KOMMUNALT AVLOPPSVATTEN - EN RESURS I ENERGISKOGSODLING

Kenth Hasselgren, VBB VIAK AB, Geijersgatan 8 216 18 MALMÖ
E-post: kenth.hasselgren@sweco.se

Projektbeskrivning

Odling av energiskog med särskilt utvalda kloner från *Salix* (i huvudsak pil och vide) ökar stadigt i Sverige och det finns idag omkring 18 000 ha kommersiell energiskogsodling. Tillgången på vatten och näring utgör de viktigaste faktorerna för en uthållig produktion av biomassa. Vattenfaktorns betydelse i *Salix*odling är ofta förbisedd och har visats vara den vanligaste anledningen till att vissa odlingar inte nått upp till förväntad avkastning. Näringsbehovet som normalt tillgodoses med konventionella handelsgödselmedel skiljer sig inte nämnvärt från traditionella jordbruksgrödor. Utnyttjande av näringsrika restprodukter i samhället diskuteras som komplement eller alternativ till konventionell bevattning och gödsling.

Vid Kågeröds avloppsreningsverk i Svalövs kommun genomfördes ett pilotstudie under perioden 1992-97 avseende bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten. Det primära målet med studien var att demonstrera att alternativ/komplement till konventionell avloppsrening, särskilt kväve- och fosforavskiljning, där samtidigt resurserna i avloppsvattnet tas till vara. Mera explicit avsåg studien en utvärdering av biomassaproduktion och reningseffekter i *Salix*bestånd efter tillförsel av förbehandlat avloppsvatten.

Genomförande: En delström av utgående klarfas från aktivt-slam-anläggningen före kemsteget tillfördes via fasta sprinklers försöksytor planterade med tre *Salix*kloner. Växtmaterialet erhölls från Svalöf Weibull ABs sortiment och utgjordes av de kommersiella klonerna ORM, RAPP och ULV med huvudsakligt ursprung från *Salix viminalis* (korgpil).

Tillförd mängd biologiskt behandlat avloppsvatten till sex av de sju planterade parcellerna (vardera ytan 900 m^2) uppgick till i medeltal 2, 4, 6, 8, 10 resp 12 mm/d under växtsäsongen (maj-oktober) perioden 1993-97. Den sjunde parcellen utgjorde obevattnad och ogödslad referens.

Markmaterialet bestod i huvudsak av siltig lera med inslag av lerskiffer underlagrat ett matjordsskikt med mullhaltig, lerig silt. Centralt i varje parcell installerades grundvattenrör för provtagning av ytligt grundvatten. Mäktigheten av den omättade zonen uppgick till ca 1 m under växtsäsongen.

Resultat

Avloppsvattentillförseln i medeltal under de fem växtsäsongerna varierade mellan 340 mm (försöksledet 2 mm/d) och 2040 mm (försöksledet 12 mm/d). Årsmedelnederbörden uppgick till 760 mm. Från och med det andra året uppgick bevattningsperiodens längd till 185 dygn per säsong (variation 168-190 dygn), dvs ca 6 månader. Resultaten indikerar således att för flödesutjämning under växtperioden erfordras endast volymer motsvarande några få dygns avloppsvattentillrinning. På grund av den relativt långa aktiva växtperioden hos *Salix* kan behovet av lagring av avloppsvattnet under icke bevattningssäsong bedömas motsvara 6 à 8 må-

naders avloppstillrinning vid praktisk tillämpning i system med bevattning som året-runt-lösning.

Tillväxten av stamved för bevattnade bestånd med 3-åriga skott på 4-åriga rötter uppgick till 4-12 t TS/ha i medeltal per år. Motsvarande värden för referensbestånden var 2-3 t TS/ha/år. Samtliga tre kloner producerade mest vid avloppsgivan 6 mm/d varvid ORM gav 12.4, ULV gav 10.7 och RAPP gav 7.3 t TS/ha/år. Troligen som en följd av syrebrist i den fina markprofilen i kombination med en tämligen hög grundvattennivå minskade tillväxten vid kontinuerlig bevattning överstigande 8 mm/d. Trots detta var tillväxten 3-4 gånger högre vid avloppsbevattning med 12 mm/d jämfört med referensen.

Vattenbehovet i energiskogsodling är överlag underskattat. Även om betydelsen av vattenfaktorn inte explicit studerats här framstår en säkrad vattentillgång som den kanske viktigaste enskilda faktorn för en stabil och hög biomassaproduktion.

Med den ur tillväxtsynpunkt optimala avloppsbevattningen 6 mm/d, eller ca 1000 mm per säsong, tillfördes 156 kg N, 27 kg P och 168 kg K. Andelen direkt växttillgängligt kväve uppgick till ca 2/3 av total N (29 % som ammonium, 37 % som nitrat). För fosfor och kalium var andelen löst fraktion högre. Av tillförd näringsmängd motsvarade upptaget i stamveden 29-41 % (N), 39-49 % (P) och 13-17 % (K) beroende på klon.

En stor del av växtens näringsinnehåll finns i blad- och rotdelar (mättes ej här) av vilket en del återförs via den interna cirkulationen i beståndet. En del av näringen lakas ut, ackumuleras i marken (fosfor) eller avgår till atmosfären (kväve) Sammantaget kan dock konstateras att återvinningen av avloppsvattnets näringsinnehåll - med undantag av kalium - var tämligen effektiv. Resultaten indikerar att vid högre belastning än den optimala (upp till den dubbla) kommer P-ackumulationen i marken samt N-avgången till atmosfären att öka medan växtupptaget samt perkolationen till grundvattenzonen i stort sett bibehålls på oförändrad nivå.

Förhållandet N-P-K i tillfört avloppsvatten mätt som totalt innehåll uppgick till 100-16-104. Fördelningen av N-P-K i skördade *Salix*stammar mättes till 100-20-50 med mindre avvikelser mellan klonerna. Således förelåg en tämligen god överensstämmelse mellan tillförsel och upptag. Med tillförseln av fosfor som dimensionerande parameter i ett uthållighetsperspektiv kommer dock en betydande övergödsling med kalium att ske.

Koncentrationerna av huvudnäringsämnen (N, P och K) och metaller (Cu, Zn, Pb och Cd) i stamveden var oberoende av mängden tillfört avloppsvatten. Skillnaderna mellan klonerna var små. Överlag minskade halterna av näringsämnen och metaller i takt med tillväxten av stamved.

Avskiljningen av näringsämnen och organiskt material i mark-växt-systemet var effektiv och i stort sett oberoende av belastningen. Medelhalterna i tillfört biologiskt renat avloppsvatten under försöksperioden uppgick till 14 mg N-tot/l, 2.5 mg P-tot/l och 15 mg BOD_7/l. De genomsnittliga halterna avseende totalkväve i ytligt grundvatten uppgick till 1.3-2.7 mg N/l för bevattnade försöksled. För referensen uppgick medelhalten till 1.1 mg N/l. Motsvarande värden för totalfosfor och BOD_7 var 0.10-0.27 mg P/l resp 3-5 mg BOD_7/l jämfört med referensens 0.16 mg P/l resp 4 mg BOD_7/l.

Reduktionen i den omättade zonen beräknad ur skillnaden mellan tillförd mängd i systemet och beräknad perkolerad mängd genom rotzonen till grundvattnet varierade i de olika försöksleden mellan 82-93 % för totalkväve, 90-97 % för totalfosfor och 74-82 % för BOD_7. Avskilj-

ningen var i huvudsak en kombination av växtupptag, flitrering och mikrobiell nedbrytning i rotzonen samt denitrifikation.

Sammantaget kan konstateras att det aktuella mark-växt-systemet förefaller ha en hög kapacitet ur avloppsreningssynpunkt. Beträffande BOD och fosfor var kvaliteten på avloppsvatten efter passage genom den omättade zonen i nivå med ett traditionellt renat avloppsvatten medan för kväve lägre utgående halter uppnåddes jämfört med konventionell kvävereduktion.

En övergripande slutsats som kan dras från den 5-åriga studien är att dimensionering med hänsyn till optimal tillväxt torde kunna inrymma en viss överkapacitet i mark-växt-systemet med avseende på kväve-, fosfor-, och BOD-avskiljning. En tillämpning med dessa förutsättningar kan betraktas som ren återvinning av avloppsvatten där resurserna i det förbehandlade avloppsvattnet ersätter motsvarande mängder handelsgödsel och alternativa vattenresurser nödvändiga för en uthållig produktion av biomassa.

Om målet primärt är avskiljning av närsalter i *Salix*odling tyder resultaten från studien på att den erforderliga ytan kan halveras utan att reningseffekten - åtminstone kortsiktigt - går förlorad. Med här aktuella förutsättningar innebär en sådan tillämpning emellertid bl a att det sannolikt sker en betydande ackumulering av fosfor i marken som på sikt kan läcka till yt- eller grundvatten, att en stor andel av den återförda kvävemängden går förlorad till atmosfären via denitrifikation samt att tillväxten reduceras med minst 25-35 % per ytenhet till följd av vattenövermättnad i rotzonen.

Baserat på uppnådda resultat från pilotstudien har en anläggning i fullskala etablerats vid Kågeröds reningsverk. Bevattning av 13 ha *Salix*odling med biologiskt renat avloppsvatten startade under 1997. Tillväxt, reningseffekter och eventuell miljöpåverkan skall följas upp under tre år.

Publikationer

Hasselgren, K. (1994). "Kommunalt avloppsvatten bevattnar Salix i Svalöv".

Cirkulation, 3(5):7-8.

Hasselgren, K. (1996). "Wastewater irrigation of energy plantations".

Environmental Research Forum, Vols. 5-6:183-188. Transtec Publications, Schweiz.

Hasselgren, K. (1996). "Municipal wastewater recycling in energy forestry". *Proceedings 9th European Bioenergy Conference*, Vol. 1:90-95. Elsevier Science Ltd, England.

Rosenqvist, H.; P. Aronsson; K. Hasselgren och K. Perttu (1997). "Economics of using municipal wastewater irrigation of willow coppice crops". *Biomass & Bioenergy*, Vol. 12(1):1-8. Elsevier Science Ltd, England.

Hasselgren, K. (1998). "Use of municipal waste products in energy forestry - highlights

from 15 years of experience". *Biomass & Bioenergy*, Vol 15(1):71-74. Elsevier Science Ltd, England.

Hasselgren, K. (1998). "Use of municipal wastewater in short rotation energy forestry - Fullscale application". *Proceedings 10th European Bioenergy Conference*, pp. 835-838. C.A.R.M.E.N., Tyskland.

Hasselgren, K. (1999). "Utilization of sewage sludge in short-rotation energy forestry: a pilot study.". Waste Management & Research, 17:251-262.

Hasselgren, K (1999). Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten. VA-FORSK, Rapport 1999-5, VAV, Stockholm.

Övrigt informationsmaterial

Video (1995): ”Kretsloppet i Kågeröd”. Svalövs kommun och VA-FORSK.

Broschyr (1996): ”Kretsloppet i Kågeröd”. Svalövs kommun, NUTEK, Svalöf Weibull AB, Skånska Lantmännen Energi AB, Rosenqvists Mekaniska Verkstad, och VBB VIAK AB. (2:a uppl. 1998).

Broschyr (1996): ”Kågeröd Recycling Project”. Svalövs kommun, NUTEK, Svalöf Weibull AB, Skånska Lantmännen Energi AB, Rosenqvists Mekaniska Verkstad, och VBB VIAK AB. (2:a uppl. 1998).

NÄRINGSÅTERVINNING FRÅN HUSHÅLLSAVLOPP -NATURLIGA SORBENT OCH RESTPRODUKTER SOM FOSFORFÄLLA OCH GÖDSELMEDEL

Gunno Renman, avd. för mark- och vattenresurser, Brinellvägen 28, Kungl Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm.
E-post: gunnren@ aom.kth.se

Projektbeskrivning

Dagens småskaliga avloppsreningsteknik med slamavskiljning och behandling av spillvatten genom infiltration eller markbädd ger endast marginella möjligheter att återvinna närsalter. Recirkulation av näringsämnen som immobiliserats i naturliga och konstruerade våtmarker ställer sig också svårt.

Ett sätt att förbättra recipient- och smittskydd samt återvinning av närsalter för enskilda eller mindre avloppsanläggningar är att förbehandla spillvatten i reaktiva sorbent som görs utbytbara. Det innebär att fosfor temporärt fixeras i ett naturligt eller annat miljövänligt material som sedan kan bytas och användas som jordförbättringsmedel och/eller P-gödsel. "Fosforfällan" skulle därvid kunna anpassas till såväl befintliga infiltrationsanläggningar som till helt nya koncept. Reaktiva sorbent som visat sig vara effektiva både som P-fastläggare och P-avgivare till grödor på fältet skulle direkt kunna finna sin marknad i kombination med vissa typer av befintliga lösningar.

Målet med detta projekt är att studera och utveckla hela behandlingskedjan för Ekologiskt Omhändertagande av Spillvatten (EOS) genom att (**i**) testa förekommande och tänkbara naturliga sorbent och lämpliga restprodukter för fosforsorption, (**ii**) testa den fastlagda fosforns växttillgänglighet, samt (**iii**) i fältförsök studera kretsloppslösningens relevans för avloppsoch gödselanvändaren, varvid aspekter rörande både närsalter (N & P) och övriga komponenter inklusive patogena mikroorganismer beaktas.

Projektet har pågått med finansiering från FoU-programmet "Organiskt avfall.." sedan november 1997. I projektet deltar forskare från SLU, avd f växtnäringslära under ledning av professor Gyula Simán, från KTH, avd f mark- och vattenresurser under ledning av docent Gunno Renman. Dessutom är en konsult engagerad i arbetet för praktiska fältförsök.

Forskningen bedrivs genom laboratorie- och fältförsök. Ett antal s k sorbent har testats med avseende på inbindning av i vatten löst fosfat (10 mg/l). Genom skak- och kolonnförsök har vi studerat fastläggningen i två huvudtyper av material; 1) restprodukter som är eller kan vara jordförbättringsmedel, 2) naturliga material.

