5.1.6 Samletank til urin, fæces og køkkenaffald

Samletanken er udstyret med et fælles tilløbsrør for urin og fæces, en doseringsskakt for køkkenaffald, et opsamlingskammer, en inspektionsluge og en afløbs/tømmestuds. Tanken kan være udført i beton, metal eller i plast. Afhængigt af husstandens størrelse skal tanken have et volumen på 1,5-2,5 m<sup>3</sup> således, at den kun skal tømmes 2 gange pr. år. Tanken skal være tæt, men udluftet så afdampning af ammoniak, gas m.v. til omgivelserne kan kontrolleres.

Samletanken vil normalt være nedgravet tæt ved boligen, hvorved den reelt ikke vil optage plads på grunden. Dog vil doseringsskakten m.v. være synlig og skal være let tilgængelig.

Der findes ingen danske erfaringer med denne opsamlingsenhed. I *Dyck-Madsen et al. (1999)* angives, at en sådan samletank er etableret på en skole i Sverige med henblik på en fælles opsamling af fæces, urin og køkkenaffald. I referencen angives, at der på tidspunktet for udgivelse ikke var etableret tilførsel af køkkenaffald til samletanken, og det har ikke været muligt at finde oplysninger om udviklingen i projektet. I Norge er i Valdres og Østerdalen kørt forsøg med langtidsopbevaring/opsamling (1/2 -1 år) af madaffald med henblik på afhentning til vådkompostering på gårdanlæg. Affaldet forsurer og kan hentes i væskeform med almindelig slamsuger. Sammenblanding af urin og køkkenaffald betyder at pH i urinen sænkes og overlevelsesbetingelserne for patogener øges.

Der kan forekomme sundhedsmæssige problemer i forbindelse med borgerens indlæsning af køkkenaffald i samletanken, hvis dosseringstanken ikke er udformet med mellemkammer.

Når systemet er etableret er der ingen væsentlige muligheder for fejl, udover muligheden for utilstrækkelig sortering af køkkenaffaldet.

Tilladelse til etablering af samletank til fæces og urin meddeles efter spildevandsbekendtgørelsens § 37-39. Tilladelsesmyndigheden skal når der meddeles tilladelse sikre at tømning, bortskaffelse og slutdisponering sker på forsvarlig vis jf. bekendtgørelsens § 37 stk. 8-9 og 38-39

Udover dette har følgende relation til samletanke:

- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser, med senere ændringer.
- Bygningsreglementet.
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer (2000)
- Typegodkendelse fra Prøvningsudvalget for Olietanke (PUFO)

Det bør eventuelt overvejes hvorvidt det vil være mere hensigtsmæssigt at opsamle fraktionerne hver for sig. Hvis dette vælges kan køkkenaffaldet opsamles som beskrevet i afsnit 5.1.4, urin og fæces i en samletank og slam fra gråvand i en bundfældningstank som beskrevet i afsnit 5.1.7

#### 5.1.7 Bundfældningstank til gråvand eller gråvand og fæces

Der haves ingen reelle tekniske problemer med opsamling af bundfældeligt materiale fra hhv. gråvand alene eller en blanding af gråvand og fæces. Der kan anvendes en almindelig bundfældningstank. Bundfældningstanken er udstyret med tilløbs-/ afløbsledning, et kammer opdelt i flere rum og et inspektions-/ tømningdæksel. Tilløbsledningen kan være fælles for gråt spildevand og fæces. Tanken vil typisk være udført i plast/beton/metal. Tanken bør have et volumen på 2 m<sup>3</sup> pr. husstand, så den kun skal tømmes for bundfald en gang pr. år. Tanken skal være tæt.

Bundfældningstanken vil være nedgravet, hvorfor denne reelt ikke vil optage plads på grunden efter etableringsperioden, bort set fra synlige dæksler for tømning.

Slammængden i en bundfældningstank, der kun modtager gråvand vil være betydeligt mindre end den mængde, der dannes i en bundfældningstank, hvortil der ledes både, urin, fæces og gråvand. Dette kan give anledning til overvejelser vedrørende tankens slamopsamlingsvolumen eller tømningfrekvensen.

Tømningen af bundfældningstanken skal udføres af fagfolk. Tømning af bundfældningstanken udføres med sugeslanger, der er udviklet til denne type opgave (standardudstyr). Mandskabet kommer normalt ikke i direkte kontakt med slammet. Arbejdet er reguleret i henhold til lov om arbejdsmiljø samt de øvrige anvisninger og vejledninger, der er gældende for arbejdet med slamsuger.

Bundfældningstanke kan under etableringen eller efter en vis driftsperiode blive utæt, hvilket kan medføre emissionsproblemer til omgivelserne (f.eks. ammoniakdampe og udsivning i jorden).

Følgende har relation til bundfældningstanke:

- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser, med senere ændringer.
- DS 440, Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning (1983)

Derudover gælder det, at tanken skal være VA-godkendt.

## 5.2 Indsamling og Transport, fra boligen/behandlingsanlægget

### 5.2.1 Lokal kompost af køkkenaffald eller køkkenaffald og fæces

Det opsamlede køkkenaffald transporteres/bæres direkte i indsamlingsposen/holderen fra køkkenet til kompostbeholderen. Tilsvarende bæres/transporteres de opsamlede fækaler direkte i opsamlingsbeholderen fra toilettet til kompostbeholderen.

Den sundhedsmæssige risiko ved kompostering af organisk køkkenaffald er lav såfremt der kun anvendes planteaffald og ikke animalsk affald. Ved arbejde med fæces og kompost af fæces er der en væsentlig sundhedsmæssig risiko for smitte med parasitter og virus, hvis ikke materialet er hygiejniseret gennem en kemisk eller termisk behandling.

### 5.2.2 Rørsystem

Der er ingen tekniske problemer forbundet med rørsystemer til grävand, fæces og urin. Disse systemer anvendes generelt i Danmark. Rørsystemer til opsamling af enten grävand eller grävand og fæces kan udføres som traditionelle afløbsanlæg. Ved anvendelse af det eksisterende system kan der dog være problemer med sedimentation og tilstopning af ledningerne, hvis spildevandsmængden falder som følge af en fraseparering af nogle fraktioner. Reglerne for etablering af rørsystemer er gennemgået under det foregående afsnit.

Der er med den gældende udformning af afløbssystemerne en lav og generelt accepteret hygiejnisk risiko forbundet med afløbssystemerne. Ved aflastning fra fællessystemer og tilstopninger af kloakledninger kan der dog forekomme hygiejniske gener. De arbejdsmiljømæssige forhold knyttet til den daglige drift af afløbssystemerne er reguleret via kloakbekendtgørelsen mv.

Der kan eventuelt være et energiforbrug til pumpning.

### 5.2.3 Lastbil til transport af køkkenaffald til kompostering

Der findes lastbiler, der kan anvendes til transporten og teknikken er afprøvet. Lastbilen skal have påmonteret komprimeringsudstyr, således at køkkenaffaldet kan transporteres uden risiko for spild til omgivelserne. Bilen skal være udstyret med et automatisk liftsystem til tømning af de 2-hjulede beholdere. Indkasthullet skal være afpasset, så renovationsarbejderne ikke eksponeres med støv/aerosoler i forbindelse med tønningsproceduren.

Arbejdsmiljøproblemer er kun knyttet til tømningen af de 2-hjulede beholdere. Her er det væsentligt at renovationsarbejderne overholder krav til anvendelse af korrekt udformet rullende udstyr og indsamlingsvognens liftudstyr. Endvidere skal borgerne have etableret adgangsvejen til beholderen, så renovationsarbejderne har gode arbejdsvilkår jf. gældende regler. Såfremt lastbilen er korrekt indrettet er der minimal risiko for sundhedsmæssige belastninger af renovationsarbejderne.

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

#### 5.2.4 Lastbil til transport af komposteret køkkenaffald

Der kan anvendes traditionelle slamsugere eller specialbyggede tankbiler til transport af kompost af køkkenaffald. Der er omfattende driftserfaringer i relation til denne type tankvogne.

Lastvognschassis eller anhænger udstyres med en tank og en tilhørende sugeordning for tømning og fyldning. Fyldning sker ved produktions-/opsamlingsstedet, mens tømning sker ved ankomst på slamproduktets slutdisponeringsplads. Tanken vil typisk have en volumenkapacitet på 10-20 m<sup>3</sup>.

Håndtering af komposteret køkkenaffald kan være forbundet med nogle arbejdsmiljømæssige problemer pga. svampesporer. Arbejdet bør udføres i overensstemmelse med gældende vejledninger og retningslinier.

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

#### 5.2.5 Lastbil til transport af slam fra renseanlæg

Der haves meget erfaring med transport af slam og der findes velafprøvet udstyr på markedet. Der anvendes en lastvogn påmonteret ophaler udstyr. Udstyret kan være af typen "wirelift" eller "kroglift", hvilket refererer til den måde, hvorpå containeren gribes og trækkes op på vognen. Ophaler udstyret skal have en trækcapacitet på minimum 20 tons. Containerne skal have et volumen på 20-25 m<sup>3</sup>, og skal være udstyret med to låger, der er tætsluttende dvs. at fugerne mellem container og låger er tætnet med gummilister.

Der er risiko for en sundhedsmæssig belastning af medarbejderne, ved specielt lastning og tømning, hvis de foreskrevne retningslinier for håndtering af vognenes pumpeudstyr og slanger ikke overholdes.

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.



### 5.2.6 Tankvogn til transport af rå urin

Der kan anvendes traditionelle slamsugere eller specialbyggede tankbiler til transport af urin. Der findes udstyr til transport af rå urin, og udstyret er velafprøvet. Lastbilen skal påmonteres en tank med tilhørende pumper m.m., der kan benyttes til at suge/tømme en samletank placeret i en afstand fra køretøjets standplads ved en given ejendom. Køretøjet skal endvidere være udstyret med slanger med sugespidseser samt udstyr til højtryksspuling af diverse tanke.

Tømning/ rengøring af samletanken udføres med suge-/ spuleslanger, der er udviklet til denne type opgave (standardudstyr). Mandskabet kommer ikke i direkte kontakt med urinen, hvorfor der ikke er sundhedsmæssige risici for renovationsarbejderen. Arbejdet bør udføres i henhold til gældende retningslinier bl.a. vejledning fra BAR transport og en gros: "Jeg kører slamsuger"

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

### 5.2.7 Tankvogn til transport af blandet køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam

Der findes tankvogne der kan anvendes til transporten af denne blanding. Lastbilen skal påmonteres en tank med tilhørende pumper m.m., der kan benyttes til at suge/tømme en samletank placeret i en afstand fra køretøjets standplads ved en given ejendom. Køretøjet skal endvidere være udstyret med slanger med sugespidseser samt udstyr til højtryksspuling af diverse tanke.

Tømning/ rengøring af samletanken udføres med suge-/ spuleslanger, der er udviklet til denne type opgave (standardudstyr). Mandskabet kommer ikke i direkte kontakt med blandingen, hvorfor der ikke er sundhedsmæssige risici for renovationsarbejderen. Arbejdet bør udføres i henhold til gældende retningslinier bl.a. vejledning fra BAR transport og en gros: "Jeg kører slamsuger"

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

Der er ikke fundet afrapporterede erfaringer med transport af denne blanding. Oftest vil der ske en adskilt opsamling og transport af køkkenaffaldet og spildevandet.

### 5.2.8 Tankvogn til transport af septisk slam

Transport af septisk slam er velkendt og afprøvet. Normalt anvendes en slamsuger eller en slamsuger med en afvandingseenhed. Lastbilen skal påmonteres en tank med tilhørende pumper m.m., der kan benyttes til at suge/tømme en samletank placeret i en afstand køretøjets standplads ved en

given ejendom. Køretøjet skal endvidere være udstyret med slanger med sugespidser samt udstyr til højtryksspuling af diverse tanke.

Der er risiko for sundhedsmæssig belastning af medarbejderne, hvis de foreskrevne retningslinier for håndtering af vognenes pumpeudstyr og slanger ikke overholdes. Arbejdet bør udføres i henhold til gældende retningslinier.

Lovgivning:

- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

Der er gode driftserfaringer i relation til denne tankvogns (slamsugervogn) håndtering af råslam fra samle-/ bundfældningstanke.

### 5.2.9 Tankvogn til transport af vådkompost eller slam fra biogasanlæg

Der kan anvendes traditionelle slamsugere eller specialbyggede tankbiler til transport af vådkompost eller slam fra biogas. Der er omfattende driftserfaringer i relation til denne type tankvogne.

Lastvognschassis eller anhænger udstyres med en tank og en tilhørende sugeordning for tømning og fyldning. Fyldning sker ved produktions-/opsamlingsstedet, mens tømning sker ved ankomst på slamproduktets slutdisponeringsplads. Tanken vil typisk have en volumenkapacitet på 10-20 m<sup>3</sup>.

Der er risiko for en sundhedsmæssig belastning af medarbejderne, hvis de foreskrevne retningslinier for håndtering af vognenes tømningsudstyr ikke overholdes. Ved transport af behandlet materiale er der kun begrænsede hygiejniske risici, da materialet oftest må betragtes som hygiejniseret.

Væsentligste fejlmulighed er, at der under transporten sker ulykker, så tankvognen vælter med indhold

Lovgivning, der har relation til transporten af slam:

- Bekendtgørelse nr. 784 af Lov om arbejdsmiljø, dateret den 11. oktober 1999
- Bekendtgørelse nr. 561 af 24. juni 1994 om Indretning af tekniske hjælpemidler
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods nr. 729 af 15. august 2001.

## 5.3 Behandling

### 5.3.1 Pileanlæg

Der findes retningslinier fra Miljøstyrelsen om etablering og drift af pileanlæg for almindeligt husspildevand (Gregersen et al., 2003). Der haves nogen erfaring med metoden, men der arbejdes stadig med at udvikle og optimere metoden på basis af de erfaringer der haves fra de mere end 100 pileanlæg der siden 1996 er etableret i Danmark. Anlæggene i Danmark behandler fortrinsvis almindeligt husspildevand.

Et pileanlæg til behandling af enten grävand eller grävand og fæces kan ikke umiddelbart etableres efter de givne retningslinier til etablering af pileanlæg, da spildevandet har en anden karakter end almindeligt husspildevand. Der må derfor i de enkelte tilfælde udføres en dimensionering, der svarer til spildevandets sammensætning. Anlægget skal beplantes med kloner, der er forædlet, så de kan tolerere spildevand.

Hvorvidt der i det enkelte tilfælde kan etableres et pileanlæg til rensning af grävand vil bl.a. afhænge af boligtypen og grundstørrelsen, da der skal være plads til anlægget. Arealkravet er forskelligt fra område til område og varierer i Danmark mellem 124 og 292 m<sup>2</sup> til 100 m<sup>3</sup> spildevand/år. Se Gregersen et al., (2003) for arealkrav i forskellige områder.

