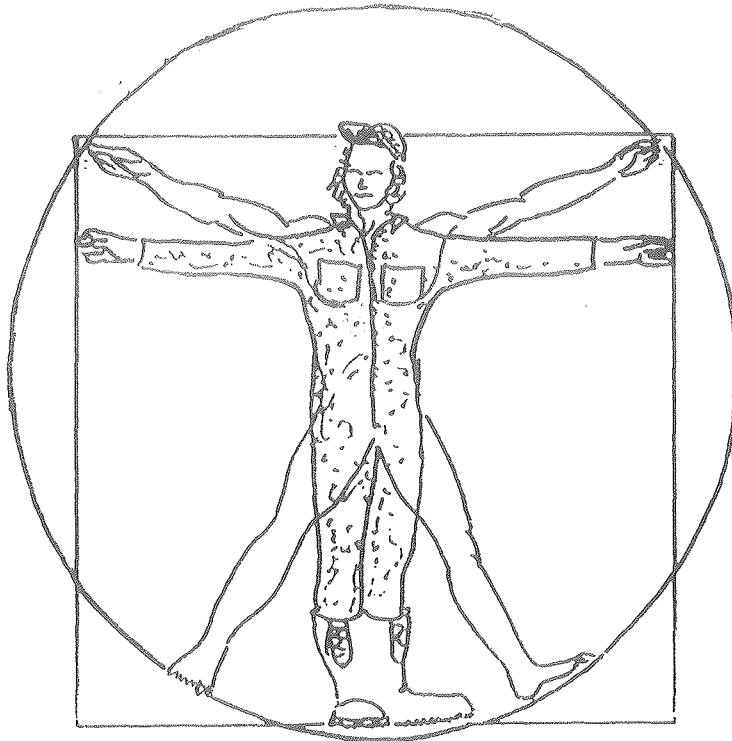


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Peter Ridderstolpe & Eva Salomon

ÖSTHAMMARS KRETSLOPPSVERK

Växtnäringsflöden och kretsloppssystem för avlopp i Östhammars kommun



TEKNISK RAPPORT nr 2

UPPSALA 1995

Avdelningen för jordbearbetning
Swedish University of Agricultural Science
Division of Soil Management

ISSN 1400-7207
ISRN SLU-JB-TR--2--SE

FÖRORD

Upprinnelsen till Östhammars kretsloppsverk, vars förstudie här presenteras, är vår övertygelse om att samhället måste samarbeta med jordbruket för att lösa sina avloppsproblem. Samtidigt har jordbruket mycket att tjäna på ett sådant samarbete. Jordbruket har hittills i allt för liten grad engagerats i kommunal VA-planering eller i forskning och utveckling kring samhällets restprodukthantering. I detta projekt sätter vi jordbruket i centrum, i syfte att anvisa vägar till ett mer effektivt omhändertagande av toalettavfall och spillvatten, och därmed ett mer lönsamt och uthålligt jordbruk.

Arbetet har bedrivits av en projektgrupp sammansatt av aktiva bönder i Östhammar, tjänstemän på kommunen, en konsult inom kretsloppsanpassad VA-teknik, samt forskare på Lantbruksuniversitetet i Uppsala. I projektgruppen har ingått;

Peter Ridderstolpe, Firma Ekologisk Teknik, projektledare, Östhammar.

Eva Salomon, institutionen för markvetenskap, Sveriges

Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Lars Bollmark, institutionen för markvetenskap, Sveriges

Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Bengt Eriksson, Tånga Gård, Gimo.

Ola Johansson, Årjö, Östhammar.

Omar Jonasson, Utredningsavdelningen, Östhammars kommun,

Östhammar.

Catharina Stark, Miljökontoret, Östhammars kommun, Östhammar.

Jakob Spangenberg, Hushållningssällskapet och Östhammars kommun,

Östhammar.

Svante Köling, Hushållningssällskapet och Östhammars kommun,

Östhammar.

Staffan Steineck, institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet har granskat rapporten och bidragit med värdefulla råd och dåd. Ett stort och viktigt arbete har utförts av Bengt Eriksson, som bland annat har arbetat fram viktiga resultat i samband med genomförandet av praktiska försök. Tack också till Susanne Johansson, institutionen för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, som har granskat och redigerat rapporten.

Ekonomiskt stöd har erhållits från Lantbrukarnas länsförbund och Lantbrukarnas riksförbund (LRF), Byggforskningsrådet (BFR), samt Östhammars kommun. Studieförbundet Vuxenskolan i Östhammar har hjälpt till med kopiering och utskick.

för Östhammars Kretsloppsverk,

Peter Ridderstolpe och Eva Salomon

SAMMANFATTNING

Flera exempel på VA-lösningar har arbetats fram för att demonstrera olika typer av kretsloppssystem. Ett viktigt resultat av detta arbete är att vi kan visa att avloppsproblem kan lösas både billigare och effektivare om åtgärder kretsloppsanpassas än om bara konventionella metoder används. Med exemplen som utgångspunkt har vi tydliggjort möjligheter och problem, och skapat underlag för diskussioner om prissättning, riskvärdering, miljötillsyn och organisation.

En anläggning med urinseparering i WC-utförande och lokalt omhändertagande av spillvatten har anlagts för ett parhus. Kostnaden för detta system, inklusive toalett, är ca 25 000 kr per hushåll. Reduktionen av näringsämnen och smittämnen beräknas vara högre än rening i reningsverk, samtidigt som det mesta av näringsämnena kan återvinnas.

För att lösa avloppsfrågan i ett mindre samhälle på landet, där spillvattnet från hushållen endast renas med slamavskiljare, har fem olika saneringsalternativ utretts. Två av dessa alternativ var konventionella och innebar uppsamling och behandling i reningsverk samt uppsamling och överledning till ett befintligt reningsverk 3 km från det aktuella samhället. Av de olika alternativen befanns uppsamling, vinterlagring och bevattning med spillvatten på energiskog vara både mest effektiv och billigast.

I Alunda tätort är samtliga 2 000 personer anslutna till ett konventionellt reningsverk med mekanisk, biologisk och kemisk rening. Slammet som produceras i verket avvattnas och körs till tipp där anläggningsjord tillverkas. För att kretsloppsanpassa näringsflödet har en möjlighet demonstrerats som innebär att slammet inte behöver avvattnas utan i stället kan lagras och spridas med bevattningsmaskin på åkermark strax utanför verket. Om dessutom spillvatten kan spridas under 4 månader per år skulle mer än 95% av fosfor från samhället kunna återvinnas. Då skulle även önskemålet om 50% kvävereduktion kunna uppnås.

Exemplen visar att ny kretsloppsteknik för spillvattenrening är både funktionell, ekonomiskt rimlig samt effektivare än konventionell teknik. Vi anser därför att nuvarande kravregler för villkorsprövning av avlopp bör skärpas. Ett förslag till kravspecifikation har därför utarbetats inom ramen för förstudien. Den anger gränsvärden för utsläpp och återvinning av olika ämnen i samband med nybyggnation och sanering av avlopp.

Som underlag för planering och genomförande har vi påbörjat kartläggning och analys av näringsflödena i kommunens jordbruk och hushåll. Det ger möjligheter att överskådligt se vilka flöden som är stora och vilka som är små samt vilka åtgärder som bäst åstadkommer kretsloppsanpassning. På kort sikt har de största möjligheterna till kretsloppsanpassning bedömts finnas inom tätorterna genom att sanera ledningsnät, informera konsumenterna samt genom att utveckla slamhantering och reningsverkens processer för slamproduktion. På längre sikt kan spillvattensystemen, både i

tätorterna och på landsbygden, byggas om eller kompletteras för att uppnå näringsrikare och renare restprodukter. Därigenom kan möjligheterna att återvinna näringsämnen ökas väsentligt.

Ett viktigt resultat av förstudien är slutligen att en väl fungerande projektgrupp har bildats. I gruppen finns jordbrukare och tjänstemän från kommunen som ansvarar för VA och miljö- och hälsoskydd, kommunens lantbruksrådgivare, lantbruksforskare och en konsult inom kretsloppsanpassad VA-teknik. Dessutom har ett närverk byggts för informationsutbyte med andra viktiga tjänstemän, samt med jordbrukare och slam-entreprenörer i kommunen.

En förutsättning för att uppnå konkreta resultat är att idéer och initiativ förankras hos tjänstemän och praktiker. Ett viktigt forum för att uppnå detta har varit en studiecirkel som bedrivits inom ramen för projektet. I en enkät som skickades ut efter avslutad cirkel uppgav alla att de erhållit större intresse och förståelse för frågorna.

INNEHÅLL

	sida
FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
INNEHÅLL	4
1. INLEDNING	5
2. VÄXTNÄRINGSFLÖDEN I ÖSTHAMMARS AGROSAMHÄLLSSYSTEM	7
2.1. Bakgrund	7
2.2. Växtnäringsflöden i jordbruk och samhälle	7
2.3. Diskussion	11
2.4. Beräkning av växtnäringsflöden i jordbruket	12
2.5. Beräkning av växtnäringsflöden i samhället	15
Tätorter	16
Enskild bebyggelse med enbart slamavskiljning	17
Enskild bebyggelse med längre gående rening är slamavskiljning	17
Fritidsbebyggelse	18
3. URINSEPARERING I SVEDDEN	19
3.1. Bakgrund	19
3.2. Svedden	20
3.3. Diskussion	23
4. AVLOPPSBEVATTNING I SKOBY	24
4.1. Bakgrund	24
4.2. Skoby	24
4.3. Saneringsalternativ	25
Uppsamling av spillvatten	27
Mängder och typ av spillvatten	27
Lager	28
Bevattningsgiva	28
Teknik för bevattning	29
Miljö- och hälsoskydd	29
4.4. Diskussion	30
5. BEVATTNING MED VÅTSLAM OCH AVLOPPSVATTEN I ALUNDA	32
5.1. Bakgrund	32
5.2. Alunda	32
5.3. Diskussion	32
6. KRAV PÅ AVLOPPSLÖSNINGAR	37
6.1. Bakgrund	37
6.2. Kravspecifikation	38
6.3. Diskussion	39
7. STUDIECIRKEL	41
7.1. Bakgrund	41
7.2. Diskussion	41
REFERENSER	42

1. INLEDNING

Dagens system för försörjning av samhället med livsmedel och spillvattenrening innebär att lagerresurser uttöms från jordskorpan och från jordarna för att senare som avfall deponeras i luft och vatten. Symptom på miss-hushållningen uppträder som övergödda sjöar och hav och anrikning av tungmetaller i våra livsmedel. Dessa problem kan endast lösas genom att utveckla samarbetet mellan stad och land i syfte att recirkulera näringsämnen tillbaka till livsmedelsproduktion. Med dagens system att omhändertaga toalettavfall återförs till jordbruket högst 10% fosfor och mindre än 2% kväve och andra för livsmedelsproduktionen nödvändiga näringsämnen (omräknat efter uppgifter ur Diedrich 1992). En viktig anledning till den bristfälliga resursåtervinningen är att jordbruket isolerats från ansvar och delaktighet vid utformning av samhällets system för spillvattenrening, se figur 1.



Figur 1. En viktig anledning till den bristfälliga resursåtervinningen är att jordbruket isolerats från ansvar och delaktighet vid utformning av samhällets system för spillvattenrening .

Kretsloppsanpassade VA-lösningar innebär i praktiken att näringsrika restprodukter, i form av urinlösning, svartvatten, spillvatten eller slam i olika former från hushållen, skall återföras till odlingsmark. Förutsättningen för sådan hantering är givetvis att inga gifter eller smittämnen därigenom ansamlas i odlingsprodukterna. Jordbrukaren har en central roll när det gäller att skapa kretsloppssystem. Han besitter marken och har odlingskunnandet. Han har teknik och erfarenhet av att lagra och sprida stora volymer organiska restprodukter. Som djurägare och livsmedelsproducent har han också ansvar inför konsumenten när det gäller att bedöma de eventuella risker som en recirkulering av samhällets olika restprodukter kan innebära.

De senare årens utveckling tyder på att kretsloppssystem för spillvattenrening, dvs reningssystem som både reducerar föroreningar och återvinner näring, kan vara både effektivare och billigare än dagens konventionella kvittblivningssystem. De konkreta systemlösningar som redovisas här är exempel på detta. Då samhället satsar stora belopp på rening av avloppsvatten finns möjligheter att göra ekonomiska besparingar för både hushåll och samhälle om spillvattenreningen kretsloppsanpassas. Dessutom öppnas dörren för en ny intressant marknad för jordbrukare som entreprenörer i denna verksamhet.

Trots att ekonomi och miljöskäl länge talat för en ny hantering av toalettavfall och spillvatten är övergången till kretsloppssystem svår. Hinder som måste överbryggas är etablissemangets motstånd inom VA-sektorn, men också inom jordbrukarkåren och dess organisationer. Nuvarande lagstiftning och kravpraxis samt organisation för planering och tillsyn av VA utgör också hinder för att uppnå en bättre kretsloppsanpassning. Bristande kunskap och erfarenhet av teknik och systemfrågor, smittskyddsfrågor och organisationsfrågor, upplevs som svåra och ohanterliga. Syftet med det här projektet är att anvisa några vägar till hur man i kommunerna kan börja kretsloppsanpassa sin avloppshantering.

Projektet är speciellt eftersom det drivs av lantbrukare och utgår från konkreta förhållande vad gäller avlopp och jordbruk i en vanlig kommun. Östhammars kommun är vald som studieområde då tätorterna är små och odlingsmarken nära. Här finns också närhet till olika aktörer som behövs för att starta fungerande kretsloppsverk. I kommunen finns en mångkunnig jordbrukarkår med intresse för kretsloppsfrågor och entreprenörsverksamhet inom restprodukthantering.

Projektgruppen är sammansatt för att representera de viktiga parter som behövs för att skapa slutna flöden för näringsämnen. I gruppen arbetar jordbrukare med kommunala avloppstekniker och tillsynstjänstemän tillsammans med en konsult inom kretsloppsanpassad VA-teknik och lantbruksforskare från Sveriges lantbruksuniversitet.

Projektet har både en tillämpad och en vetenskaplig ambition. Den tillämpade ambitionen är att utarbeta konkreta systemlösningar för att lösa avloppsproblem i kommunen. Därigenom kan olika förutsättningar och tillvägagångssätt demonstreras för de personer som praktiskt skall genomföra åtgärder. Samtidigt är de konkreta exemplen grunden för projektets vetenskapliga syfte. Det handlar om att utveckla och generalisera kunskap kring främst följande frågeställningar:

- hur planeras och organiseras kretsloppssystem?
- hur skall restprodukter och tjänster värderas?
- hur garanteras säkerhet och varaktighet i kretsloppssystem?
- hur skall miljökontrollen utövas?

2. VÄXTNÄRINGSFLÖDEN I ÖSTHAMMARS AGROSAMHÄLLSSYSTEM

2.1. Bakgrund

Växtnäring flödar i agrosamhällssystemet via konstgödsel, inköpta djur och fodermedel, utsäde, biologisk kvävefixering, kvävedeposition från luften, livsmedel och via samhällets olika organiska restprodukter. För att uppnå en uthållig och ren livsmedelsproduktion och ett samhälle med minimal påverkan på miljön, är det nödvändigt att förstå och kartlägga dessa flöden i syfte att minska näringsförlusterna ur systemet.