Resultat

Masugnsslagg tillhör den första typen av material och den har visat sig vara ett utmärkt sorbent. I ett långtidsförsök fastlades kontinerligt över 95 % av den tillförda fosforn. Slaggen innehåller kalciumoxid och används redan idag på vissa platser som kalkningsmedel i jordbruket. Lika bra fastläggning konstaterades för ett naturligt kalkmaterial, särskilt efter att det upphettats. Förväntningar fanns att finkrossad Leca kunde sorbera fosfat men det visade sig

att det material vi använde (från fabriken i Linköping) hade svag fastläggning. Projektet är ännu inte avslutat och försök med andra material pågår.

Den fastlagda fosforns växttillgänglighet har testats dels med en extraktionsmetod, dels med kärlförsök. Stor P-tillgänglighet visade den behandlade kalken medan fosfor bundet till slagg och Leca var hårt bunden. Fältförsök pågår med filtermoduler.

Sorption i reaktiva filter är en möjlighet att fånga upp fosfor i spillvatten. De reaktiva filtren kan bestå av en rad olika material, ett eller flera blandade i samma filter. Spillvattnets uppehållstid i filtret är bl.a. av avgörande betydelse för graden av P-fastläggning. Vissa filtermedia, t.ex. slagg, kan även ta upp tungmetaller. Filtermaterial med högt pH (över 8) har större benägenhet att sorbera fosfat men växttillgängligheten kan vara sämre jämfört med material med pH omkring 7. Ett högt pH innebär dock fördelar för den hygieniska säkerheten.

Publikationer

Johansson, L. (1997). The use of LECA (Light Expanded Clay Aggregates) for the removal of phosphorus from wastewater. *Water, Science and Technology, 35(5): 87-93.*

Hylander, L. (1997). Comparision of methods for determination of phosphorus retention. In: T. Ando et al. (Eds), Plant nutrition - for sustainable food production and environment, p. 365-366. Kluwer Academic Publishers.

Johansson, L. (1998). Industrial by-products and natural substrata as phosphorus sorbents. (Manuscript submitted to *Environmental Technology*)

Johansson, L. and Gustafsson, J.P. (1998). Phosphate removal from wastewaters using blast furnace slags - Mechanisms. (Manuscript submitted to *Water Research*)

Johansson, L. and Hylander, L. (1998). Phosphorus removal from waste water by filter media: retention aand estimated plant availability of sorbed phosphorus. *Journal of Polish Academy of Science*, 458: 397-409.

Renman, G. (1998). Natural systems for onsite treatment of stormwater, leachate and domestic wastewater. Manuscript, KTH.

LOKALT KRETSLOPPSANPASSAT SYSTEM FÖR BEHANDLING OCH UTNYTTJANDE AV TOALETT- OCH KÖKSAVFALL – EN FÖRSTUDIE AV PLANERAD BEBYGGELSE I HORN, VÄSTERÅS

Christopher Gruvberger, Jordbrukstekniska institutet, Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: christopher.gruvberger@jti.slu.se

Erik Norin, VBB VIAK AB, Box 34044, 100 26 Stockholm
E-post: erik.norin@sweco.se

Projektbeskrivning

Enligt gällande detaljplaneförslag kommer fastigheten Horn 6:1 i Västerås kommun att bebyggas med 55 småhus (bostadsrättsförening). Fastigheten ligger vid sjön Freden som är en vik till Mälaren. För byggandet finns ett övergripande mål som innebär att det ställs höga krav på områdets VA- och avfallshanteringssystem. I detta ingår bland annat att påverkan på yt- och grundvatten skall minimeras, att utsläppen till Freden inte får överskrida gällande utsläppsgränser samt att lokala lösningar för vatten och avlopp bör eftersträvas.

Studiens övergripande syfte var att belysa konsekvenserna av att införa ett kretsloppsbaserat behandlingssystem med våtkompostering i Horn. I detta ingick att beskriva förutsättningarna för ett utnyttjande av tekniken, jordbrukets roll, funktionen av ett våtkompostsystem i Horn samt en jämförelse med tre alternativa behandlingsmetoder.

De fyra alternativ för behandling av avloppsvatten och komposterbart köksavfall som studerats för Horn med avseende på recipientutsläpp, växtnäringsåterföring, ekonomi samt juridiska och planmässiga aspekter är:

1. Svartvattnet behandlas genom dels satsvis och dels kontinuerlig våtkompostering tillsammans med komposterbart köksavfall. Det stabiliserade och hygieniserade kompostslammet används på närliggande jordbruksmark. Gråvattnet behandlas i slamavskiljare och sandfilterbäddar. Brunnsslammet våtkomposteras och filtersanden används så att sanden med fastlagd fosfor kan nyttiggöras.
2. Allt avloppsvatten från hushållen leds från Horn till ett befintligt kommunalt avloppsreningsverk via en tryckledning. Avloppsslammet från reningsverket används enligt dagens rutiner på energiskogsodlingar. Köksavfallet komposteras vid Horn i en för området gemensam trumkompostanläggning. Kompostmaterialet används lokalt.
3. Allt avloppsvatten från hushållen leds till ett minireningsverk som uppförs vid Horn. Avloppsslam (obehandlat) från minireningsverket sprids och myllas ner på jordbruksmark kring Horn. Köksavfallet omhändertas på samma sätt som i alternativ 2.
4. Allt avloppsvatten från hushållen behandlas i ett naturbaserat reningssystem bestående av slamavskiljare, sandfilterbäddar och våtmarks/rotzonssystem. Brunnsslammet (obehandlat) sprids och myllas ner på jordbruksmark kring Horn. Filtersand används så att sanden med fastlagd fosfor kan nyttiggöras. Köksavfallet omhändertas på samma sätt som i alternativ 2.

Resultat

Studien visar att våtkomposteringssystemet ger den högsta graden av växtnäringsåterföring. Analogt med detta ger systemet lägst recipientbelastning.

Till skillnad från övriga restprodukter kan kompostslammet från alternativ 1 användas som ett fullgödselmedel med avseende på kväve, fosfor och kalium.

Ekonomin för de olika behandlingsalternativen har kalkylerats med avseende på investering och drift (rörliga kostnader och kapitalkostnader). Kontinuerlig våtkompostering beräknas kräva högst investeringsbehov och alternativ 3 lägst. Dessutom beräknas driftskostnaderna bli högst för kontinuerlig våtkompostering. Den lägsta driftskostnaden beräknas erhållas för alternativ 3.

När det gäller plan- och juridikfrågor kommer alternativ 2 att skilja sig från övriga eftersom drift och underhåll i huvudsak ligger hos den kommunala huvudmannen. I övriga fall måste bostadsrättsföreningen i större utsträckning handla upp tjänster gällande driften av anläggningarna. En viktig del i driften består i att ha en långsiktigt säker avsättning av restprodukterna. Avtal bör därmed slutas med en enskild jordbrukare eller med en lantbrukarorganisation som Farmartjänst. Ett förslag på kontrakt bifogas rapporten.

En slutsats är att våtkomposteringsbehandling tillgodoser de mål och krav som gäller vid etablering av ett nytt avloppssystem för Horn bättre än övriga alternativ. Ur driftsäkerhets- och kostnadssynpunkt torde en satsvis behandling vara den bästa våtkomposteringslösningen för Horn. Satsvis våtkompostering är tekniskt enkelt, men ännu ej testad i full skala.

Publikationer

Norin, E. (1996). Våtkompostering i ett lokalt, kretsloppsbaserat behandlingssystem för toalett- och köksavfall – Förstudie av planerad bebyggelse i Horn, Västerås kommun. JTI-rapport Kretslopp & Avfall nr 5. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.

RESURSHUSHÅLLANDE SYSTEM FÖR CIRKULATION AV VÄXTNÄRING OCH MULLÄMNEN MELLAN SAMHÄLLE OCH JORDBRUK

Lars Olrog, HushållningsSällskapet i Bohuslän, Box 787, 451 26 Uddevalla
E-post: hs@hs-o.hush.se

Projektbeskrivning

Projektet som startade på Tingvalls försöksgård 1995, i samarbete mellan HushållningsSällskapet i Bohuslän och Tanums kommun, avslutades våren 1998. Projektets plan var att genomföra följande fyra delar och syftade till att belysa möjligheter och svårigheter med ett bättre tillvaratagande av växtnäringen i avloppsprodukter.

Del 1: Information till innevånarna i Tanums kommun om sambanden mellan miljöpåverkan och sättet att hantera avfall och avlopp, samt vikten av att inte förorena avloppet med främmande ämnen.

Del 2: Utläggning av ett treårigt fältförsök på Tingvall, där slam från reningsverk jämförs med stallgödsel från nötkreatur och humanurin med urin från nötkreatur.

Del 3: Genomförande av en enkätundersökning, där kommuninnevånarna skulle utfrågas om hur de ser på användning av olika gödselmedel inom jordbruket.

Del 4: Spridning av slam eller humanurin i praktisk drift på jordbruksmark, för att pröva hela kedjan från fastighet till åkermark.

Resultat

Informationen till kommuninnevånarna gjordes i form av utskick, i samarbete med Tanums kommun. I samband med kommunens Agenda 21 arbete gavs också flera tillfällen att informera, dels enligt punkt 1 ovan, men även om själva projektet.

Enkätundersökningen visade på olika syn från kommuninnevånarna på användningen av olika gödselmedel. Bäst tyckte man om stallgödsel, därnäst mänsklig gödsel och sämst om handelsgödsel och slam från reningsverk. Det är tydligt att många är medvetna om att slam, förutom den mänskliga gödseln, kan innehålla oönskade ämnen vars ursprung inte är känt.

Det är omöjligt att dra långtgående slutsatser från ett enda fältförsök, i synnerhet från detta försök som innehöll olika gödselmedel, tillförda i olika mängder till de olika försöksleden. Några intressanta jämförelser kan dock göras. Stallgödsel gav en förhållandevis god gödslingseffekt under hela perioden, medan slammets gödslingseffekt var obetydlig, trots högt näringsinnehåll. Bägge gavs som engångsgiva första året. Både nöturin och humanurin gav god gödslingseffekt och spreds till varje skörd. I vall 1 gav dock inte humanurinen någon skördeökning, vilket kan bero på att en för lite utspädd urin kan ha negativ inverkan på klövern.

Erfarenheterna från fältförsöket och enkätundersökningen, samt det faktum att Tingvalls Eko installerat urinseparerande toaletter, ledde till att den praktiska delen av projektet genomför-

des genom att sprida humanurin och inte slam, på ett av gårdens skiften. En lokal entreprenör samlade in humanurin från ett tiotal fastigheter, däribland Tingvalls Eko, varefter en lantbrukare med slangspridare genomförde själva spridningen. Urinen spreds på öppen jord i vårbruket och myllades ner med harv, varefter foderkorn såddes. Hanteringskedjan fungerade bra.

Publikationer

Resurshushållande system för cirkulation av växtnäring mellan samhälle och jordbruk. HushållningsSällskapet, Box 787, 451 26 Uddevalla, Tel: 0522 - 65 39 00.

KÄLLSORTERAD HUMANURIN I KRETSLOPP - FÖRSTUDIE

Håkan Jönsson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: Hakan.Jonsson@lt.slu.se

Projektbeskrivning

Projektet tillkom 1995 då intresset var stort för urinsortering men kunskapen fortfarande liten. I detta förprojekt inventerades kunskapsläget vad gäller urin och källsortering av urin som komplement till avloppssystemet. Dessutom genomfördes en studie av överlevnaden av olika mikroorganismer i lagrad källsorterad urin. Baserat på resultaten av inventeringen och hygienstudien gjordes en första preliminär utvärdering av urinsortering som komplement till ett konventionellt avloppssystem med reningsverk. Ett huvudprojekt utformades också. Syftet med detta var att täppa igen de viktigaste av de kunskapsluckor som framkommit vid inventeringen och utvärderingen.

Inventeringen bestod av två delar. I den ena delen användes systemanalys för att, med hjälp av simuleringsprogrammet ORWARE (ORganic WAste Research model), simulera och jämföra emissioner och energiförbrukning för olika avloppssystem med varandra. De system som jämfördes var konventionellt utan kväverening, konventionellt med kväverening samt konventionellt utan kväverening men med källsortering av urinen. Den andra delen av inventeringen bestod av en litteraturgenomgång av urinens sammansättning och egenskaper, utfällningar och utsöndring av olika ämnen. I hygienstudierna undersöktes inverkan av temperatur, pH och utspädning på överlevnaden av olika tillsatta bakterier och bakteriofager.

Resultat

Simuleringarna visade att med urinsortering borde vattenutsläppen av såväl kväve som fosfor minska. För kväve var minskningen stor. Om ca 40% av urinen källsorterades skulle kväveutsläppet bli lika stort som om reningsverket var försett med 50%-ig kvävereduktion. Om 100% av urinen källsorterades skulle kväveutsläppet motsvara vid en kvävereduktion på ca 85% i reningsverket. Tillförseln av fosfor till reningsverket skulle nästan halveras vid 100%-ig källsortering av urinen. Detta innebär att såväl användningen av fällningskemikalier som utsläppet av fosfor skulle minska. Litteraturstudien visade att urinens växtnäring troligen var lättillgänglig, snabbverkande och att dess tungmetallhalter var mycket låga. De undersökta mikroorganismerna kunde delas in i två grupper, de som avdödades vid lagring i källsorterad urin och de som inte påverkades under försökstiden (35-70 dygn). De som avdödades under försöket var *Aeromonas hydrophila, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella senftenberg, Salmonella typhimurium* och fekala streptokocker. Fekala streptokocker dog av relativt långsamt (månader) medan övriga dog av snabbt (dagar) vid normalt pH (8,9) och låg utspädning. Avdödningen gick långsammare vid lägre temperatur, mera utspädd urinlösning och om pH justerades så att det hamnade närmre pH 7. *Clostridium perfringens* och bakteriofagen (bakterieviruset) *Salmonella* fag typ 28b avdödades däremot i stort sett inte alls under försöket, oavsett pH, temperatur och utspädning.

Publikationer

Jönsson, H., Olsson, A., Stenström, T. A., Dalhammar, G. (1996). Källsorterad humanurin i kretslopp - Förstudie i tre delar. VAV/VA-Forsk Rapport 96-03. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Stockholm.

Olsson, A., Stenström, T. A., Jönsson, H. (1995). Occurrence and persistence of faecal microorganisms in human urine from urine-separating toilets. Proceedings of 2nd International Conference on Ecological Engineering for Wastewater Treatment, Waedenswil, Switzerland, September 18-22. 1995.