Der er afstandskrav for anlægget i forhold til vandindvindingsanlæg. Der gælder følgende afstandskrav:

- 50 meter til vandindvindingsanlæg, der forsyner mindst ti husstande
- 30 meter til vandindvindingsanlæg, der forsyner mindre end ti husstande
- 15 til vandindvindingsanlæg, der forsyner en husstand

(Gregersen et al., 2003)

Udover de lovmæssige afstandskrav er der nogle praktiske afstandskrav i forhold til anlæggelsen. Anlægget må ikke placeres i skygge. Der bør være en afstand til bygninger og lignende på over fem meter. Der skal være plads til vedligeholdelse, og anlægget skal placeres, så det kan tømmes med slamsuger. (Gregersen et al., 2003)

For et pileanlæg, der kun skal behandle grävand kan det blive nødvendigt at tilsætte gødning de første år.

I Hjortshøj ved Århus er der etableret et pileanlæg til behandling af grävandet. En sammenligning af fordampningen fra dette anlæg med fordampningen fra andre anlæg viser at fordampningen er betydeligt lavere i anlægget, der kun behandler grävand. Årsagen til dette kan dels være planternes alder, men også tilgangen til spildevand og næringsstoffer (Stubsgaard, 2001). Der er ikke fundet referencer til pileanlæg, der behandler en blanding af grävand og fæces.

Driften af et pileanlæg indebærer, at der skal være kontrol og pasning af plantevæksten. Kontrol og eventuel reparation af mekaniske dele, samt spuling af fordelerrør. Der er ingen af disse forhold der kræver specielle arbejdsmiljømæssige hensyn. Arbejdet er reguleret efter bekendtgørelsen om kloakarbejde.

Derudover vil der være en årlig tømning af bundfældningstanken. Denne tømning udføres med slamsuger, og dette arbejde er reguleret efter de gældende regler og vejledninger for slamsugerkørsel. Endelig vil der ca. hvert 10. år være behov for tømning af anlægget for vand, for derved at fjerne en del af de ophobede salte i anlægget. Denne skal som tømningen af bundfældningstanken udføres af fagfolk, hvorfor der ikke bør være arbejdsmiljømæssige problemer forbundet med dette.

Der er et energiforbrug til pumpning af vand. Pumpen bør ved normal belastning starte mindst to gange i døgnet. Pumpens størrelse og dimension

på trykledning skal beregnes for de aktuelle vandstrømme og længder. Energiforbruget til pumpning er ifølge *Stubsgaard* (2001) 10 kWh/år.

Endvidere medgår energi til beskæring, opsamling og transport af de årligt høstede pileskud. Derudover er der et energiforbrug i forbindelse med tømning og behandling af slam fra bundfældningstanken.

Pil kan blive angrebet af sygdom. Konsekvensen af dette kan dog minimeres hvis anlægget beplantes med forskellige kloner. Herved vil de ikke sygdomsramte kloner kunne "dække" indtil der kan efterplantes. En eventuel sygdom vil påvirke anlæggets fordampningsevne. Ekstrem nedbør og kulde kan begrænse fordampningen og forårsage oversvømmelser under en lang vinter uden fordampning. Der kan opstå kvælstofmangel i anlæg, der kun behandler gråt spildevand.

Følgende danske lovgivning har relation til pileanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 og ændring af denne ved bekendtgørelse 693 af 7. juli 2000.

Ud over lovgivning har følgende også relation til pileanlæg:

- Bygningsreglement, BR 95
- Bygningsreglement for småhuse 1998
- DS 432 Norm for afløbsinstallationer
- DS 436 Norm for dræning af bygværker
- DS 440 Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning
- Vejledning nr. 9563 af 16. oktober 2002. Vejledning om landzoneadministration af planlovens § 34-38.
- Vejledning nr. 5, 1999, om spildevandstilladelser efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.
- Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 25 2003. Retningslinier for etablering af pileanlæg op til 30 PE

### 5.3.2 Nedsivningsanlæg

Der findes en vejledning fra Miljøstyrelsen om etablering og drift af nedsivningsanlæg (Miljøstyrelsen, 1999b). Nedsivning af gråvand er en velafprøvet teknik, idet denne metode har været almindeligt brugt på landet i over 100 år. Rent teknisk er det muligt at etablere et nedsivningsanlæg til behandling af gråvand. Det kan dog blive nødvendigt at udarbejde selvstændige retningslinier for etableringen, hvis der ønskes en god rensning, idet spildevandet har en anderledes sammensætning end almindeligt husspildevand. I et anlæg, der kun skal behandle gråt spildevand, kan længden af fordelerrørene reduceres med 40 % i forhold til anlæg til behandling af almindeligt husspildevand. Et anlæg, der skal behandle gråvand og fæces etableres i forhold til de angivne retningslinier for etableringen af nedsivningsanlæg.

Inden etableringen skal der gennemføres en kortlægning, hvor der lægges vægt på hydrogeologiske forhold, afstand til grundvandsspejl og afstand til vandindvindingsanlæg, søer, vandløb og havet. Resultaterne af denne kortlægning er afgørende for hvorvidt anlægget kan etableres.

Etablering af nedsivningsanlæg kræver, at der er areal til rådighed. Størrelsen af anlægget er dels afhængigt af antallet af personer, der afleder til anlægget og dels af jordtypen. Eksempelvis kan det nævnes at et anlæg, der skal behandle spildevand fra fem personer beliggende i et område hvor jordtypen består af sand/silt, skal have et siveareal på 45 m<sup>2</sup>. (Miljøstyrelsen, 1999b)

Undersøgelser vedrørende nedbrydningen af en række stoffer i forbindelse med nedsivning viser at især koncentrationen af LAS kan give problemer i forbindelse med nedsivningen af traditionel husspildevand. Koncentrationen af LAS kan – afhængigt af husholdningens brug af vaskemidler - være en del højere end drikkevandskravet i umiddelbar nærhed af anlægget, men allerede 20-50 meter fra anlæg vil drikkevandskravet være overholdt. (Hasling et al., )

Der er ingen specielle sundhedsmæssige risici i forbindelse med rensning/bortledning i et nedsivningsanlæg, såfremt fordelingen af vandet sker i udgående rørsystemer. Dog skal tanke, der modtager fæces overholde afstandskrav til vandindvindingsanlæg af hygiejniske hensyn.

Driften af et nedsivningsanlæg vil omfatte arbejde med kontrol og eventuel reparation af de mekaniske dele. Dette arbejde er reguleret i henhold til bekendtgørelse om kloakarbejde.

Derudover vil der være en årlig tømning af bundfældningstanken, dette arbejde er reguleret at de gældende vejledninger for arbejdet med slamsuger.

Der er eventuelt et energiforbrug til pumpning. Endvidere medgår energi til tømning og behandling af slam fra bundfældningstanken.

En overbelastning af anlægget kan medføre at anlægget stopper til og må holdes i hvile over en 2-4 ugers periode.

Følgende danske lovgivning har relation til nedsivningsanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 og ændring af denne ved bekendtgørelse 693 af 7. juli 2000.

Ud over lovgivning har følgende også relation til nedsivningsanlæg:

- Bygningsreglement, BR95
- Bygningsreglement for småhuse 1998
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer
- DS 440, Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning
- DS 455, Norm for tæthed af afløbssystem i jord
- Vejledning nr. 2, 1999, Retningslinier for etablering af nedsivningsanlæg op til 30 PE

Miljøbeskyttelsesloven: I miljøbeskyttelsesloven § 19 er der fastsat regler for meddelelser af tilladelser til nedsivning. Det er amtsrådet, der giver nedsivningstilladelser. Under særlige forudsætninger overgår kompetencen vedrørende meddelelser af tilladelser til kommunalbestyrelsen. Kommunalbestyrelsen har kompetencen ved etablering af anlæg på højst 30 PE. For at kommunalbestyrelsen kan meddele tilladelse til nedsivning skal følgende forhold være afklaret:

- Spildevandets mængde og karakter
- Hensyn til beskyttelsesområder for vandindvinding
- Nedsivningsanlæggets afstand til vandindvindingsanlæg
- Afstand til søer, vandløb og havet
- Udformningen af nedsivningsanlægget
- Afstand til højeste grundvandsspejl
- Vejledende afstandskrav til andre nedsivningsanlæg, bygninger, skel mv.

Der er generelt gode erfaringer med etablering og drift af nedsivningsanlæg for behandling af alle typer spildevand, men der haves ingen undersøgelse, der dokumenterer renseseffekten af anlæg, der alene behandler gråt spildevand eller gråvand og fæces.

### 5.3.3 Rodzoneanlæg

Rent teknisk er det muligt at etablere et rodzoneanlæg til behandling af gråvand. Vejledningen fra Miljøstyrelsen vedrørende etablering og drift af rodzoneanlæg (Miljøstyrelsen, 1999a) kan dog ikke anvendes, anlægget skal i de enkelte tilfælde specifikt dimensioneres. Ligeledes er det teknisk muligt at etablere et rodzoneanlæg til behandling af gråvand og fæces. Dog gælder det, at rodzoneanlæg bygget efter vejledning fra Miljøstyrelsen kun opfylder renseskasse O, hvis der er til ledning fra toilet.

Hvis toiletfraktionen opsamles og kun det grå spildevand tilføres rodzoneanlægget opnås en samlet reduktion af fosfor på 90 %. For organisk stof fjernes 42 % med toiletspildevandet og antages en 90 % reduktion af det grå spildevand bør renseskasse SOP kunne overholdes

Retningslinierne for etablering af et rodzoneanlæg angiver, at et anlæg, der skal behandle spildevand fra fem personer kræver et areal på 25 m<sup>2</sup>, og anlægget skal være mindst 10 meter langt. Rodzonearealet vil kunne reduceres med 30 %, når der kun til ledes gråt spildevand.

Der er nogle praktiske krav i forbindelse med etableringen. De vigtigste af disse er, at anlægget ikke bør placeres i skygge, at der kræves en højdeforskel mellem indløb og udløb på ca. 0,7 meter hvis anlægget etableres uden pumpe, og at der skal være en recipient, der kan modtage det rensede spildevand fra anlægget.  
(Miljøstyrelsen, 1999a)

I tilfælde af at der etableres et anlæg, der kun skal modtage gråt spildevand kan der opstå behov for at gøde.

Der er fundet en svensk reference til et rodzoneanlæg, der behandler både gråvand og fæces. Et sådan anlæg er etableret i en boligblok med 18 lejligheder i Norrköping. Driftserfaringerne herfra er ret dårlige. En del af den dårlige drift kan formodentlig tilskrives, at anlægget er underdimensioneret.  
(Dyck-Madsen et al., 1999)

Der arbejdes i Danmark i øjeblikket med at forbedre rodzoneanlæg/grønne anlæg for rensning af almindeligt husspildevand.

Der er ingen specielle sundhedsmæssige forhold, der gør sig gældende i forhold til rensning af gråt spildevand i et rodzoneanlæg.

Driften af et rodzoneanlæg indebærer, at der skal være kontrol og pasning af plantevæksten. Kontrol og eventuel reparation af mekaniske dele, samt en eventuel spuling af indløbs- og udløbsrør. Der er ingen af disse forhold der kræver specielle arbejdsmiljømæssige hensyn, og arbejdet er reguleret i henhold til kloakbekendtgørelsen.

Derudover vil der være en årlig tømning af bundfældningstanken. Arbejdsmiljømæssige aspekter forbundet med dette reguleres i henhold til gældende regler for kørsel og transport med slamsuger.

Eventuelt et energiforbrug til pumpning. Pumpens størrelse og dimension på trykledning skal beregnes for de aktuelle vandstrømme og længder. Endvidere medgår energi til tømning og behandling af slam fra bundfældningstanken.

Eventuelle problemer i forbindelse med anlægget kan være at anlægget stopper til.

Følgende danske lovgivning har relation til rodzoneanlæg:

- Lov om betalingsregler for spildevandsanlæg m.v., jf. lovbekendtgørelse nr. 716 af 23. juni 2001.
- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Lovbekendtgørelse nr. 636 af 21. august 1998 om lov om afgift af spildevand
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 og ændring af denne ved bekendtgørelse 693 af 7. juli 2000.

Ud over lovgivning har følgende også relation til rodzoneanlæg:

- Bygningsreglement, BR95
- Bygningsreglement for småhuse 1998
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer
- DS 440, Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning
- Vejledning nr. 1, 1999, Retningslinier for etablering af rodzoneanlæg op til 30 PE

#### 5.3.4 Renseanlæg MBNDK

Renseanlæg til behandling af gråt spildevand, urin og fæces med fuld rensning for organisk stof, kvælstof og fosfor er identisk med en lang række kommunale rensesanlæg, der er etableret og været i drift i Danmark i en lang årrække. Der er udviklet en række biologisk/kemiske rensemetoder, som giver en optimal og vidtgående rensning af dette spildevand. De vigtigste processer i anlæggene er mekanisk fjernelse (M), iltning så organisk stof fjernes biologisk (B), næringssaltjernelse i form af nitrifikation (N) og denitrifikation (D) for fjernelse af kvælstof samt kemisk fældning af fosfor (K).

Der vil ikke være væsentlige tekniske problemer ved etablering af MBNDK rensesanlæg til fæces og gråt spildevand. I forhold til almindeligt husspildevand vil specielt indholdet af opløst kvælstof (ammonium) være mindre i denne form for spildevand. Dette forventes dog ikke at give betydende rensetekniske problemer på rensesanlæggene.

Anlægsomt vil renseanlæg til behandling af hhv. gråvand, gråvand og fæces eller gråvand, fæces og urin ikke adskille sig meget fra hinanden. Den mindre kvælstofmængde i hhv. gråvand og en blanding af gråvand og fæces vil dog give et mindre behov for ilttilførsel i anlæg, der skal behandle disse spildevandsstrømme, hvilket har betydning for dimensionering og drift af beluftningsudstyret.

Der er ingen erfaringer med fuld rensning af gråt spildevand alene, dvs. biologisk/kemisk rensning for organisk stof, kvælstof og fosfor, men principielt vil de samme rensemetoder, der anvendes på kommunale renseanlæg kunne bruges. Dog kan det høje  $BI_5/N$  forhold i det grå spildevand (20-40 mod 3-6 i husspildevand) betyde, at de biologiske processer vil blive begrænset af mangel på kvælstof. Det kan således være nødvendigt med tilsætning af eksternt kvælstof.