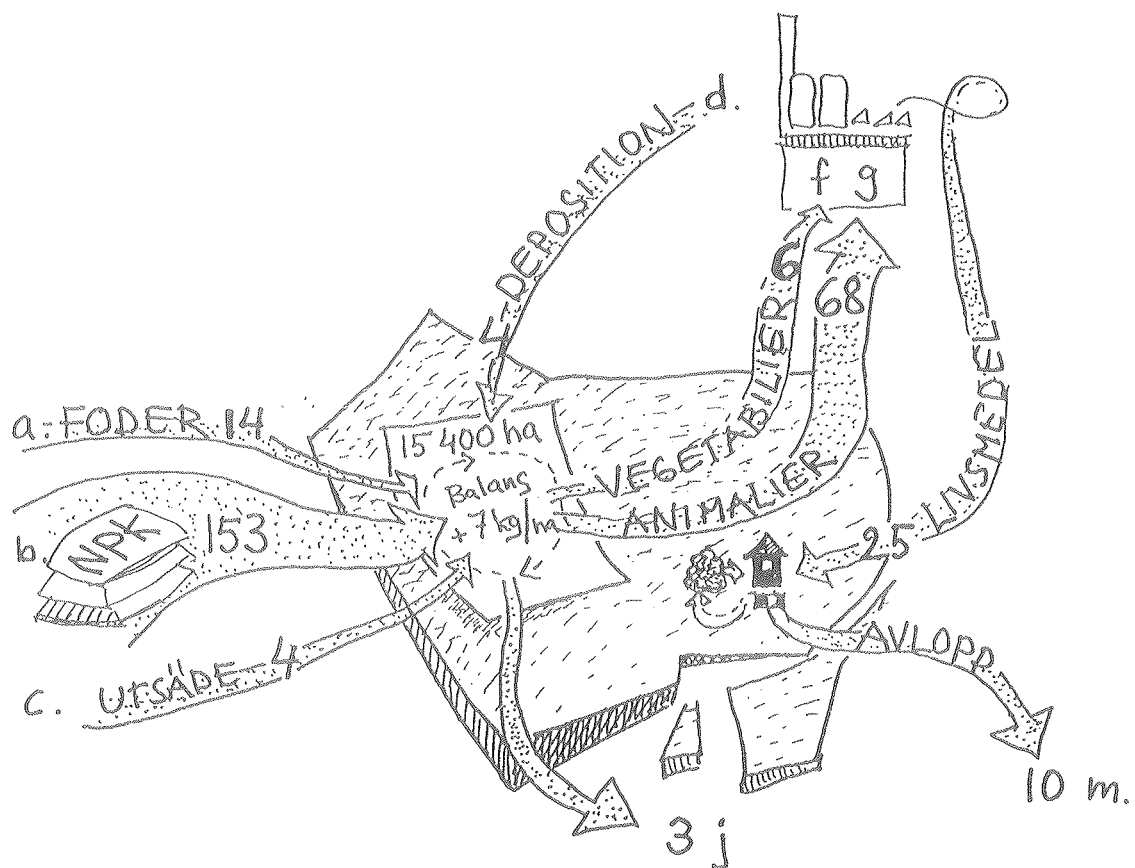
Inom jordbruket kartläggs numera regelmässigt näringsflöden för att hålla med odlingsresurser på gården eller fältet och för att minska läckage till omgivningen. På samma sätt kan samhällets näringsomsättning kartläggas för att erhålla en bild av de näringsflöden som genereras av människan. På nationell nivå har Claesson och Steineck (1991), Granstedt och Westerberg (1992) samt Pettersson (1992) beskrivit växtnäringsflödet i det svenska agrosamhällssystemet. På kommunal nivå har kartläggning av människopade och naturliga växtnäringsflöden, kväve och fosfor, gjorts för Ystad kommun (Wittgren m.fl., 1993). En noggrann kartläggning av fosforflödena har gjorts för Gävle kommun (Folkesdotter & Nilsson, 1994).

2.2. Växtnäringsflöden i jordbruk och samhälle

Ambitionen under förstudien har varit att urskilja vad som är stort och vad som är smått och därmed klarlägga vilka flöden som framförallt bör påverkas. Analysen av växtnäringsflödet inom jordbruket är värdefull också för samhällets planering för att förutse var samhällets biologiska restprodukter lämpligast bör avsättas.

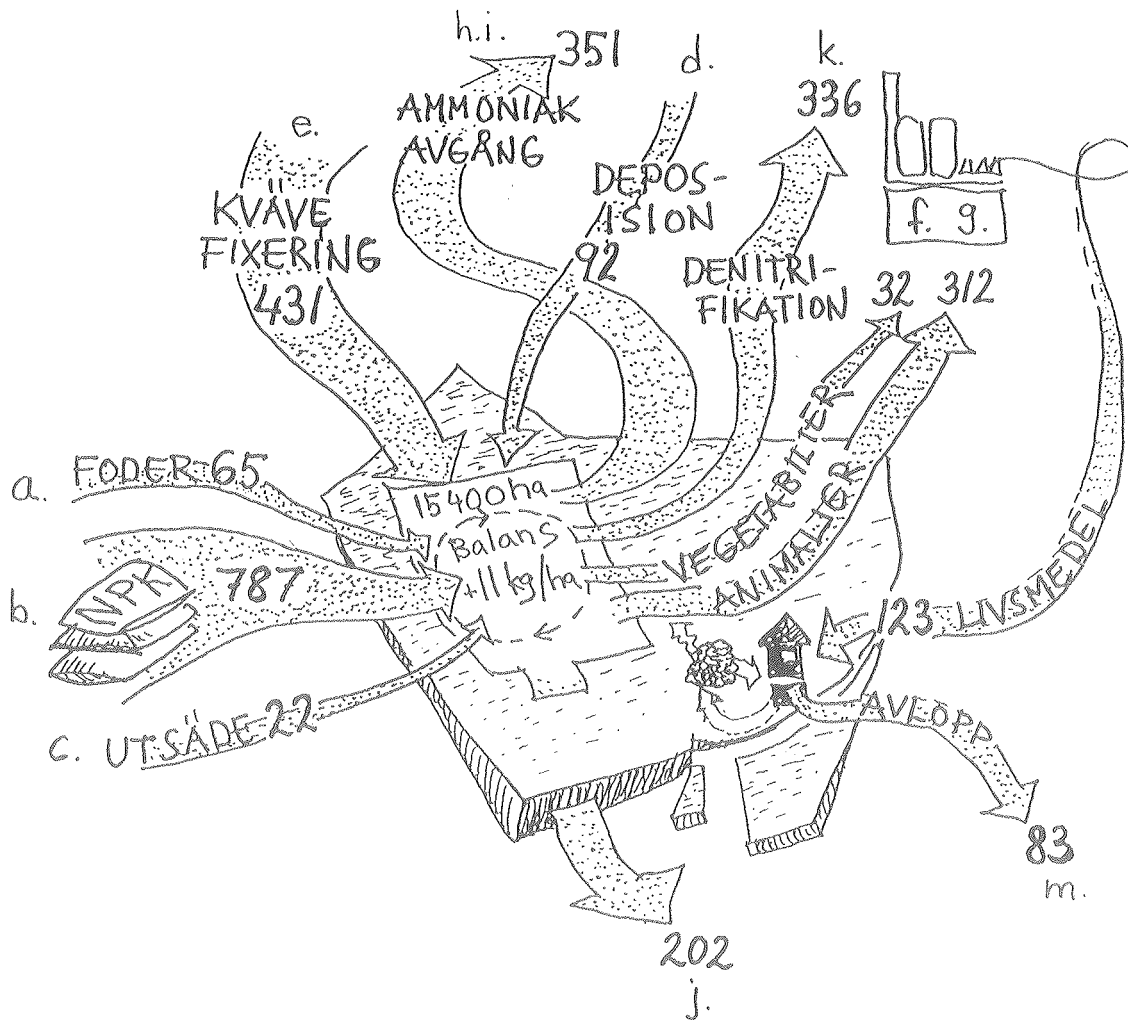
Figurerna 2 och 3 uttrycker den samlade bilden av fosfor- respektive kväveflöden i kommunens jordbruk och samhälle under 1992. Underlag och beräkningsmetoder redovisas i slutet av detta kapitel.

Av preliminärt framtagna flöden för Östhammars agrosamhällssystem för år 1992 framgår att jordbruket totalt omsatte betydligt mer näring än samhället. Till Östhammars jordbruk importerades via inköpt foder, konstgödsel och utsäde ca 171 ton fosfor per år, att jämföras med 32 ton fosfor som importerades till hushållen via livsmedel och tvättmedel. Från jordbruket exporterades 74 ton fosfor som jordbruksprodukter, vilket är mer än dubbelt av vad som konsumerades av kommunens hushåll. Ungefär 7 kg fosfor per hektar upplagrades under 1992 i åkermarkerna i Östhammar, vilket var det samma som för Sverige i genomsnitt (SCB 1993), se figur 2. För kväve, som har ett mer komplicerat kretslopp än fosfor var tillförseln till åkermarken högre än bortförseln med grödan eller genom gasförluster och utlakning. Östhammar hade en nettotillförsel på +11 kg kväve per hektar att jämföra med en nettobortförsel på -3 kg per hektar för Sveriges jordbruk som helhet (SCB 1993), se figur 3.



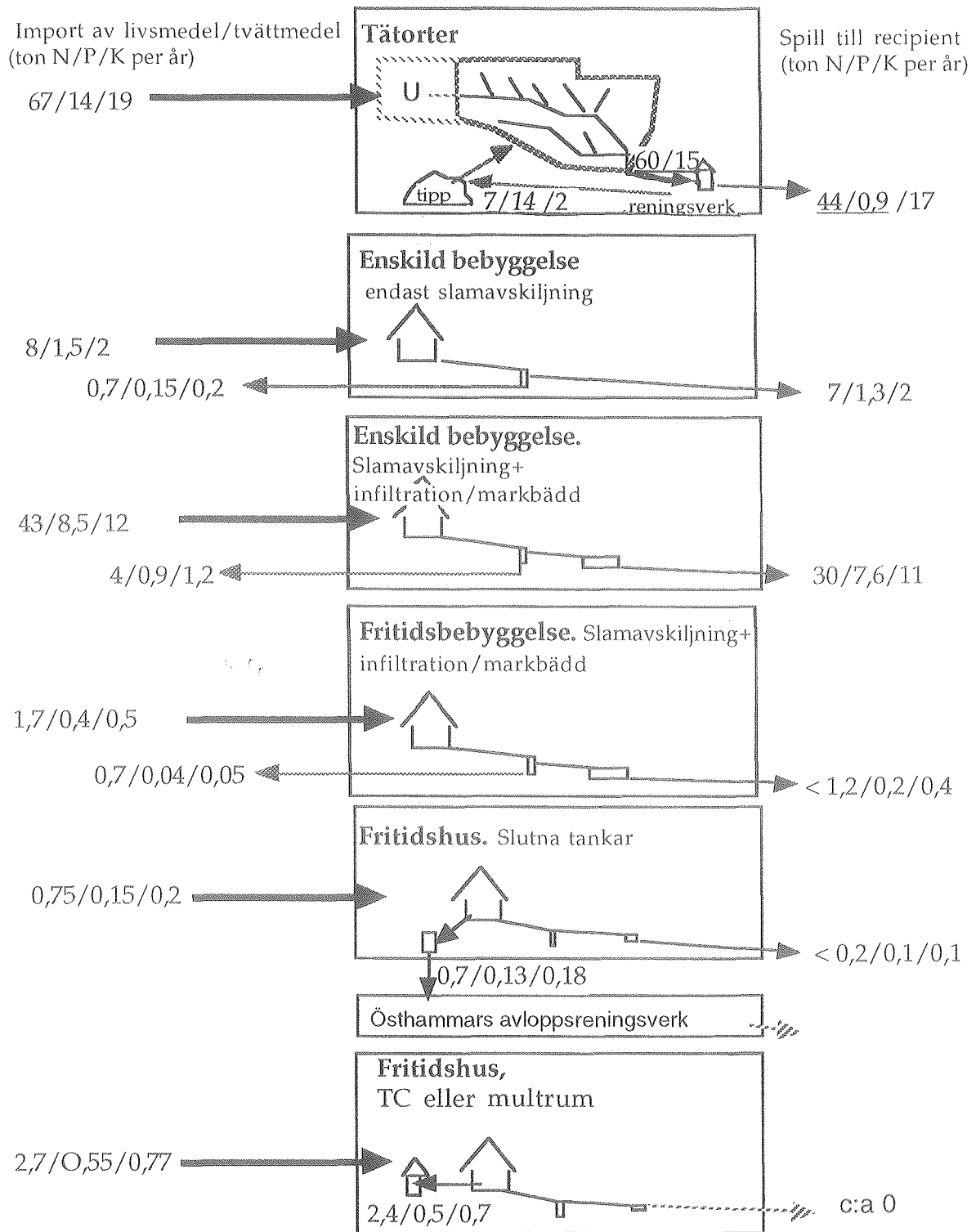
Figur 2. Fosforflöden i Östhammars agrosamhällssystem under 1992, angivna i ton per år. Bokstäver hänvisar till underlag redovisade i tabellerna 1 och 2.

Trenden under slutet av 80-talet och början av 90-talet har varit en minskande tillförsel av konstgödsel. Mellan 1988 och 1991 sjönk den faktiska konstgödselmängden per hektar med ungefär 7%. Den nettotillförsel av fosfor på +7 kg per hektar som vi hade i Sverige i början av 90-talet, kan jämföras med den nettotillförsel på +14 kg fosfor per hektar som vi hade under slutet av 80-talet (SCB 1990a).



Figur 3. Kväveflöden i Östhammars agrosamhällssystem under 1992, angivna i ton per år. Bokstäver hänvisar till underlag redovisade i tabellerna 1 och 2.

Av den framtagna näringsbudgeten för kommunens hushåll, se figur 4, framgår att 85% av fosforutsläppen kom från glesbygden. Utsläppen av kväve till recipienterna fördelade sig däremot jämt mellan tätort och glesbygd. Jämförs hushållens utsläpp av gödande ämnen till vatten med jordbrukets näringsläckage, framgår att mer fosfor tillfördes recipienterna från samhället än från jordbruket, ca 10 ton respektive 3 ton per år, men att utsläppen av kväve var 2-3 gånger större från jordbruket än från samhället, 202 ton respektive 83 ton per år. I vattenöversikten (Östhammars kommun, 1991) bedömdes jordbrukets läckage vara 320 ton kväve per år och 7,5 ton fosfor per år. Samhällets utsläpp av kväve och fosfor beräknades vara 77 ton respektive 13 ton.