Deltagande forskare och institutioner

Håkan Jönsson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala
Thor-Axel Stenström, Anna Olsson, Smittskyddsinstitutet, 105 21 Stockholm
Gunnel Dalhammar, Institutionen för bioteknologi, KTH,100 44 Stockholm

KÄLLSORTERAD HUMANURIN I KRETSLOPP - HUVUDSTUDIE

Håkan Jönsson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: Hakan.Jonsson@lt.slu.se

Projektbeskrivning

Den förstudie som föregick projektet visade på stora kunskapsluckor vad gällde många aspekter av urinsorterande system. De viktigaste kunskapsluckorna gällde hygieniska risker, funktion (utsortering, fångst, driftssäkerhet), möjlighet att koncentrera urinen samt effekter på miljöpåverkan och naturresurshushållning av att införa urinsortering. Projektets målsättning är att täppa till ovanstående kunskapsluckor. För att göra detta har bl.a. följande delstudier ingått i projektet:

- laboratoriestudier av olika bakteriers avdödning i källsorterad urin,
- laboratoriestudier av avdödningen av protozoer och virus i källsorterad urin, pågående,
- fältstudier av olika indikatorbakteriers förekomst i källsorterad urin (2-4 mätningar i 14 anläggningar), inkluderande biologisk "fingerprinting" i några anläggningar,
- undersökning av fekala streptokockers tillväxt vid olika temperaturer,
- utveckling och verifiering av en kemisk indikator för fekal inblandning i källsorterad urin,
- undersökning av 557 bakteriestammar (enterokocker) för eventuell antibiotikaresistens,
- mikrobiell riskanalys av urinsorterande avloppssystem, pågående, - *mätning av toalettanvändning, hemvaro samt mängd och sammansättning på den uppsamlade urinlösningen i två bostadsområden, 62 lägenheter, ca 6100 persondygn, - *enkätstudie rörande bl. a. funktion och driftsäkerhet (96 hushåll i fem bostadsområden), - *studier av stopp i toaletternas urinvattenlås i två bostadsområden, - *studier av faktorer som påverkar bildningen av stopp i toaletternas urinvattenlås, pågående,
- studier av slam som bildas i ledningssystemet, pågående, - *undersökning av urinkvävets växtnäringsvärde och av eventuell växttoxisk effekt i såväl kärl som fältförsök,
- modellering och simulering av urinsorterande avloppssystem för att undersöka effekter på miljöpåverkan och naturresurshushållning av urinsortering under varierande förutsättningar, pågående,
- laboratoriestudier för att undersöka möjligheten att på olika sätt koncentrera urinen,

Se under publikationer för förklaring av "*".

Resultat

Projektet är slutrapporterat. Nedan ger vi några av de viktigaste resultaten i punktform:

- Vi rekommenderar att urinen lagras avskiljt mellan en och sex månader före användning. Tiden beror på lagringsförhållanden och val av gröda.
- Efter denna bedömer vi att urinen håller en hög hygienisk kvalitet vad gäller bakterier och protozoer.
- Liksom för det konventionella avloppssystemet har riskerna orsakade av virus ännu inte kunnat bedömas. Studier pågår.
- Under lagringen hygieniseras urinen. Detta sker snabbare och säkrare ju högre temperaturen är, ju mer koncentrerad urinen är och ju mer pH avviker från 7.
- Fekalier som hamnar fel, t.ex. i samband med diarré, bedöms utgöra störst smittrisk.

- Större delen av urinen sorteras rätt, andelen är högre ju mera motiverade brukarna är.
- Stopp uppstår i toalettens urinvattenlås efter något års användning. De flesta stopp orsakas av hår, pappersfiber och utfällning av olika fosforföreningar, och de är lätta att rensa. Övriga stopp är svåra att rensa och består av fosfor-, magnesium- och kalciumrika utfällningar på rörväggarna.
- Den källsorterade urinen innehåller mycket och lättillgänglig växtnäring.
- Halterna av tungmetaller är mycket låga och risken för toxisk effekt på stråsäd är försumbar.
- Vattenutsläppen av kväve minskar kraftigt vid urinsortering. Om avloppsvattenreningen är dålig minskar även fosforutsläppen kraftigt, annars är minskningen mindre.
- Ammoniakutsläppet till luft för hela systemet bör, om rätt teknik används, kunna hållas under 10% av urinens kväveinnehåll.
- Urinsortering leder i regel till att en mindre mängd energi sparas.
- Urinen kan koncentreras med flera olika metoder, vars resursbehov varierar.

Publikationer

Börjesson, E., Sundin, A., Leeming, R., Torstensson, L. (1997). A new method for determination of faecal sterols in urine using non-chlorinated solvents. Journal of Chromatrography B 713(2):438-442.

Höglund, C., Stenström, T. A., Jönsson, H., Sundin, A. (1998). Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems. Water Science and Technology 38(6):17-25.

Höglund, C., Stenström, T. A.1999. Survival of Cryptosporidium parvum oocysts in source separated human urine. Canadian Journal of Microbiology 45:1-7.

Jönsson, H., Stenström, T. A., Svensson, J. & Sundin, A. (1997). Source separated urine - Nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination. Water Science and Technology 35(9):145-152.

Sundin, A., Leeming, R. L., Stenström, T. A. (1998). Degradation of faecal sterols in urine for assessment of faecal crosscontamination in source-separated human urine and urine sediment. Water Research 33(9):1975-1980.

<u>Rapporter, konferenser och informationsmaterial</u>

Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.A., Dalhammar, G., Kirchmann, H. (2000). Källsorterat humanurin i kretslopp. VA-Forsk rapport 2000-1, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm.

Dalhammar, G. (1998). Behandling och koncentrering av humanurin. Rapport, Institutionen för bioteknologi, KTH.

Jönsson, H., Stenström, T.-A., Dalhammar, G., Svensson, J. & Olsson, A. (1996). Är urinsortering ett bra sätt att öka kretsloppsanpassningen? VAV-nytt nr 2, sid 50-53.

Jönsson, H. (1996). Urin från tätort till lantbruk. I: Sammanfattning av seminariet "Morgondagens kretslopp" Uppsala, Oktober 22-23, 1996. JTI rapport Kretslopp & avfall nr 8, Jordbrukstekniska Institutet. Uppsala.

*Jönsson, H. (1997). Vänta med den stora skalan! Byggforskning nr 2, sid 27-29.

*Jönsson, H. (1997). Separation of urine: Wait before introducing it on a large scale! Swedish Building Research, English issue. Journal of the Swedish Council for Building Research No 2 pp 14-15.

Jönsson, H. (1997). Assessment of sanitation systems and reuse of urine. In: Drangert, J.O., Bew, J., Winblad, U. (eds). Ecological alternatives in sanitation - Proceedings from SIDA Sanitation Workshop, Balingsholm, Sweden, August 6-9. Publications on Water Resources no 9, Department for Natural Resources and the Environment, Sida. Stockholm, Sweden.

Stenström. T. A. (1997). Disease control. In: Drangert, J.O., Bew, J., Winblad, U. (eds). Ecological alternatives in sanitation - Proceedings from SIDA Sanitation Workshop, Balingsholm, Sweden, August 6-9. Publications on Water Resources no 9, Department for Natural Resources and the Environment, Sida. Stockholm, Sweden.

Jönsson , H., Dalemo, M., Höglund, C., Sonesson, U., Stenström, T.A., Vinnerås, B. (1998). Source separation of human urine - nitrogen and phosphorus emissions. Paper presented at the International Conference RAMIRAN'98, Rennes, Frankrike. 26-29 May 1998.

Höglund, C., Stenström, T. A., Jönsson, H., Sundin, A. (1998). Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems. Paper presented at Water Quality International 1998, Nineteenth Biennial Conference of the International Association on Water Quality, Vancouver, BC Canada, June 21-26, 1998. Också tryckt i Water Science and technology.

Höglund, C., Stenström, T.A.,Sundin, A., Jönsson, H. and Vinnerås, B. (1998). Hygienic quality of source separated urine based on the analysis of faecal indicator bacteria. Paper presented at the International Conference RAMIRAN'98, Rennes, Frankrike. 26-29 May 1998.

Jönsson, H., Dalemo, M., Sonesson, U., Vinnerås, B. (1998). Modelling the sewage system - evaluating urine separation as a complementary function to the conventional sewage system. Paper presented at Systems Engineering Models for Waste Management, International Workshop in Gothenburg, Sweden, February 25-26, 1998.

*Jönsson, H., Burström, A. & Svensson, J. (1998). Mätning på två urinsorterande avloppssystem - urinlösning, toalettanvändning och hemvaro i en ekoby och i ett hyresområde. Rapport 228, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

*Burström, A. & Jönsson, H. (1998). Dubbelspolade urinsorterande toaletter - driftserfarenheter och problemuppföljning. Rapport 229, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Höglund, C. (1998). Hygieniska aspekter på källsorterad humanurin. Biologik 2:98.

Höglund, C. (1998). Hygienisk kvalitet på källsorterad humanurin. Dokumentationen från Rikskonferensen Avlopp och Kretslopp 1998-03-02--03-03, Linköping.

Höglund, C. (1998). Är urin en hygienisk risk? Dokumentationen från seminariet 'Urinseparerande avloppssystem' 1998-03-26, Stockholm, arrangerat av Stockholm Vatten AB, HSB Riksförbund och AB Stockholmshem.

Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C. (1998). Urinsortering - ett avloppssystem för framtiden? Gröna fakta 7/1998, Movium, SLU. Alnarp.

*^Jönsson, H., Burström, A., Svensson, J., Vinnerås, B. (1998). Mängd och sammansättning på urinlösningen i Understenshöjden, Palsternackan och Hushagen. Dokumentationen från Rikskonferensen Avlopp och Kretslopp 1998-03-02-03-03, Linköping.

Jönsson, H., Vinnerås, B. (1998). Systemaspekter vid urinsortering. Dokumentationen från Rikskonferensen Avlopp och Kretslopp 1998-03-02-03-03, Linköping.

*Jönsson, H. (1998). Praktiska erfarenheter av toaletter och urinsystem. Dokumentationen från seminariet 'Urinseparerande avloppssystem' 1998-03-26, Stockholm, arrangerat av Stockholm Vatten AB, HSB Riksförbund och AB Stockholmshem. Också tryckt som:

*Jönsson, H. 1998. Praktiska erfarenheter av toaletter och urinsystem. VVS-Forum nr 8: 79-80. Augusti 1998.

*Jönsson, H., Vinnerås, B. (1998). Resurshushållning och miljöpåverkan. Dokumentationen från seminariet 'Urinseparerande avloppssystem' 1998-03-26, Stockholm, arrangerat av Stockholm Vatten AB, HSB Riksförbund och AB Stockholmshem.

Kvarmo, P. (1998). Humanurin som kvävegödselmedel till stråsäd. Examensarbete 1998, nr 107, Institutionen för markvetenskap, SLU.

Nordling, J. (1998). Growth of eterococci at optimal and psychrotrophic temperature conditions related to growth in an urine source separating sewage system. Examensarbete vid institutionen för biologi, Stockholms, Universitet. Stockholm

*I samverkan med projektet 'Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringskälla för jordbruket runt Stockholm' som finansieras av Stockholm Vatten AB, HSB Riksförbund, AB Stockholmshem och Stockholms läns landstings miljövårdsfond.

^ I samverkan med projektet 'Hållbar förnyelse av stadsbebyggelse' som finansieras av Svenska Kommunförbundet, Byggforskningsrådet, VA-FORSK, Dalarnas forskningsråd, Länsstyrelsen i Dalarna, Borlänge kommun och Stora Tunabyggen AB.

<u>Deltagande forskare och institutioner</u>

Håkan Jönsson, Björn Vinnerås, Anna Burström, Jan Svensson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala

Thor-Axel Stenström, Caroline Höglund, Johan Nordling, Annika Sundin, Smittskyddsinstitutet, 105 21 Stockholm

Gunnel Dalhammar, Malin Brömster, Institutionen för bioteknologi, KTH, 100 44 Stockholm

Holger Kirchmann, Pernilla Kvarmo, Institutionen för markvetenskap, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala

RESTAURANG-, HANDELS-, OCH HUSHÅLLSAVFALL SOM VÄXTNÄRINGS- OCH JORDFÖRBÄTTRINGSMEDEL – ORIENTERANDE ODLINGSFÖRSÖK MED RÖTREST VID SÅDD OCH I VÄXANDE GRÖDA

Staffan Steineck, Jordbrukstekniska institutet, Box 7033, 750 07 Uppsala.
E-post: staffan.steineck@jti.slu.se

Projektbeskrivning

Nya kretsloppsanpassade lösningar måste vara både hygieniska och bidra till en minskad miljöbelastning. Huvuddelen av det kväve och den fosfor som lämnar jordbruket som livsmedelsråvara bör kunna återföras med rimliga integrerade lösningar mellan stad och land.

Stockholms Kommuns Avfallsförädling AB, SKAFAB, och SRV återvinning AB studerar tillsammans en sådan kretsloppsanpassad lösning för matrester från Stockholms och Södertörns restauranger och hushåll i ett projekt som kallas "Från bord till jord". En försöksanläggning uppfördes i pilotskala där det växtnärings- och energirika avfallet rötades. All växtnäring i avfallet återfinns i en flytande rötrest.

Under odlingssäsongerna 1996-1997 utfördes ett odlingsförsök varje år med rötrest från pilotanläggningen. Syftet var dels att studera rötrestens kväveverkan med avseende på kärnskörd och kvalitet beroende på val av spridningstidpunkt, dels att bedöma kvävets verkningsgrad jämfört med kväve i konstgödsel. Syftet var vidare att demonstrera spridning av rötrest för lantbrukare, myndigheter, organisationer och allmänhet. Fältförsök lades ut på Berga Naturbruksgymnasium i Västerhaninge, söder om Stockholm 1996 och Talby Nedergård i norr om Södertälje 1997. Två behandlingsled med rötrest ingick i försöket, utöver kontrollled med konstgödsel i kvävestege. Rötresten spreds med släpslangspridare i samband med sådd med efterföljande nedmyllning och i växande gröda utan nedmyllning.