For anlæg, der behandler spildevand indeholdende fæces og urin er der risiko for smittespredning pga. spildevandets indhold af patogener. Risikoen er størst i de indledende mekaniske rensetrin, såsom riste- og sand-/fedtfang samt i forbindelse med slamhåndtering. Der er dog efterhånden udviklet gode lukkede systemer for håndtering af bl.a. ristestof og slam, som gør at direkte kontakt undgås. Desuden er der på de fleste kommunale renseanlæg etableret velfungerende udsugningsanlæg. Der er ingen specielle sundhedsmæssige forhold, der gør sig gældende i forhold til rensning af gråt spildevand i et MBNDK renseanlæg.

Det største energiforbrug i et MBNDK renseanlæg er i forbindelse med den biologiske omsætning af organisk stof og kvælstof, som kræver ilttilførsel via beluftning. Desuden er der et energiforbrug til slamhåndtering, pumpning og omrøring af diverse tankanlæg.

I et anlæg, der behandler gråvand, fæces og urin er det samlede energiforbrug på ca. 40-60 kWh pr. person ækvivalent pr. år, hvor en person bidrager med ca. 60 g  $BI_5$ /dag (ca. 22 kg  $BI_5$ /år). Da indholdet af ammonium vil være lavere i spildevand, der ikke indeholder urin vil iltbehovet og dermed den nødvendige luftindblæsning være lavere i anlæg, der behandler spildevand uden urin. Det samlede energiforbrug i anlæg der behandler enten gråvand eller fæces og gråvand skønnes derfor til ca. 35-50 kWh per person ækvivalent per år, hvor en person bidrager med ca. 60 g  $BI_5$ /dag (ca. 22 kg  $BI_5$ /år).

Drift af et MBNDK renseanlæg vil uafhængig af spildevandstype kræve en specialviden vedrørende såvel procesteknik som almindelig viden om mekaniske og elektriske anlægsdele. Anlægget vil typisk være automatiseret med et relativt stort instrumenteringsbehov.

Driften af anlægget skal således udføres af fagfolk, således at væsentlige arbejdsmiljømæssige problemer undgås. Driftsledere på renseanlæg skal i henhold til Bekendtgørelse nr. 533 af 20/6 1992 have driftsledereksamen.

Et MBNDK renseanlæg er et relativt kompliceret anlæg at drive med de deraf følgende risici for fejldrif. Der er dog i de fleste kommuner god driftserfaring, hvorfor risici for fejl er relativt lille. Anlægget vil typisk være forsynet med automatisk fejlmelding af de mest kritiske driftsfunktioner, således at en hurtig indsat er mulig.



Anlægsomkostninger er en funktion af belastningen opgivet som PE-belastning. Da specielt belastningen af opløst kvælstof i fæces og gråt spildevand er lavere end almindeligt husspildevand vil omkostningerne i forbindelse med etablering af et MBNDK renseanlæg for fæces og gråt spildevand dog være lavere. Skønsmæssigt vil anlægsomkostningen være 10-20 % lavere pr. person. Det samme gør sig gældende for anlæg, der kun skal behandle gråvand. Skønsmæssigt vil anlægsomkostningen for et sådan anlæg være 30-50 % lavere pr. person.

Følgende danske lovgivning har relation til renseanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 og ændring af denne ved bekendtgørelse 693 af 7. juli 2000.
- Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål (slambekendtgørelsen)
- Bekendtgørelse nr. 473 af 7. oktober 1983 om kloakarbejde mv.

Da MBNDK renseanlæg til behandling af gråt spildevand, urin og fæces er identisk med en lang række kommunale renseanlæg, er der et stort erfaringsgrundlag til såvel etablering og drift af disse renseanlæg. Der er ikke erfaringer med store anlæg, der kun behandler gråvand eller gråvand og fæces.

### 5.3.5 Slammineraliseringsanlæg til behandling af septisk slam

Slammineralisering har været brugt i mere end 10 år i Danmark. Mineralisering har udelukkende været brugt til efterbehandling og opbevaring af slam fra renseanlæg, hvor slammet i forvejen har gennemgået hel eller delvis stabilisering i anaerobe eller aerobe procestanke. Teknisk set er det en velafprøvet teknologi med rimeligt gode erfaringer.

Udbringning af slam fra bundfældningstanke på slammineraliseringsanlæg uden en forudgående behandling kan ikke umiddelbart anbefales, da det er teknisk problematisk pga. konsistensen, det er uæstetisk, og kan give anledning til lugtproblemer og være forbundet med en vis sundhedsrisiko. Sammensætningen af slam uden urin vil endvidere afvige fra almindeligt slam, hvorfor omfang og hastighed af mineraliseringen kan påvirkes.

Der er ingen erfaringer med tilførsel af septisk slam alene direkte på slammineraliseringsanlæg, men processen forventes at forløbe svarer til de slambede, der tidligere blev anvendt. Der var store lugtgener fra sådanne slambede. Det septiske slam bør derfor behandles på et større renseanlæg, inden den samlede slammængde viderebehandles på et slammineraliseringsanlæg.

Der er risiko for smittespredning i forbindelse med behandling af slam af gråvand og fæces pga. spildevand indeholdende fæces på overfladen af slammineraliseringsanlægget.

Driften af et slammineraliseringsanlæg indebærer, at der skal være kontrol med og pasning af plantevæksten, kontrol og eventuel reparation af mekaniske dele samt spuling af fordelerrør. Der er ingen af disse forhold, der kræver specielle arbejdsmiljømæssige hensyn, såfremt spildevandsfordelingen sker

under jorden. Arbejdet på anlægget er reguleret i henhold til kloakbekendtgørelsen.

Derudover vil der ca. hvert 10. år være en tømning af anlægget. Denne udføres af fagfolk og arbejdet med dette er ligeledes reguleret af kloakbekendtgørelsen.

Der er eventuelt et energiforbrug til pumpning. Pumpens størrelse og dimension på trykledning skal beregnes for de aktuelle vandstrømme og længder. Endvidere medgår energi til tømning og bortkørsel af slam fra slammineraliseringsanlægget.

Følgende danske lovgivning har relation til slammineraliseringsanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 og ændring af denne ved bekendtgørelse 693 af 7. juli 2000.
- Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål (slambekendtgørelsen)

### 5.3.6 Lokal kompostering af køkkenaffald

Kompostering af køkkenaffald er en velafprøvet og godt beskrevet teknologi. Hjemmekompostering af organisk køkkenaffald dvs. både den animalske og vegetabiliske del af dagrenovation bør udføres i en foret kompostbeholder, der er sikret imod skadedyrs adgang til affaldet. Føringen skal sikre at temperaturen i en periode holdes på et niveau omkring 50-70 °C, så komposten hygiejniseres samtidig med, at den biologiske nedbrydning sker hurtigt. Kan denne temperatur ikke holdes skal komposten langtidslagres eller hygiejniseres på anden måde.

Beholderen bør have et volumen, der svarer til mindst 3 måneders affaldsproduktion samt strukturmiddel i form af flis eller savsmuld (ca. 200 l. pr. person). Når komposteringsperioden er udløbet tømmes beholderen, så en ny portion kan igangsættes. Køkkenaffald kan med fordel komposteres sammen med haveaffald, men dette kræver en større beholder eller hyppigere tømninger.

Løsningen beslaglægger ca. 2 m<sup>2</sup> på grunden, fordelt med ca. 1 m<sup>2</sup> til kompostbeholderen og ca. 1 m<sup>2</sup> til eftermodningspladsen.

Hjemmekompostering af køkkenaffald af animalsk oprindelse medfører en ikke uvæsentlig risiko for at slutproduktet indeholder patogene mikroorganismer. Det skyldes både risikoen for vækst af mikroorganismer der er til stede i køkkenaffaldet og problemer med rotter og mus, der tiltrækkes af kødrester mv. Derudover kan der i forbindelse med komposteringen dannes svampesporer. Der vil derfor være sundhedsmæssige risici i forbindelse med håndteringen af produktet efter komposteringen hvis der er tilsat animalske restprodukter.

Borgerne skal sortere korrekt, og skal sørge for at fordre kompostbeholderen på den rigtige måde, så der kan opnås en god omsætning af affaldet. Dette

fordrer også, at borgeren tilser beholderen og eventuelt rører rundt eller tilsætter hjælpestoffer i form af f.eks. flis og vand.

Der spares energi (angivet som et negativt energiforbrug) ved denne løsning sammenlignet med den normale håndteringsprocedure (indsamling via dagrenovationsordningen), idet der ikke bruges diesel mv. til transport af det affald, der forbliver på grunden. Der er dog andre affaldstyper, der fortsat skal indsamles fra boligen/grunden.

Væsentlige fejlmuligheder er, at de anvendte råmaterialer har så dårlig kvalitet, at komposten må kasseres til forbrænding eller deponi. Derfor er det afgørende at borgerne bibringes så god vejledning som mulig, så fejlsorteringer kan holdes på et minimum. Endvidere har der vist sig visse vanskeligheder med at holde gejsten oppe hos borgerne, der i visse områder falder fra, da processen måske ikke kan holdes i gang eller at processen tager for megen tid. Desuden skal der arbejdes aktivt med ikke-deltagende husstandes bevidsthed omkring hjemmekomposteringens muligheder, så disse husstande selv vil vælge at hjemmekompostere. Det er i dag ikke muligt at tvinge folk til hjemmekompostering.

Lovgivning med relation til lokalkompostering af organisk affald:

- Bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000 om affald, med senere ændringer.
- Bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003, om anvendelse af affald til jordbrugsforbedring (Slambekendtgørelsen),
- De kommunale affaldsregulativer

### 5.3.7 Lokal kompostering af køkkenaffald og fæces

Der haves lang erfaring med forsøg med kompostering af fæces og forskellige tilsætningsstoffer i muldtoiletter mv., men der findes ingen færdig afprøvede løsninger til lokalkompostering af fæces og køkkenaffald.

Det biologiske toilet omfatter en kompostbeholder, hvori fæces fra et urinseparerende toilet oplagres med henblik på formuldning. Løsningen beslaglægger under 1 m<sup>2</sup> på grunden, idet kompostbeholderen typisk vil være placeret i bygningens kælderetage. I kælderetagen benyttes et areal på 4-10 m<sup>2</sup> incl. adgangsforhold.

Køkkenaffaldet skal sorteres korrekt for at undgå eftersortering ved sigtning og dermed støvspredning af svampesporer og kompost. Køkkenaffaldet skal neddeles til en passende partikelstørrelse for at sikre så god og hurtig en nedbrydning af det organiske materiale som mulig.

Erfaringer med etablering og drift af løsningen viser, at der kræves meget plads i bygningen for at toilettet kan etableres. Driften skal følges tæt for at sikre at nedbrydningen sker i rimeligt omfang og at der ikke opstår gener i form af lugt og fluer.

Indkastning af køkkenaffald sker gennem en lem, der giver direkte adgang til komposteringskammeret. Der er således risiko for direkte eksponering af støv/aerosoler med indhold af endotoxiner eller svampesporer mv., der kan give diarré-lignende symptomer og risiko for allergi. Tilsvarende risiko er der ved kompostbeholderens indretning i relation til udtagning af færdig kompost/rensning af komposteringskammeret.

Endelig er der risiko for, at komposten ikke er færdigbehandlet dvs. at der fortsat er uomsat/ ikke nedbrudt materiale i komposten. Dette samt en manglende sikring af en høj procestemperatur giver risiko for at smitstoffer fra fækalierne kan overføres til mennesker, når spredning af komposten udføres.

Efterkompostering er nødvendig i særskilt kammer eller beholder, hvilket kan give gener i forbindelse med omlastningen.

Der skal bruges strøm til drift af kompostbeholderen og den tilhørende ventilationsenhed. Til gengæld reduceres energiforbruget til transport af køkkenaffaldet, idet dette forbliver på ejendommen i stedet for den normale transport til forbrændingsanlæg. Samlet set vurderes energiforbruget reduceret i forhold til tidligere.

Fejlmuligheder ved løsningen omfatter: Forkert sortering af køkkenaffaldet hvilket kan medføre at den producerede kompost ikke kan anvendes, manglende rengøring og vedligeholdelse af kompostbeholderen hvilket kan medføre f.eks. indtrængen af rotter i systemet samt manglede komposteringsproces i beholderen hvilket vil betyde at det ophobede affald skal transporteres til forbrænding eller anden behandling.

Det er en klar forudsætning at brugeren opfatter komposteringen som en væsentlig del af husets drift, hvilket medfører, at der udføres en løbende opfølgning på komposteringsprocessen.

Lovgivning, der har relation til komposteringen er:

- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser, med senere ændringer.
- Bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003, om anvendelse af affald til jordbrugsforbedring (Slambekendtgørelsen)

Derudover har følgende også relation til kompostering:

- Bygningsreglementet.
- DS 432, Norm for afløbsinstallationer (2000)

### 5.3.8 Central kompostering af køkkenaffald

Der findes velafprøvede og udviklede tekniske metoder til kompostering af organisk køkkenaffald. Kapaciteten af et centralt komposteringsanlæg kan variere meget. Der er eksempler på anlægsstørrelser fra 1.200 til 200.000 tons/år. Komposteringsanlægget omfatter følgende elementer: et modtageområde hvor affaldet vejes/ registreres, en aflæsningsplads, en forbehandlingsplads, et procesanlæg, en eftermodningsplads samt en kombineret sigte-/ lagerplads. Afhængigt af det konkrete koncept kan arealet til aflæsning, forbehandling, proces og lager være placeret under tag. Denne løsning vælges ofte for at sikre mod nedsivning af procesvand til undergrunden samt til bedre styring af lugtemission og vandingsbehov.

Håndtering af køkkenaffald kan ske hygiejnisk ved transport i poser. På komposteringsanlæggene foregår håndteringen ved automatisk poseopsprætning og frasortering af reject sker i hal med lukket port og god ventilation. Personale skal ved servicering benytte åndedrætsværn. Komposteringen kan ske i lukkede systemer. Ventilationsluft lugter og er forurennet med mikroorganismer og bør behandles før afkast.

Ammoniakfordampningen kan genvindes i et skrubberanlæg og lugt kan fjernes med et biofilter eller bedre med et regenerativt forbrændingsanlæg. Den færdige kompost udbringes med spreder.

Til sikring af en sikker beluftning og vanding af den rå kompost vil der være tilknyttet et beluftnings- og vandingsanlæg. Beluftningsanlæg, der er baseret på aktiv sugning eller blæsning af luft gennem biomassen vil være kombineret med et biofilter, der skal sikre at afgangsluften fra komposteringsanlægget ikke overskrider de grænseværdier, der er sat for anlægget. Det er ikke ualmindeligt at køkkenaffaldet tilsættes et strukturmiddel i form af flis, halm eller lignende for at sikre en tilstrækkelig porøsitet af biomassen (volumenforholdet ca. 2 køkkenaffald: ca. 1 strukturmiddel).