Figur 4. Näringsflöden av kväve, N, fosfor, P, och kalium, K, för kommunens hushåll, uppdelade på tätort och olika typer av enskild bebyggelse. Understrukna siffror anger uppmätta flöden, övriga är beräknade utifrån schablonsiffror. Se texten för beräkningsunderlag.

2.3. Diskussion

De beräkningar av näringsflöden som framtagits är att betrakta som preliminära då de bygger på sifferunderlag från ett respektive två år. För att bättre beskriva näringsflödet behövs statistik från flera år. Dessutom är det önskvärt att inom jordbruket också studera flödena på gårdsnivå. En sådan analys kan tjäna som planeringsunderlag för avsättning av samhällets organiska restprodukter.

Östhammars kommun har goda förutsättningar för att öka recirkulationen av kväve och fosfor till odlingsmark. Kommunen har jordbruksmark jämnt fördelad över ytan och inga större tätorter förekommer. Således bör tillgänglig odlingsmark för spridning av organiskt avfall finnas inom rimliga avstånd från tätort. Likaså finns tillräckligt med odlingsmark som har behov av organiskt avfall. Uppskattningsvis kan 50% av arealen ta emot organiskt avfall, eftersom endast växtodling utan djurhållning bedrivs på denna areal. Organiskt avfall skall inte spridas på djurgårdar på grund av smittorisker. Djurgårdar har inte heller något behov av organiskt avfall eftersom de har stallgödsel. Hur tillgänglig areal är fördelad i förhållande till tätorter behöver kartläggas vidare.

Beskrivningen av samhällets växtnäringsflöde visar att högst 4% av den näring som importerats till hushållen återcirkuleras idag. Avgörande för att öka återvinningen är att restprodukterna har hög kvalitet som gödselmedel och att de ur kostnadssynpunkt kan konkurrera med andra gödselmedel.

Redan idag finns restprodukter av god kvalitet, i form av våtslam från reningsverk, slam från trekammarbrunnar och slutna tankar, som borde kunna cirkuleras utan risk för metallanrikning, anrikning av giftämnen eller spridning av smittämnen. Men med ARLA-mejeriers och Svea Lantmäns nyligen utfärdade "slambojkott", försvåras eller omöjliggörs i dagsläget byggandet av kretsloppssystem i kommunen. Grunden för uppköparnas bojkott av slamodlade produkter, är rädslan för konsumenternas attityder. Behovet av att informera både producenter och konsumenter i kretsloppsfrågor är således stort.

Potentialen att recirkulera samhällets växtnäringsflöde är på kort sikt störst i kommunens tätorter främst genom att utveckla slamhanteringen. På längre sikt kan avloppssystemen både i tätorterna och på landsbygden byggas om eller kompletteras för att uppnå näringsrikare och renare restprodukter som kan återcirkuleras. Strategier och olika tekniker för detta demonstreras i de konkreta principförslag som projektet arbetat fram.

2. 4. Beräkning av växtnäringsflöden i jordbruket

Den växtproduktion med olika grödor och arealer, samt djurproduktion som beskrivs gäller år 1992. När det gäller gödslingsintensitet tillfördes jordbruket i Östhammar i genomsnitt lägre mängder konstgödselkväve och -fosfor än landet i övrigt. Sverige hade i slutet av 80-talet en genomsnittlig tillförsel med konstgödselkväve på 74 kg per hektar åker och med konstgödsel fosfor på 20 kg per hektar åker (SCB 1990a). För Östhammar var tillförseln (år 1992) med konstgödselkväve 51 kg per hektar åker och med konstgödsel fosfor 10 kg per hektar åker. Observera att konstgödselmängden har slagits ut på åkerareal i växtföljden, 15 400 hektar. Här ingår också areal som i verkligheten inte fick någon konstgödsel 1992.

Under 1992 fanns 16 829 hektar jordbruksmark i kommunen fördelade enligt följande (SCB, 1993):

Växtodling	ha	%
Brödsäd	329	2
Fodersäd	6 450	38
Oljeväxter	190	1
Vall	8 247	49
Övriga (potatis, örter mm)	191	1
Träda, omställning	1 422	8

Animalieproduktion	Antal djur
Nötkreatur (kvigor, tjurar, ungdjur, köttdjur)	13 443
Mjolk- och dikor	5 411
Slaktsvin	6 659
Avelssvin	863
Får	2 728
Höns och kycklingar	18 848

Om antalet djur delas upp på odlad areal, 15 407 hektar, förutom träda och omställningsareal som ligger utanför växtföljden, ser man att djurtätheten i Östhammar var lägre än det tillåtna antalet djur, 1.6 djur, per hektar enligt LSFS 1988:44. Ungefär 46% av den odlade arealen, 7 109 hektar, behövs för att recirkulera stallgödseln. På resterande 54% av den odlade arealen, 8 320 hektar bedrivs växtodling utan stallgödsel.

År 1992 var 1 422 hektar träda och omställd mark, vilket motsvarar 8% av den totala arealen. Under 1993 har mer mark anmälts till omställning, varvid andelen kommer att öka till ca 3 132 hektar, eller 18% av den totala arealen.

Den mängd kväve och fosfor som tillförts till odlingsystemet i Östhammars kommun består av: inköpt foder till animalieproduktionen, inköpt konstgödsel, inköpt utsäde, kväve fixerat av baljväxtbakterier och deposition från luften av kväve och fosfor, se figur 2 och 3, samt tabell 1.

För beräkning av hur mycket kväve som fixeras av baljväxtbakterierna, har antagits att klöver/gräsvallar blir tre år gamla i genomsnitt. Klöverhalten i vall har uppskattats till 40% första året, 20% andra året och 1% tredje året i genomsnitt. Mängden fixerat kväve har beräknats till 28 kg per hektar (Fagerberg m.fl., 1992).

Deposition från luften innefattar både våt och torr deposition. Mängden deponerat kväve i Östhammars kommun har uppmätts till ca 6 kg per hektar medan fosfordepositionen uppskattats till 0,3 kg per hektar (SCB, 1990). Dessa flöden är i jämförelse med andra flöden mycket små.

Tabell 1. Flöden av kväve och fosfor till "odlingsystemet" Östhammars kommun år 1992. Brukad areal totalt, 15 400 hektar (ha)

	Kväve Ton	Kg/ha	Fosfor Ton	Kg/ha	Bokstav i figur 2&3
Mjölkkor, koncentrat och kraftfoder 1) 2)	37		7.5		
Övriga nötkreatur 1)	27		6		
Svin foderkoncentrat 1)	0.5		-		a
Konstgödsel 3)	787		153		b
Utsäde 2)	22		4		c
Deposition, torr och våt 4) (på 16 829 ha)	92		4.6		d
Baljväxtbakt. N-fixering	431				e
totalt i ton och kg/ha	1 397	91	175	11	
(Stallgödsel)	826		131)		

1) Databok, 1989

2) Hushållningssällskapet Uppsala, 1993

3) SCB 1992

4) SCB 1990a

I mängden bortfört kväve och fosfor från odlingsystemet i Östhammars kommun ingår följande poster: försålda produkter från växtodlingen, försålda djurprodukter såsom kött från slaktdjur och utslagsdjur samt mjölk och ägg, förluster från stallgödselhanteringen, ammoniak från växtrester, nitratutlakning och denitrifikation, se figur 2 och 3 samt tabell 2.

När det gäller djurprodukter och mängden kött från utslagsdjur, kan sägas att andelen per år av totala antalet djur för vart djurslag, uppskattats till 33% am- och dikor, 50% suggor och 33% får.

Under hanteringen av stallgödsel får man förluster av huvudsakligen kväve men även fosfor. Förlusten innebär ett flöde av kväve ut ur odlings-

systemet, som måste ersättas på något sätt, se figur 3. Man kan förlora mellan 7-50% av kvävet i stallgödseln, beroende på hanteringssystem, lagring och spridning. I Östhammar har vi uppskattat att den mesta stallgödseln är i form av fastgödsel, vilket skulle ge en genomsnittlig kväveförlust av 35%. Troligen är förlusterna större i verkligheten. Fosforförlusterna är mycket små om jordbrukaren följer de råd och anvisningar som finns (Claesson & Steineck 1991).

Ammoniäkförluster från växtrester sker under växtens åldrande, samt när avhuggen färsk kväverik grönmassa (klöver, gräs, mm) ligger exponerad för sol och regn på marken. Hur stora förlusterna är generellt vet man inte idag, men en uppskattning är 4 kg kväve per hektar och år (Claesson & Steineck 1992).

Nitratutlakningens storlek har för Östhammars del uppskattats till 13 kg per hektar och år. Detta stämmer överens med uppgifter från gårdar i Uppland (Claesson & Steineck, 1992), samt från en undersökning i Olandsåns avrinningsområde (Jakobsson 1993).

Denitrifikationens storlek har uppskattats utifrån gårdsexempel i Claesson och Steineck (1991).

Tabell 2. Flöden av kväve och fosfor från "odlingssystemet" Östhammars kommun år 1992. Brukad areal totalt, 15 400 hektar (ha).

	Kväve		Fosfor		Bokstav i
	Ton	Kg/ha	Ton	Kg/ha	figur 2&3
Växtodling (brödsäd) 5)	32		6.3		f
Djurprodukter 1)	312		68		g
Stallgödselhantering 6)	289				h
Ammoniak från växtrester 6)	62	4			i
Utlakning 6) 7)	202	13	3	0.2	j
Denitrifikation 6)	336	22			k
totalt i ton och kg/ha	1 233	80	74.3	5	
(Hemmaproducerat foder	888		130)		

1) Databok, 1989

5) SCB, 1992

6) Claesson och Steineck, 1991

7) Jakobsson, C. 1993.

Sammanlagda kväve- och fosforflödet visar att mer har förts till jordbruket än vad som har förts bort, se tabell 3.

Tabell 3. Sammanlagda flödet av kväve och fosfor i Östhammars kommun år 1992. Brukad areal totalt, 15 400 hektar (ha).

	Kväve Ton	Kg/ha	Fosfor Ton	Kg/ha
Tillfört	1397	91	175	11
Bortfört	1233	80	74	5
Summa	+164	+11	+101	+7

Om den sammanlagda växtnäringsbalansen för Östhammar jämförs med en liknande balans för Uppsala län år 1988 (SCB 1993) finns vissa likheter. Uppsala län har precis som Östhammar en positiv nettobalans med för Uppsala +5 kg kväve och +5 kg fosfor per hektar.

2. 5. Beräkning av växtnäringsflöden i samhället

Befolkningen i Östhammars kommun uppgår till c:a 23 000 personer (Östhammars kommun, 1991a). Till de permanentboende kommer de sommarboende som under några sommarveckor mångdubblar befolkningen i kustområdet. Med avseende på typ av spillvattensystem och uppgifter om befolkningen som redovisas nedan, har befolkningen delats upp på följande sätt:

Permanentboende	antal personer
anslutna till reningsverk	13 400
slamavskiljning och markbädd/infiltration	8 500
enbart slamavskiljning	1 400
Sommarboende	antal hus
med TC, multrum och latrinhämtning	3 500
slamavskiljning och markbädd/infiltration	2 200
slutna tankar	500

Importen av kväve, fosfor och kalium (NPK) till hushållen har beräknats med schablonsiffror sammanställda ur SNV 1987, Strid 1991 och Andersson 1992. En medelperson intar årligen genom sin livsmedelskonsumtion 5 kg kväve, 1 kg fosfor och 1,4 kg kalium. För beräkning av näringsimporten till den sommarboende befolkningen har antagits att fritidshusen nyttjas av 3 personer 1/10 av året.

Återvunnen respektive förlorad näring som upplagrats i mark eller förlorats till luft och vatten har beräknats enligt nedan:

Tätorter

Enligt Östhammars kommuns miljörapporter 1990 och 1991 för kommunala reningsverk är drygt 13 000 personer anslutna till kommunalt VA. Ytterligare 400 personer var knutna till ett gemensamt verksamhetsområde tillhörande Forsmarks AB. Samtliga avloppsreningsverk i kommunen var utrustade med mekanisk, biologisk och kemisk rening.

I samtliga kommunala verk avvattnades slammet före transport till kommunens soptipp i Väddika. Sedan 1992 blandas slammet med sand och bark och används enligt uppgift som anläggningsjord i kommunens tätorter. Inget slam används idag för gödsling av åkermark. Slamproduktionen uppgår sammanlagt i kommunens reningsverk till knapp 3 000 m³. Torrsubstanshalten varierar mellan 15 och 30%.

Kommunen provtog under 1990 och 1991 avloppsvatten och slam enligt ett av länsstyrelsen fastställt kontrollprogram. Varje månad analyserades halter av biologiskt syrekrävande ämnen, BOD₇, och kemiskt syreförbrukande ämnen, COD_{cr}, pH, totalfosfor samt från och med 1991 även totalkväve.

Prover tas i både in och utgående vatten från reningsverken. Föroreningsmängder beräknades från uppmätta halter och flöden i verken. Från och med 1991 utvidgades slamkontrollen till att innefatta analys kvartalsvis av 10 olika tungmetaller samt torrsubstanshalt. Däremot ingår inte analys av växtnäringsinnehåll i den utvidgade slamkontrollen.

Reduktionen av *syrekrävande ämnen* och *fosfor* var enligt kommunens egen miljökontroll god. Baserad på 2 års medelvärden (1990-91) uppgick medelreduktionen av fosfor till 96%. Massbalansberäkningar för fosfor redovisad i kommunens saneringsplan (Östhammars kommun, 1987) antydde att stora brister fanns i ledningsnäten. Enligt saneringsplanen kan så mycket som hälften av fosfor förloras på vägen till reningsverket i Österby/Dannemora.

Östhammars kommun har ej krav på *kvävereduktion* enligt aktionsprogram mot havsföroreningar (SOU 1991). En viss mängd kväve avgår ändå från avloppsvattnet med slammet och som kvävgas, N₂, lustgas, N₂O, eller ammoniak, NH₃, i verken samt genom utläckage i ledningar. Baserad på ett års mätningar, 1990, in och ut i reningsverken beräknades medelreduktionen av kväve i kommunens reningsverk uppgå till 28%, vilket jämfört med liknande reningsverk är en hög reduktion.

Kalium ingick ej i recipientkontrollen eftersom detta ämne inte anses miljö- eller hälsofarligt. Kalium som reduceras i reningsverken finns inbyggt i organiskt material och utgör högst 10% av inkommande mängd.

Enskild bebyggelse med enbart slamavskiljning

Av 10 000 personer boende i glesbygd saknar de flesta hus byggda före 1950 längre gående rening än slamavskiljning. I Harg, Korsbron och Skoby, där avloppssanering har förelagts av länsstyrelsen, släpper sammanlagt 400 personer ut enbart slamavskilt avloppsvatten. Vi uppskattar att ytterligare drygt 1000 personer i glesbygd saknar längre gående rening än slamavskiljning.