Resultat

Under 1996 utfördes ett orienterande odlingsförsök med havre som gröda integrerat med åkerns befintliga odling. Rötresten bandspreds med släpslangspridare som normalt används vid spridning av gårdens flytgödsel. Spridning av rötrest på våren i samband med sådd gav en skörd som motsvarade samma kvävemängd i konstgödsel (baserat på rötrestens innehåll av ammoniumkväve). Spridning av rötrest i växande gröda gav en skörd motsvarande 75 % av samma mängd kväve i konstgödsel tillfört vid sådden.

Under 1997 utfördes odlingsförsök med korn som gröda i ett randomiserat blockförsök. Rötresten bandspreds med släpslangspridare framtagen för att användas vid odlingsförsök. Resultaten av detta års försök påverkades mycket starkt av vädret under odlingssäsongen. Spridning av rötrest i samband med sådd gav en skörd motsvarande 82 % av samma kvävemängd i konstgödsel. Spridning av rötrest i växande gröda gav en skörd motsvarande 52 % av samma mängd kväve i konstgödsel tillfört vid sådden.

I försöksledet med spridning i växande gröda var skördeutbytet lägre. Orsakerna var bland annat sen gödsling, körskador på gröda, för torrt vid spridning och kväveförluster i form av ammoniak vid spridning i den växande grödan.

Risken för nitratutlakning är lika hög för rötrest som för övriga organiska gödselmedel och konstgödsel, enligt mätningar av markens innehåll av kväve under våren, sommaren och sent på hösten.

Publikationer

Richert Stintzing, A., Karlsson, G. och Steinech, S. (1999). Västnäringseffekter av rötat hushållsavfall i fältförsök med vårsäd. JTI-rapport 258 Lantbruk & Industri, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala

TRANSPORT, LAGRING OCH SPRIDNING AV RÖTREST FRÅN BIOGAS-ANLÄGGNINGAR

Lennart Thyselius, Jordbrukstekniska institutet Box 7033 75007 Uppsala.
E-post: lennart.thyselius@jti.slu.se

Projektbeskrivning

Det uppförs för närvarande ett flertal storskaliga biogasanläggningar i Sverige som rötar organiskt avfall tillsammans med gödsel. Varje anläggning producerar mellan 30 000 till 75 000 ton rötrest/år som ska spridas på åkermark. Hanteringen av denna rötrest bygger på "konventionell" teknik där transport sker med lastbil och spridning med tankvagn för flytgödsel. Dessa hanteringssystem har relativt låg kapacitet, är energikrävande samt medför ofta stora markpackningsskador.

Projektet syftar till att jämföra det konventionella hanteringssystemet med ett alternativt system där rötrest pumpas från anläggning till satellitlager samt vid spridning från satellitlager till spridare. Det alternativa systemet har förutsättningar för att ha högre kapacitet, mindre energibehov samt ge mindre markpackning. Projektet omfattar praktiska kapacitetsförsök, karaktärisering av rötrest, mätning av ammoniakavgång vid lagring och spridning samt ekonomiska och energimässiga jämförelser.

Vid etablering av kretsloppsanpassade storskaliga behandlingssystem för organiskt avfall bli det en lokal koncentration av organiska gödselmedel. Lantbrukets teknik för att omhändertaga gödsel baserar sig på relativt små kvantiteter. Dessa hanteringssystem är inte optimerade för att hantera de stora kvantiteter organiska gödselmedel som produceras från anläggningar som behandlar organiska avfall.

Målet med projektet är att ta fram rekommendationer om lämplig teknik för lagring, transport och spridning samt vid behov även behandling av rötrest från biogasanläggningar för rent, organiskt avfall. Därigenom kan man få till stånd en effektiv cirkulation av näringsämnen.

Rötrest från tre olika biogasanläggningar kommer att karaktäriseras vad det gäller dess spridningsegenskaper. Vidare mäts ammoniakavgång vid lagring och spridning av rötrest. Dessa studier görs för att få jämförande data gentemot flytgödsel från nöt eller svin. Tids- och kapacitetsstudier görs av det konventionella hanteringssystemet. Pumpning och spridningsförsök görs med rötrest för att få dimensionerande data till det alternativa systemet.

Utgående från de beskrivna försöken jämförs de studerade systemen med avseende på kostnader, energibehov, emissioner och spridningsstrategi.

Resultat

De analyserade rötresterna har ett torrsubstansinnehåll mellan 3-6 % och fluiditeten liknande vatten. Innehållet av totalkväve var mellan 3,4-5,4 kg/m^3 och andelen ammoniumkväve varierade mellan 57-67 % av totalkvävet. Vid lagring av rötrest ansamlades det fiberrika materialet på botten vilket ledde till en uppdelning av växtnäringsämnena. Fosfor och det organiskt

bundna kvävet hamnade till övervägande del i bottensedimentet medan ammoniumkvävet fördelades jämnt. Skillnaden i torrsubstansinnehåll mellan de båda faserna var mellan 6-13%-enheter.

Vid lagringsförsök under vinterhalvåret, från november till april, visade det sig att knappt 14% av ammoniumkvävet hade avgått. Som täckningsmaterial användes hackad halm som tillsammans med fibermaterialet i rötresten bildade ett ca 5 cm tjockt täcke.

I spridningsförsök med en rötrest baserad på hushållsavfall och en rötrest baserad på nötgödsel visade det sig att mellan 4-10 % av totalkvävet avgick som ammoniumkväve. Vid försöket användes en släpslangspridare. Efter ungefär 4 timmar hade hälften av det ammoniumkväve avgått som uppmättes totalt under en 20-timmarsperiod.

Rent spridningstekniskt fungerar en vanlig flytgödselspridare mycket bra för rötrest eftersom det är ett relativt finfördelat material och utan inslag av t.ex. långa halmstrån som kan orsaka stopp i ledningarna.

Transportsträckan för att få ut rötresten till lager i anslutning till åkermarken varierar kraftigt mellan anläggningarna och beror också på hur gynnsamt spridningsklimat det är. Ett regnigt år kräver större lagringsutrymme eftersom det då inte går att sprida i samma omfattning som ett torrår. Av de undersökta anläggningarna var det kortaste medelavståndet 10 km och det längsta drygt 50 km. I dagsläget sker all transport med tankbil. Försök har påbörjats att pumpa rötresten.

Publikationer

En slutrapport kommer att publiceras under våren 2000 vid Jordbrukstekniska institutet (JTI), Uppsala.

UTVÄRDERING OCH DEMONSTRATION AV LOKALT VÄXTNÄRINGSKRETSLOPP – VÅTKOMPOSTERING AV AVLOPPSSLAM OCH ORGANISKT AVFALL PÅ GÅRDSNIVÅ

Christopher Gruvberger, Jordbrukstekniska institutet, Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: christopher.gruvberg@jti.slu.se

Erik Norin, VBB VIAK AB, Box 34044, 100 26 Stockholm
E-post: erik.norin@sweco.se

Projektbeskrivning

Studier utförda av JTI, Smittskyddsinstitutet och Statens Veterinärmedicinska Anstalt visar att våtkompostering är en effektiv hygieniseringsmetod för organiskt avfall som skall återföras till jordbruksmark. Våtkompostering har dessutom visat sig vara en lättskött process som kan användas för ett stort antal typer av organiskt material. De norska erfarenheterna av gårdsbaserade våtkomposteringsanläggningar är också goda och idag satsar man på en vidare utbyggnad. I Sverige diskuteras idag liknande system på flera platser, varav Sånga-Säby Kurs & Konferens är ett exempel.

Sånga-Säby Kurs & Konferens har en uttalad miljöprofil. Konferensanläggningen med tillhörande jordbruk har under 1996 varit föremål för en SLU-studie om de lokala växtnäringsflödena. Ett våtkomposteringssystem har rekommenderats för att återföra anläggningens avloppsslam och restaurangavfall till jordbruket.

Syftet med projektet är att utvärdera hanteringssystemet. Målet är att beskriva tillvägagångssätt för att säkra en hög renhet hos avfallet samt redovisa driftanvisningar och skötselbehov för en gårdsbaserad våtkomposteringsanläggning. Vidare skall redovisas hur gödselprodukten kan användas så att största möjliga växtnäringseffekt och minsta möjliga miljöbelastning uppnås.

Kring lokala våtkomposteringssystem för avloppsslam och organiskt avfall finns några centrala frågeställningar som bör belysas. Bland dessa ingår bland annat de följande frågeställningarna:

- Kvaliteten på ingående avfallsmaterial
- Drift och skötsel av våtkomposteringssystemet
- Användningen av gödselprodukten (kompostslammet)

Projektet kommer därför att bestå av tre delprojekt som syftar till att ge svar på dessa frågeställningar. I det följande beskrivs aktiviteterna inom delprojekteten översiktligt.

När det gäller kvaliteten på ingående avfallsmaterial bör studier utreda graden av föroreningar (tungmetaller, organiska ämnen, synliga föroreningar) i avfallen. Åtgärder för att förbättra och långsiktigt säkra kvaliteten behöver utvärderas. Syftet med delprojektet är att undersöka hur man genom informationsinsatser kan påverka kvaliteten hos organiskt avfall, avloppsslam och externslam.

Behovet av drift- och skötselinsatser för ett våtkomposteringssystem innefattar flera arbetsmoment från insamlingen av avfallet via behandlingen till lagringen av den färdiga gödselprodukten. Bland annat skall tidsåtgång och eventuella driftavbrott belysas genom att en driftjournal förs under hela uppföljningsperioden.

Kompostslammet är hygieniserat och stabiliserat, och kan ur hygienisk synpunkt betraktas som en generell gödselprodukt. Med hänsyn till jordbrukets odlingssystem skall lämpliga hanterings- och spridningsrutiner beskrivas. Detta skall utarbetas i samverkan med bland annat lokala lantbrukare, SMI, SVA, LRF och aktuella livsmedelsuppköpare.

Sånga-Säby Kurs & Konferens avser att uppföra en våtkompostanläggning i anslutning till det egna, befintliga reningsverket. Uppförandet har dock inte startat, vilket gör att detta projekt ännu inte inletts (mars 2000).

ÖSTHAMMARS KRETSLOPPSVERK

Jacob Spangenberg, HushållningsSällskapet i Stockholms och Uppsala län, Katrinelund 4591, 742 92 Östhammar
E-post: jacob.spangenberg@hs-abc.hush.se

Peter Ridderstolpe, WRS i Uppsala AB, Östra Ågatan 53, 753 22 Uppsala
E-post: peter.ridderstolpe@wrs.se

Projektbeskrivning

Projektets utgångspunkt har varit att jordbruket spelar en avgörande roll, för att anvisa vägar till ett mer effektivt omhändertagande av toalettavfall och spillvatten. När detta uppnås kommer vi också att få ett mer lönsamt och uthålligt jordbruk samtidigt som vi får ett mer uthålligt samhälle i övrigt. Projektet initierades av lantbrukare och har arbetat med konkreta avlopps- och jordbruksfrågor i Östhammars kommun. Strävan var från början att i projektet få medverkan av alla viktiga aktörer som behövs för att bygga slutna flöden för näringsämnen i kommunen. I gruppen arbetade LRF-anslutna jordbrukare med kommunala avloppstekniker och tillsynstjänstemän , lantbruksrådgivare, tillsammans med lantbruksforskare och experter inom kretsloppsinriktat VA.

Resultat

Projektet har kartlagt växtnäringsflödena i Östhammars kommun. Vidare har ett förslag till kravspecifikation för sanering och nybyggnation av avlopp arbetats fram. Detta har antagits av Miljö och hälsoskyddsnämnden. Konkreta förslag för kretsloppsinriktade lösningar har tagits fram för mindre byar samt praktiskt genomförd byggnation av urinseparerande anläggning i parhus på landsbygden. Provtagning har genomförts på anläggningen vilken visar att närsalter i mindre mängd än väntat utsorterades genom separation.

Hinder för kretsloppslösningar har kartlagts, samt de möjligheter till kretsloppsentreprenader som finns för lantbrukare i framtiden.

Publikationer

Östhammars kommun (1997). Östhammars kretsloppsverk – Slutrapport 1992-96. Östhammars kommun, Östhammar.

Ridderstolpe, P. och Salomon, E. (1995). Östhammars kretsloppsverk – Växtnäringsflöden och kretsloppssystem för avloppsvatten i Östhammars kommun. Avd. för jordbearbetning, Inst. För markvetenskap, SLU, Tekniks rapport nr 2, Uppsala.

Lönngren, M. (1998). Samverkan kring kretsloppslösningar – En utvärdering av Östhammars kretsloppsverk. Avdelningen för informationslära, SLU, Rapport 4, Uppsala.

TEKNIKER FÖR HYGIENISERING AV BIOLOGISKT AVFALL – FUNKTIONER OCH EKONOMI

Berit Mathisen, Jordbrukstekniska institutet, Box 7033, 750 07 UPPSALA
E-post: berit.mathisen@jti.slu.se

Projektbeskrivning

Hantering av avfallsprodukter från samhället är på många sätt förknippat med risker kring smittspridning. Rapporten är en översikt över olika tekniska lösningar för hygienisering och innehållet bygger på litteraturuppgifter, intervjuer och tidigare försök vid JTI. Växtpatogener behandlas inte, utan endast human- och animalpatogener. Merparten av dataunderlaget kommer från avloppsreningsområdet, där hygienfrågor länge diskuterats i samband med jordbruksanvändning av avloppsslam.

De tekniska lösningarna för hygienisering som behandlas är:

- Fysikaliska behandlingsmetoder: pastörisering, termisk torkning, bestrålning, mikrovågsbehandling samt frysning/tining.
- Kemiska behandlingsmetoder: kalkbehandling, alkaliska medel, perättikssyra, formalin och andra kemikalier.
- Biologiska behandlingsmetoder: anaerob stabilisering, kompostering, aktivslamprocessen, aerob termofil slamstabilisering samt lagring.
- Kombinationsprocesser: pastörisering/anaerob behandling, aerob slamstabilisering/-anaerob behandling samt kalkbehandling/anaerob behandling.

I rapporten redovisas, i den mån uppgifter gått att finna, processbeskrivning, materialförändringar, tillämpbarhet på organiskt material, patogenavdödning, driftserfarenheter, behandlingskostnader och energiåtgång för de olika metoderna. Det finns också en översikt över de miljöaspekter och emissioner som metoderna kan ge.

Resultat

I Sverige finns det ännu inte några generella regler gällande stabilisering och/eller hygienisering av organiskt avfall, varför vi valt att göra en sammanställning av de driftskrav för hygieniseringsmetoder som gäller i Danmark, Norge och Tyskland.