Løsningen er teknisk realiserbar (mange koncepter findes på markedet), og det bør også være muligt at opbygge et marked for den frembragte kompost. Erfaringerne med etablering og drift af centrale komposteringsanlæg viser at det kan være svært at få borgerne til at sortere korrekt og at det kan være svært at få processen til at forløbe tilfredsstillende pga. et højt saltindhold i tilberedte madrester.

Det centrale komposteringsanlæg vil kunne modtage køkkenaffald fra haveboligområder såvel som fra etageboligområder. Erfaringerne viser, at det bedste råmateriale kommer fra haveboligområder.

Afhængigt af det konkrete anlægskoncept kan størrelsen af et komposteringsanlæg variere fra 10.000 m<sup>2</sup> til 700.000 m<sup>2</sup>. Med denne størrelse er det afgørende at komposteringsanlægget placeres i stor afstand fra beboede områder.

Der er risiko for indtagelse af patogener i forbindelse med aflæsning, forbehandling, kompostering og eftermodning af komposten. Dette søges i videst mulig omfang modvirket ved mekanisk/ automatiseret håndtering af komposten samt ved minimering af mandskabets opholdstid i de kritiske zoner. Der er ingen manuelle løft.

Det skal sikres at borgerne udfører en grundig sortering af affaldet jf. udleverede sorteringsvejledninger, idet det er meget vanskeligt at fjerne uønskede materialer fra det blandede affald. Der er dog initiativer i gang for at finde tekniske løsninger til fjernelse af uønsket materiale.

Fejlmulighederne ved den centrale komposteringsløsning er, at det ikke lykkes at fremskaffe et tilstrækkeligt godt råmateriale, hvilket kan medføre at komposteringsprocessen ikke kan forløbe uden en række tilsætningsstoffer herunder f.eks. landbrugskalk.

Lovgivning i relation til komposteringsanlæg er:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 784 af Lov om arbejdsmiljø, dateret den 11. oktober 1999

### 5.3.9 Aerob vådkompostering af blandet køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam fra gråvand

Metoden er afprøvet på anlæg fra gårdstørrelse til mindre landsbysamfund uden offentlig kloakering. Processen kan let blive ustabil således at andelen af uomsat stof stiger i restproduktet. Slutproduktet kan være en glimrende kompost, som dog kan være vanskelig at afsætte på dyrkningsarealer.

Etablering af et vådkomposteringsanlæg til omkring 50 personer vil normalt kræve et areal på 5.000 - 10.000 m<sup>2</sup>, hvoraf det største areal går til udenomsplads, modtagefaciliteter m.v., mens selve vådkompostanlægget fylder ca. 400 m<sup>2</sup>.

Håndtering af urin, fæces og bundfældningstank slam sker efter aflæsning fra slamsuger i lukkede beholdere og rør. Slamsuger kan spules med desinficerende væske før den forlader aflæsepladsen.

Der er ikke danske erfaringer med etablering og drift af vådkomposteringsanlæg. Der er etableret omkring 5 anlæg i Norge og enkelte i Sverige, hvor behovet for jordforbedring med kompost er større end i Danmark. Blandt andet er der under et EU LIFE-projekt opført et anlæg i Sund i Sverige. Dette anlæg behandler en blanding af sortvand og madaffald. Driftserfaringerne herfra er udmærkede om end, der dog har været en del tekniske problemer og problemer med skumdannelse. (Målmen og Palm, 2003). Erfaringerne fra Norge viser en forholdsvis stabil proces når den kører, men også her er der væsentlige tekniske problemer, bl.a. forårsaget af utilsigtede materialer i det affald der skal behandles.

Selve komposteringsprocessen giver ikke fuld sikkerhed for hygiejnisering (smitstoffreduktion) da procestemperaturen kun er 50-55°C. Ved en procestemperatur på 52 °C skal der være en holdetid på mindst 10 timer i reaktoren og den hydrauliske opholdstid skal være mindst 7 døgn, for at materialet kan karakteriseres som hygiejniseret. En bedre hygiejnisering kan sikres ved at opbevare materialet ved 70°C i min. 1 time svarende til kontrolleret hygiejnisering.

Anlæg bør placeres i land- eller skovområder.

Vådkompostering er en energiforbrugende beluftsprocess, der benytter ca. 30 -200 kWh pr person pr. år ved behandling af køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam. Det store interval skyldes at mængden af vand i materialet er meget afgørende for energiforbruget. Stort vandindhold giver stort energiforbrug. Materialet må dog ikke være for tørt da dette vil besværliggøre pumpning og omrøring af materialet.

Tilførsel af køkkenaffald til vådkomposteringsanlæg indebærer en driftsøkonomisk risiko, da processen er relativt uprøvet og afhænger af hvor godt borgerne er oplyst og tilvænnet en omhyggelig kildesortering. Er der meget plast i kan det være vanskeligt at afsætte slutproduktet på landbrugsjord. Det er afgørende at der er et marked for aftag af den producerede kompost.

Økonomien for vådkomposteringsanlæg er ukendt under danske forhold, men vil antagelig være som for den tørre biogasforgasningsproces.

### 5.3.10 Bioforgasning af blandet køkkenaffald, urin og fæces og evt. septisk slam fra gråvand

Human urin og fæces tilføres ikke biogasanlæg i dag, men ville principielt kunne omsættes. Grå bundfældningstankslam kan omsættes procesmæssigt; men kan indeholde forurening af miljøfremmede stoffer som gør, at bundfældningstank slam fortrinsvis bør tilføres biogasreaktorer i forbindelse med spildevandsrensning.

Håndtering af urin og fæces og bundfældningstank slam sker efter aflæsning fra slamsuger i lukkede beholdere og rør. Slamsuger spules med hygiejniserende væske før den forlader aflæssepladsen.

Hvis det findes hensigtsmæssigt på biogasanlægget kan urin og fæces og evt. køkkenaffaldet hygiejniseres ved opvarmning til 70°C i min. 1 time, inden materialet blandes med de øvrige materialer.

Håndtering af køkkenaffald kan ske ved transport i poser. På biogasanlæggene sker håndteringen med automatisk poseopsprætning og frasortering af reject sker i hal med lukket port og god ventilation. Personale skal ved lejlighedsvis servicering benytte åndedrætsværn. Reject tilføres container, der køres til affaldsforbrænding. Efter tilsætning til forbeholder, sker håndtering i lukkede beholdere og rør.

Metoden er velegnet ved tilførsel af 1000 - 20.000 tons husholdningsaffald pr. år indsamlet i mindre byer. Et biogasfællesanlæg optager typisk et areal på 5.000-10.000 m<sup>2</sup>, og der vil normalt inden for denne plads være plads til etablering af anlæg til at modtage kildesorteret organisk affald mv. Hvis ikke kan sorteringsanlæg placeres særskilt. Anlæg bør placeres udenfor byområder.

Etablering af et nyt biogasfællesanlæg tager normalt 3-4 år inkl. planlægning, mens etablering af modtagefacilitet for køkken og andet affald vil kunne etableres indenfor ca. 1 år.

Kildesorteret køkkenaffald tilføres nogle biogasfællesanlæg og bidrager positivt til gasudbyttet. Der er dog driftsproblemer relateret til frasortering af reject som normalt sker over en tromlesigte, en rullensigte eller en dewaster (presse), der tilbageholder plasticposer og en del af tørstoffet typisk 15-45 %.

De bedste erfaringer haves med indsamling i papirposer og en findeling af materialet, hvor papirposerne går med i anlægget. Dette giver kun 3 % reject. Der er forsøg i gang i Danmark for en bedre og mere sikker forsoring af køkkenaffaldet (SOLUM Gruppens projekt ved Audebo losseplads)

Tilførsel af køkkenaffald på biogasanlæg indebærer en driftsøkonomisk risiko, som afhænger meget af hvor godt borgerne er oplyst og tilvænnet en omhyggelig kildesortering. Er der meget plast i materialet kan det være vanskeligt at afsætte slutproduktet på landbrugsjord.

Hvis der tilføres køkkenaffald til et biogasanlæg skal slutproduktet ifølge EU forordning 1774 /2002 betragtes som kategori 3, der skal neddeles og forhygiejniseres ved 70°C i min. 1 time.

I Danmark findes mange velfungerende biogasfællesanlæg som modtager kvæg- og svinegylle sammen med op til 25 % (målt på tørstof) andet affald typisk fra fødevarerindustri og slam fra rensning.

Der er fundet reference for et pilotprojekt i Tyskland, hvor der for nylig er udført et anlæg for en bioforgasning af en blanding af køkkenaffald, urin og fæces. (Panesar og Lange (eco-sanitation session I)) [www.forum-vauben.de/wa](http://www.forum-vauben.de/wa) indeholder informationer om projektet. Der er endnu ikke rapporteret om resultater fra dette anlæg, ligesom der endnu ikke haves bearbejdede resultater fra Flintenbrite, hvor det er planen at bioforgasse fæces og organisk køkkenaffald.

## 5.4 Lager/Opbevaring

### 5.4.1 Lagertank til rå urin

Lagring af urin er umiddelbart at sammenligne med opbevaring af ajle, hvilket er en velkendt teknologi. Urintanken er i sin opbygning at sammenligne med en lukket gylletank, hvor taget skal forhindre ukontrolleret afdampning af ammoniak til omgivelserne. Kapaciteten kan tilpasses det reelle behov, der omfatter antallet af samletanke etableret i oplandet. Fyldning af tanken sker ved hjælp af spulevognens pumpeystem, mens tømning af tanken sker via en stationær pumpe.

En lagertank med en kapacitet svarende til 500 husstande vil kunne være i en beholder med en diameter på 20 m (gennemsnitligt 2,25 personer/ husstand). Dertil skal lægges et manøvreareal på 40 m<sup>2</sup>.

Ved lagring af urin opnås en væsentlig reduktion af indholdet af bakterielle smitstoffer i urinen. Såfremt der er benyttet vandfri opsamling er reduktionen større end ellers og der er kun risiko for parasitter efter en lagring på 6 måneder. Smitstofreduktionen skyldes primært den høje pH-værdi i den vandfri væske, så en tilsvarende reduktion kan opnås ved pH-justering i beholdere med urin fra vandskylende klosetter.

Der haves kun meget få konkrete erfaringer med etablering og drift af store lagertanke til langtidsopbevaring af human urin i Danmark, men erfaringerne i Sverige/ Norge viser, at der ikke er problemer med denne type teknik.

Fyldning af lagertanken sker ved hjælp af spulevognens pumpeudstyr. Der er således ikke problemer med denne håndtering, hvis mandskabet benytter de foreskrevne procedurer for denne type arbejde (Arbejds miljøvejviser 42 og AT-Anvisning nr. 2.6.1.1). Tømning af lagertanken vil ligeledes ske med et stationært pumpeystem, som kobles til det køretøj, der skal sprede urinen på landbrugsjord. Derfor bør der heller ikke være hygiejniske problemer med denne håndtering, hvis mandskabet benytter de foreskrevne procedurer for denne type arbejde. Sikkerhedsudstyr er påkrævet hvis en person går ind i tanken.

Energiforbruget begrænser sig til pumpen, der benyttes til at tømme lagertanken, samt til det højtryksspuler udstyr, der periodisk skal benyttes til at rense tanken.

Den væsentligste fejlmulighed vil være brud på tanken, hvilket vil kunne forårsage forurening af omgivelserne. Det er en forudsætning, at driftspersonalet løbende kontrollerer tankens tilstand.

Lovgivning, der har relation til lagring af urin:



- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser, med senere ændringer.
- Bekendtgørelse nr. 784 af Lov om arbejdsmiljø, dateret den 11. oktober 1999

#### 5.4.2 Lagertank til slam fra renseanlæg

Lagring af slam fra traditionelle MBNDK anlæg er kendt og velafprøvet teknologi. Slammet kan enten lagres som opkoncentreret slam ved ca. 3-5 % tørstof eller som afvandet slam ved ca. 18-25 % tørstof. Der er ingen tekniske problemer med opbevaring af slammet. Dette praktiseres på de fleste kommunale renseanlæg, og kunne i de fleste tilfælde foregå ved slutbrugeren af slammet. Slamegenskaber for anlæg, der kun behandler gråvand kendes dog ikke, hvorfor der evt. kræves særlige hensyn pga. konsistens, sammensætning eller andet.

Ingen væsentlige sundhedsmæssige problemer, da slammet typisk vil være rimeligt stabiliseret.

Ingen arbejdsmiljømæssige problemer.

#### 5.4.3 Lagertank til vådkompost eller slam fra biogasanlæg

Lagertanken er i sin opbygning at sammenligne med en lukket gylletank, hvor taget skal hindre lugtemission til omgivelserne. Lagerkapaciteten kan tilpasses det reelle behov, der bestemmes af behandlingsanlæggets kapacitet. Fyldning af tanken sker automatisk ved hjælp af et pumpesystem, mens tømning af tanken sker via en stationær pumpe.

En lagertank kan f.eks. fylde ca. 315 m<sup>2</sup> (diameter på 20 m og en højde på 2,5 m). Dertil skal lægges et manøvreareal på minimum 40 m<sup>2</sup>. Størrelsen på tanken afhænger af antallet af tilsluttede personer og tømningens frekvens. Fyldning af lagertanken sker ved hjælp af behandlingsanlæggets pumpeudstyr. Der er således ikke problemer med denne håndtering, hvis mandskabet har tilsluttet slangerne rigtigt og i øvrigt benytter de foreskrevne procedurer for denne type arbejde.

Tømning af lagertanken vil ligeledes ske med et stationært pumpesystem, som kobles til det køretøj, der skal sprede slammet på landbrugsjord. Derfor er der heller ikke problemer med denne håndtering, hvis mandskabet benytter de foreskrevne procedurer for denne type arbejde.

Energiforbruget begrænser sig til pumpen, der benyttes til at tømme lagertanken, samt til det højtryksspuler udstyr, der periodisk skal benyttes til at rense tanken.

Den væsentligste fejlmulighed vil være brud på tanken, der således vil kunne forårsage en forurening af omgivelserne. Det er en forudsætning, at driftspersonalet løbende kontrollerer tankens tilstand

Lovgivning, der har relation til samletanke:

- Bekendtgørelse nr. 758 af Lov om miljøbeskyttelse, dateret den 25. august 2001

- Bekendtgørelse nr. 784 af Lov om arbejdsmiljø, dateret den 11. oktober 1999

I Sund i Sverige anvendes den beholder behandlingen er foregået i også til lagring. Dette foregår uden problemer. (Malmén og Palm, 2003)

## 5.5 Udbringning til slutdeponeringsstedet

### 5.5.1 Lokal kompost til have

Det færdige komposterede materiale fra køkkenaffald udbringes af beboeren selv ved hjælp af almindelige haveredskaber. Ved et veltilpasset anlæg med de rigtige tilslagsmaterialer er den tekniske kvalitet og håndterbarheden af komposten udmærket. For at sikre en god omsætning kan der tilsættes haveaffald.