Naturvårdverket (SNV 1987) redovisar att ca 15% av hushållets spillvatten kväve och fosforinnehåll reduceras med slamavskiljning. Senare undersökningar utförda på lantbruksuniversitetet i Uppsala visar att reduktionen är betydligt sämre. Enligt dessa studier avskiljs inte mer än 5-10% kväve och fosfor vid slamavskiljning (Steineck & Salomon, 1992, Andersson, 1992). Dessa undersökningar visar också att proportionerna kalium och kväve är lika stora i in- och utgående vatten. Den maximalt avskiljbara mängden näring vid slamavskiljning bör motsvara vad som finns inbyggt i organiskt material, dvs fekalier, papper och matrester. Fraktionen motsvarar högst 10% av den totala näringsmängden enligt uppgifter samlade av Martin Strid (1991). För våra beräkningar av reduktion och utsläpp antar vi att i genomsnitt 10% fosfor, kväve och kalium kvarhålls i slamfraktionen.

Enskild bebyggelse med längre gående rening än slamavskiljning

Modern enskild bebyggelse utanför tätorten har slamavskiljning och infiltration eller markbädd. Antal personer anslutna till denna typ av avlopp har med stöd av översiktsplan och lokalkännedom beräknats till 8 500 personer.

Med infiltration eller markbädd reduceras *fosfor* (och kalium) endast under en kortare tid eftersom effekten beror på jordens förmåga att kemiskt binda till sig dessa ämnen. För att kunna räkna ut den aktuella reduktionen och utsläppsmängden antar vi att medelåldern på anläggningarna i kommunen är 15 år. Vid denna ålder kan man räkna med att anläggningen reducerar 40% fosfor, varav 10% utgör slamfraktionen (SNV 1987).

Kväve avgår från spillvattnet som slam och som gas, N₂ eller N₂O. Reduktionen är konstant med tiden och uppges normalt vara 30%, varav 10% ingår i slamfraktionen (SNV 1987).

Kalium reduceras efter några år endast genom avsättning av organiskt kalium i slamavskiljaren, dvs ca 10% av totalmängden. Reduktion av *smittämnen* är i en väl anlagd bädd eller infiltration högre än i ett reningsverk (SNV 1987). Kommunen har allmänt sett dåliga förutsättningar för infiltration (täta eller tunna jordlager), varför bakteriell påverkan på dricksvattenbrunnar förekommer.

Fritidsbebyggelse

Eftersom Östhammars kommun är en kustkommun med vacker natur i närhet till Uppsala och Stockholm finns det många fritidshus. I översiktsplanen (Östhammars kommun, 1991b) uppskattas antalet fritidshus till 6 200. Huvuddelen av denna bebyggelse är lokaliserad i kust- och skärgårdsområdet och utnyttjas under några korta sommarveckor. Vi har antagit att fritidshusen nyttjas av 3 personer under 1/10 av året.

I tidigare planbestämmelser var vattentoalett ej tillåten. Merparten av husen har därför torrdass eller multrum där restprodukten omhändertas lokalt. I en del hushåll ombesörjer Östhammars kommun latrinhämtning från torrdass. Latrinkärl körs till reningsverket i Tierp.

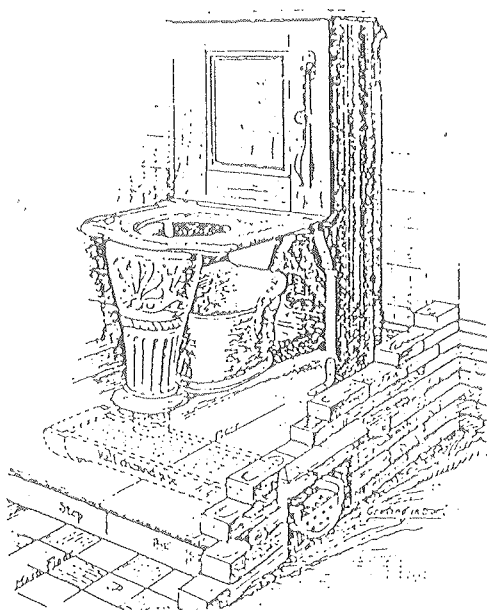
Bad, disk och tvättvatten (BDT) behandlas mestadels i stenkista eller en enkel markbädd. På senare år har den politiska ambitionen varit att underlätta permanentboende eller långtidsboende, varför dispens numera lämnas till att ansluta WC till spillvattnet. Sammanlagt uppskattas att 1/3 av fritidshusen har gemensamt WC- och BDT- avlopp som renas i markbädd eller infiltration.

Ungefär 500 hushåll har WC med sluten tank (Bengtsson pers. medd. 1993). *Slutna tankar*, svartvatten, ska om de är rätt anlagda innehålla merparten av spillvattnets fosfor och kväve. Vi antar därför att näringsutsläppet från dessa hushåll är försumbart. Svartvattnet som i regel är mycket utspätt (< 0,5%ts) körs för närvarande med tankbil till Östhammars reningsverk.

3. URINSEPARERING I SVEDDEN

3. 1. Bakgrund

Teknik för att separera urin från fekalier har under lång tid funnits i många länder i världen. Enligt Svensson (1993) förekommer urinseparering idag i bland annat Kina, Vietnam och Jemen för att minska luktproblem i samband med latrinhantering. Urin används där direkt för odling och träcken används ofta som bränsle. Även i Europa har urinseparering använts för att minska de sanitära olägenheterna med latrinhantering (figur 5). WC-toaletter med urinseparering finns utvecklade och patenterade i Tyskland och Frankrike för användning inom medicinen (Magnusson pers. medd. 1993; Ridderstolpe pers. medd. 1994).



Figur 5. Urinseparerande toaletter har använts i många länder för att minska lukt och hanteringsproblem vid latrinhantering. Bilden visar ett engelskt torrdass med urinseparering från början av 1900-talet (källa okänd, personligt meddelande Hans Andersson 1993).

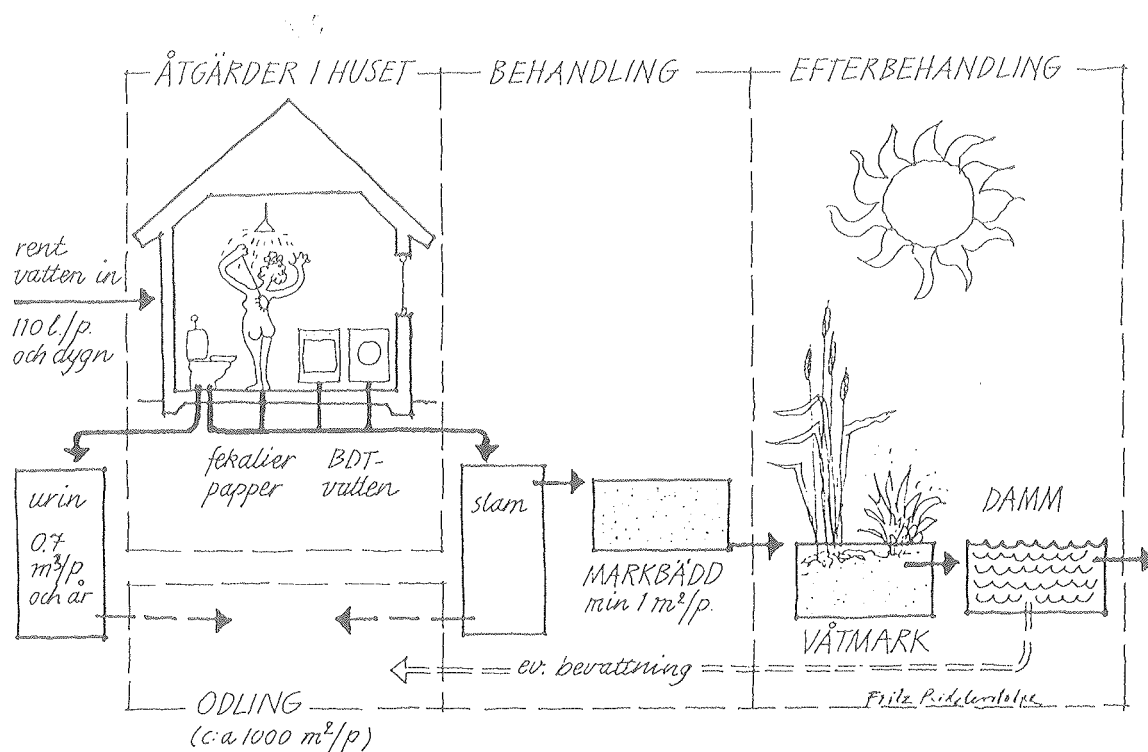
Intresset för källseparerande avlopp har under senare år ökat starkt, speciellt i de nordiska länderna. Bakom intresset ligger möjligheten att kunna bygga billigare och ur miljö- och hälsoskyddssynpunkt bättre system för spillvattenhantering än de nuvarande, där restprodukter och spillvatten blandas. Förespråkarna för separat urinhantering hävdar att urin är en ren växtnäringslösning som innehåller huvudparten av den näring som människan omsätter via födan (Wolgast 1993). Man menar att näringsämnen i urin är väl balanserade och lätt tillgängliga för växterna samtidigt som de är fria från organiska giftämnen och tungmetaller. Man hävdar också att urin innehåller antiseptiska ämnen som gör att urinlösning efter en viss tids lagring

kan betraktas som ofarlig ur smittosynpunkt. Wolgast menar att separering av urin från fekalier är viktig för att minska luktproblem och ammoniakavgång. Det främsta skälet för separat hantering av urin från fekalier är dock att förhindra spridning av smittämnen, framförallt virus, i miljön (Wolgast 1993).

En annan skola med orientering i lantbruksforskningen vill hellre se system där fekalier och urin hanteras tillsammans. Man anser att svartvatten är en restprodukt som bättre passar in i dagens lantbruk än urinlösning. Man anser att det fekala materialet är värdefullt, både som odlingsresurs och som pH-buffert för att förhindra ammoniakavgång vid lagring och efter spridning på åkern. Man ifrågasätter också urinens stora andel näring och dess steriliserande egenskaper (Steineck m.fl. pers. medd. 1993).

3.2. Svedden

Inom ramen för projektet anlades hösten 1993 ett urinseparerande WC-avlopp för ett parhus utanför Gimo, Östhammars kommun. Avloppet är utfomat enligt principskissen nedan, se figur 6.



Figur 6 System för urinseparering och lokal behandling av närsaltavlastat spillvatten i Svedden.

Anläggningen byggdes för att uppfylla den kravspecifikation som beskrivs i kapitel 6. Dimensionerande normalflöde och maxflöde är satt till 750 respektive 1500 liter per dygn.

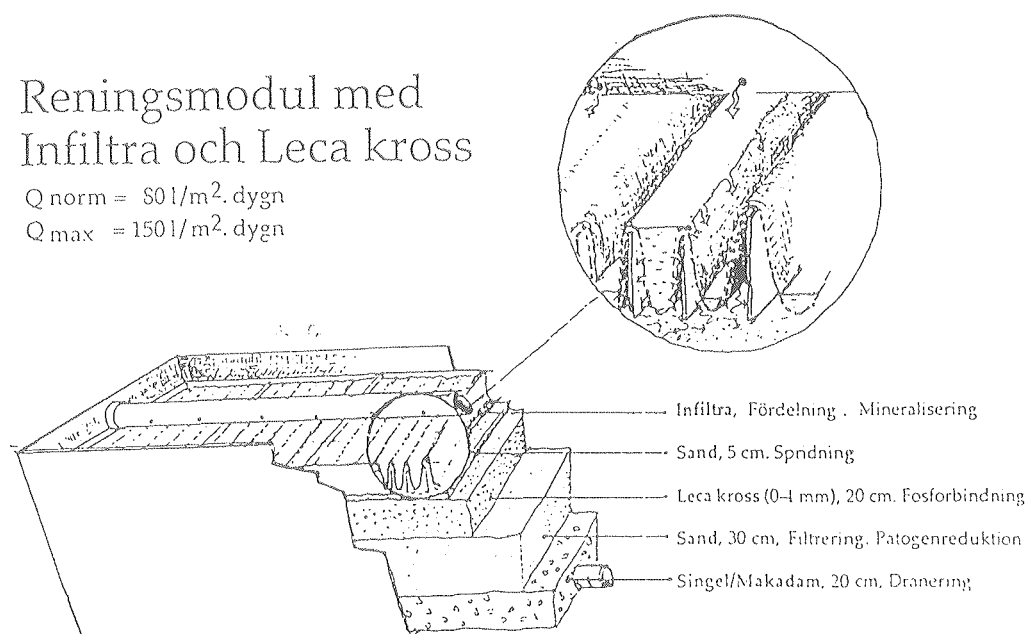
Den urinseparerande toaletten och markbädden (reningsmodulen) levererades av WM-ekologen i Stockholm. Urintanken är av glasfiber och rymmer 3 m³ vilket beräknas tillåta 8 månaders lagring för 4-5 personer. Slamavskiljaren rymmer 3 m³ och uppfyller svensk standard.

Den inneslutna markbädden utvecklades i samband med projekteringen, se figur 7. Den är försedd med ett konstgjort infiltrationslager av veckad geotextil vars syfte är att öka den effektiva ytan för infiltration samt för att öka och förbättra syreförsörjningen till infiltrationsytans biohud, där den biologiska nedbrytningsprocessen äger rum. Teoretiskt är den effektiva infiltrationsytan mer än 3 gånger större än byggytan på 4,6 m². Produkten, In-Filtra, är föremål för utveckling av WM-ekologen i Stockholm.

Reningsmodul med Infiltra och Leca kross

$Q_{norm} = 80 \text{ l/m}^2 \cdot \text{dygn}$

$Q_{max} = 150 \text{ l/m}^2 \cdot \text{dygn}$



Figur 7. Markbädden är inkapslad och försedd med ett konstgjort infiltrationsmaterial som gör det möjligt att krympa byggytan. Bädden är också försedd med ett lager av Lecakross för att binda restfosfor ur det urinavlastade spillvattnet.

Bädden har ett lager av Lecakross med hög fosforbindande förmåga. Baserat på lysimeterförsök utförda i Norge (Jenssen m.fl. 1991) beräknas bädden ha en livslängd på 20-30 år vid belastning av det urinavlastade spillvattnet från parhuset. Den fosforanrikade Lecakrossen skall därefter spridas på odlingsmark. Under Lecakrossen finns ett tunt sandlager vars syfte främst är att uppnå en säker reduktion av smittämnen.

Bädden är inkapslad i glasfiber för att bättre kontrollera hydraulik och de olika lagrens uppbyggnad. Den är också lagd ytligt med isolerskivor för att vara åtkomlig och för att säkerställa tillräckligt avstånd till grundvattnet. Bygghöjden mellan ingående vatten i slamavskiljaren och utgående vatten ur markbädden är cirka 1 m.

Avloppsanläggningens beräknade effektivitet med avseende på reduktion av föroreningar och återvinning av näringsämnen, samt kostnader vid investering och drift redovisas i tabell 4. Sifferunderlaget för beräkning av reduktion och återvinning baseras på SNV 1987, Strid 1991, Andersson 1992, Johansson 1993, Wolgast 1993, Jensen 1991 samt SNV 1986.