Dessa driftskrav har sedan legat till grund för en bedömning av de olika hygieniseringsmetodernas avdödningspotential. Metoderna har bedömts efter följande kriterier:

- Inga salmonellabakterier ska vara påvisbara efter behandlingen
- Inga viabla parasitägg ska kunna påvisas
- Antalet fekala streptokocker ska vara mindre än 100 stycken per gram.

De tekniska lösningarna för pastörisering, kalkbehandling, formalinbehandling samt termofil rötning, kompostering och aerob termofil slamstabilisering har visat sig kunna uppfylla de tre hygieniseringskraven. Det är möjligt att även vissa andra tekniska lösningar kan uppfylla dessa krav, men detta har inte kunnat bekräftas genom denna studie. Lagring och frysning/tining

är två tekniska lösningar där avdödningsdata tyder på att de inte kan betraktas som tillfredsställande hygieniseringsmetoder.

De i studier redovisade avdödningseffekterna har bestämts genom traditionell mikrobiologisk odlingsteknik. Icke odlingsbara former av patogena bakterier i miljön är ännu inte tillräckligt dokumenterade.

En utvärdering av metoderna har också gjorts med avseende på stabilisering, tillämpbarhet på olika typer av avfall, miljöaspekter samt teknik/kontrollerbarhet.

Publikationer

Inger, M., Norin, E. Och Mathisen, B. (1997). Hygienisering av biologiskt avfall. JTI Rapport Kretslopp & Avfall Nr 10. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.

KRETSLOPPSANPASSADE AVLOPPSSYSTEM I BEFINTLIG BEBYGGELSE

Kristina Hargelius, Kjessler & Mannerstråle Miljöteknik AB, Rullagergatan 6,
415 26 Göteborg
E-post: kristina.hargelius@km.se

Projektbeskrivning

Syftet med undersökningen är att utvärdera 6 olika avloppssystem med avseende på teknisk funktion, miljöbelastning, grad av näringsåterföring, smittspridningsrisk, attityder och ekonomi. I projektet har en utvärderingsmetod - klassificeringsmodell - tagits fram vars syfte är att göra en samlad bedömning och jämförelse av olika avloppssystem utifrån ovanstående ingångsparametrar och beroende på lokala förutsättningar. Klassificeringsmodeller har alltid svagheter. Denna modell kan leda till alltför generella slutsatser. Stor hänsyn måste tas till lokala förhållanden och klassificeringsmodellen är inte någon slutlig lösning utan ska betraktas som ett hjälpmedel att åskådliggöra komplexiteten vid val av avloppssystem. Projektet genomfördes av Scandiaconsult Bygg och Mark AB i samarbete med Sveriges Lantbruksuniveritet, Uppsala Universitet, Smittskyddsinstitutet, Statens Veterinärmedicinska Anstalt och Jordbrukstekniska Institutet och är finansierat av BFR, VA-Forsk, Stiftelsen Lantbruksforskning och Scandiaconsult AB.

Tre kommuner, Tanum (Heestrand), Norrtälje (Hargs by) och Kävlinge (Södervidinge/ Särslöv), har fungerat som studieområden. De är valda så att dess likheter och olikheter ska ge en gemensam plattform, men visa på vilka olikheter som kan uppträda i olika områden när man ska planera för nya avloppslösningar. Områdena har inventerats med avseende på VA-lösningar, hustyper, avsättningsmöjligheter för restprodukter, miljösituation, attityder, hygien och landskap. Attitydutvärderingar har utförts genom enkätundersökningar och djupintervjuer av boende, lantbrukare och kommunala tjänstemän i de tre kommunerna.

Sex (Sju) olika avloppslösningar har studerats:

A1. Urinsortering med lokal fekaliehantering och med en urintank per fastighet
A2. Urinsortering med lokal fekaliehantering och med en stor, central uppsamlings- och hygieniseringstank för urin
B. Urinsortering med fekalie- och gråvattenrening i reningsverk
C. Vakuumsystem. Behandling av avloppet med våtkompostering.
D. Snålspolande/urinsortering för vattenbesparing. Behandling av avloppet med våtkompostering
E. Multrum med urinsortering
F. Konventionellt avloppssystem

Dessa lösningar har diskuterats tillsammans med alla medverkande experter. För- och nackdelar med varje system beroende på lokala förutsättningarna samt varje systems begränsningar har analyserats. Dessa erfarenheter har slutligen sammanställts i en klassificeringsmodell som tar upp miljöpåverkan, resursanvändning, hygien, attityder, tekniska aspekter, driftsäkerhet och ekonomi.

Resultat

Vid utvärdering enligt den framtagna klassificeringsmodellen har det genomgående visat sig att system med urinsorterande toaletter får höga värden och de kan därför vara lämpliga att använda i framtiden. Men nuvarande urinsorterande toalettstolar har brister beträffande teknisk funktion och pris. Toalettillverkarna bör medverka till att toaletterna tillverkas i standardutförande och att priserna blir jämförbara med dagens konventionella toalettstolar. Även andra metoder måste beaktas beroende av platsens förutsättningar.

Beräkningar av installationskostnader visar att de konventionella systemen med anslutning till kommunala avloppsreningsverk varierar mellan ca 44 000 och 160 000 kr per hushåll inkl moms i de tre studerade kommunerna. De alternativa system som studerats kostar totalt i de tre kommunerna mellan ca 90 000 och 180 000 kr beroende på val av system. För avloppsinstallationer varierar kostnaden främst p g a val av system och avstånd mellan fastigheter och behandlingsanläggning. Vad som bl a framkommit är att de omfattande byggnadsarbetena i fastigheten medför höga kostnader. En rimlig genomsnittssumma för VVS uppskattas till cirka 15-20 000 kr per hushåll men kan variera mellan 12 000 kr och 44 000 kr beroende på vilken hustyp och vilket avloppssystem man avser. De dyraste installationerna gäller hus med platta på mark, berggrund eller med toaletter i källaren. För installation av torrlösning, multrum med urinsortering alt. E, krävs utrymme under toalettstolen för fekaliehantering, vilket blir mycket besvärligt byggnadstekniskt samt kostsamt i de fastigheter där alltför omfattande ombyggnadsarbeten krävs. Jämförelse mellan olika installationskostnader kan ibland visa på ett resultat som inte stämmer överens med den verkliga kostnaden på lång sikt. Investeringsanalyser gjorda på alt. B och F (alt. B urinsortering med rening av gråvatten och fekalt vatten i lokalt minireningsverk respektive alt. F konventionellt avloppssystem) för installations- och driftskostnader i ett 25-årigt perspektiv, medräknat ränta, inflation och omräknat till nuvärde, visar tydligt att de kretsloppsanpassade alternativet blir billigare för de boende på lång sikt.

Återföring av totalkväve beräknas vara 3-5 gånger större och för växttillgängligt kväve 10-14 gånger större i de kretsloppsanpassade systemen alt. A-E jämfört med konventionellt reningsverk alt. F förutsatt att allt slam återförs. Återföringen av fosfor från såväl de kretsloppsanpassade lösningarna alt. A-E och i systemet med konventionellt reningsverk alt. F har beräknats vara lika stora under förutsättning att allt slam återförs till lantbruket. Idag återförs betydligt mindre fosfor eftersom i genomsnitt 30% av slammet sprids på åkermark i Sverige.

För att återförsel av näringsämnen till lantbruket verkligen skall komma till stånd måste lantbrukarna och konsumenterna acceptera restprodukterna som gödselmedel. I annat fall uppnår inget av systemen någon näringsåterförsel oavsett hur naturenligt och kretsloppsanpassat det i övrigt är. Acceptansen för olika restprodukter påverkas bland annat av risken för kemisk och annan förorening. Halten av olika föroreningar påverkas av hur stor risk det finns för felsortering, samt hur rent det avfall som skall sorteras är. Enligt litteraturen är källsorterad urin mycket ren från tungmetaller, vilket även verifierats i ett flertal mätningar. Eftersom inget av de tre aktuella områdena har någon industri och inte heller någon inblandning av dagvatten i spillvattnet bör även slam från ett konventionellt blandat avloppsvatten i någon av de tre områdena uppfylla de renhetskrav som ställs enligt slamöverenskommelsen.

Flera större uppköpare av lantbruksprodukter såsom ARLA, och Cerealia accepterar inte varor som producerats med restprodukter från avloppssystem som gödning, främst p.g.a. smittspridningsriskerna. Reglerna diskuteras intensivt och de kan komma att ändras.

Lantbrukare knutna till KRAV är den grupp som har största ekonomiska vinsten med att få tillgång till näring från avlopp och avfall. Ekologiska odlare kan emellertid för närvarande inte använda någon av ovanstående restprodukter p.g.a. begränsningar inom EU, vilka däremot inte gäller konventionella odlare. Det svenska jordbruksdepartementet bör medverka till att begränsningarna för ekologiska odlare hävs, till en början åtminstone för försöksanläggningar.

En avgörande faktor vid val och installation av kretsloppsanpassade avloppssystem är de boendes attityder. Det är av yttersta vikt att hela förloppet sker i samarbete med de boende där alla parter kan känna delaktighet i beslut och val, och där även utvärdering av systemen bör ske gemensamt. Attitydundersökningen har visat att de boende:

- generellt sätt är miljömedvetna
- oftast är positiva till kretsloppsanpassade toalettsystem om man vet att det är positivt för miljön
- är oroliga för extra kostnader i samband med byte av toalettsystem
- inte vill ha extra arbete, lukt- eller bullerolägenhet från toaletten

En viktig slutsats från projektet är att systemen måste provas och utvärderas innan de byggs i stor skala. Det föreligger fortfarande många osäkerhetsfaktorer beträffande den tekniska utformningen och de faktiska resultaten beträffande t ex näringsåterföring, kostnader och hygieniska aspekter.

Publikationer

Hargelius, K. (1997). Kretsloppsanpassade avloppssystem i befintlig bebyggelse. Naturvårdsverket rapport 4847. Stockholm.

KRETSLOPPSANPASSADE AVLOPPSSYSTEM I BEFINTLIG BEBYGGELSE – ATTITYDUNDERSÖKNING

Tuula Eriksson, Landskapsplanering, SLU, Box 7012, 750 07 Uppsala
E-post: Tuula.Eriksson@lpul,slu.se

Projektbeskrivning

En attitydundersökning som genomfördes under 1997/1998 i tre kommuner – Tanum, Norrtälje och Kävlinge visade att människor i regel värderar miljöfrågor och kretsloppsanpassade lösningar högt som princip och ideal. Parallellt med detta framkom i enkäten att det finns en hel del hinder och smärttrösklar som är viktiga att beakta om dessa ideal skall kunna realiseras i praktiken.

Studien som byggde på ett urval fastighetsägare/hyresgäster i de tre tidigare nämnda kommunerna baseras på en enkätundersökning samt ett antal uppföljande djupintervjuer. Totalt var det 171 hushåll/respondenter fördelat på de tre kommunerna som besvarade enkäten (av totalt 193 fastighetsägare/hyresgäster som ingick i det ursprungliga urvalet. Svarsfrekvensen var m.a.o. god och många frågor besvarades med engagemang). I de tre aktuella kommunerna föregicks den sociologiska studien av ett informationsmöte där respektive kommun informerade de boende om behovet av nya och kretsloppsanpassade VA-system. Redan på dessa informationsmöten framgick tydligt att de flesta boende var väl medvetna om miljöproblemen samt behovet av nya tekniska lösningar t.ex. vad gäller VA-systemen. Samtidigt var det många oroade fastighetsägare/hyresgäster som ställde frågorna: vad kostar det? vem betalar? vad kommer driftskostnaderna att bli i förhållande till nu? hur vet vi att de nya systemen är tillförlitliga? vem betalar och går i borgen om de nya lösningarna inte håller måttet?

Resultat och slutsatser

En klassisk frågeställning som handlar om individens bästa contra samhällets bästa ställs på sin spets vid dylika tillfällen när det handlar om kortsiktiga uppoffringar (t.ex. ekonomiska) som måste göras för att man skall uppnå långsiktiga och gemensamma vinster. Detta framkom också i samband med enkäterna och intervjuerna. Många (63%) var beredda att göra "uppoffringar" vad gäller ekonomiska investeringar, tid och förändringar i livsstilen – men då ville man ha vissa garantier:

1) Man ville veta att alla andra också ställde upp solidariskt. En person uttryckte det hela enligt följande; "Vad hjälper det om bara jag i grannskapet byter toa och sorterar sopor. Nej, här krävs tuffa tag från myndigheterna. Kontroll och uppföljning."
2) Vidare ville man också ha bevis för att det hela tjänade något till d.v.s. gav ett påtagligt och synligt resultat. Många (45%) bland respondenterna berättade om skrönor de hört om hur kommunerna hanterar de källsorterade soporna. En av de boende berättade: "En granne till mig påstår att det vi källsorterar skvätts ihop igen av kommunen därför att de inte har pengar till att ta hand om det källsorterade".
3) Garanti för att de nya lösningarna inte skulle innebära en ekonomisk börda längre fram efterlystes också av ett antal respondenter (22%).

Av enkäterna och intervjuerna framgick också att det finns ett antal krav på hushålls- och individnivå som viktas mot idealen och miljömålen t.ex. får nya kretsloppsanpassade lösningar inte vara;

1) Dyrare (jämfört med dagens system) när det gäller inköp, installation och drift. Många hushåll och företag har angett att de redan idag befinner sig ute i marginalerna för vad som är ekonomiskt möjligt.
2) Krångligare. Krångel innebär tid och ofta också merkostnader. Tekniskt tillförlitliga system är ett villkor från många av respondenterna. Det finns t.o.m. respondenter som uppgett att de kan tänka sig ett något dyrare system om de vet att det är bra (tekniskt sett) och miljövänligt.
3) För omständigt eller tidskrävande. Bristen på tid och stressen i tillvaron är något som lyser igenom även i denna undersökning, samt det faktum att detta viktas mot en alternativ och/eller mera miljövänlig livsstil.
4) Socialt oacceptabla d.v.s. ej avvika för mycket från det som anses vara passande eller brukligt. T.ex. framgick att nya och miljövänliga toastolar skall se ut som de ser ut nu samt kunna användas på det sätt som de används just nu. Män t.ex. uppgav att de inte ville sitta och urinera (m.a.o. en fråga som byggde på en toalettstolstyp där även män förväntades sitta och urinera).
5) Hygien och inomhusmiljöaspekterna visade sig också vara av stor vikt. Många uppgav att villkoret för att våga satsa på alternativ till traditionell WC var att den inte luktade, bullrade eller var för skrymmande.