Den hygiejniske risiko er lav såfremt der kun tilsættes planteaffald. Hvis der tilsættes sovs, animalske produkter, kattebakke-materiale mv. stiger også den sundhedsmæssige risiko. Såfremt der kildesorteres korrekt og animalske produkter undgås er der en god hygiejnisk kvalitet. Materiale, der skal undgås, er primært kød, sovs, fedt og fisk samt fæces fra dyr og mennesker. Udbringningen af lokalkomposteret køkkenaffald i haven kan være forbundet med nogle arbejdsmiljømæssige problemer pga. svampesporer, specielt hvis det vælges at sigte komposten i forbindelse med udbringningen.

Arbejdet i forbindelse med lokalkompostering består i at blande og afdække komposten i kompostbeholderen, samt at tømme og rengøre kompostbeholderen. I forbindelse med den daglige drift vil der ikke være arbejdsmiljømæssige problemer, disse kan dog opstå i forbindelse med tømning afhængigt af hvordan tømningen foregår.

Ved et velpasset anlæg med de rigtige tilslagsmaterialer er den tekniske kvalitet udmærket. Der bør tilsættes haveaffald for at sikre en god omsætning.

En mulighed for fejl er, at der kan forekomme tab af kompost, hvor det ikke skal være.

Der gælder ingen særlige regler for udførelsen af udbringning af lokalt komposteret køkkenaffald i egen have såfremt der kun indgår vegetabilsk køkkenaffald.

Der er gennemført en række projekter med lokal kompostering i Danmark. Erfaringerne herfra viser, at der ikke er registreret problemer med selve udbringningen af det komposterede materiale.

### 5.5.2 Lokal kompost af fæces og køkkenaffald til have

Udbringningen af lokalt komposteret fæces og køkkenaffald foretages direkte fra eftermodningsbeholderen af brugeren selv. Der anvendes almindelige haveredskaber. Processen i muldtoiletter er ofte vanskelig at styre, og et system der ikke virker, kan give en uheldig konsistens af komposten. For kompost af fæces kan der være problemer med for meget vand, hvilket vanskeliggør håndteringen. Fæces er svært at få til at kompostere uden væsentligt tilslag. Tilsætning af køkkenaffald (og haveaffald) vil lette omsætningen.

Ved arbejde med kompost af fæces er der en væsentlig hygiejnisk risiko for smitte med parasitter og virus. Materialet er sundhedsmæssigt som latrin-affald med mindre, der udføres en kemisk eller termisk hygiejnisering i form af aske, kalk, kontrolleret hygiejnisering ved 70°C i 1 time eller lignende.

Der er sundhedsmæssige risici forbundet med udbringningen af fæces, hvorfor der i forbindelse med udbringningen må tages hensyn til arbejdsmiljøet. Der kan forekomme tab af kompost på befærdede arealer, hvorved der kan opstå smitterisici.

Lovgivning, der har relation til udbringningen af lokalkomposteret fæces og køkkenaffald:

- Bekendtgørelse nr. 366 af 10. maj 1992 om ikke-erhvervsmæssigt dyrehold, uhygiejniske forhold mv.

Udover dette har følgende også relation til udbringningen af lokalkomposteret fæces og køkkenaffald

- Vejledning nr. 5, 1999, om spildevandstilladelser efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

Der er ikke fundet danske referencer for udbringningen af samkomposteret køkkenaffald og fæces.

### 5.5.3 Central kompost af køkkenaffald til landbrugsjord

Udbringning af centralkompost til landbrugsjord vil typisk ske med en traditionel møgspreader fra et midlertidigt kompostdepot ved landbruget. Ingen problemer med selve transporten og udbringningen af det komposterede materiale.

Såfremt der kildesorteres korrekt er der en god hygiejne. Materiale, der skal undgås, er primært animalske restprodukter, sovs, fedt og fisk samt fæces fra dyr og mennesker. Alternativt kan materialet sikres en høj smitstoffreduktion i form af f.eks. kontrolleret hygiejnisering.

Der er ingen specielle arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i forbindelse med udbringning af komposteret køkkenaffald.

Der medgår en del energi til omlastning af komposteret materiale, til kørsel mellem depot og slutdeponeringsstedet samt den endelige udspredning der kan ske med traktor og møgspreader.

Centralt komposteret køkkenaffald er en affaldsart, der er omfattet af slambekendtgørelsens bilag 1 og må betegnes som "fast affald". For fast affald gælder udbringningsreglerne, der er beskrevet i slambekendtgørelsens kapitel 8.

Fast affald må jf. slambekendtgørelsen, i udgangspunktet udbringes året rundt på alle arealtyper. Dog gælder den begrænsning (§ 26), at i perioden fra høst frem til 20. oktober må udbringning kun ske på arealer, hvor der er afgrøder samme vinter.

Lovgivning, der har relation til udbringningen af centralkomposteret køkkenaffald:

- Bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003, om anvendelse af affald til jordbrugsforbedring (Slambekendtgørelsen),

#### 5.5.4 Slam fra mineraliseringsanlæg til landbrugsjord

Der kan anvendes en almindelig møgspreader til udspreddning af det mineraliserede og hygiejniserede slam.

Materialet vil have en kvalitet der generelt er noget bedre end slam fra traditionelle anlæg. Der vil dog stadig være en vis smitterisiko fra fækal forurening samt risiko for vækst af visse patogener, hvis der har været tilført anlægget friskt slam indenfor det sidste år.

Der er ingen specielle arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i forbindelse med udbringning af mineraliseret septisk slam. Der kan dog eventuelt forekomme en mindre mængde smitsomme mikroorganismer i slammet.

Færdig mineraliseret slam transporteres fra anlægget til landbruget i containere. Energiforbruget afhænger af afstanden mellem anlægget og slutdeponeringsstedet.

Mineraliseret septisk slam er en affaldsart, der er omfattet af slambekendtgørelsens bilag 1 og må betegnes som "fast affald". For fast affald gælder udbringningsreglerne, der er beskrevet i bekendtgørelsens kapitel 8.

Udover de generelle regler, der er beskrevet i indledningen, må fast affald, jf. slambekendtgørelsen, i udgangspunktet udbringes året rundt på alle arealtyper. Dog gælder den begrænsning (§ 26), at i perioden fra høst frem til 20. oktober må udbringning kun ske på arealer, hvor der er afgrøder samme vinter.

Intet direkte erfaringsgrundlag mht. udbringning af mineraliseret septisk slam.

#### 5.5.5 Vådkompost til landbrugsjord

Til spredning af vådkomposteret materiale kan anvendes forskellige typer af udstyr. Tilladt i Danmark er spredning med slæbeslanger eller nedfældning. Generelt bør der anvendes udstyr, der sikrer at materialet så hurtigt som muligt kommer i kontakt med jorden for at undgå ammoniakfordampningen.

Der bør ikke være sundhedsmæssige problemer forbundet med udbringningen, hvis materialet er kontrolleret hygiejniseret, hvilket ikke sker naturligt ved vådkompostering. Udgangspunktet i materialet er som for slam fra almindelige renseanlæg.

Der er ingen arbejdsmiljømæssige problemer forbundet med udbringningen af vådkompost.

Der medgår energi til omlastning og transport af slam fra anlæg til landbrug. Energiforbruget afhænger bl.a. af afstanden mellem anlægget og slutdeponeringsstedet.

Vådkomposteret køkkenaffald, urin og fæces er et affaldsprodukt med kun få procent tørstof, og vil altså i praksis skulle udbringes/nedfældes med udstyr, der svarer til gylleudbringningsudstyr. Det er med andre ord at betragte som

flydende affald. Derfor gælder slambekendtgørelsens regler for udbringning af flydende affald på landbrugsarealer. (kapitel 8)

Der er ikke fundet danske erfaringer mht. udbringning af den beskrevne type vådkompost. I Palm og Málmen (2003) angives, at udbringningen og udspreddingen af vådkompost sker ved anvendelse af traditionelt nedfældningsudstyr uden problemer.

#### 5.5.6 Slam fra renseanlæg til landbrugsjord

Der er ingen problemer med transport af slam fra renseanlæg til landbrug. Udspredding af spildevandsslam er ligeledes mulig. Dette er almindelig praksis i dag og teknologien er velkendt. Det formodes, at slam af gråvand eller af gråvand og fæces er afvandet svarende til den almindelige afvanding for kommunalt spildevandsslam, hvorved dette kan transporteres og udspreddes med samme udstyr som der anvendes til almindeligt kommunalt spildevandsslam.

Den hygiejniske kvalitet for slam af spildevand indeholdende fæces og urin vil være på niveau med slam fra almindelige renseanlæg. For slam kun af gråvand vil der være en bedre hygiejnisk kvalitet, men der vil dog stadig være en smitterisiko på grund af fækal forurening og risiko for vækst af mikroorganismer.

Der vil være et energiforbrug til omlastning og transport af slam fra anlæg til landbrug. Spildevandsslam transporteres fra anlægget til landbruget i containere. Energiforbruget afhænger af afstanden mellem anlægget og slutdeponeringsstedet.

Hvis det antages, at slammets hygiejniske kvalitet er acceptabel og slammet er afvandet svarende til den almindelige afvanding af kommunalt spildevandsslam, vil det være at betragte som fast affald. For fast affald gælder udbringningsreglerne, der er beskrevet i bekendtgørelsens kapitel 8.

Udover de generelle regler, der er beskrevet i indledningen, må fast affald, jf. slambekendtgørelsen, i udgangspunktet udbringes året rundt på alle areal typer. Dog gælder den begrænsning (§ 26), at i perioden fra høst frem til 20. oktober må udbringning kun ske på arealer, hvor der er afgrøder samme vinter.

#### 5.5.7 Urin til landbrugsjord

Urinen kan transporteres i tankvogne fra lageret, mens selve udspreddingen på landbrugsjord bør foregå med en gyllevogn med slæbeslanger eller nedfælder for at minimere fordampningen, lugt og smitte. Koncentrationen af næringsstoffer i urin er forholdsvis lav, hvilket betyder, at der skal anvendes store mængder for at dække afgrødernes behov for næringsstoffer. Store tankvogne kan give tryksskader i forbindelse med udbringning på fugtig jord, hvorfor det kan blive nødvendigt med mere kørsel med mindre tankvognene eller lignende.

Ved udbringningen af urin bør man beskytte sig mod direkte kontakt ved eksempelvis at bære handsker.

Der kan være problemer forbundet med at arbejde med urinen f.eks. ammoniak dampe og smitterisiko.

Der er en vis risiko for infektion med virus og parasitter, afhængigt af lagringstid og urinens pH (påvirkes af mængden af skyllevand og evt. anvendelse af syre til rengøring).

Der er et energiforbrug til omlastning og transport af urin fra lager til landbrug samt selve udspreddingen. Størrelsen af energiforbruget afhænger bl.a. af afstanden mellem anlægget og slutdeponeringsstedet.

Ved anvendelse af en gyllevogn til transport og udspredding er der risiko for at der kan forekomme utætheder i f.eks. aftapningsrør eller andet. Dette kan give utilsigtede udslip af urin, hvilket kan give lugtgener o lign.

Urin er at betragte som flydende affald. Derfor gælder slambekendtgørelsens regler (Kapitel 8) for udbringning af flydende affald på landbrugsarealer.

Der haves kun få erfaringer med udbringningen af urin i kommercielt øjemed. Udbringning af urin er dog sket i lille målestok og på forsøgsmarker, hvor det har været anvendt i forsøgs øjemed. Udbringningen har forløbet problemfrit.

#### 5.5.8 Slam fra biogas til landbrugsjord

Slam fra biogasanlæg kan udbringes med traditionel gyllespreder fra et lokalt lager direkte til landbrugsjord. Teknikken er velkendt.

Den termofile udrådning vil generelt medføre en god hygiejnisk kvalitet. Ved mesofil udrådning er der behov for en efterfølgende varmebehandling af materialet for at sikre en tilstrækkelig hygiejnisk kvalitet.

Der er ingen specielle arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i forbindelse med udbringning af slam af køkkenaffald, fæces og grævand fra biogasanlæg, idet det antages at materialet er hygiejniseret.

Der er et energiforbrug til omlastning og transport af slam fra lageret eller direkte fra anlæg til landbrug. Energiforbruget afhænger bl.a. af afstanden mellem anlægget og slutdeponeringsstedet.

Slam fra biogasfremstilling vil, hvis det er afvandet svarende til almindelig praksis for biogasslam, være omfattet af de generelle regler for udbringning af fast affald. For fast affald gælder udbringningsreglerne, der er beskrevet i bekendtgørelsens kapitel 8.

Udover de generelle regler, der er beskrevet i indledningen, må fast affald, jf. slambekendtgørelsen, i udgangspunktet udbringes året rundt på alle arealtyper. Dog gælder den begrænsning (§ 26), at i perioden fra høst frem til 20. oktober må udbringning kun ske på arealer, hvor der er afgrøder samme vinter.

#### 5.6 Slutdeponering i jorden m.v.

Generelt gælder slambekendtgørelsens regler for anvendelse af affald til jordbrugsformål. Humane affaldsprodukter sidestilles med latrin, men kan afhængigt af efterbehandlingen tillades håndteret anderledes end frisk latrin. På grundlag af slambekendtgørelsen kan opstilles følgende overordnede oversigt:

- Ubehandlet urin og fæces,
  - kan tilføres renseanlæg,
- Stabiliseret urin og fæces,
  - kan anvendes til ikke fortærbare afgrøder i jordbruget, men ikke i parker og haver (skal nedbringes inden 12 timer),
- Kontrolleret kompost af urin og fæces,
  - kan anvendes til ikke fortærbare afgrøder i jordbruget, men ikke i parker og haver,
- Kontrolleret hygiejniseret urin og fæces,
  - kan anvendes til fortærbare afgrøder i jordbrug og haver.
- Organisk vegetabilsk køkkenaffald,
  - kan anvendes i egen have
- Organisk køkkenaffald,
  - kan anvendes i jordbruget efter samme regler som for urin og fæces.

Ved deponering på landbrugsjord findes grænser for hvor store mængder stof der må tilføres pr hektar, ligesom der er angivet grænser for hvor høje koncentrationer der må være af visse stoffer i det materiale der ønskes deponeret. De aktuelle grænseværdier kan findes i Bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003, om anvendelse af affald til jordbrugsforbedring (Slambekendtgørelsen).