Tabell 4. Avloppsanläggningens beräknade effektivitet med avseende på reduktion av föroreningar och återvinning av näringsämnen samt kostnader vid investering och drift

	Svedden 75% urinseparering 75% reduktion av fosfor i tvättmedel	Konv. mark -bädd eller infiltration	Konv. (mini) reningsverk
Reduktion			
P	>95%	25-50%	c:a 85%
N	>80%	c:a 25%	c:a 25%
BOD*	>95%	c:a 90%	c:a 90%
Tot-col**	hög	medel	låg
Utsläpp (person/år)			
P	<0,05 kg	0,5-0,8 kg	c:a 0,15 kg
N	<1 kg	c:a 3,8 kg	c:a 4 kg
Tot-col	10 ³ /100 ml	10 ³⁻⁴ /100 ml	10 ⁴⁻⁷ /100ml
Återvinning			
P	>90%	0-10%	0-85%
N	c:a 75%	0-10%	c:a 10%
K	c:a 75%	0%	0%
Investering (per hushåll)			
	25-30 000 kkr	c:a 35 000 kr	c:a 45 000 kkr
Drift (per hushåll)			
	c:a 1500 kr	c:a 500 kr	c:a 3 000 kkr

* Syreförbrukande ämnen

** Tot-col= totalmängd coliforma bakterier

3. 3. Diskussion

Intresset för urinseparerande avloppssystem har ökat lavinartat under senare år. Orsaken är givetvis, såsom exemplet Svedden visar, möjligheten att åstadkomma väsentliga förbättringar i såväl reningsgrad som återvinning av närsalter utan större kostnader eller förändring av nuvarande spillvattenhantering. Flera kommuner, däribland Stockholms, Trosa, Borlänge och Östhammars kommuner skriver in krav i detaljplaner för att möjliggöra urinseparering där nya bostäder planeras.

I skarp kontrast till det stora intresset och de förhoppningar som är ställda på den nya tekniken står den bristfälliga kunskapen och erfarenheten om hur dessa system verkligen fungerar och vilka miljövinster de egentligen ger. Flera grundläggande frågor av nyckelkaraktär är dåligt utredda. Det gäller näringsfördelningen mellan urin och fekalier där de uppgifter som nu är i omlopp hänvisar till undersökningar utförda på 1950-talet. De desinficerande mekanismerna i urin, liksom möjlighet att med kemiska tillsatser reducera smittämnen, bakterietillväxt och urinens spjälkning, har en avgörande betydelse för möjligheten att sprida urin på åkern utan risk för smittospridning, ammoniakavgång och ökad nitratutlakning.

Den nya toalettteknikens funktion och acceptans hos användaren liksom dess sårbarhet vid missbruk, är till stor del okänd eftersom endast ett fåtal system ännu kommit i bruk. De anläggningar som nu byggts måste utvärderas med avseende på användarens acceptans och systemens övriga funktion. Effektivitet i urinavskiljning, mängd producerad urinlösning samt vattenförbrukning i systemen är exempel på saker som är viktiga att undersöka.

Andra grundläggande frågor av VVS-teknisk karaktär är risk för igen-sättning genom kristallbildning i rörledningar och teknik för att förhindra sådana problem. Sådan kunskap behövs för att anvisa lämpliga rördimensioner, ledningslängder och servicemöjligheter.

Transporttekniska och energimässiga konsekvenser av en storskalig urinhän-tering har endast överslagsmässigt studerats (Wolgast 1993). Ekonomiska och miljömässiga konsekvenser måste bedömas för att jämföra källseparerande system med andra och mer konventionella lösningar.

Andra viktiga frågor av forskning- och utvecklingskaraktär är hur varor och tjänster bör prissättas samt hur miljökontrollen ska utövas. Planeringsformer och lagstiftning att nyttja för succesiv sanering av befintlig bebyggelse är andra exempel på frågor som väckts med den nya tekniken.

4. AVLOPPSBEVATTNING I SKOBY

4. 1. Bakgrund

Avloppsbevattnings tillämpades på många ställen i Europa under medeltiden och utvecklades starkt under 1800-talet (Ridderstolpe & Sandström 1991). Utanför miljonstäderna Lods och Wratslaw i Polen finns fortfarande i bruk mycket stora avloppsbevattningsanläggningar. De har succesivt byggts ut under det senaste århundradet och omfattar idag sammanlagt nära 10 000 hektar mark som översilas eller periodvis översvämmas med avloppsvatten. De gräsbevuxna markerna skördas upp till fem gånger per år och avkastar i genomsnitt 15 ton torrs substans per hektar och år (Multant m.fl., 1992).

Tjugoåriga mätserier från anläggningen i Wratslaw, visar att reduktionen av fosfor och kväve i behandlat vatten är högre än i svenska moderna reningsverk. För skötseln av anläggningen har staden 18 personer anställda. Anläggningen i Lods sköts fortfarande helt och hållet av bönder. (Ridderstolpe 1992, opubl.).

På Gotland bevattnas sedan i början av 1980-talet åkergrödor som stråsäd och betor med lagrat avloppsvatten i ett system som utvecklats av tekniker från kommunen i samarbete med jordbrukare i trakten. Idag bevattnas mer än 800 ha åker med avloppsvatten från sammanlagt 3800 personer (Gotlands kommun 1992).

Den första anläggningen i Sverige för energiskogsbevattnings togs i bruk vintern 1994, i Österäng i Götene kommun. Anläggningen är dimensionerad för 200 personer. Allt spillvatten lagras under vintern i en damm som grävts och uppvallats på en leråker. Under växtsäsongen är det tänkt att vattnet skall pumpas ut i fördelningsdiken för att sedan med självfall rinna ut i odlingen i ett flertal långa grunda diken (Larsson 1994).

4. 2. Skoby

På vardera sida om gränsen till Uppsala och Östhammars kommun ligger byarna Skoby-Jönninge. Här bor drygt 200 personer i en blandad mestadels äldre, bebyggelse som vuxit samman till en naturlig enhet. Avloppen är gamla, fränsett några nyare hus med slamavskiljning och markinfiltration. Det mesta spillvattnet leds direkt till recipienten, Olandsån, efter enbart slamavskiljning.

I Östhammars kommun är hushållen fördelade i två gemensamma verksamhetsområden för avlopp. Spillvattensystemet för Skoby norra samlar avloppsvatten från ca 80 personer och är byggt som en kombination av spillvattenledning och åkerdränering. Spillvattensystemet för Skoby södra är betydligt bättre och byggt för enbart spillvatten. Systemet belastas av 45 personer och vattnet slamavskiljs strax före utloppet till Olandsån.

Länstyrelsen har med stöd av miljöskyddslagen och hälsoskyddslagen förelagt om sanering. Inom ramen för förstudien har därför fem olika saneringsalternativ utretts, med avseende på teknik, miljö- och hälsoeffekter samt kostnader.

- A. Ombyggnad av nuvarande avloppssystem till urin eller svartvatten-system och lokal behandling av spillvatten.
- B. Vinterlagring av uppsamlat blandat spillvatten och bevattning sommardag.
- C. Behandling av uppsamlat blandat spillvatten i markbädd vintertid och bevattning sommardag.
- D. Behandling av uppsamlat blandat spillvatten i minireningsverk
- E. Överledning av uppsamlat blandat spillvatten 3 km till Alunda avloppsreningsverk.

Av de jämförda alternativen befanns alternativ B vara effektivast och billigast. Beroende på hur kostnader och inkomster fördelas mellan verksamhetsområde och "jordbrukare/entreprenör" beräknas investeringsbehovet för hushållen i alternativ B uppgå till 20 000-25 000 kr per lägenhet, att jämföra med till exempel överledning till Alunda som skulle ge en kostnad på 75 000 kr per lägenhet. Kostnaderna är fördelade på 60 hushåll.

4. 3. Saneringsalternativ

Här redovisas kortfattat slutsatserna ur utredningen som utförts inom ramen för förstudien "alternativ avloppslösning i Skoby" 1993-10-20.

Hela området bör betraktas som en gemensam föroreningskälla där den samlade effekten av utsläpp skall bedömas. Detta synsätt kan accepteras för gödande eller på annat sätt miljöstörande ämnen, men knappast för ämnen som påverkar människors hälsa. Konsekvensen blir att alla hushåll måste ha behandling av spillvattnet med avseende på smittämnen.

En sanering enligt alternativ A kan medge en succesiv sanering med små ingrepp i landskapet men i gengäld relativt stora ingrepp i hus och tomtmark. Åtgärderna innebär utbyte av toalettstolar, komplettering av avloppsstammar, anläggning av uppsamlingslager för urinlösning eller svartvatten samt byggnation av lokala behandlingssystem eller anslutning till ett centralt system. Tekniskt sett är dessa åtgärder möjliga och på basis av nuvarande teknik och erfarenhet kan kostnaden beräknas till 35 000-40 000 kr per lägenhet (Magnusson pers. medd. 1993). Kostnaden är baserad på utredning av BPA och WM-ekologen.

För att möta kravet på reduktion och återvinning av växtnäringsämnen enligt kravspecifikation, se avsnitt 6, krävs att mer än hälften av hushållen byggs om till källseparerande system.

I jämförelse med övriga alternativ bedömdes de praktiska och juridiska konsekvenserna samt de ekonomiska uppoffringarna alltför stora för att

motivera en närmare utredning av att sanera området med källseparerande system.

Övriga förslag som studerats innebär att spillvatten samlas och leds till en gemensam punkt med självfallsledning. Vissa hus som ligger avsides eller topografiskt otillgängliga undantas den gemensamma spillvattenhanteringen. Möjligheter och kostnader för detta har utretts av tekniska kontoret i Östhammars kommun och uppskattas till sammanlagt 1 250 000 kr. Denna kostnad ligger utanför kostnaderna som redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Kostnads- och effektivitetsjämförelse mellan möjliga alternativ för avloppsbehandling i Skoby-Jönninge med 280 personer.

	Lagring o. bevattning i Salix	Markbädd/ bevattning i Salix	Mini-reningsverk	Överledning till Alunda reningsverk
Reduktion				
P	>95%	>90%	<90%	c:a 90%
N	>95%	50-70%	c:a 20%	c:a 25%
BOD*	>95%	c.a 90%	c:a 90%	c:a 90%
Tot col**	mycket hög	hög	låg	låg
Utsläpp (per person+år)				
P	<0,05 kg	c:a 0,1 kg	c:a 0,1 kg	c:a 0,1kg
N	<0,5 kg	1,5-2,5 kg	c:a 4 kg	c:a 4 kg
Återvinning				
P	c:a 75%	c:a 90%	0-90%	0-85%
N	c:a 75%	>50%	0-10%	0-10%
K	>75%	c:a 50%	0-10%	0-10%
Investering totalt (exklusive uppsamling och framledning).	475 000 kr	500 000 kr	800 000 kr	3 150 000 kr

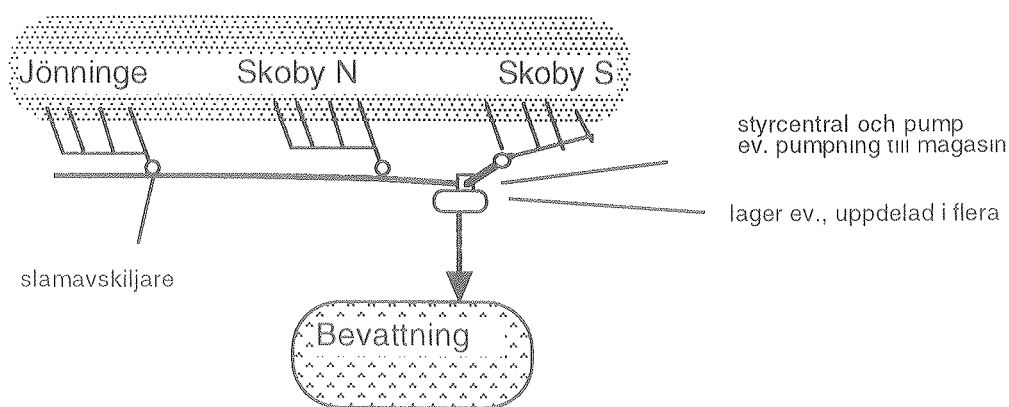
* Syreförbrukande ämnen

**Tot-col= totalmängd coliforma bakterier

Metoden bygger på att allt spillvatten från hushållen lagras under vintern i en damm för att sedan spridas till en växande gröda under sommarhalvåret. I dagsläget finns inte acceptans hos böndernas ekonomiska föreningar för att bevattna annan gröda än energigröda. I utredningen har vi valt att studera energiskog, Salix, då den har en lokal marknad.

Uppsamling av spillvatten

Tekniska kontoret har genomfört mätningar i befintligt avlopp i Skoby södra samt föreslagit dragning av uppsamlingsnät för Skoby norra. Uppsamling och bortledning till gemensam ledning kan ske med självfall från alla fastigheter i Skoby. Troligen kan en gemensam ledning från Jönninge och Skoby dras i åkerkanten nedanför samhället och med självfall leda spillvattnet till en punkt 1-2 m ovanför Olandsåns högsta högvattennivå. Därifrån får spillvattnet pumpas upp till lagret, se figur 8.



Figur 8. Principskiss över Jönninge, Skoby norra (N) och Skoby södra (S) med uppsamling och vinterlagring av spillvatten samt bevattning sommartid.

Mängder och typ av spillvatten.

Mängden spillvatten bestämmer storlek på lager och pumpkapacitet. Så lite ovidkommande vatten som möjligt skall blandas in i det spillvatten som behandlas. Mängden spillvatten bedöms vara lägre än i svenska normalhushåll, eftersom hushållen i Skoby/Jönninge hämtar sitt vatten ur egna brunnar som har begränsad kapacitet. Vid bygglov kan kommunen kräva vattensnål teknik i duschar, disk- och tvättmaskiner.

Skoby-Jönninge ligger inom pendelavstånd från Uppsala och en viss expansion av bebyggelsen förutses av kommunen. Följande dimensionerande faktorer används:

Q (dim) = 250 l/person och dygn (inklusive inläckage i befintliga och nya ledningar).

	Skoby norra	Skoby södra	Jönninge
Antal personer idag:	c:a 80 st	c:a 45 st	c:a 80 st
Dimensionerande personekvivalenter (pe):	110 st	60 st	110 st
Dimensionerande belastning (Q dim):	27 m ³ /dygn	15 m ³ /dygn	27 m ³ /dygn

Lager

Salix kan normalt bevattnas minst 5 månader om året, varför lagringskapacitet krävs för 7 månaders spillvattenproduktion. Sammanlagd lagervolym uppgår till:

	Skoby norra	Skoby södra	Jönninge	Totalt
7 månaders lagring:	5 670 m ³	3 150 m ³	5 670 m ³	14 500 m ³

Till detta kommer tillägg för den nederbörd som faller på magasinet. Mängden beräknas ur funktionen:

$$\text{Regntillskott (m}^3\text{)} = \frac{\text{yta(m}^2\text{)} \times \text{nederbörd-avdunstning (mm)}}{1000}$$

Magasinet byggs 3 m djupt. Inläckage av grundvatten hindras genom att bygga magasinet tätt eller ovan grundvattennivå. Med en månatlig nederbörd på 40 mm blir regntillskottet vid 7 månaders lagring ca 1 350 kubikmeter.