Av attitydundersökningen framgår att människor är villiga att ändra sin livsstil för en bättre miljö både för sin egen och andras skull. Men då bör en hel del av ovannämnda villkor vara uppfyllda. Utifrån samhällets perspektiv handlar det om att man måste kunna erbjuda lättillgänglig information som svar på alla de frågor som väcks i samband med att man som enskild person har att ta ställning till de nya tekniska lösningar som erbjuds (samt för och nackdelar med dessa system). Vidare visade studien att det finns en stor osäkerhet hos många enskilda om: vad som faktiskt är miljövänligt och vad som ingår i detta koncept i förhållande till den egna livsstilen. Det är t.ex. inte självklart hur man använder en WC. Av undersökningen framgick att en del häller t.ex. färgrester, mediciner, spillolja och allsköns kemikalier i toalettstolen utan att tänka på att detta förs vidare ut i kretsloppet. Många har efterlyst mera information av detta slag som visar vad man bör och inte bör göra i sin vardagliga gärning för att spara på miljön. I samband med intervjuerna var det också en del respondenter som uttryckte sin oro över motsägelsefull och opartisk information som florerar kring dessa frågor. En av intervjupersonerna uttryckte sig följande; "Vem skall man tro på? Den ena säger si den andra så. Alla driver sina egenintressen. Kommunen vill spara pengar, företagen vill sälja sina produkter och forskarna utgår bara utifrån sin mycket specialiserade och snäva horisont. Skall man få människor att förändra sin livsstil krävs en begriplig, sammanhållen och trovärdig information".

Studien visar med andra ord att det finns gott om hopp för framtiden. Människor VILL och de TROR och KAN. Här finns en stor utmaning för politiker, beslutsfattare och samhällsplanerare. Även forskningen inom detta eftersatta område har en stor funktion att fylla genom att visa beslutsfattare vad som är viktiga förutsättningar för social acceptans.

KRETSLOPPSANPASSADE AVLOPPSSYSTEM - FÖRUTSÄTTNINGAR OCH MÖJLIGHETER

Marianne Löwgren, Tema vatten i natur och samhälle, Linköpings universitet,
581 83 Linköping
E-post: marlo@tema.liu.se

Henriette Söderberg, Tema vatten i natur och samhälle, Linköpings universitet,
581 83 Linköping
E-post: henriette.soderberg@tema.liu.se

Projektbeskrivning

Kretsloppsbegreppet används i olika sammanhang för att åstadkomma miljöförbättringar. Här koncentrerar vi oss på avloppssystemet. Utformningen av lösningar kan skifta och vara mer eller mindre förenliga med existerande teknik och normsystem. Syftet med projektet är att beskriva och förklara de institutionella strukturförändringar på kommunal nivå som kan bli aktuella vid kretsloppsanpassad avloppshantering, samt att kartlägga vilka aktörer som är drivande i utformningen av kommunernas kretsloppspolicy på avloppsområdet.

Arbetet inleddes hösten 1995 med en förstudie där ett antal areella, tekniska och ekonomiska restriktioner identifierades för kommunernas möjligheter att gå mot mera kretsloppsanpassade avloppslösningar. Under 1997 genomfördes en rikstäckande telefonenkät som var riktad till de tekniska förvaltningarna i landets alla kommuner. Under våren 1998 har fallstudier genomförts i tre utvalda kommuner.

Resultat

En sektorsbaserad analysmodell har utvecklats med utgångspunkt i relationerna mellan aktör, nätverk, policy och institution med syftet att möjliggöra förklaring av den kretsloppspolicy som kommunerna utformat för hanteringen av avlopp. Relationen mellan struktur och innehåll är central och utgör tillsammans med intresset för den lokala politikens betydelse aspekter på avloppshanteringen som sällan uppmärksammas.

Slamanvändning förekom år 1997 i 177 kommuner i varierande utsträckning, men bara 13 kommuner (7%) angav att verksamheten utfördes i anslutning till Agenda 21. Bevattning med avloppsvatten förekom i 13 kommuner och 34 hade infört urinsortering. Av de senare angav 44% att verksamheten hade anknytning till kommunens Agenda 21-arbete. Kommuner som hittills har börjat med slamanvändning har större andel jordbruksmark och högre andel tätortsboende än de kommuner som inte återanvänder slam. Att tillgång till jordbruksmark gynnar slamåteranvändning är inget som förvånar men korrelationen med hög andel boende i tätort är inte lika självklar då detta inte säger något om kommunstorlek. En förklaring kan vara, att då tätortsboende är anslutna till det kommunala avloppsnätet, har dessa kommuner möjlighet att satsa större resurser på att få till stånd en slamåteranvändning. Kommuner med högre andel boende utanför tätorter har ofta undermåliga avloppslösningar och måste i första hand arbeta med att få till stånd en lösningar på dessa.

Fallstudier har genomförts under våren 1998 i tre kommuner som alla valt delvis olika metoder för kretsloppsanpassning av avloppssystemen. Dessa visar framförallt på komplexiteten i frågan och på konflikten mellan generella och specifika lösningar. Mulleryd återfinner vi i Norrland, Ekefors och Salixholm i Mellansverige. Ekefors är en större kommun, Mulleryd en medelstor och Salixholm är en mindre kommun med låg andel boende i tätorten. Vid intervjuer redovisar informanter som på olika sätt är inblandade i avloppssektorn synpunkter på regional/lokal anpassning och reglering, både vad gäller ansvarsförskjutningen stat-kommun och kommun-medborgare. Informanterna är mycket medvetna om hygienfrågan och behovet av reglering på detta område, men de anser att även reglering till viss del kan ha en regional/lokal karaktär.

Lokala aktörer (politiker, intresseorganisationer och medborgare) är inte speciellt drivande i beslutsprocessen. Generellt angav informanterna i kommunerna högre påverkan från Naturvårdsverket, länsstyrelser och konsulter. I gruppen kommuner med bevattning och urinseparering förekommer lokala aktörer i högre grad. Lokala politiker utpekas framförallt som intresserade av kretsloppslösningar, men slamanvändning som kretsloppsmetod ifrågasätts sällan. Den planerade deponiskatten nämns endast av ett fåtal informanter som incitament för ökad återföring av näringsämnen till odlingssystemen. De hinder som nämns är ofta av mer praktisk art, till exempel ovilliga bönder och livsmedelsproducenter, och detta påverkas inte av en deponiskatt. Bevattning och urinsortering väcker en annan typ av engagemang. En rad nackdelar av hygienisk och logistisk art presenteras, men även mera känslomässiga argument förekommer.

Slamåterföring till odlingsmark är ett sätt att anpassa de avloppssystem som finns uppbyggda i olika utsträckning i alla kommuner. Hanteringen av avlopp har blivit institutionaliserad med regler, rutiner, normer och procedurer som alla byggts upp runt den tekniska strukturen av ledningsnät och reningsverk och slamåterföring kan ske inom de ramar som gäller för denna institution. Bevattning med avloppsvatten och urinsortering är lösningar som innebär behov av en ny teknisk infrastruktur och vissa förändringar i regler och normer. Initiativen kommer oftare från andra aktörer än de kommunala tjänstemännen när det gäller urinsortering, jämfört med slamåtervinning. Det kan tyda på att en organisation inte riktigt mäktar med att själv ta initiativ till större förändringar. Men generellt kan man säga att även kretsloppsanpassningen är en tjänstemannadriven fråga, även om politikerintresset ökar i och med anknytningen till miljöfrågor. Urinsortering har i högre grad än slamanvändning införts som en del i kommunernas Agenda 21-arbete. Urinsortering utmanar den traditionella "avloppsinstitutionen" och kan lättare anammas om den införs i samband med en annan nyhet, i detta fall Agenda 21.

Framtidens ansvarsfördelning kommer troligtvis inte att vara lika entydig som idag. I likhet med vad som sker generellt i förvaltningen kommer ökat ansvar att läggas dels på lokala/-regionala organ och dels på medborgarna. Teknisk mångfald, som så ofta utmålas som lösning på kretsloppsanpassningen, kommer att behöva åtföljas av institutionell mångfald.

Publikationer

Löwgren, M., Sundblad, K. & Åhlander, M. (1995). *Kretsloppsanpassad avloppshantering. en förstudie om förutsättningar och möjligheter i södra Sverige* (stencil)

Söderberg & Loftsson (1996) "From refusal to resource: building institutions for new alternatives in sewage treatment", in Hjort-af-Ornäs, A. (ed) *Approaching Nature from Local Communities – security perceived and achieved*, EPOS, Linköping University

Söderberg, H. (1997) "Recycling of Sewage in Swedish Municipalities - Policy Implications", in Karlsson, S. (ed.) *Managing Common Resources in Local and Global Systems: Applying Theory Across the Scales*. EPOS Report 9, Linköping University

Söderberg, H. (1998) "Kretsloppsanpassad avloppshantering – förutsättningar och möjligheter" i *Forskardagar i Björkliden 22-25 april 1997 eller BFR-forskarna i utförsbacke*, Teknisk Rapport 1998:01, Luleå Tekniska Universitet

Söderberg, H. (1998) "Kretslopp med eller utan Agenda 21", *VAV-nytt* nr 3, s. 10

Söderberg, H. (1998). "Vad händer i kommuner som "kretsloppsanpassar"?. *VAV-nytt* nr 3, s. 11.

Söderberg, H. (1998). "Kretslopp och avlopp – en policy med generell eller specifik karaktär?", *biologik* nr 4, s. 4-9

Söderberg, H. (1998). "Recycling Evoking Institutional Change – Sewage Treatment in Swedish Municipalities", submitted to *Journal of Environmental Policy and Planning.*

Söderberg, H. (1999). "Kommunerna och kretsloppet – avloppssektorns förändring från rening till resurshantering. *Linköping Studies in Arts and Science* No. 194. Diss.

En informationsbroschyr har tryckts upp om projektet där resultaten från de rikstäckande telefonenkäten presenteras. Denna broschyr har sänts till alla kommuner. Muntlig presentation av projektet ägde även rum på rikskonferensen om "Avlopp och kretslopp" i Linköping, 2-3 mars, 1998.

Projektet är delfinansierat av Centrum för Kommunstrategiska studier, Linköpings Universitet och Byggforskningsrådet.

PROJEKTET SYSTEMANALYS VA, DELSTUDIE OM HYGIEN

Ann Albihn, Sektionen för Miljö och Smittskydd, Statens Veterinärmedicinska Anstalt,
Box 7073, 750 07 Uppsala
E-post: ann.albihn@sva.se

Arbetet har utförts i samarbete med Thor-Axel Stenström, Smittskyddsinstitutet,
105 21 Stockholm
E-post: thor-axel.stenstrom@smi.ki.se

Projektbeskrivning

I detta projekt har studerats hygieniska aspekter på främst "kretsloppsanpassad" avloppshantering i glesbygd och mindre bostadsområden. Stor vikt har lagts vid risken för att smitta kan spridas indirekt till såväl människor som djur efter att restprodukten återförts till jordbruksmark. Risken för sådan indirekt smittspridning har i dessa sammanhang oftast bedömts som större än risken för direkt smittspridning (vid skötsel, reparationer, transport och hantering av systemet/restprodukten). Om smittämnen kommer ut i miljön så har vissa av dem en mycket lång överlevnadstid (flera år, i extremfall årtionden). Andra smittämnen har mycket lång inkubationstid (också flera år) och vissa kan dessutom etablera en smittreservoar bland vilda djur, utan att djuren behöver visa symtom på sjukdom. Många i dessa sammanhang aktuella sjukdomarna är zoonoser, d.v.s. de kan smitta mellan människa och djur. Dessa fakta medför att en situation när man spridit ut sådana patogener i miljön kan bli mycket svårhanterlig.

De hygieniska aspekterna är ofta eftersatta i samband med att kretsloppsanpassade avloppslösningar planeras och byggs. Mycket kunskap saknas fortfarande inom området.

Projektets målsättning har varit att;

- öka förståelsen och kunskapen för de hygieniska risker som följer med kretsloppsanpassade system.
- underlätta för beslutsfattare, m.fl. att vid anläggandet av kretsloppsanpassade system "bygga in" en sådan hantering av avlopp och avfall så att en acceptabel hygienisering av restprodukten säkras.
- minska risken för sjukdomsutbrott bland djur och människor till följd av smitta från kretsloppsanpassade system.

Hygienstudien har omfattat 8 givna fallstudier i 4 olika kommuner. Projekten har haft mycket skilda förutsättningar t.ex. avseende lokalisationen av de tänkbara avloppssystemen. De studerade projekten har också skilt sig åt då de utgjorts av redan existerande bebyggelse eller av områden under byggnation eller projektering. I samtliga fall har målsättningen varit att restprodukterna ska återföras till odlad mark i nära anslutning till bebyggelsen.

Samtliga kommuner har besökts vid minst ett tillfälle och alla projekt har studerats på plats av hygienstudiens projektledare. Flera seminarier har ordnats för ansvariga tjänstemän i respektive kommun tillsammans med ansvariga från hygienstudien och från de andra delstudierna i

Systemanalys-VA. Samarbetet mellan hygienstudiens forskare och ansvariga för projekten har i flera fall fortsatt efter studiens avslutande.

Resultat

Studien har omfattat tre delar som beskrivs i varsin del av forskarrapporten, delarna beskrivs kort nedan.

Del 1: Här beskrivs respektive projekt, aktuella smittrisker belyses och kommenteras. Del 1 av rapporten kan läsas fristående från de övriga delarna och bör även kunna läsas av flertalet som är intresserade av olika kretsloppslösningar för främst avlopp och de hygieniska problemen som följer därmed.

Studien har omfattat tre "ekobyar" utanför Västerås. Åkesta byggdes 1990, här finns mulltoa med urinsortering. Horn projekterades med vakuumtoaletter och våtkompost. I Södra Bärby som är under uppförande omfattar avloppslösningen snålspolande toaletter, vätskeseparation, indunstning av flytande fas och kompostering av fast fas kombinerade på ett nytt sätt. I samtliga tre "byar" sker/ska ske lokalt omhändertagande av komposterbart hushållsavfall och BDT-vatten.