I Norge og Sverige gælder ikke nationale regler for deponering af denne type restprodukter, men det er overladt til den enkelte kommune at opstille vilkår for etableringen og anvendelsen af systemer til anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål.

#### 5.6.1 Lokal kompost af køkkenaffald i have

Slutdeponering af lokalkomposteret køkkenaffald i haver vil formodentlig kunne dække behovet for kalium og fosfor. Hvis der kun udbringes komposteret vegetabilsk affald kan planternes behov for kvælstof ikke dækkes helt af komposten. (Reeh, 1995)

En beregning af nødvendigt areal ud fra en gødningsnorm på 150 kg N/ha giver at der skal være et areal på 16 m<sup>2</sup>/person.

Der er ingen sundhedsmæssige problemer forbundet med deponering af komposteret køkkenaffald i haven såfremt der kun benyttes vegetabilsk affald.

Der er ingen arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i forhold til slutdeponering af lokalkomposteret køkkenaffald i haven.

Lokalt komposteret vegetabilsk køkkenaffald, der ønskes anvendt i egen have, er ikke omfattet af slambekendtgørelsens bestemmelser og kan derfor anvendes til dette formål uden forudgående tilladelse. Ønskes det komposterede affald derimod afsat eller anvendt uden for egen have træder slambekendtgørelsens bestemmelser i kraft.

Køkkenaffald indeholdende animalsk materiale betragtes som organisk dagrenovation, som i følge Forordningen om animalske biprodukter reguleres efter nationale regler indtil fælles bestemmelser er etableret. Det vil sige at for sådant affald gælder hygiejniseringskravene i slambekendtgørelsens bilag 3, og affaldet skal derfor være kontrolleret komposteret eller hygiejniseret førend anvendelse til jordbrugsformål må finde sted.

Der er flere erfaringer med deponering af lokal komposteret køkkenaffald i egen have. I Reeh (1995) beskrives resultaterne fra forsøgsordninger i forskellige områder. Resultaterne af disse forsøg er af blandet karakter, men generelt var der stor interesse for at anvende det komposterede materiale. I flere af forsøgene var der dog problemer med selve sorteringen samt komposteringsprocessen. Anvendelse af komposteret vegetabilsk køkkenaffald og haveaffald er almindeligt brugt i parcelhusområder og mange kolonihaver.

#### 5.6.2 Lokalkompost af køkkenaffald og fæces i have

Såfremt komposteringen er forløbet tilfredsstillende vil der ikke være tekniske problemer. Uafhængigt af den tekniske kvalitet er der sundhedsmæssige risici f.eks. i form af smitstoffer.

Der kan i dag ikke gives tilladelse til udbringning af komposteret fæces til havebrug fra lokal kompostering med de i dag kendte kompostsystemer, da lokal kompostering med det nuværende teknologiske stade ikke giver en tilstrækkelig smitstofreduktion.

Lokalt komposteret fæces, og dermed også en blanding af fæces og køkkenaffald, er en affaldsart, der ikke er opført på slambekendtgørelsens bilag 1, og den må derfor ikke anvendes efter bekendtgørelsens almindelige regler.

Det er ikke tilladt at udbringe lokalkomposteret fæces i egen have. Dette skal i henhold til bekendtgørelse nr. 366 af 10. maj 1992 nedgraves.

Lokalt komposteret fæces betragtes som ubehandlet og skal derfor i videst muligt omfang tilføres et renseanlæg for spildevand med henblik på behandling eller, hvis dette ikke er muligt, bortskaffes i overensstemmelse med § 10 i bekendtgørelsen om ikke-erhvervsmæssigt dyrehold, uhygiejniske forhold mm. (Bek. 366/1992), dvs. ved nedgravning eller nedpløjning.

For at lokalt komposteret fæces skal kunne anvendes som gødning i haver skal det have modtaget behandling svarende til kravene i slambekendtgørelsens bilag 3 for kommunalt spildevandsslam, dvs. være kontrolleret hygiejniseret.

Der er ingen danske erfaringer med deponering af samkomposteret køkkenaffald og fækalier i haven. I Sverige sker slutdeponering af lokalkomposterede fækalier på landbrugsjord fra boligselskabet Gebers i Stockholm. I reference er ikke angivet en nærmere vurdering af denne løsning. Der er ikke fundet danske referencer for lokal kompostering af køkkenaffald og fæces.

#### 5.6.3 Central kompost af køkkenaffald i landbrugsjord

Centralt komposteret køkkenaffald vil formodentlig kunne dække en del af landbrugsjordens behov for næringsstoffer. Det er muligt, at der kan være problemer med indholdet af miljøfremmede stoffer i køkkenaffaldet.

Centralt komposteret køkkenaffald kan anvendes som gødning på landbrugsjord (med visse restriktioner), hvis det er behandlet i overensstemmelse med slambekendtgørelsens bilag 3 dvs. er kontrolleret komposteret jf. definitionen i bilaget.



Kompost af køkkenaffald må i følge Annex II, Part A til Forordning 2091/92 (Commission Regulation (EC) No 473/2002) kun anvendes i forbindelse med økologisk landbrugsproduktion til og med 31. marts 2006.

#### 5.6.4 Vådkompost i landbrugsjord

Vådkompost af køkkenaffald, urin, fæces og septisk slam vil have et betydeligt indhold af næringsstoffer, og vil derfor være anvendeligt som gødning på landbrugsjord.

Vådkomposten indeholder dog også kemiske stoffer fra både gråvandet og udsondringerne fra mennesker, herunder hormonlignende stoffer, hvilket eventuelt kan give restriktioner for anvendelsen.

Da der er tale om sammenblanding af fæces med urin, køkkenaffald og septisk slam vil det samlede materiale i ubehandlet tilstand være at betragte som latrin, og det må derfor ikke i den tilstand anvendes som gødning, men skal bortskaffes efter bestemmelserne i § 10 i bek. 366/1992.

I udgangspunktet kan det vådkomposterede affald enten betragtes som "stabiliseret" eller, i bedste fald, som "kontrolleret komposteret" jf. bilag 3 i slambekendtgørelsen. Det vil derfor kunne benyttes på landbrugsjord til ikke-fortærbare afgrøder. Produktet vil ikke være tilladt at anvende til økologisk landbrugsproduktion, på rekreative arealer eller i privat havebrug.

Der er ikke fundet danske referencer på anvendelse af vådkompost på landbrugsjord. Vådkomposteringsanlæg i Meldal og Aremark i Norge behandler organisk affald, slam fra bundfældningstanke og gylle, og dette udbringes på landbrugsjord.

I Sund Kommune i Sverige er vådkomposteret materiale ligeledes blevet deponeret på landbrugsjorden. Analyser af vådkomposten har vist, at vådkomposteret fæces, urin, septisk slam og køkkenaffald indeholder mindre kvælstof end svine- og kvæggødning. Mængden af tungmetaller i vådkomposten var sammenlignet med svine- og kvæggødning stort set den samme undtagen for zink, hvor indholdet i vådkomposten var meget lavere. (Palm og Målmen, 2003)

#### 5.6.5 Stabiliseret slam fra renseanlæg i landbrugsjord

Slam af gråvand, fæces og urin indeholder en del næringsstoffer og vil kunne anvendes som gødning ved udbringning på landbrugsjord. For at slutdeponering på landbrugsjord kan forekomme skal slammet overholde grænseværdier for indholdet af miljøfremmede stoffer.

Slam af gråvand og fæces indeholder noget næringsstof og vil derfor kunne anvendes til gødning. Indholdet af næringsstoffer vil dog være lavere end i traditionel spildevandsslam idet den største del af næringsstoffer findes i urinen. Der kan blive problemer med overholdelse af grænseværdier for både miljøfremmede organiske stoffer og tungmetaller pga. sammenblandingen med slam fra andre områder.

Slam af gråt spildevand har en anden sammensætning end traditionel spildevandsslam. Det grå spildevands koncentration af næringsstoffer er lavere end koncentrationen i almindeligt husspildevand. Derudover vil der formodentlig være en relativ høj koncentration af nogle miljøfremmede stoffer.

Kombinationen af den mindre mængde tørstof (og fosfor) samt en uændret mængde af nogle miljøfremmede stoffer kan medføre, at slammet ikke kan overholde grænseværdierne for udbringning på landbrugsjord.

Overholdes slambekendtgørelsens bestemmelser bør der ikke være sundhedsmæssige problemer forbundet med spildevandsslam i landbrugsjord.

En blanding af fæces og gråt spildevand kan sidestilles med almindeligt husspildevand. Slam fra et konventionelt renseanlæg til behandling af husspildevand kan anvendes frit til jordbrugsformål (dog ikke økologisk produktion), hvis slammet er kontrolleret hygiejniseret jf. kravene i bilag 3 til slambekendtgørelsen og i øvrigt overholder bekendtgørelsens grænseværdier i bilag 2. Hvis slammet kun kan betragtes som stabiliseret eller kontrolleret komposteret jf. bilag 3, må det ikke anvendes til fortærbare afgrøder, på rekreative arealer eller i privat havebrug.

Arealbehovet til udbringning af spildevandsslam afhænger af indholdet af næringsstoffer. I Wrisberg et al. (2001) er angivet koncentrationer af næringsstoffer i slam. Anvendes disse koncentrationer og en gødningsnorm på 150 kg N/ha giver det følgende arealkrav:

- Slam af fæces, urin og gråvand: 39 m<sup>2</sup> pr. person
- Slam af fæces og gråvand: 33 m<sup>2</sup> pr. person
- Slam af gråvand: 24 m<sup>2</sup> pr. person

Afsætningsmuligheder afhænger af indholdet af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i slammet. Indholdet af tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer skal være under grænseværdierne angivet i slambekendtgørelsen. Ud over dette skal der også være velvilje fra landbruget til at aftage slammet. Det kan nævnes af spildevandsslam ikke må anvendes i økologisk landbrug.

Der er gode erfaringer med slutdeponering af almindeligt kommunalt spildevandsslam på landbrugsjord. Der er ikke fundet henvisninger til deponering af slam fra fæces og gråvand eller gråvand. Der er formodentlig ikke erfaringer med dette, idet de renseanlæg, der modtager fæces og gråt spildevand fra områder med urinseparation, formodentlig behandler almindeligt husspildevand indeholdende urin fra andre områder.

#### 5.6.6 Urin i landbrugsjord

Urin er den spildevandsstrøm, der indeholder den største andel af næringsstoffer, især kvælstofindholdet er højt. Tilførslen af urin til landbrugsjord vil have en jordforbedrende virkning, idet det har en høj koncentration af næringsstoffer og en lav koncentration af miljøfremmede stoffer.

Der skal være et areal på 121 m<sup>2</sup> pr. person tilgængeligt til udbringning af urin ud fra en gødningsnorm på 150 kg N/ha.

Lagres urin uden tilførsel af frisk urin i minimum 6 måneder, kan amtet med hjemmel i slambekendtgørelsens § 30 meddele tilladelse til anvendelse af urinen på ikke-fortærbare afgrøder. Anvendelse af urin på landbrugsjord uden hygiejnisk begrundede restriktioner kræver, at der er gennemført en kontrolleret hygiejnisering. Human urin må, jf. Forordningen om økologisk produktionsmetode, ikke anvendes på økologiske arealer da dette produkt ikke

er optaget på forordningens Annex II over godkendte gødningsstoffer og jordforbedringsmidler.

Der er begrænsede danske erfaringer med konsekvenserne af slutdeponering af urin på landbrugsjord. Urinopsamling er mere udbredt i Sverige, hvor kommunerne stiller vilkårene for den videre anvendelse i det enkelte tilfælde. I Sverige udbringes urin flere steder på landbrugsjord, men det har ikke været muligt at finde dokumenterede undersøgelser af konsekvensen af deponeringen.

Der er udført forsøg med slutdeponering af urin på energipil i Italien. Erfaringerne fra dette projekt er meget positive og viser, at pilen, der blev gødet med urin voksede mere end pil, der blev gødet med spildevand og at der ikke var betydende problemer (Backlund *et al.*, 2003).

#### 5.6.7 Slam fra biogasanlæg i landbrugsjord

Køkkenaffald, fæces og urin indeholder en del næringsstoffer, og slam fra biogasanlæg bestående af disse fraktioner vil kunne anvendes som gødning ved udbringning på landbrugsjord. Det der kan begrænse anvendelsen af slam fra biogas er indholdet af miljøfremmede stoffer. Med hensyn til køkkenaffald kan der være problemer med indholdet af DEHP, hvis sorteringen er mangelfuld. DEHP anvendes bl.a. som plastblødgørere, og det formodes, at det hovedsageligt er dette der medfører et indhold af DEHP i slammet fra biogasanlæg.

Overholdes slambekendtgørelsens bestemmelser bør der ikke være sundhedsmæssige problemer forbundet med slam fra biogasanlæg i landbrugsjord.

Anvendelse af slam fra biogasanlæg reguleres efter bek. nr. 604/2002 om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v., såfremt slammet indeholder mere end 75 % husdyrgødning regnet på tørstofbasis før afgang. Bestemmelserne for anvendelse (kapitel 10, §§ 24-27) er dog stort set identiske med slambekendtgørelsens anvendelsesbestemmelser (kapitel, §§ 21-28). For slam, der reguleres efter husdyrgødningsbekendtgørelsen er der ikke noget krav om dokumentation af indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer.

Hvis indholdet af husdyrgødning i slammet er mindre end 75 %, reguleres anvendelsen efter slambekendtgørelsens bestemmelser. Der kræves efter disse, at materialet underkastes kontrolleret hygiejnisering jf. bilag 3 førend det frit kan anvendes på landbrugsjord. Til forskel fra slam, der har status af husdyrgødning, skal det for slam, der reguleres efter slambekendtgørelsen, dokumenteres, at grænseværdierne for tungmetaller og miljøfremmede stoffer er overholdt før anvendelse må finde sted. Grænseværdierne skal være overholdt inden sammenblandingen med husdyrgødning finder sted.

#### 5.6.8 Slam fra mineraliseringsanlæg i landbrugsjord

Mineraliseret septisk slam af gråvand indeholder kun en meget begrænset mængde næringsstoffer, hvorfor slutdeponering af dette på landbrugsjord ikke vil have en høj gødningsværdi. Indholdet af næringsstoffer i mineraliseret septisk slam af gråvand og fæces er ligeledes lavere end indholdet i almindeligt spildevandsslam, især hvad angår indholdet af kvælstof.

Materialet er generelt ikke hygiejnisk og har et relativt højt indhold af miljøfremmede stoffer.