Lagret anläggs på lermark med uppgrävda jordmassor som vallar. Lägsta vattennivån skall ligga över omgivningens högsta grundvattenyta för att förhindra inläckage. Lagret bör delas upp i flera seriellt eller parallellt koplade magasin, så att långa lagringstider för reduktion av smittämnen kan åstadkommas. Möjligheter att avlägsna sediment skall finnas. Med tanke på risk för lukt och smittspridning samt för att minska kväveförluster skall lagret hållas skuggat genom att läplanteringar anläggs.

Bevattningsgiva

Från hela bebyggelsen (Skoby norra, Skoby södra och Jönninge) beräknas spillvattenmängden uppgå till ca 26 000 kubikmeter per år. Mängden näring som kan levereras till den bevattnade grödan är mer svårberäknad. Under de första åren kan fastläggningen av fosfor i magasinet vara omfattande. Kväveförlusterna kan bli stora om vattnet exponeras för mycket ljus och värme så att växtplankton och bakterier stimuleras. Mätningar gjorda i lagringsbassängerna på Gotland antyder att upp till 70% av kvävet försvinner vid 5 mån lagring (Tingström, pers. medd. 1993). Vi uppskattar att näringsförlusterna genom de åtgärder som beskrivits ovan kan begränsas till 25%. Mängden näring att vattna ut blir sammanlagt för Skoby och Jönninge:

$$\begin{aligned} P &= 280 \text{ personer} \times 0,8 \text{ kg/person} \times 0,75 \text{ (förluster till slam och sediment)} = 168\text{kg} \\ N &= 280 \text{ personer} \times 5,4 \text{ kg/person} \times 0,75 \text{ (förluster till slam och luft)} = 1134\text{kg} \\ K &= 280 \text{ personer} \times 1,1 \text{ kg/person (ej förluster vid lagring)} = 308\text{kg} \end{aligned}$$

Viktrelationen NPK blir 100/14,5/27 att jämföra med viktrelationen NPK i Salix (vinterskördad) som är 100/14/72 (Eriksson 1992).

Energiskog kan bevattnas optimalt efter växtens vatten- och näringsbehov. Med utgångspunkt från en fosforgiva på 11 kg per hektar och år erhålls en kvävegiva på 80 kg per hektar och år, vilket motsvarar gödselbehovet för en avkastning på 12 ton torrsubbstans per hektar och år (Perttu pers. medd. 1993). Då räcker den samlade mängden avloppsvatten från Skoby och Jönninge till ungefär 14 hektar energiskog. Bevattningsgivan blir drygt 200 mm vilket täcker normalt vattenunderskott under sommarmånaderna.

Teknik för bevattning

Både fast och mobilt bevattningssystem kan användas. I båda fallen sker bevattningen under lågt tryck. Ett fast system kan fördela ut vatten med hjälp av diken eller i fördelningslangar med hål eller spegelspridare, så kallad täckbevattning. Ett mobilt system utgörs i detta fall av en vandrande bevattningsmaskin med förhöjd ramp med släpslangar. Det markområde som är aktuellt för bevattning är flackt och består av tät lera som överlagras av ett relativt tunt lager högförmultnad kärrtorv. Möjligheten finns därför att brädda ut vatten genom att pulsvis bevattna området eller sektioner av det. Kravet på jämnhet är i energiskog inte så stort eftersom träden har ett utbrett rotsystem.

Investeringsbehovet för ett fast och mobilt system är ungefär lika stort i detta fall, 250 000-300 000 kr. Kostnadsberäkningen är gjord på ett täckbevattningssystem, RMV, respektive vandrande bevattningsmaskin med förhöjd ramp och en kapacitet på 30 kubikmeter per timme. Ett fast system har fördelen att det fodrar liten tillsyn. Ett mobilt system fodrar däremot daglig tillsyn eftersom maskinen måste flyttas 1-3 gånger per dygn. Fördelen är flexibiliteten. En bevattningsmaskin med kapacitet för 30 kubikmeter per timme behöver köras 40 dygn för att sprida den aktuella spillvattenmängden. Det gör att samma maskin kan utnyttjas för annan bevattning resten av tiden, tex för att sprida våtslam eller avloppsvatten från reningsverk (se avsnitt 3.6). Om sådana samordningsfördelar kan göras är ett mobilt system att föredra.

Miljö-och hälsoskydd

Eftersom det föreslagna systemet skapar en nära nog sluten hydrologisk cykel är reduktionen av ingående föroreningar i spillvattnet nästan 100%. Graden av näringsåtervinning är svår att uppskatta eftersom omfattning och möjligheterna att reducera fosforfastläggning och kväveavgång är vanskelig att bedöma i förväg. Med stöd av erfarenheter bla från Gotland (se ovan) och erfarenheter från K-konsults studier av näringreduktion i öppna diken (Gumbricht 1991) uppgår sannolikt potentialen för återvinning till högst 75%.

4. 4. Diskussion

Förstudien har visat på ett exempel där bevattning med spillvatten är en tekniskt, biologiskt och ekonomiskt god lösning på avloppsfrågan i ett mindre samhälle. Osäkerheterna handlar om att tekniken känns ny och oprövad och hur man skall ställa sig i smittskyddsfrågan. Riktlinjer och normer saknas vad gäller lagringstider, spridningsteknik, karenstider mellan bevattning och skörd i relation till olika grödor.

Val av gröda är bestämmande för många planeringsförutsättningar. Den bevattnade grödan måste ha en marknad och vara anpassad till jordbrukets och brukarens olika förutsättningar. Det måste vara acceptabelt ur estetisk- och ur smittskyddssynpunkt att bevattna grödan med avloppsvatten. Det är i dagens läge inte självklart att spillvatten från hushåll kan spridas på gröda för djur- eller humankonsumtion. Lantbrukarnas riksförbund (LRF) ser ogärna att slam från hushåll används på åkermark där livsmedel odlas.

En annan aspekt att ta hänsyn till är grödans vatten- och näringsbehov. En vanlig åkergröda som raps eller fodersäd har en kort bevattningssäsong (ca 2-3 månader) och behöver normalt inte mer än 60 mm utöver normal nederbörd (Perttu, pers. medd. 1993). Om så små mängder avloppsvatten tillförs, räcker inte det för grödans näringsbehov. Dessutom behövs stora arealer för att sprida ut hela vattenmängden.

Salix och rörflen är i jämförelse med andra åkergrödor mycket vattentoleranta, varför sådana odlingar kan tillföras mycket vatten utsträckt under en lång tid så att hela näringsbehovet tillfredställs. Med Salix och rörflen som odlas för energi- eller fiberråvara kan också mycket av smittproblematiken och osäkerheten kring konsumentens attityder lösas. I Östhammar saknas goda avsättningsmöjligheter för energigräs medan flisad Salix har en relativt god lokal marknad (Larsson, K. pers. medd. 1993).

Mot den beskrivna bakgrunden föreslås Salix. Bevattning på annan gröda såsom fodersäd under våren är önskvärd men behovet är relativt litet och nyckfullt, varför en sådan gröda inte kan ligga till grund för anläggning och drift. Om bevattning av energiskogen görs med mobil spridningsteknik skapas däremot möjligheter att bevattna vanliga grödor om kortvariga och speciella behov uppkommer.

Spridning av avloppsvattnet skall göras under lågt tryck med applicering på eller nära marken. Spridningssätt tillsammans med förbehandling och det faktum att bevattningen sker på åkermark som ej är allemansrättslig, bör ge ett tillförlitligt smittskydd även invid tätbebyggt område. Dammen bör inhägnas samt omgärdas av träd och buskar för att minska lukt, ammoniakavgång och risk för smittspridning. Kväveförlusterna stimuleras av undervattensväxter. Därför bör flytande vattenväxter etableras i dammen som skuggar undervattensvegetationen. Dammen bör också hållas fri från fisk och änder då dessa djur genom sin predation på zooplankton och väst-ätande smådjur gynnar uppkomst av mikroalger.

Kostnadsbilden för det föreslagna systemet är gynnsam i jämförelse med konventionella lösningar. Förutom anläggning av uppsamlingssystemet är lagringsdammen en av de större kostnaderna. I kalkylen har vi räknat med en kostnad om 10 kr per kubikmeter lagervolym. Lagringsdammen i Österäng som byggts på liknande mark och med samma lagerkapacitet kostade mindre än 6 kr per kubikmeter att bygga (Larsson, R. pers. medd. 1994).

Den årliga avkastningen från energiskogen beräknas till drygt 168 ton torrsubstans, ts, vilket med ett pris på 500 kr per ton ts levererad till värmeverket, ger en intäkt på 84 000 kr, eller 1 400 kr per hushåll.

Ambitionen i projektet är att tillsammans med kommunen utreda ytterligare detaljer, främst juridiska och ekonomiska, i den föreslagna principlösningen som underlag för beslut om projektering och genomförande.

5. BEVATTNING MED VÅTSLAM OCH AVLOPPSVATTEN I ALUNDA.

5. 1. Bakgrund

För att underlätta lagring och transport avvattnas slam normalt i våra avloppsreningsverk. Oavttat slam, våtslam, som samlas från verkens mekaniska, biologiska eller kemiska steg, har normalt en torrsubstanshalt på ca 1-3% och avvattnas med centrifug, filter eller bandpressar till en torrsubstanshalt på 20-30%. Nackdelen med att avvattna slam är att vattenlöslig näring, som kväve och kalium och kolloidal fosfor, förloras från slammet. I Alunda, som i de flesta reningsverk, återförs denna näring med rejektvatten till inkommande spillvatten. En annan nackdel är att det avvattnade slammet får en konsistens som gör det svårt att sprida med modern spridningsutrustning, tex med släpslangsteknik.

Genom att ta ut våtslam istället för avvattnat slam erhålls ett gödselmedel som är lättare att sprida och där andelen kväve, fosfor och kalium bättre motsvarar grödans behov. I Eslövs kommun har olika spridningstekniker testats för våtslam i olika odlingsförsök (Andersson 1990). Intresset har varit stort hos bönderna. Försöken har också varit positiva då de visar vägen till ett billigt sätt att uppfylla kraven på kvävereduktion i verket (Svensson pers. medd. 1993).

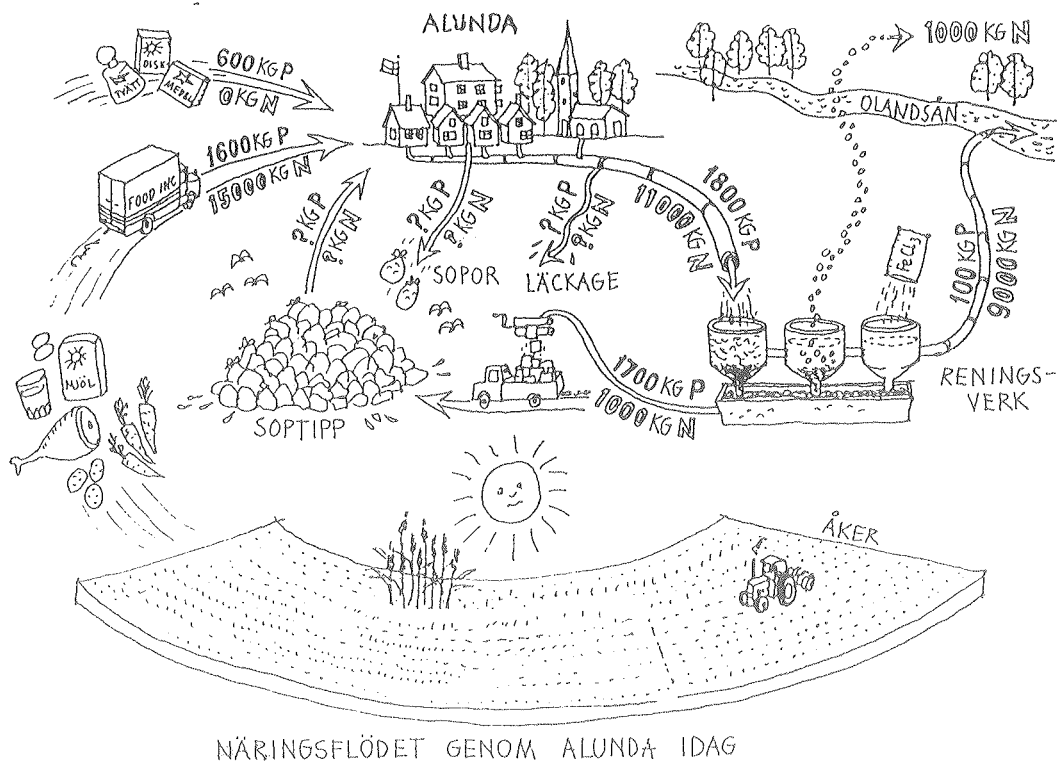
Jordbrukstekniska institutet (JTI) i Uppsala, som undersökt alternativa möjligheter att använda slam i Uppsala kommun, drar slutsatsen att med dagens prisrelationer kan våtslamshantering ekonomiskt enbart motiveras om tillgång till avsättningsmark finns mycket nära reningsverket (Dalemo & Lindberg 1992).

5. 2. Alunda

Alunda är en medelstor tätort med 2 200 invånare i en utpräglad jordbruksbygd. Tätortens spillvatten släpps efter mekanisk, biologisk och kemisk rening ut i Olandsån som rinner tvärs igenom kommunen. Idag körs slammet till tipp för produktion av anläggningsjord som används bla. i stadens parker. Möjligheten att istället lagra och använda våtslammet för spridning i växande gröda på åkermarker som ligger strax intill verket har undersökts.