På Kosteröarna utanför Strömstad har studerats hur avloppet ska omhändertas lokalt från befintlig, spridd bebyggelse. I Råneälvsdalen utanför Luleå har studerats dels slamhanteringen vid ett mindre reningsverk som fäller med kalk, dels frystorkning och därefter kompostering av slam på en jordbruksfastighet. Temperaturmätningar i komposten visar att förutsättningar för en god hygienisering föreligger. I Luleå har vidare ingått ett projekterat lägenhetsområde "Kronan" med urinsorterande toaletter. Slutligen har en biogasanläggning i Laholm studerats. Anläggningen har varit i drift sedan 1992, den tillförs främst gödsel och olika biologiska industriavfall men även en mindre del septiktanksslam. Den provtagning som skett i projektet visar att anläggningen har vissa problem med att hålla en hygieniskt acceptabel nivå på rötresten.

Del 2: I studiens andra del har tagits fram ett teoretiskt underlag för att göra en numerisk riskbedömning av avloppssystemen. Del 2 av forskarrapporten är främst tänkt som en uppslagsdel samt ger en bakgrund till uppställningen av beräkningsexemplen i del 3. Till detta underlag har utvalts ett antal i sammanhanget relevanta mikroorganismer, (sjukdomsframkallande bakterier, parasiter och virus samt några indikatororganismer). Flera av dessa sjukdomar är zoonoser. Uppgifter om dessa typorganismer och deras i sammanhanget aktuella egenskaper redovisas. Exempel på sådana för en beräkningsstudie nödvändiga uppgifter är hur mycket utsöndras av en smittspridande individ, vilken utspädning och reduktion sker i respektive avloppssystem, om återkoncentration sker i t.ex. slamfasen, överlevnad och ev. tillväxt av typorganismerna efter spridning på jordbruksmark, minsta infektionsdos och vilken anslagsfrekvens sjukdomen vanligen har i en känslig population. Här visas också att det många gånger är svårt eller omöjligt att ta fram sådana vetenskapligt väldokumenterade uppgifter. Många kunskapsluckor finns inom detta problemområde.

Del 3: Här ges exempel på hur en bedömning av risken för smittspridning till människor och djur för några olika användningar av restprodukterna kan göras. Räkneexemplen baserar sig på de systemlösningar som beskrivs i del 1 och de typorganismer som beskrivs i del 2.

Ett räkneexempel illustrerar smittriskerna när infekterade människor nyttjar mulltoaletterna i Åkesta och mullresten sedan sprids på jord före sådd av morötter. Risken är då stor att smitta

överförs till människa vid konsumtion av råa morötter för smittämnena Cryptosporidium och Hepatit A, medans endast liten smittrisk föreligger för Salmonella och EHEC.

I Laholms biogasanläggning däremot är risken stor för infektion av nötkreatur med EHEC och Salmonella om infekterad rötrest sprids på vall som sedan betas eller varifrån foder bärgas som ensilage. Risken för smittspridning med rötrest av Hepatit A och Svinpest till människa respektive svin bedöms dock som liten om smittämnena tillförts anläggningen via avlopps-slam eller hushållsavfall.

Vi vill här poängtera att riskbedömningarna bygger på ett sådant bakgrundsmaterial där koncentrationen av mikroorganismer i vissa fall kan variera inom vida gränser. En mer omfattande riskanalys kan göras men en sådan kräver fördjupade arbetsinsatser, projektets tre delar kan där bilda ett basunderlag.

Ett stort behov av information föreligger till beslutsfattare, intresseorganisationer, lantbrukare m.fl. angående smittspridningsriskerna från kretsloppsanpassade avlopps- och avfallssystem.

Ytterligare kunskap behövs t.ex. avseende systemens funktion och långsiktiga hållbarhet samt mikroorganismers överlevnad och spridning i miljön, detta för att möjliggöra säkra och riktiga bedömningar av risken för smittspridning från de kretsloppsanpassade systemen.

Numerisk beräkning av smittrisken är om den används med försiktighet, trots kunskapsluckor i beräkningsunderlaget, ändock ett användbart verktyg för att påvisa/avfärda smittrisker i sådana kretsloppssammanhang.

Publikationer

Ann Albihn och Thor Axel Stenström (1998). Systemanalys VA – Hygienstudie. VA-Forsk, Rapport 1998-16. VAV, Stockholm.

ORGANISKT AVFALL SOM VÄXTNÄRINGSRESURS - SYSTEMSTUDIE

Håkan Jönsson Ulf Sonesson och Thomas Nybrant, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: hakan.jonsson@lt.slu.se, ulf.sonesson@lt.slu.se, thomas.nybrant@lt.slu.se

Christopher Gruvberger, Magnus Dalemo, Lennart Thyselius, Jordbrukstekniska institutet (JTI), Box 7033, 750 07 Uppsala
E-post: christopher.gruvberger@jti.slu.se, magnus.dalemo@jti.slu.se, lennart.thyselius@jti.slu.se

Erik Kärrman, Institutionen för VA-teknik, CTH, 412 96 Göteborg
E-post: erik@sani.chalmers.se

Thor-Axel Stenström, Smittskyddsinstitutet, 105 21 Stockholm
E-post: thor-axel.stenstrom@smi.ki.se

Projektbeskrivning

Projektet har varit ett samarbete mellan Inst. för lantbruksteknik, SLU, Jordbrukstekniska Institutet (JTI) och Chalmers VA-teknik. Syftet har varit, att med hjälp av systemanalys, studera inverkan av lokala förutsättningar på miljöpåverkan och resursförbrukningen för några olika hanteringssystem för spillvatten och organiskt avfall. Ytterligare ett syfte har varit att bidra till en syntes av resultaten från de projekt som ingått i FoU-programmet "Organiskt avfall som växtnäringsresurs". Jämförda system är *konventionellt system*, *energiskogsbevattning*, *våtkompostering* och *urinsortering*.

I jämförelsen har systemen belastats med hushållsavloppsvattnet (inklusive påslag för ovidkommande vatten) och det fasta organiska hushållsavfallet från 20 000 heltidspersoner, d.v.s. personer som uppehåller sig inom avloppssystemets område hela dygnet. Sammansättningen på avlopp och avfall har grundats på schablonvärden. Varken dagvatten, branschspecifikt avfall eller industriavlopp har ingått i jämförelsen.

Avloppet leds i det *konventionella systemet* i en spillvattenledning (duplikatsystem) till ett avloppsreningsverk med mekanisk, biologisk och kemisk rening. Kvävereduktionen i verket är 70%. Gallerrenset deponeras. Slammet rötas mesofilt i 20 dagar, avvattnats, lagras minst 20 dagar och sprids sedan på åkermark. Rötgasen används för att producera elenergi och värme. Det källsorterade fasta organiska avfallet samlas in med sopbil, komposteras i en central kompost och sprids sedan på åkermark. Avståndet till åkermarken är 10 km. Växterna utnyttjar all återförd fosfor och den del av det återförda kvävet som inte förloras som ammoniak, nitrat, kvävgas eller lustgas.

Systemet med *energiskogsbevattning* skiljer sig från det konventionella genom att avloppsreningsverket saknar både kemisk fosforrening och speciell kvävereduktion. I systemet med energiskogsbevattning lagras dessutom allt utgående avloppsvatten vintertid. Sommartid an-

vänds det för bevattning av energiskog. Bevattningen ökar energiskogens avkastning och denna meravkastning av flis antas utnyttjas genom förbränning i ett värmeverk.

Systemet med *våtkompostering* skiljer sig från det konventionella genom att vakuumtoaletter (0,8 l/spolning) används. Klosettvattnet transporteras med vakuum till vakuumstationer. Det blandas med malt organiskt hushållsavfall och pumpas i ett lågtryckssystem till en våtkompostreaktor, där det behandlas vid 55°C i 7 dagar (hydraulisk uppehållstid). Reaktorn förutsätts vara väl omblandad och beskickas en gång per dag efter det att 1/7-del av reaktorns innehåll tappats ut. BDT-vattnet behandlas i ett reningsverk med mekanisk, biologisk och kemisk rening, men utan speciell kvävereduktion. Rötslammet från BDT-vattenreningen och våtkomposten används på åkermark.

I systemet med *urinsortering* används urinsorterande toaletter. Den källsorterade urinen samlas in, hygieniseras genom lagring under minst 6 månader utan tillförsel av färsk urin, och används därefter som gödselmedel på åkermark. En annan skillnad mot det konventionella systemet är att reningsverket saknar speciell kvävereduktion, i övrigt är det identiskt.

Systemens energiomsättning och flöden har simulerats med ORWARE (ORganic WAste REsearch model). Systemens simulerade flöden (avlopp, avfall, kompost, slam, luft- och vattenutsläpp, m.m.) har jämförts vad gäller flöden av växtnäring och föroreningar till åkermark, vatten, luft och deponi. Potentiell miljöpåverkan från flödena har beräknats.

Risken för direkt smittspridning från systemen har jämförts i en diskussion utifrån avloppsflödenas storlek och fekalinblandning. Risken för indirekt smittspridning har jämförts i en diskussion baserad på det intag av smittämnena Salmonella, EHEC och Cryptosporidium som grisar och kor beräknas kunna få om grisarna via ströhalm får i sig 50 gram och korna via bete 1 kg ytjord per dag. För systemet med energiskogsbevattning görs beräkningen för vildsvin som bökar i sig 1 kg jord per dag och för sådana som per dag dricker 20 liter vatten ur lagringsdammen. I den hygieniska jämförelsen antas, liksom i simuleringarna i övrigt, att systemen är i normal drift och att de fungerar som avsett.

Resultat

De jämförda aspekterna har delats in i *prioritetsgrupp 1, 2* respektive *3*. I *prioritetsgrupp 1* finns hygien och de aspekter där avlopps- och avfallssystemet kan ge ett betydande bidrag (mer än 5%) till samhällets antropogena miljöpåverkan eller resursförbrukning. I *prioritetsgrupp 2* finns aspekter där avlopps- och avfallssystemets påverkan är mindre, men viktigt (0,1-5%). För aspekterna i prioritetsgrupp 1 och 2 visas utfallet av jämförelsen mellan systemen i tabell 1. Avlopps- och avfallssystemets påverkan på aspekter i *prioritetsgrupp 3* är marginell, mindre än 0,1%, i förhållande till samhällets antropogena påverkan och dessa aspekter behandlas därför inte mer i denna sammanfattning.

Tabell 1. Resultaten av jämförelser mellan de ovan beskrivna systemen konventionellt, energiskogsbevattning, våtkompost *och* urinsortering

Aspekt	Konventionellt	Energiskog	Våtkompost	Urinsortering
Prioritetsgrupp 1				
Smittspridning	R	Potentiellt ofta bättre	Troligen betydligt bättre	Troligen lika
Eutrofiering hav	R	+++	+	=
Eutrofiering sjö	R	+++	+	=
Kadmium till vatten	R	+++	=	=
Bly och koppar till vatten	R	+++	=	=
Kvicksilver till vatten	R	+++	+	=
Fosfor till åker	R	=	=	=
Kväve till åker	R	+++	+++	+++
Kadmium till åker	R	- -	=	=
Bly och koppar till åker	R	=	=	=
Kvicksilver till åker	R	- -	-	=
Prioritetsgrupp 2				
Försurning	*R*	=	- - -	- - -
Energianvändning	*R*	=	- - -	=
Värmeproduktion	*R*	+++	=	=
Antal spillvattenledningar	*R*	=	*Dubbla*	*Dubbla*
Ytbehov, lagring	*R*	*Mycket större*	*Större*	*Större*
Fotooxidanter-NO_x	*R*	=	=	-
Fotooxidanter-organiska	*R*	=	+	=
Tungmetaller till deponi	*R*	=	=	=

= avvikelse med mindre än 25% jämfört med konventionellt system (R).
+ resp. -, avvikelse med 26-50% jämfört med konventionellt alternativ i positiv respektive negativ riktning.
++ resp. - -, avvikelse med 51-75% jämfört med konventionellt alternativ i positiv respektive negativ riktning.
+++ resp. - - -, avvikelse med mer än 75% jämfört med konventionellt alternativ i positiv respektive negativ riktning.

De eutrofierande utsläppen är klart minst för systemet med energiskogsbevattning (tabell 1). Detta beror på att de enda utsläppen till vatten från detta system är den ökade urlakningen från åkermark, orsakad av gödsling med slam och kompost, samt den ökade lakvattenproduktionen från deponin, orsakad av det deponerade gallerrenset. Även för våtkompostsystemet minskar de eutrofierande utsläppen betydligt.

De tre undersökta systemen, energiskogsbevattning, våtkompostering och urinsortering leder samtliga till en mycket stor ökning (1200-1600%) av flödet recirkulerat växttillgängligt kväve. Vid energiskogsbevattning ökar flödena av kadmium och kvicksilver till åker kraftigt. Vid våtkompostering ökar flödet av kvicksilver till åker betydligt, medan ökningen för de övriga tungmetallerna är liten. Vid urinsortering är ökningen av tungmetallflödena till åker marginell för de undersökta metallerna.

Förutsättningar som har stor betydelse för hur jämförelsen mellan systemen utfaller är, vad gäller smittspridning, att våtkompostsystemet sköts så att den färdiga våtkomposten inte förorenas av obehandlat klosettvatten och att inga patogener sprids med den luft som används i vakuumsystemet. Vid energiskogsbevattning är det viktigt att placeringen av lagringsdamm och energiskogsodling väljs med omsorg och att de inhägnas.

Vid våtkompostering visade sig både transportavståndet och mängden spolvatten ha stor betydelse för systemets energiförbrukning och speciellt för dess oljeförbrukning. Vid urinsortering var inverkan av transportavstånd betydande medan inverkan av spolvattenmängd var liten. Vid energiskogsbevattning har givetvis avståndet mellan reningsverk och energiskogen stor betydelse för ledningsdragningen.

I samtliga studerade system skulle flödet av tungmetaller till åker väsentligt minska och flödet till deponi väsentligt öka om slammet deponerades, istället för att spridas på åkermark. Deponering av slammet skulle även minska återförseln av fosfor till åkermark. Detta innebär att flödet av återförd fosfor minskar kraftigt för det konventionella systemet. Minskningen av återförd fosfor är liten vid urinsortering och obetydlig vid energiskogsbevattning och våtkompostering. I tabell 2 visas hur jämförelsen skulle utfalla vad gäller flöden till åker av näringsämnen och tungmetaller. Referensfallet i tabell 2 är samma som i tabell 1, d.v.s. konventionellt system. I detta sprids på åkermark avvattnat rötslam och kompost från central kompostering av organiskt hushållsavfall.