Mineraliseret septisk slam er at sidestille med spildevandsslam fra renseanlæg. Dette produkt kan derfor anvendes til jordbrugsformål, dog kun på ikke-fortærbare afgrøder, såfremt det har været opbevaret i et slammineraliseringsanlæg i en periode på mindst 6 mdr. siden sidste slamtilførsel. Produktet må ikke anvendes på økologiske arealer.

#### 5.6.9 Ophobning/brug af høst af pil fra pileanlæg

Der er ingen problemer forbundet med ophobning af høsten fra pileanlæg. Ifølge *Stubsgaard* (2001) udnyttes høsten primært til hugning af flis, der anvendes til kompostering eller ukrudtsforebyggende bunddække. En mindre del anvendes til pilehytter og hegn.

Der er ingen specielle sundhedsmæssige forhold i forbindelse med anvendelsen af pil fra pileanlæg.

Der er ingen specielle arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i forbindelse med høsten af pil.

Høsten fra pileanlæg vil formodentlig ikke blive benyttet til energiproduktion. Grunden til dette er at det høstede areal i de fleste tilfælde vil være så lille at udbyttet ikke modsvarer det nødvendige arbejde. Udover dette kan der være problemer med, at der kan ske kompostering eller svampeangreb ved opbevaring/tørring. Dette kan undgås, hvis høsten forbrændes med det samme. Dette forudsætter, at ovnene kan klare fugtigt brændsel. Ved forbrænding kan der være problemer med metaller i asken. (*Stubsgaard*, 2001). I aktionsplan projekt nr. 27, angives således at "det er kendt, at indholdet af Cd i flis fra pil, der dyrkes som energipil, kan give problemer med recirkulering af asken i jordbruget. Dette skyldes en kombination af pilens evne til at akkumulere metaller og den deposition af metaller fra luften, der sker på al vegetation.

På grund af spildevandets ringe bidrag til metalbelastningen - og derved til pilens optag af metaller - vurderes det ikke, at ved fra pil dyrket i pileanlæg er hårdere belastet med metaller end pil, der dyrkes til energiformål. Der er heller ikke fundet data i litteraturen, der kan underbygge, at pil fra pileanlæg skulle være særlig forurenede.

Endelig bør en vurdering af problemet ved spredning af asken fra forbrænding af lokalt dyrket pil ses i det perspektiv, at der snarere er tale om at flytte metaller rundt mellem forskellige steder på marken end der er tale om tilførsel af metaller udefra."

#### 5.6.10 Påvirkning af grundvand ved nedsivningsanlæg

Det vurderes af *Hasling et al.* (2001), at de miljømæssige konsekvenser af nedsivning er begrænsede og knytter sig til få parametre i et begrænset område.

Det grå spildevand har en anden sammensætning end almindeligt husspildevand. Blandt andet er  $BI_5/N$  forholdet i det grå spildevand anderledes, hvilket kan have nogle konsekvenser mht. den mikrobiologiske omsætning i jorden. Derudover er der en relativ høj koncentration af anioniske detergenter i gråt spildevand.

Ifølge *Hasling et al.* (2001) er der en hygiejnisk påvirkning af grundvandet under nedsivningsanlæg idet der under flere anlæg er konstateret værdier for kimtal og antallet af coliforme bakterier, der overskrider drikkevandskravet. Dette betyder at der i nærområdet er en hygiejnisk risiko i forbindelse med nedsivningsanlæg til forrenset gråvand og fæces.

Følgende lovgivning har relation til nedsivningsanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

Der er ikke fundet resultater fra undersøgelser af påvirkningen ved nedsivning af gråt spildevand.

#### 5.6.11 Påvirkning af overfladevand fra rodzoneanlæg

Omsætningen i rodzoneanlæg er ikke tilstrækkelig til at det rensede spildevand kan tillades udledt til vandområder der er særligt sårbare overfor belastning med organisk stof og næringssalte. Et manglende professionelle opsyn med mindre anlæg kan medføre at det i længere tid ikke fungerer optimalt. Dette vil i særlig grad gælde for anlæg der kun modtager gråvand, hvor der kan opstå mangel på næringssalte.

Påvirkningen fra anlæggene er ikke velbeskrevne bortset fra udledninger af organisk stof og næringssalte. Rensegraderne for miljøfremmede stoffer mv. er på niveau med MBNDK renseanlæg.

Den hygiejniske kvalitet af det rensede spildevand er på niveau med udledninger fra MBNDK renseanlæg, men i de tilfælde hvor vandet utilsigtet løber på overfladen fra indløb til udløb er der kun en meget begrænset reduktion af patogener i spildevandet.

Følgende lovgivning har relation til udledning til overfladevand fra rodzoneanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

#### 5.6.12 Påvirkning af overfladevand fra MBNDK renseanlæg

Der er mange erfaringer med drift af MBNDK-renselanlæg. Sammensætningen af det rensede spildevand er ret konstant. Anlæggene fungerer meget driftssikkert, bl.a. på grund af et fastlagt uddannelsessystem for driftspassere. Danske anlæg er dimensioneret til at modtage byspildevand, men kan formodentlig tilpasses andre fraktioner så rensegraderne fastholdes. Ved reduceret tilledning forventes således en tilsvarende reduktion i de udledte mængder.

Konsekvenserne af udledningerne er rimeligt velbeskrevne. Blandt de kendte problemer kan nævnes at den teknisk opnåelige rensegrad for fosfor er lav i forhold til udledninger til søer med lang opholdstid samt at rensegraden for hormonforstyrrende stoffer er lav og har medført skader på fisk.

Den hygiejniske kvalitet i udløbet kan langt fra opfylde kravet til badevandskvalitet. Der er derfor ofte ved udledninger nær badestrande etableret udløbsledninger der sikrer stor fortynding og transporttid. Udledninger fra renseanlæg er en væsentlig årsag til at danske vandløb generelt har en dårlig hygiejnisk kvalitet.

Følgende lovgivning har relation til udledninger til overfladevand fra MBNDK renseanlæg:

- Lov om miljøbeskyttelse, jf. lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001.
- Bekendtgørelse nr. 501 af 21. juni 1999 om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.



## 6 Sammenfattende vurdering

Baseret på gennemgangen af anlægs- og driftserfaringerne fra anlæg der har været i funktion i en del år samt de teoretiske beregninger af genanvendelsespotentialer, energi og økonomi i Wrisberg et al. (2001) kan der sammenfattes følgende om de komponenter og løsninger der indgår i de 12 anbefalede systemløsninger:

- Der er vurderet 12 konkrete systemløsninger. Reelt er der 9 forskellige systemer, idet tre løsninger blev fundet egnede for både eksisterende byggeri og nybyggeri. Af disse 9 systemløsninger vurderes i denne rapport
  - at løsningen med vådkompostering ikke er attraktiv, idet der findes tilsvarende og simple løsninger der giver bedre udnyttelse af affaldsprodukterne,
  - at løsningen med lokal kompostering og anvendelse af fæces, ikke bør anvendes i bymæssig bebyggelse på grund af bl.a. sundhedsrisiko og teknologisk stade,
  - at løsninger med opsamling af urin/traditionel håndtering af øvrigt affald giver stor recirkulering ved et simpelt/velkendt system
  - at løsninger med bioforgasning af alt andet end gråvand findes mest egnede for øget recirkulering af næringsstoffer og udnyttelse af affaldsprodukterne som en ressource.
- Alle de vurderede løsninger indeholder komponenter og/eller metoder der ikke kan betragtes som færdigudviklede eller tilstrækkeligt undersøgt.
- Der findes lovgrundlag, der gør det muligt at anvende alternative affaldshåndteringssystemer og som samtidig sikrer at denne affaldshåndtering udføres sundhedsmæssigt og miljømæssigt forsvarligt.
- Der mangler generelt erfaringsudveksling og dokumenteret formidling af erfaringer og råd fra de aktører der har udført fuldskalaforsøg eller boet i økologiske bebyggelser med systemer til øget recirkulering af næringsstoffer. Der er fra centralt hold gennemført en del undersøgelser af disse forhold, som er afrapporteret under Miljøstyrelsens program "Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning".
- Til hjælp for kommuner, byplanlæggere, boligselskaber, byggekonsortier, interessegrupper m.v. der ønsker at benytte affaldshåndtering med øget recirkulering kunne det være hensigtsmæssigt, at der for en del af komponenterne blev lavet godkendelsesordninger, tekniske anvisninger, vejledninger og evt. en særlig beskrivelse af de vigtigste regler der skal tages hensyn til ved anvendelse af alternative systemer til affaldshåndtering og genanvendelse.



- De fleste af de beskrevne systemer til øget recirkulering af næringsstoffer kræver at brugerne af systemet er indstillet på en ekstra arbejdsindsats i forhold til det der kræves ved et traditionelt affaldshåndteringssystem.
- De fleste af de beskrevne systemer indeholder teknikker og komponenter som ikke kan betragtes som færdigudviklede. Disse teknikker og komponenter bør gøres mere robuste, driftssikre og vedligeholdelsesvenlige.
- De beskrevne systemer med lokal håndtering af affaldsprodukterne er meget følsomme overfor udisciplinerede brugere, hvilket kan give lokale hygiejniske problemer og vanskeliggøre den videre bearbejdning og deponering af restprodukterne.
- Der haves kun få erfaringer med dele af de beskrevne systemer i almindelige boligområder, men der haves mange erfaringer med anvendelsen af forskellige komponenter fra øko-bebyggelser og bofællesskaber etableret af personer med en økologisk grundholdning.
- De afrapporterede driftserfaringer og brugernes mening om kvalitet, funktion og serviceniveau for systemerne er ofte farvet af brugernes generelle holdninger og er dermed svære at generalisere.
- Totaløkonomien for det samlede system til håndtering af alle affaldsfraktioner fra start til slut er ikke tilstrækkeligt belyst, idet der kun er gennemført beregninger for en del af systemet, ligesom der ikke er regnet med indtægter fra sparet handelsgødning eller salg af gas/overskudsvarme.
- Umiddelbart ser det ud til at være en økologisk holdning om en langsigtet global bæredygtig energi- og ressourceanvendelse, der skal begrunde løsningerne frem for økonomiske betragtninger for de enkelte brugere. I nogle tilfælde kan en lokal løsning med høj frivillig beboerindsats give en lokal besparelse i forhold til traditionel affaldshåndtering.
- Urinopsamling giver stor recirkulering af næringsstoffer og håndteringen er teknologisk ukompliceret. Største problem er tilstopning og renholdelse af ventiler og små slanger/rør i de urinseparerende toiletter samt i rørsystemerne for urin. Problemet kan begrænses ved regelmæssig skylning med kaustisk soda, men må kunne løses på anden måde så systemet giver et komfortniveau svarende til traditionelle toiletter. Opsamling og udspreddning af menneskelig urin bliver i dag generelt betragtet som uacceptabelt. Det vil derfor kræve nogen oplysning og en holdningsbearbejdning for, at urin kan blive accepteret som en nyttig ressource og ikke et uæstetisk affaldsprodukt.
- Holdningen til urinseparerende toiletter er generelt positiv i øko-bebyggelser og de få almindelige boliger, hvor toiletterne har været prøvet, men den hyppige og besværlige rensning har krævet nogen tilvænning.

- Komposttoiletter for fæces, evt. med tilsætning af organisk køkkenaffald, er de fleste steder opgivet i bymæssige bebyggelser, på grund af store vanskeligheder med at få materialet til at kompostere fuldstændigt, vanskeligheder ved at opnå en håndterbar konsistens af slutproduktet, højt energiforbrug samt diverse gener med lugt og fluer.
- Bedst udnyttelse af affaldsprodukterne synes umiddelbart at være bioforgasning af køkkenaffald, fæces og urin, helst sammen med andre egnede materialer. Her udnyttes det fulde recirkuleringspotentialt for næringsstoffer samtidig med at der udvindes energi af det organiske materiale. Der er dog ofte problemer med dårligt sorteret køkkenaffald og driftsøkonomien. Anvendes store mængder urin kan processen hæmmes af det store indhold af ammonium i urin.
- De fleste systemer indebærer mere og tættere kontakt med urin og fæces end traditionelle affaldshåndteringssystemer, hvilket øger den sundhedsmæssige risiko. Automatisering af systemerne til opsamling, indsamling, transport, behandling og udbringning kan begrænse risikoen, i forhold til den manuelle håndtering der foregår i de hidtil afprøvede systemer.
- De beskrevne systemer kræver nogen tilvænning og vil i en overgangsperiode udgøre en øget sundhedsmæssig risiko. Efter overgangsperioden vurderes der fortsat at være en øget, men begrænset, sundhedsmæssig risiko ved ændret håndtering, selvom der følges en række forholdsregler.



## 7 anbefalede undersøgelser

Gennemgangen af det teknologiske stade og erfaringerne fra den hidtidige brug af de komponenter, der indgår i de beskrevne systemer til øget recirkulering af næringsstoffer, har peget på et behov for en række undersøgelser og videreudviklinger, for at økologiske spildevandsløsninger vil kunne få en mere udbredt anvendelse. Målet er at forbedre de metoder og systemer, der ser ud til at være mest egnede til øget recirkulering af næringsstoffer.

Endvidere er der fundet et generelt behov for undersøgelser, der overordnet kan belyse de økonomiske, sociologiske, afsætningsmæssige, energi- og ressourcemæssige forhold der har væsentlig betydning for om en evt. anvendelse af de mest lovende metoder kan blive en succes. Der er således også foreslået generelle undersøgelser af muligheder og barrierer for en mere udbredt anvendelse af systemer til øget recirkulering af næringsstoffer fra by til land.

### 7.1 Opsamling af urin:

Produktudvikling af urinsorterende toiletter, ventiler og rør med henblik på mere sikker sortering, lettere rengøring, lettere rens adgang, sikring mod tilstopning og udblæsning/udsugning af vandlåsen.

Produktudvikling af urinseparerende toiletter med ingen eller meget lavt vandforbrug for at opsamle urin så koncentreret som muligt. Dette sparer vand, giver mindre transport samt et bedre og mere hygiejnisk gødningsprodukt.

Undersøge de teoretiske muligheder for at udvikle drifts- og rengøringsmetoder og/eller materialer der kan hindre eller begrænse bakteriebelægninger og udkrystallisering i urinsystemer.

Udvikling af praktiske standardsystemer til opsamling, opbevaring og indsamling af urin, herunder opstilling af praktisk huskeliste for hensigtsmæssig placering og indretning af installationerne, så serviceniveauet nærmer sig niveauet for et traditionelt afløbssystem.

### 7.2 Bioforgasning

Udvikling af praktiske standardsystemer til kildesortering, opsamling, opbevaring og indsamling af organisk fast køkkenaffald, eventuelt sammen med fæces, med henblik på videre behandling i et biogasanlæg.