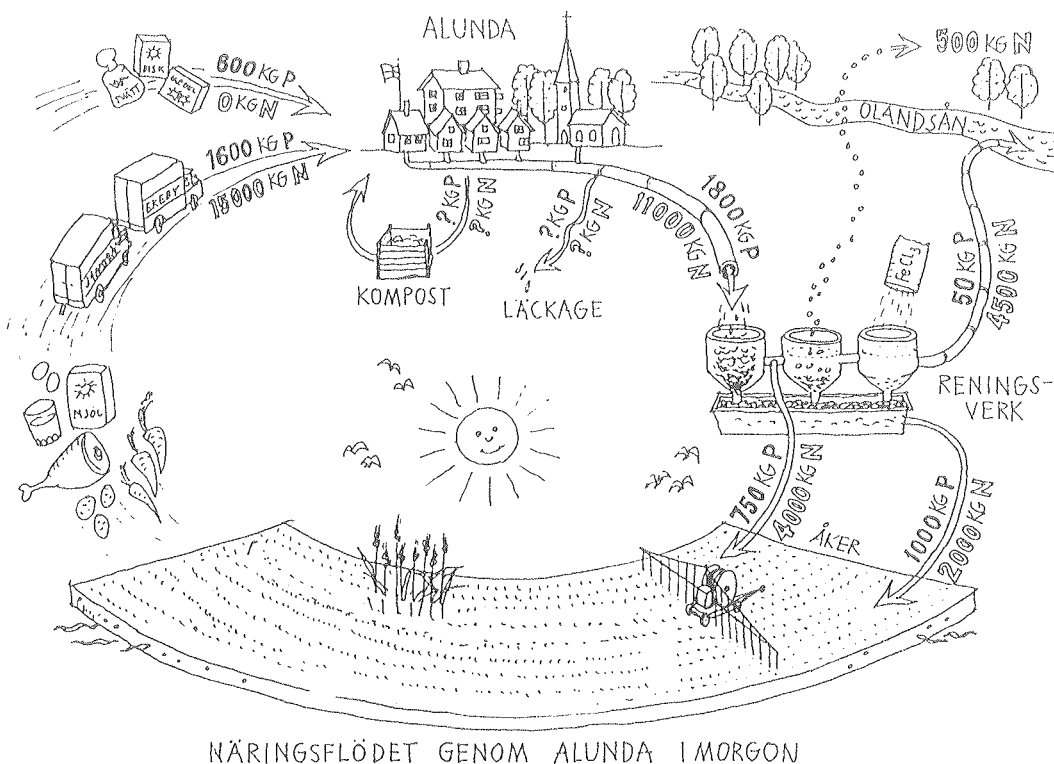
Nuvarande näringsflöden och potentialen att med bevattning kretsloppsanpassa samhället visas i figurerna 9 och 10.

Slammets innehåll av tungmetaller är registrerad genom kommunens slamkontroll som pågått sedan 1990. Halterna av samtliga tungmetaller utom koppar ligger under SNVs riktvärden för 1991 och 1995. Koppar tangerar riktvärdena men är samtidigt ett bristämne för växtproduktionen på de åkermarker som omger Olandsån (Eriksson pers. medd. 1994). Kadmiumhalten i slammet ligger i nivå med stallgödsel och är väsentligt lägre än i konstgödsel och normalt slam från reningsverk, se figur 11.



NÄRINGSFLÖDET GENOM ALUNDA IDAG

Figur 9. Näringsflödet i Alunda samhälle idag är linjärt, dvs inget återvinns.



NÄRINGSFLÖDET GENOM ALUNDA I MORGON

Figur 10. Med bevattning med våtslam och avloppsvatten kan samhället uppnå god kretsloppsanpassning och 50% kvävereduktion.

Cd (mg/kg fosfor)

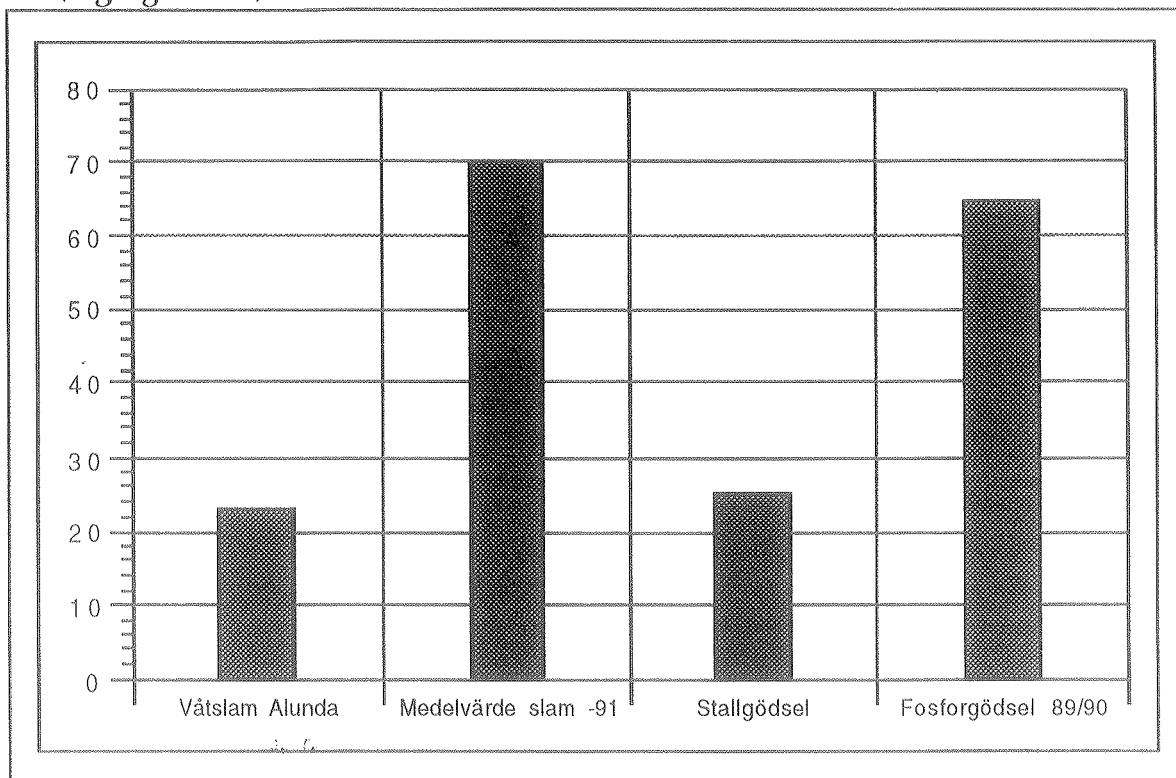
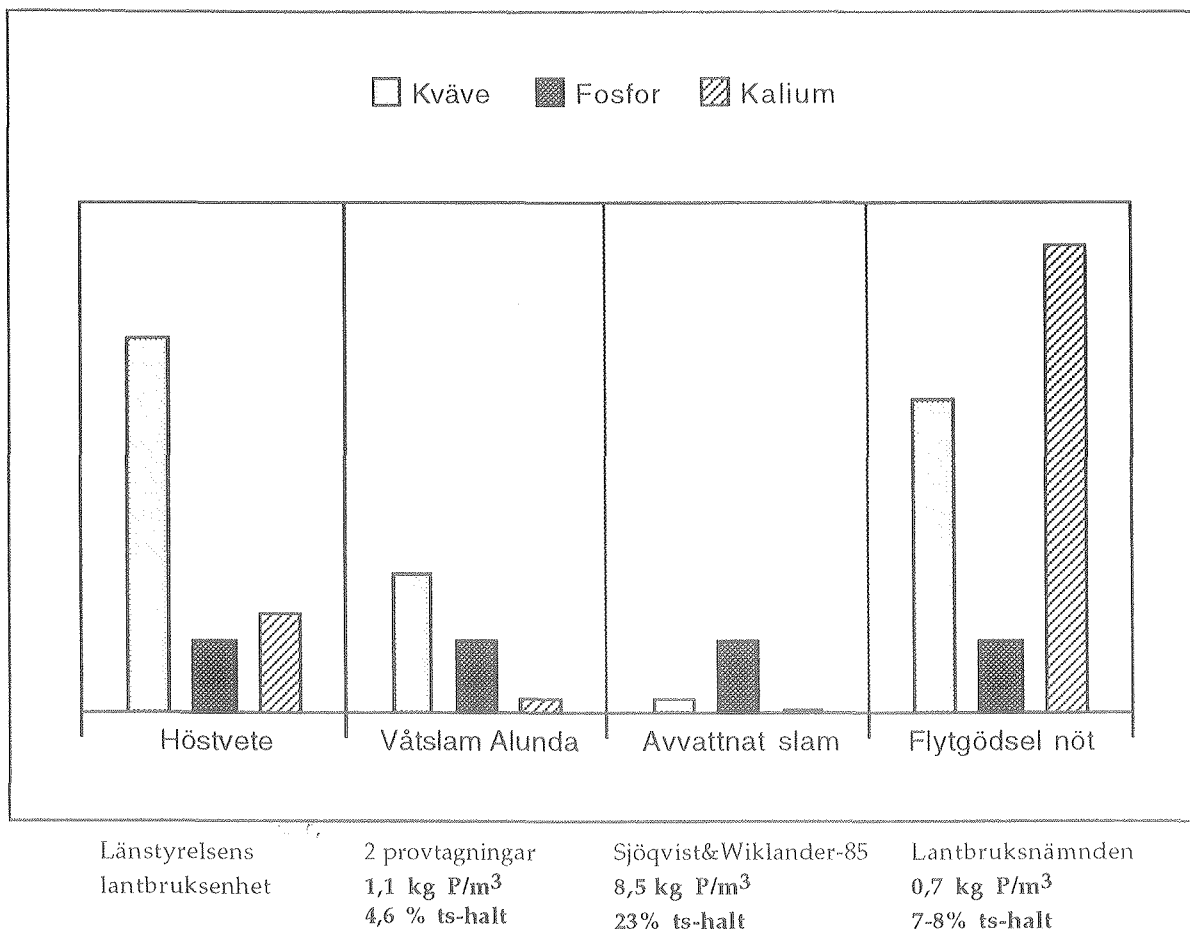


Fig 11. Kadmiumhalter i slam från Alunda reningsverk (10 provtagningar 1992-1993) i jämförelse med normalt slam från reningsverk (Pettersson 1992) samt stallgödsel och handelsgödsel (SNV 1990). Kadmiumhalten i handelsgödsel varierar från något milligram per kg fosfor upp till många hundra milligram. Norsk Hydro uppger för 1991 ett medelvärde på 170 mg per kg fosfor (Dalemo och Lindberg 1992).

För att undersöka våtslammets näringsvärde togs 2 prover i samband med ett slamspridningsförsök. Proverna indikerade ett våt slam med hög torrsubstanshalt och ett relativt välbalanserat näringsinnehåll, se figur 12.

Ett fältförsök genomfördes också för att demonstrera gödseffekten av våt slam jämfört med flytgödsel från nöt. Försöket lades ut på lerjord med höstvetete. Slam spreds med släpslang i två omgångar under april och maj månad. Fältet delades upp i tre rutor, 12 m breda, rampbredd, och 260 m långa. En ruta fick slam och den andra rutan stallgödsel med mängder anpassade efter höstvetetets kvävebehov, vilket motsvarade 30 ton slam per hektar. Den tredje rutan fick ungefär dubbelt så mycket slam (50 ton per hektar). Störst tillväxt erhöles med 50 ton våt slam per hektar. Skillnaden tolkades främst som en effekt av att den högre bevattningsgivan gav bättre frostskydd.



Figur 12. Innehåll av kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) samt torrsubstanshalt (ts) i våt slam från Alunda jämfört med avvattnat slam och flytgödsel samt i relation till odlad gröda.

Skörden från gödsling med 50 ton våt slam analyserades med avseende på kväve, fosfor och kadmium. Som framgår av tabell 6 resulterade en dubbel slamgiva i en anrikning av både fosfor och kadmium i marken.

Tabell 6. Tillförsel och bortförsel av kväve, fosfor och kadmium per hektar ifrån mark som gödslats med 50 ton slam per hektar

	ton	ton ts	kg tot-N	kg tot-P	ug Cd
Tillförsel (slam)	50	2,3	105	55	1,26
Bortförsel (vetekärna)	5,80	4,68	92	17	0,43

Fältförsöket och bevattning med våt slam/avloppsvatten visades för berörda markägare, jordbrukare och kommunrepresentanter under en fältdag i juni. Bevattningen utfördes med traktordragen tunna med släpslangspridare och GEIS vandrande bevattningsmaskin.

5. 3. Diskussion

Förstudien visar ett enkelt sätt att uppnå en god cirkulation av tätortens näringsflöde tillbaka till jordbruket genom bevattning med våtslam och avloppsvatten. Spridning av våtslam och fyra till fem månaders avloppsbevattning innebär att mer än 90% fosfor och mer än 50% kväve återvinns. På många ställen bör bevattning med våtslam/avloppsvatten vara ett intressant alternativ till konventionell utbyggnad av reningsverk enbart för att uppnå kravet på 50-procentig kvävereduktion.

Årsproduktionen av våtslam i Alunda är 2000 kubikmeter. Inom jordbruket krävs idag 7-8 månaders lagringskapacitet för stallgödsel. Ett sådant lager kan enkelt anordnas i omedelbar närhet av verket. Avsättning av slam och 4-5 månaders spillvattenproduktion kräver 100 hektar spridningsmark vilket finns tillgängligt intill verket. Berörd markägare ser bevattningen som en tillgång under förutsättning att kommunen kan lämna garanti för att slam och avloppsvatten är av så god kvalitet att myndigheterna och de ekonomiska organisationerna som köper jordbruksprodukter accepterar förfarandet.

Preliminära undersökningar av slamkvaliteten som gjorts inom förstudien visar att slam och avloppsvattnet håller god kvalitet. Resultatet visar att gödning med slam från Alunda tillför mindre mängder kadmium per kg fosfor än om vanlig konstgödsel fosfor används.

Ambitionen i det fortsatta projektarbetet är att arbeta fram en principlösning som redovisar teknik, ekonomi och konsekvenser ur miljö- och hälsoskyddssynpunkt av en tillämpning av bevattningsteknik för omhändertagande av slam och avloppsvatten från Alunda.

6. KRAV PÅ AVLOPPSLÖSNINGAR

6. 1. Bakgrund

Synen på hur latrin och avloppsvatten bör hanteras har ändrats under historiens lopp. I det agrara samhället söktes lösningar där toalettavfallet återfördes till jorden. De första renhållningsverken, som under 1900-talet byggdes upp i städer som Göteborg och Stockholm hade förutom renhållning uppgiften att tillverka gödselsopor av latrin och andra organiska restprodukter till jordbruk och trädgårdar utanför städerna (Tiberg & Grundelius 1991). Dagens lagstiftning avspeglar den sentida industrialiserade synen på latrin och avloppsvatten då toalettavfallet gjordes miljöfarligt och renhållningens uppgift blev koncentrerad på kvittblivning. Genom VA-lagstiftningen skapades ett effektivt redskap att organisera och bygga kollektiva avloppssystem. Med miljöskyddslagen gavs styrmedel för reningsåtgärder. Lagen kräver längre gående rening än slamavskiljning vilket utgör grunden för dagens kravregler om reduktion av fosfor och syrekrävande ämnen.

Den moderna och vidgade synen på spillvattenrening förutsätter att lagstiftningen och dess tillämpning omprövas så att krav införs på återvinning.

Det är varken teoretiskt eller praktiskt möjligt att skapa helt slutna kretslopp för alla ämnen i livsmedel och avlopp. Många ämnen har ett naturligt luftburet kretslopp som gör att bortodling kan kompenseras genom biologisk fixering, till exempel kol, kväve, syre och väte. För andra ämnen saknas naturliga processer för recirkulering. Dessa måste aktivt transporteras tillbaka till odlingsmarken om ett kretslopp skall uppnås. Fosfor är ett sådant ämne som lätt utarmas ur jordarna med grödan. Med dagens sätt att driva jordbruk kompenseras bortförd fosfor med konstgödsel som hämtas från gruvor. Livsmedlen transporteras till samhället som släpper ut fosfor i mark och vatten eller deponerar det oåtkomligt för jordbruket. Ett sådant agrosamhällssystem är inte uthålligt eftersom fosfor är en ändlig resurs som snabbt håller på att uttömmas både i lagrade och fonderade resurser (SOU 1994).