Tabell 2. Flöden av näringsämnen och tungmetaller till åkermark om slammet deponeras från de ovan beskrivna systemen konventionellt, energiskogsbevattning, våtkompost *och* urinsortering. *Gradering och referenssystem är samma som i tabell 1, d.v.s.* konventionellt *system med spridning av slam utgör referens*

Aspekt	Konventionellt	Energiskog	Våtkompost	Urinsortering
Fosfor till åker	- - -	=	=	-
Växttillgängligt kväve till åker	-	+++	+++	+++
Kadmium till åker	+++	++	+++	+++
Bly och koppar till åker	+++	+	++	+++
Kvicksilver till åker	+++	+	=	+++

Publikationer

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

Kärrman, E., Jönsson, H., Sonesson, U., Gruvberger, C. och Dalemo, M. (1999). Management of wastewater and organic waste - a systems analysis. Proceedings from the 4th international conference of ecological engineering for wastewater treatment, June 7-11, 1999, Ås, Norge.

Kärrman, E., Jönsson, H., Sonesson, U., Gruvberger, C. och Dalemo, M. (1999). Systems analysis of wastewater and organic waste – Conventional treatment compared to irrigation of energy forests, liquid composting and urine separation. Proceedings from Civil and Environmental Engineering Conference, New Frontiers & Challenges November 8-12 1999, Bangkok, Thailand.

Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien fr o m 1995

1995-01 Ringar på vattnet – VA-verken och Agenda 21, *Anna Helmrot, Gunnel Jonsson, Örjan Eriksson*
1995-02 Transport av föroreningar i avloppssystem. Beräkningsmöjligheter med MouseTRAP, *Clæs Hernebring, Cecilia Appelgren*
1995-03 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Delrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Hans Björkman, Majlis Stenberg, Ann-Carin Andersson, Anne-Marie Tillman, Erik Kärrman*
1995-04 Utvärdering av biologisk fosforavskiljning vid Öresundsverket i Helsingborg – Processtekniska och mikrobiologiska aspekter, *Magnus Christensson, Karin Jönsson, Natuschka Lee, Ewa Lie, Per Johansson, Thomas Welander, Kjetill Østgaard*
1995-05 Internkontroll vid VA-verk. Arbetsbok för upprättande och genomförande av internkontrollprogram för arbetsmiljön vid va-verk, *Ingvar Borgström, Anders Karlsson*
1995-06 Regional VA-samverkan – Potential och principer, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
1995-07 Hårdhetshöjning av dricksvatten med krita-kolsyra, ett alternativ till kalk-kolsyra – Fullskaleförsök vid Öxsjöverket Lerum, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
1995-08 Våtmarksrening vid Landsbro ARV, *Leif Lorentzon, Göran Nilsson, Yvonne Gunnevik, Carl Odelberg, Thomas Svensson*
1995-09 Tvättmedel – Effekter på reningsverk och miljö, *Cajsa Wahlberg*
1995-10 Utvärdering av VAVs läckagestatistik, *Ann-Christin Sundahl, Åse Hasselkvist*
1995-11 Trädrötter och avloppsledningar. En fördjupad undersökning av rotproblem i nya avloppsledningar, *Örjan Stål, Jörgen Rosenlöf*
1995-12 Renovering av vattenledningar. Riktlinjer för metodval, dimensionering och utförande, *Thomas Johansson, Per Romdal, Øistein Torgersen*
1995-13 Nya kemikalier – En utmaning för kommunala reningsverk. Förstudie, *Björn Frostell, Bengt Hultman, Jonas Röttorp, Peter Solyom*
1995-14 CD-ROM inom VA, *Leif W Linde, Gunnar Petersson*
1995-15 Kvalitetssäkerhet och leveranssäkerhet i distributionssystem för dricksvatten, *Bengt Zagerholm, Rolf Bergström*
1995-16 Försöksrapport från biologisk fosforavskiljning vid Jämshögs reningsverk, Olofströms kommun, *Carl-Johan Legetth*
1996-01 Organiskt avfall som växtnäringsresurs. Potential och förslag till forsknings- och utvecklingsinsatser, *H B Wittgren*
1996-02 Rotinträngning i avloppsledningar. En undersökning av omfattning och kostnader i Sveriges kommuner, *Örjan Stål*
1996-03 Källsorterad humanurin i kretslopp – Förstudie i tre delar, *Håkan Jönsson, Anna Olsson, Thor Axel Stenström, Gunnel Dalhammar*
1996-04 VA sett på nytt sätt – Driftentreprenader i några kommuner, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
1996-05 Avrinningsområdesbaserade organisationer som aktiva planeringsaktörer, *Jan-Erik Gustafsson*
1996-06 Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät. Metodikmanual, *Ann-Marie Gustafsson, Gilbert Svensson*
1996-07 Snösmältningspåverkan på avloppssystem inom urbana områden, *Claes Hemebring*
1996-08 Rening av avloppsslam från tungmetaller och organiska miljöfarliga ämnen, *Erik Levlin, Lars Westlund, Bengt Hultman*
1996-09 Kemikaliers effekter i VA-sammanhang. En datasammanställning, *Ingemar Dellien*
1996-10 Syrgas i kombination med luftinblåsning vid pilotförsök med kväverening vid Västerås reningsverk, *Hermann Wiklund, Kjell-Ivar Dahlqvist, Bernt Ericsson*
1996-11 Export av svenskt kommunalt VA-kunnande, *Gösta W Fredriksson, Åke Mattsson*
1996-12 Litteraturdatabas för grundvatten i urban miljö på Internet, *Chester Svensson*
1996-13 Konkurrensutsättning av VA-verksamheten, *Stig Tunestål*
1997-01 Utvärdering av VA-lösningar i ekobyar, *J-E Haglund, B Olofsson*
1997-02 Aktivt stöd till fastighetsägare vid nybyggnad av VA-nät, *Roland Strandberg, Mårten Wärnö*
1997-03 Dosering av biokultur i en igensatt infiltrationsanläggning – En utvärdering, *Jenny Holmgren*
1997-04 Biogasanläggningar i Sverige, *Anna Lindberg*
1997-05 VA-försörjning i ny skepnad – Om konkurrens och strukturomvandling i Vaxholm, *Ola Mattisson*
1997-06 Fosforns växttillgänglighet i olika typer av slam, handelsgödsel samt aska, *Kersti Linderholm*
1997-07 Dricksvatten och korrosion – En handbok för vattenverken, *Bo Berghult, Ann Elfström Broo, Torsten Hedberg*
1997-08 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Majlis Stenberg*
1997-09 Analys av avloppssystem med datormodeller. Tillämpningsexempel med MOUSE-systemet, *Bo Granlund, Mats Andréasson*
1997-10 Läcksökning med hjälp av tryckslagsmätningar – Transientmetoden, *Lennart Jönsson, Anders Svensson*
1997-11 Modellering av ekologisk dagvattenhantering, *Cecilia Wennberg*
1997-12 Avvattning av avloppsslam med naturnära metoder – Erfarenheter från ett fullskaleförsök i Lövånger, *Daniel Hellström, Elisabeth Kvarnström*
1997-13 Sambandet mellan kostnader och avgifter inom kommunal VA-verksamhet, *Torbjörn Tagesson*
1997-14 Kundorienterad kvalitetsutveckling i VA-verksamhet – Rapport från en förstudie, *Patrik Larsson, Saara Isaksson*
1997-15 Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem, *Hans Bäckman, Bengt Göran Hellström, Anders Jaryd, Åke Jonsson*
1997-16 Avvattningslaguner för slam från enskilda brunnar, *Erik Brydolf, Eric Rönnols*
1998-01 Tryckslag i vattenledningsnät – några exempel, *Johan Spännare*
1998-02 Tryckslags inverkan på vattenledningsnät, *Jakob Büchert, Anders Svensson*
1998-03 Analys av redovisade kostnader enligt DRIVA Kostnadsjämförelser för åren 1993-1995, *Gilbert Svensson, Annika Malm*
1998-04 Långsamfilters reningspotential, *Essie Andersson*
1998-05 Kontaktfiltrering av ytvatten – en teknik på frammarsch, *Maria Byström*
1998-06 Utvärdering av WEFs CD kurs "Operations Training – Wastewater Treatment Course" *José-Ignacio Ramírez*
1998-07 Nordisk konferens om kväverening och biologisk fosforrening – 1997, *Bengt Göran Hellström, Anders Finnson*
1998-08 Toluen i avloppsslam – En studie av Lingheds reningsverk, *Thomas Hellström, Hans Hedvall*
1998-09 Långtidseffekter av storskalig avloppsinfiltration – Erfarenheter från Berlin–Brandenburg, *Per-Arne Malmqvist, Viveka Ramstedt, Hans Björkman*
1998-10 Struktur för ledningssystem VA, *Gunnar Mellström, Jan Adamsson*
1998-11 Ozonbehandling följt av långsamfiltrering vid dricksvattenframställning, *Anette Seger*
1998-12 Nitrifikationshämning i svenska kommunala avloppsvatten – Undersökningar med screeningmetoden och renkulturer av nitrifikationsbakterier, *Karin Jönsson, Camilla Grunditz*
1998-13 Katjoniska polyakrylamider – Inverkan på markens mikrobiologi, *Mats Johansson, Nicklas Paxéus*, Cajsa Wahlberg, Lennart Torstensson
1998-14 Miljöledningssystem för avloppssystem – En handledning, *Ann-Carin Andersson, Ann-Charlotte Bauer*
1998-15 Dricksvattensituationen i Sverige, *Anders Hult*
1998-16 Systemanalys VA – Hygienstudie, *Ann Albihn, Thor Axel Stenström*
1998-17 Hur tolkas en LCA-rapport? *Göran Svensson*

Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

1999-0 VA-FORSK-rapporter 1992–1998
1999-01 Internationell sammanställning av erfarenheter med ekologisk dagvattenhantering, *Janusz Niemczynowicz*
1999-02 Miljöföroreningar i dricksvatten, *Olof Bergstedt, Nicklas Paxéus, Henrik Rydberg*
1999-03 Processmodell för vattenverk – Tillämpning av Weasel på sju svenska vattenverk, *Claes Hernebring, Bengt Zagerholm*
1999-04 Kundenkäter inom VA – handledning och förslag till frågeformulär, *Jan Lille*
1999-05 Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten, *Kenth Hasselgren*
1999-06 Kartläggning av retention av fosfor och metaller i kommunala slamdeponier – modellområde Avan i Gävle, *Emil Rydin, Kristian Persson, Curt Forsberg*
1999-07 Utveckling av en biosensor för denitrifikationshämning, *Lena Gumaelius, Gunnel Dalhammar*
1999-08 VA-försörjning och avfallshantering i lokal Agenda 21 i Skåne – erfarenheter från 20 kommuner, *Peder Hjorth*
1999-09 Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk. En studie från Surahammar, *Tina Karlberg, Erik Norin*
1999-10 Kompletterande avloppslösningar i flerfamiljshus och offentliga lokaler, *Jan-Erik Haglund, Birgitta Olofsson, Maria Rydén, Henrik Tideström*
1999-11 Slamförbränning, *Katarina Starberg, Jan-Erik Haglund, Jan Hultgren*
1999-12 Organiska för(or)eningar i avloppsvatten från kommunala reningsverk, *Nicklas Paxéus*
1999-13 Tillämpning av hydrologiska modeller i vattenplanering, *Lars Kylefors, Thomas Gumbricht, Lars-Göran Gustafsson*
1999-14 Spårämnesförsök som undersökningsmetodik vid konstgjord grundvattenbildning, *Lena Tilly, Lena Maxe, P-O Johansson*
1999-15 Miljösystemanalys av hushållens avlopp och organiska avfall – syntes av hanteringssystem undersökta inom FoU-programmet "Organiskt avfall som växtnäringsresurs", *Erik Kärrman, Håkan Jönsson, Christopher Gruvberger, Magnus Dalemo, Ulf Sonesson, Thor Axel Stenström*
1999-16 Kadmium – spårning och analys, *Marie Hägglund, Christina Rydh, Birgitta Strandberg*
1999-17 Optimering av långsamfilter, *Husam S. Jabur, Jonas Mårtensson*
1999-18 Konstgjord grundvattenbildning – avskiljning av organiskt material i den omättade zonen, *Johanna Blomberg, Redaktör*
1999-19 Hårdgörning av dricksvatten med krita i torr form och kolsyra – fullskaleförsök vid Öxsjöverket i Lerum, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
1999-20 Servisavloppsledningar – erfarenheter och råd vid schaktfri renovering, *Thomas Johansson*
1999-21 Hydraulisk modellering av vattenledningsnät i realtid, *Lennart Andersson*
1999-22 Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–1997, *Per-Göran Andersson, Peter Nilsson*
2000-01 Källsorterad humanurin i kretslopp, *Håkan Jönsson, Björn Vinnerås, Caroline Höglund, Thor Axel Stenström, Gunnel Dalhammar, Holger Kirchmann*
2000-02 Användningsmöjligheter för avloppsslam, Henrik Tideström, Katarina Starberg, Thord Ohlsson, Per-Axel Camper, Peter Ek
2000-03 Hantering av svartvatten från Tegelvikens skola – kretsloppssystem med våtkompostering, *Erik Norin, Christopher Gruvberger, Per-Ola Nilsson*
2000-04 Redovisning av kostnader inom VA-försörjningen, *Gunnar Mellström*
2000-05 Konstgjord grundvattenbildning, 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning, *Göran Hanson*
2000-06 Reglering av avloppsreningsverk, *Bengt Carlsson, Sara Hallin*
2000-07 Mätningar i avloppsnät samt principer för verifiering av avloppsmodeller, *Bo Granlund, David Nilsson*
2000-08 Nyckeltal inom VA – en introduktion, *Peter Stahre, Jan Adamsson, Örjan Eriksson*
2000-09 Slutrapport från FoU-programmet – Organiskt avfall som växtnäringsresurs, *Ola Palm, Marianne Löwgren, H B Wittgren*