Undersøge og udvikle tekniske metoder for indsamling af fæces som basis for udvikling af systemer til driftssikker og hygiejnisk forsvarlig opsamling, opbevaring og indsamling af fæces, med henblik på videre behandling i et biogasanlæg.

Undersøgelse af mulighederne for at anvende forbedrede bundfældningstanke, centrifuger eller lignende for afløbsvandet fra boliger/boligblokke med henblik på at tilbageholde og koncentrere fæces (og evt. "køkkenkværnet" organisk køkkenaffald og fedt) for jævnlig indsamling og videre behandling i et biogasanlæg.

Fuldskalaforsøg med identificerede lovende muligheder for indsamling af fæces fra boliger/boligblokke, eventuelt kombineret med opsamling af urin og organisk køkkenaffald, og videre behandling i et biogasanlæg, hvor der kan eksperimenteres med tilsætning af andre materialer.

Fuldskalaforsøg med et "høj-komfort"-system til fraktioneret opsamling af urin, fæces og organisk køkkenaffald og som overfor brugeren fungerer med en komfort der ligger tæt på et traditionelt system (f.eks. lokalt vakuumsystem). Bioforgasning af de tørre fraktioner og udbringning af urin på forsøgsmarker.

### 7.3 Kompostering

Fuldskalaforsøg med kontrolleret kompostering ved forskellige metoder og blandinger af fæces, urin, organisk køkkenaffald og andre materialer, for at finde den mest optimale metode og sammensætning for fuld stabilisering og hygiejnisering. Samtidig kan verificeres at det ikke er muligt at kompostere fæces alene til et stabilt og hygiejniseret produkt.

### 7.4 muligheder og barrierer for mere udbredt recirkulering af næringsstoffer

Gennemføre en omfattende LCA analyse med tilhørende økonomisk cost-benefit analyse for den/de umiddelbart mest attraktive løsninger til recirkulering af næringsstoffer og nyttiggørelse af energien i affaldsproduktionen fra boliger og evt. visse affaldstyper fra virksomheder.

Sociologiske studier af villigheden hos brugergrupper og aftagere til at anvende økologiske spildevandssystemer og til at anvende de forskellige slutprodukter i haver, parker eller på landbrugsjord.

Undersøgelse af markedspotential for introduktion af nye systemer i Danmark på kort sigt. Hvor mange er i øjeblikket reelt interesserede i at bo i områder med recirkulering af næringsstoffer? Hvor mange nye boliger/renoveringer foretages årligt? Hvilke muligheder er der for at imødekomme interessen? Hvor findes interesserede aftagere for restprodukterne?

Undersøgelse af anvendelsesmuligheder for produkterne, arealbehov, afsætningsmuligheder og brugerkrav til kvalitet af produkterne. Vurdering af omfanget af accept af anvendelsen af produkterne i haver og i jordbruget (borgere, landmænd, gartnerier, aftagere af landbrugsprodukter).

## 8 Konklusion

Erfaringerne har vist at systemer til spildevands- og affaldshåndtering med recirkulering af næringsstoffer kan fungere i lokalsamfund, hvor der er stor opbakning og forståelse for systemerne.

De fleste projekter er gennemført med begrundelse i en fælles økologisk ide, hvorfor de fleste systemer drives og vedligeholdes af frivillige personer med en særlig interesse i denne form for affaldshåndtering.

Der er et stort behov for videreudvikling af de komponenter der anvendes. Drift- og vedligeholdelse bør således kunne foretages let og bør tilrettelægges bedre. Derved kan opnås mere driftssikre, energiøkonomiske og hygiejniske systemer.

De hidtil afprøvede løsninger giver, i forhold til traditionel spildevandshåndtering, en væsentlig større lokal sundhedsrisiko, på grund af den hyppigere og tættere kontakt med de menneskelige affaldsprodukter.

Den samlede økonomi (samfunds- og lokaløkonomisk) er ikke tilstrækkeligt belyst for de beskrevne løsninger til at kunne vurdere om det vil være økonomisk attraktivt at gennemføre en af de beskrevne løsninger, frem for traditionelle løsninger.

Det bør altid overvejes om andre systemer og anvendelser af affaldsprodukterne vil være mere økonomisk og økologisk attraktive.

Af de beskrevne løsninger vurderes to systemer som de mest attraktive og realiserbare:

- Indsamling af urin for direkte anvendelse som gødning i jordbruget og
- Indsamling af alle faste fraktioner til bioforgasning og anvendelse af det forgassede materiale i jordbrug

De beskrevne løsninger er bedst egnet til nybyggeri, hvor såvel boliger som indsamlings-, behandlings- og afsætningssystem kan indrettes hensigtsmæssigt.

Der er indenfor den gældende lovgivning åbnet mulighed for en stor grad af økologisk anvendelse af affaldsprodukterne på en sundhedsmæssig og miljømæssig forsvarlig måde.



## 9 Referencer/litteraturliste

- AFAV (2003): Forbehandling af organisk husholdningsaffald ved hydraulisk stempelseparation. Miljøprojekt nr. 759 2003.
- Backlund, A. (2003): Mere viden om anvendelse af kildesorterende toiletteknologi. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 35 2003.
- Backlund, A., A.M. Eilersen, I. Larsen, M. Hagelsekjær og G. Jensen (2003): Økologisk håndtering af urin og fækalier i kolonihaveforeninger. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 34 2003.
- Backlund, A og A. Holtze (2003) Vakuumtoiletter og behandling af det indsamlede materiale i biogasanlæg eller vådkomposteringsanlæg. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 36 2003.
- Backlund, A og A. Holtze (2003) Kompostering og efterkompostering af humane restprodukter indeholdt i afvandet "sort spildevand". Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 39 2003.
- Burkhard, R, A Deletic og A Craig (2000): Techniques for water and wastewater management: a review of techniques and their integration in planning. *Urban Water 2* (2999), pp. 197-221.
- Christensen, T.H., T.L. Hansen, J.T. Kirkerby, J.I.C. Jansen og Å. Svard (2003): Basisdokumentation for biogaspotentialet i organisk dagrenovation. Miljøprojekt nr. 802 2003.
- Christova-Boal, D, RE Eden og S McFarlane: An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination 106* (1996), pp. 391-397.
- Dalsgaard, A og I. Tarnov (2001): Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 18 2001.
- Fittschen, I og J Niemczynowicz (1997): Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the ecovillage Toarp, Sweden. *Wat.Sci.Tech. Vol. 35, No 9*, pp. 161-170.
- Gajdoš, R (1998): Bioconversion of organic waste by the year 2010: to recycle elements and save energy. *Resources, Conservation and Recycling 23* (1998), pp. 67-86.
- Gallert, C, A Henning og J Winter (2003): Scale-up of anaerobic digestion of the biowaste fraction from domestic wastes. *Water Research 37* (2003), pp. 1433-1441.
- Gómez Palacios, JM, A Ruiz de Apodaca og J Azcárate (2002): European policy on biodegradable waste: a management perspective. *Wat.Sci.Tech. Vol. 46, No. 10*, pp. 311-318.



Gregersen, P., S. Gabriel, H. Brix, I. Faldager (2003): Retningslinier for etablering af pileanlæg op til 30 PE Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 25 2003.

Guardabassi L, A. Dalsgaard og M. Sobsey (2003) Occurrence and survival of viruses in composted human faeces. Sustainable urban renewal and wastewater treatment no. 32 2003.

Günther, F (2000): Wastewater treatment by greywater separation: Outline for a biologically based greywater purification plant in Sweden. Ecological Engineering 15 (2000), pp. 139-146.

Hasling, A.B., J. Kjølholt og K.R. Jørgensen (2001): Miljøkonsekvenser ved nedsivning af spildevand renses i økologiske renseanlæg sammenlignet med traditionel nedsivning. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 11 2001.

Höglund, C, TA Stenström, H Jönsson og A Sundin (1998): Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems. Wat.Sci.Tech. Vol. 38, No. 6, pp. 17-25.

Holtze, A og A. Backlund (2002): Opsamling, opbevaring og udnyttelse af urin fra Museumsgården på Møn. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 23 2002.

Jansen, J.I.C. og T. Boisen, (2000): Smitterisici ved håndtering af urin, fæces og spildevand. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning. nr. 11 2000.

Jeffrey, P, R Seaton, S parsons, T Stephenson og B Jefforson (1999): Exploring water recycling options for urban environments: a multi-criteria modelling approach. Urban Water 1 (1999), pp. 187-200.

Jönsson, H, TA Stenström, J Svensson og A Sundin (1997): Source separated urine-nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination. Wat.Sci.Tech. Vol. 35, No. 9, pp. 145-152.

Jørgensen, O. (2003): Indsamling af organisk affald fra husholdninger, små erhvervskøkkener og fødevarerforretninger i Aalborg Kommune. Miljøprojekt nr. 788 2003.

Jørgensen, O. og J.I.C Jansen (2003): Sammenhæng mellem sortering, forbehandling og kvalitet af biomasse. Miljøprojekt nr. 767 2003.

Kolby, E. (2001) Udnyttelse af næringsalte i urin på Svanholm Gods. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 4 2001.

Kolby, E. (2003) Næringssaltfjernelse på mindre renseanlæg med urinsortering i oplandet. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 30 2003.

Krüger A/S, Rendan A/S og Miljøstyrelsen vandforsynings- og spildevandskontoret (1996): Katalog over alternative bortskaffelsesmetoder for spildevandsslam. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 3 1996.

- Larsen, F. M (2003): Fuldskalaforsøg i Kolding området. Miljøprojekt nr. 790 2003.
- Larssön, S., P. Clause, I. Jacobsen, P. Aronsson, K. Perttus, H. Rosenqvist, M. Dawson, E. Wilson, A. Backlund, G. Mavrogianopoulos, D. Riddel-Black, A. Carlander, T.A. Stenström og K. Hasselgren (2003): Short-rotation Willow Biomass Plantations Irrigated and Fertilised with Wastewaters. Sustainable urban renewal and wastewater treatment no. 37 2003.
- Mæng, H, H Lund og F Hvelplund (1999): Biogas plants in Denmark: technological and economic developments. Applied Energy 64 (1999), pp. 195-206.
- Markussen, P. (2001): Urinopsamling og -anvendelse i Hyldebjerg. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 10 2001.
- Mata-Alvarez, J, S Macé og P Llabrés (2000): Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. Bioresource Technology 74 (2000), pp. 3-16.
- Mikkelsen, P.S., B. Hoffmann, M. Smith, A.M. Eilersen, S.B. Nielsen, S. Gabriel, M.B. Havger, M. Elle og M. Henze (2003): Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 28 2003.
- Miljøstyrelsen (1999a) Rodzoneanlæg op til 30 PE. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1 1999
- Miljøstyrelsen (1999b) Nedsivningsanlæg op til 30 PE. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2 1999
- Miljøstyrelsen (2001): Øget genanvendelse af gråt spildevand i fællesanlæg i større bysamfund. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 19 2001.
- Miljøstyrelsen (2003): Datarapport om sammensætningen og biogaspotentiallet i organisk dagrenovation. Miljøprojekt nr. 815 2003.
- Miljøstyrelsen (2003a): Samlerapport for projekter om bioforgasning af organisk dagrenovation gennemført 2000-2002. Miljøprojekt nr. 803 2003.
- Miljøstyrelsen (2003b): Skal husholdningernes madaffald brændes eller genanvendes? Miljøprojekt nr. 814 2003.
- Miljøstyrelsen (2003c): Statusredegørelse om organisk dagrenovation. Orientering fra miljøstyrelsen nr. 4 2003.
- Nolte, E (1999): Greywater reuse for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin. Urban Water 1 (1999), pp. 275-284.
- Otterpohl, R (2002): Options for alternative types of sewerage and treatment systems directed to improvement of the overall performance. Wat.Sci.Tech. Vol. 45, No. 3, pp. 149-158.

- Otterpohl, R, A Albold og M Oldenburg (1999): Source control in urban sanitation and waste management: Ten systems with reuse of resources. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 39, No. 5, pp. 153-160.
- Otterpohl, R, M Grottker og J Lange (1997): Sustainable water and waste management in urban areas. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 35, No. 9, pp. 121-133.
- Petersen, C. (2001): Statistik for behandling af organisk affald fra husholdninger. Miljøprojekt nr. 624 2001.
- Petersen, C. (2002): Statistik for behandling af organisk affald i husholdningerne 2000. Miljøprojekt 708 2002.
- Petersen, P.H., D. Harrekilde og P.J: Hansen (2003): Fuldskalaforsøg i hovedstadsområdet. Miljøprojekt nr. 756 2003.
- PlanEnergi, Jysk biogas International og Aalborg Kommune (2002): Forsortering af organisk affald til biogas med dewaster. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 31 2002.
- Reeh U. (1995): Lokalkompostering i etageejendomme. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 69 1995.
- Schönning, C, R Leeming og TA Stenström (2002): Faecal contamination of source-separated human urine base don the content of faecal sterols. *Water Research* 36 (2002), pp. 1965-1972.
- Sinclair, R og M Kelleher (1995): Anaerobic digestion for household organics. *Biocycle; Emmaus*, Vol. 36, No. 4, 1995.
- Skjelhaugen, OJ (1999): Closed system for local reuse of blackwater and food waste, integrated with agriculture. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 39, No. 5, pp. 161-168.
- Skjelhaugen, OJ (1999): Thermophilic aerobic reactor for processing organic liquid wastes. *Wat.Sci.Tech.* Vol. 33, No. 7, pp. 1593-1602.
- Stubsgaard, A. (2001): Danske pileanlæg. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 5 2001.
- Teknologisk Institut (2001): Økologisk håndtering af spildevand. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 6 2001.
- Teknologisk Institut (2003): Økologisk håndtering af spildevand- typeprøvning af komponenter og materiel til opbygning af systemer. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 31 2003.
- Tønning K., L.M. Ottosen og B. Malmgren-Hansen (1997): Genanvendelse af dagrenovation - miljømæssig og økonomisk vurdering. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 85 1997.
- Tønning, K. (2003): Erfaringer med indsamling og behandling af bioaffald i Århus Kommune. Miljøprojekt nr. 820 2003.

Vinnerås, B og H Jönsson (2002): The performance and potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater. *Bioresource Technology* 84 (2002), pp. 275-282.

VKI (1997): Hygiejniske aspekter ved behandling og genanvendelse af organisk affald. Miljøprojekt nr. 351 1997.

Weppen, P (2001): Process calorimetry on composting of municipal organic wastes. *Biomass and Bioenergy*, 21 (2001), pp. 289-299.

Wrisberg, S. A.M. Eilersen, S. Balslev Nielsen, K. Clemmesen, M. Henze og Jakob Magid (2001): Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra by til land. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr. 14 2001.