Att recirkulera fosfor är nödvändigt också för att skapa ett rent jordbruk. Idag svarar konstgödsel fosfor för mer än hälften av tillförseln av kadmium och krom till åkermarken (Andersson 1991). En uthållig rening av spillvatten kräver också att fosfor recirkuleras eftersom deponerad fosfor så småningom läcker ut i vattendragen.

Övriga mineralämnen i spillvattnet såsom kalium, magnesium, kalcium och koppar är önskvärda och på längre sikt nödvändiga att återvinna. Förråden av dessa ämnen kan i Sveriges jordar vara stora, men lokala variationer förekommer. Kväve, svavel och kol i form av organiskt material är värdefulla återvinningsprodukter i toalettavfallet, men dessa ämnen kan också återcirkulera i luftburna naturliga kretslopp.

6. 2. Kravspecifikation

Ambitionen att skapa goda kretsloppssystem öppnar en risk för att andra viktiga krav på avloppslösningar förringas eller försummas. Ett modernt system för behandling av spillvatten bör uppnå högt ställda krav på:

1. Hygien och smittskydd
2. Recipientskydd
3. Möjligheter att återvinna näringsämnen

Dessutom skall systemet vara funktionssäkert och anpassat till användare och deras boendemiljö. Det är också viktigt att systemet är resurssnålt så att reningsinsatserna inte skapar andra miljöproblem. Det innebär att systemen ska byggas och drivas utan stora insatser av lagrade resurser.

För att allmänna krav på avloppsbehandling skall kunna bli praktiskt användbara och juridiskt och ekonomiskt hållbara måste de preciseras. Den kravpraxis som används idag är bristfällig, både vad gäller tydlighet och relevans till hälsoskydd, recipientskydd och rättsäkerhet. Vi har därför formulerat ett förslag till kravspecifikation som är tänkt att gälla för sanering av avlopp och för nybyggnation av avlopp.

Kravspecifikationen utgår från följande ansatser:

- den skall vara relevant ur hälsoskydd- och miljöskyddssynpunkt.
- den skall ange vad som skall uppnås, inte den teknik som skall användas.
- den skall stödja sig på vad som är bestämt i lag samt i politiska beslut.
- den skall utgå från vad som är ekonomiskt rimligt.
- den skall vara möjlig att kontrollera.

I tabell 7 jämförs föreslagen kravspecifikation med den praxis som är bruklig i dag (SNV 1991). Den föreslagna kravspecifikationen anger samma krav på *reduktion* av syrekrävande ämnen och fosfor men kräver även reduktion av kväve. Detta är förenligt med Helsingforskonventionen och riksdagens aktionsplan mot havsföroreningar (SOU 1991) samt Östhammars kommuns egna miljömål som innebär att kommunens bidrag till Östersjön av kväve och fosfor skall halveras.

Den föreslagna kravspecifikationen anger också *utsläppens maximala storlek* av vissa ämnen. För fosfor och kväve anges maximala utsläpp till recipienten per person och år. Det senare motiveras av att fosfor och kväve har en långtidsverkande effekt på recipienten. När det gäller smittämnen (virus och bakterier samt inälvsmaskar) villkoras halter eftersom det är förekomst och halt som påverkar smittoriskerna. Av mättekniska skäl kan kraven endast preciseras för koliforma bakterier vilka normalt används som indikatororganismer för smittämnen. Det gränsvärde som anges motsvarar svenska kvalitetskrav för badvatten och ansluter till WHO,s riktlinjer för bevattning av livsmedelsgrödor (Mara 1989).

Nytt i den föreslagna kravspecifikationen är kraven på återvinning. Här anges hur stor andel av tillförd växtnäring till avloppet som skall återföras till odlingsmark. Till fosfor och kväve har lagts kalium för att betona nyttan av att återvinna alla näringsämnen som växten behöver.

Tabell 7. Förslag till kravspecifikation för sanering och nybyggnation av avlopp

	Krav enligt Kretsloppsverkets förslag	Krav enligt SNV praxis för tätbebyggelse (25- 500 personer)
Reduktion		
P	>90 %	90%
N	>50 %	-
BOD*	90 %	90%
Utsläpp		
P	< 0,1 kg/pers år	-
N	< 2,5 kg/pers år	-
tot-Col**	2×10^3 /100 ml	-
Återvinning		
P	>70 %	önskvärt
N	>50 %	önskvärt
K	>50 %	-

* Syreförbrukande ämnen.

** Totala antalet colifoma bakterier.

6.3. Diskussion

Vi tror att den föreslagna kravspecifikationen är ett effektivt instrument för att översätta lag och politiska ambitioner till konkreta spelregler för aktörer. Våra erfarenheter tyder på att den kan användas som norm för alla typer av nybebyggelse och sanering. Den är dessutom till stor hjälp för att konsekvensbeskriva olika typer av avloppslösningar, vilket framgår av systemlösningarna som arbetats fram i förstudien.

Kravspecifikationen vill betona resultatet i stället för tekniken. Vi anser att det är fel att kommuner och statliga myndigheter binder upp tillståndsgivning till speciella tekniker. Idag sker detta när kommuner tex förbjuder WC eller kräver urinseparering i all nybebyggelse. Också de krav som myndigheter ställer på miljökontroll (mätning i in- och utlopp) premierar vissa tekniklösningar framför andra. Myndighetens uppgift bör vara att se till resultatet i form av hälsoskydd, recipientskydd och återvinning av näring. Den sakkunniges uppgift är att finna ut bästa och billigaste sätt att uppfylla och garantera att resultatet uppnås utifrån förutsättningar på varje plats.

Kravet på kretsloppsanpassade avloppslösningar kräver en ny form av miljökontroll. Eftersom kretslopp för näringsämnen innebär att en näringsrik restprodukt skall spridas ut på odlingsmark faller möjligheten att kontrollera ett definierat inlopp och ett definierat utlopp, vilket idag alltid krävs för större anläggningar. Vi kan tänka oss att kontrollen i framtiden kommer att bygga på flödesberäkningar för näringsämnen i kombination med kravregler för hantering av organiska restprodukter för att avvärja smittorisker. För miljöövervakning och kontroll av reningsfunktion kan mätningar av vissa ämnen behövas i kritiska punkter, t ex av klorid, nitrat eller fekala bakterier i grundvatten. I övrigt bör kontrollen byggas på empiriskt framtagna siffror. Kontrollen av kretsloppssystem torde därför varken behöva vara mer komplicerad eller mer kostsam än den nuvarande.

7. STUDIECIRKEL

7. 1. Bakgrund

En bärande tanke i projektet har varit att kunskap och intresse för kretsloppsfrågorna måste byggas upp från "tjänsteman/praktikernivån" för att projektets syften skall kunna uppnås. Därför har inom ramen för förstudien en studiecirkel bedrivits, dels för personerna i projektgruppen, men också för andra strategiska personer bland kommunens tjänstemän, lantbrukare och entreprenörer.

Ambitionen var att lägga grunden för en dialog där vi lär känna varandras utgångspunkter och kompetenser.

I en enkät som skickades ut efter avslutad cirkel med 6 träffar uppgav alla 14 deltagare att de erhållit större intresse och förståelse för frågorna. De flesta ansåg att det var mycket viktigt att utveckla bättre kretsloppssystem för avloppshantering. De flesta ansåg även att kretsloppsfrågorna var viktiga i sitt yrkesutövande och att ett viktigt hinder mot utveckling av kretsloppssystem i Sverige var oförmågan eller oviljan att ändra invanda mönster.

7. 2. Diskussion

Den studieplan som arbetades fram gemensamt i projektets början visade sig snart omöjlig att följa. Träffarna kom istället att mycket handla om själva problembilden. Vilka problem ska vi lösa, och hur allvarliga är de? Återkommande i diskussionen var frågor om risker och attityder. Cirkeln blev en möjlighet att ventilerat uppfattningar och synsätt. Värdefullt för det fortsatta arbetet är att cirkeln ökat öppenheten mellan tjänstemän på de olika förvaltningarna och mellan tjänstemän och jordbrukare. En hel del av invanda roller och uppfattningar har därmed kunnat läggas åt sidan.

REFERENSER

Litteratur

- Andersson, A. 1991. Trace elements in agricultural soils. Fluxes, balances, and background values. Naturvårdsverkets rapport 4077.
- Andersson, P.-G. 1991. Försök med våtslam från reningsverket i Eslöv, 1990. Malmöhus läns hushållningssällskap. (stencilerad rapport.)
- Andersson, R. 1992. Slam från enskilda avlopp - hot eller resurs i ekologiskt lantbruk. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst f växtodlingslära, examensarbete. Uppsala.
- Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring, hushållning och miljö. Speciella skrifter 41. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Databok. 1989. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Dalemo & Lindberg, 1992. Alternativ slamanvändning. Jordbrukstekniska institutet, rapport 147, Uppsala.
- Diedrich, H. 1992. Slam och aska i energiodlingar - en litteraturstudie, Bioenergi, Vattenfall, Ub 1992/12.
- Eriksson, T. 1992. Växters mineralnäringsbehov: balans-obilans. rapport från seminariet den 14 nov. 1991: Energiskog som vegetationsfilter för slam, avloppsvatten, lakvatten och aska. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. f ekologi och miljövård, rapport nr 46, Uppsala.
- Fagerberg, B. Jonsson, S. Torssell, B. Steineck, S. & Salomon, E. 1992. Resultat och analys av konventionell och ekologisk produktion vid Öjebyn under åren 1990-91 och 1991-92. Röbbäcksdalen meddelar, nr 2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Folkesdotter, K. & Nilsson, J. 1994. Fosforflödet i våra händer. SIB TN:38 Gotlands kommun, 1991. Bevattnings med avloppsvatten enligt Gotlandsmodellen. (stencilerad rapport.)
- Granstedt, A. & Westerberg, A. 1992. Växtnäringsflöden i kg per ha och år i samhällsagroecosystemet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala
- Gumbricht, T. 1991. Nutrient reduction using macrophyte systems in temperate climate. inst för mark- och vattenresurser, KTH-Sthlm, lic. avhandling. Hushållningssällskapet, 1993. Uppsala.
- Jenssen, P. Krogstad, T. Briseid, E. & Norgaard, E. 1991. Testing of reactive filter media (LECA) for use in agricultural drainage systems. Paper presented in Ås-NLH, 1-4 juli 1991.
- Johansson, S. 1993. Markbäddars reningsförmåga beroende av ålder - En fältstudie av fyra markbäddar i Enköpings kommun. Sveriges Lantbruksuniversitet, inst. f. markvetenskap, examensarbete, Uppsala.
- Larsson, R. 1994. Bevattnings i Österäng. stencilerad rapport, Jordbruksverket. LSFS, 1988:44, Naturvårdsverkets allmänna råd 89:6. Allmänna förlaget, Stockholm.
- Länstyrelsens landsbygdsenhet, 1993. Statistik angående näringsinnehåll i jordbrukets odlingsprodukter och restprodukter.
- Mara, 1989. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture - measures for public health protection, WHO:1989.
- Mulant, H. & Somorowski, Z. 1992. Wastewater application effects of sandy soil irrigation in Ner River valley, In Ecological engineering-examples from Poland and Sweden. Småskriftserien nr 66, inst f. ekonomi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Nilsson, P. 1990. Infiltration of wastewater. Lunds Universitet, avd VA teknik, diss. report 1002.
- Petterson, O, 1992. Kretslopp i odling och samhälle. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 408, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ridderstolpe, P. & Sandström, P. 1991. Avloppsrening i odling. Dokumentation av Luleåkonferensen "Kretslopp", 21-22, 1991, del II.
- Ridderstolpe, P. 1992. opublicerade reseanteckningar.
- SCB, 1990a. Gödselmedel i jordbruket 1987/88. Na 30 9001.
- SCB, 1992. Na 30 SM 9002.
- SCB, 1993. Länsstyrelsen i Uppsala län, officiell statistik.
- SMHI, 1991. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1962-1990. Nr 81.

- SMHI, 1993. Årets temperatur och nederbörd, Films kyrkby.
- SNV 1986. SWEP-projektet.
- SNV, 1987. Små avloppsanläggningar, allmänna råd 87:6.
- SNV, 1990. Slam från kommunala reningsverk, SNV allmänna råd 90:13.
- SNV, 1991. Rening av hushållspillvatten, allmänna råd 91:2.
- SOU, 1991. Aktionsplan mot havsföroreningar, regeringens miljöproposition-91.
- SOU, 1994. Naturresursernas nyttjande och hävd. Naturresurs- och miljökomittens betänkande.
- Svensson, P. 1993. Nordiska erfarenheter av källsorterande avloppssystem. inst. f. samhällsbyggnadsteknik, examensarbete, 1993:117 E, HöLU, Luleå.
- Steineck, S. Djurberg & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Speciella skrifter 43. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Steineck, S. & Salomon, E. 1992. Hantering av slam från enskilda avlopp-recirkulation till jordbruket. SLU Info, Allmän rapport 177, Uppsala.
- Strid, M. 1991. Avlopp i flerfamiljshus- systemlösningar för lokala kretslopp. Inst. f. samhällsbyggnadsteknik, 1990:34 T, HöLU, Luleå.
- Tiberg & Grundelius, 1991. Kretslopp, om miljö och naturresurser i fysisk planering. svenska kommunförbundet, minirapport dec 91.
- Wittgren, HB. Holmstrand, O. Bengtsson-Lindsjö, S. 1993. VATTEN-Ystad. Stad-land i samverkan. (stencilerad rapport.)
- Wolgast, M. 1993. Rena vatten- om tankar i kretslopp. Creanom HB, ISBN 91-630-1501-3, Uppsala.
- Östhammars kommun, 1987. Saneringsplan, tekniska kontoret.
- Östhammars kommun, 1990 och 1991b. Miljörapport för reningsverk, tekniska kontoret.
- Östhammars kommun, 1991a. Vattenöversikt för Östhammars kommun - sjöar, åar och innerskärgård. jan. 1990.
- Östhammars kommun, 1991c. Översiktsplan för Östhammars kommun.

Personliga meddelanden

- Andersson, Hans, 1993. Designer SID, Stjärnsund.
- Bengtsson, Gunder, 1993. Östhammars slamservice, Östhammar.
- Eriksson, Bengt, 1993. Tånga Gård, Gimo.
- Jakobsson, Christine, 1993. Jordbruksverket, Uppsala.
- Hellander, Lars, 1994. Ornäs.
- Larsson, Kjell, 1991. Fastbränsle AB, Uppsala.
- Larsson, Rolf, 1994. Lantbruksverket, Skara.
- Magnusson, Bo, 1992. WM-ekologen, Stockholm.
- Perttu, Kurth, 1993. avd. skoglig intensivodling, EMC, SLU, Uppsala.
- Steineck, Staffan, 1993. inst f markvetenskap, SLU, Uppsala.
- Svensson, Sven Erik, 1993. ENPECE, Lund.
- Tingsström, Anders, 1992. Gotlands kommun.

