

Resirkulering av avløp og organisk avfall

Av Karen Refsgaard

Karen Refsgaard er cand. agro og ansatt som forsker i NILF. Hun var prosjektleder under NAT-programmet.

Bedre håndtering av avløp og matavfall er en forutsetning for fortsatt spredt bebyggelse. Samtidig representerer avfallshåndtering en mulighet for næringsvirksomhet i landbruket. Artikkelen belyser økonomiske aspekter ved ulike løsninger, og peker på utfordringer i «grenselandet» mellom bygde- og næringsutvikling og avløps- og avfallshåndtering.

Bedre håndtering av avløp og matavfall er både en forutsetning for fortsatt spredt bebyggelse og en mulighet for utvikling av næringsvirksomhet i bygdeområdene. Myndighetenes mål er å ha ryddet opp i avløpsforholdene for den spredte bosetningen innen år 2000 (St. meld. 46, 1988-89). Alle landets kommuner har således blitt pålagt å kartlegge og forbedre avløpssituasjonen i kommunen gjennom en hovedplan for avløp. I St.meld. 44 (1991-92) legger regjeringen følgende strategi for å løse avfallsproblemet:

- hindre at avfall oppstår og redusere mengden skadelige stoffer i avfallet

- fremme ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse
- sikre en miljømessig forsvarlig sluttbehandling av avfallet.

Dette utkrystalliserer seg konkret i krav om at det organiske avfall skal bort fra søppelfyllingene. Mest mulig av kloakken skal renses, og slammet resirkuleres gjennom jordbruket (SFT's målsetting er å disponere minst 75 prosent av avløpsslammet i jordbruket innen år 2000). Dette kan skje på følgende måte:

- slam og kompost som jordforbedringsmiddel
- slam og kompost som gjødsel
- organisk avfall som fôr til husdyr

Bruk av avfall i landbruket kan med fordel utvikles og gjennomføres, men det knytter seg en del problemer og begrensninger til dette, især p.g.a. den nåværende organisering og den nåværende skepsis i landbruket til kvaliteten av slam.

Muligheter og begrensninger

Dagens håndtering av avløp, slam og

matavfall har en rekke ulemper som:

- Slamdisponeringsproblem. En del bønder er skeptiske til mottak av dagens slam p.g.a. varierende kvalitet
- Manglende utnyttning og resirkulering av næringsstoffer. Det er et høyt innhold av nitrogen og fosfor i avløpsvann og organisk avfall.
- Utette ledningsnett og renseanlegg med dårlig kapasitet bidrar til forurensning av innsjø, grunn, vassdrag og hav (73 prosent virkningsgrad i 1991). (Hofshagen, 1991).
- Høye kostnader ved dagens sentraliserte avløpshåndtering med ledningsnett og renseanlegg
- Infleksible løsninger med hensyn til bosetting (store sentrale anlegg)
- Dobbelt håndtering av fraksjoner som med fordel kunne håndteres sammen.
- Mobil avvanning og bruk av septikbiler bidrar med mye utslipp til luft av forurensende gasser, og forbruker mye energi i forhold til den opprensing og næringsstoffreduksjon denne slamtransport bidrar med.

Løsning av forurensningsproblemene kan med fordel kombineres med næringsutvikling for landbruket. Nye løsninger vil samtidig lette utbygging i utkantstrøk. Det er en utfordring for landbruket å peke på de forhold som samfunnet må ta hensyn til ved utformingen av nye systemer for slam- og avfallshåndtering. Videre kan landbru-

ket selv ta initiativ til løsninger som tilfredsstillende nærings krav og ønsker. (Sandbakken, 1996).

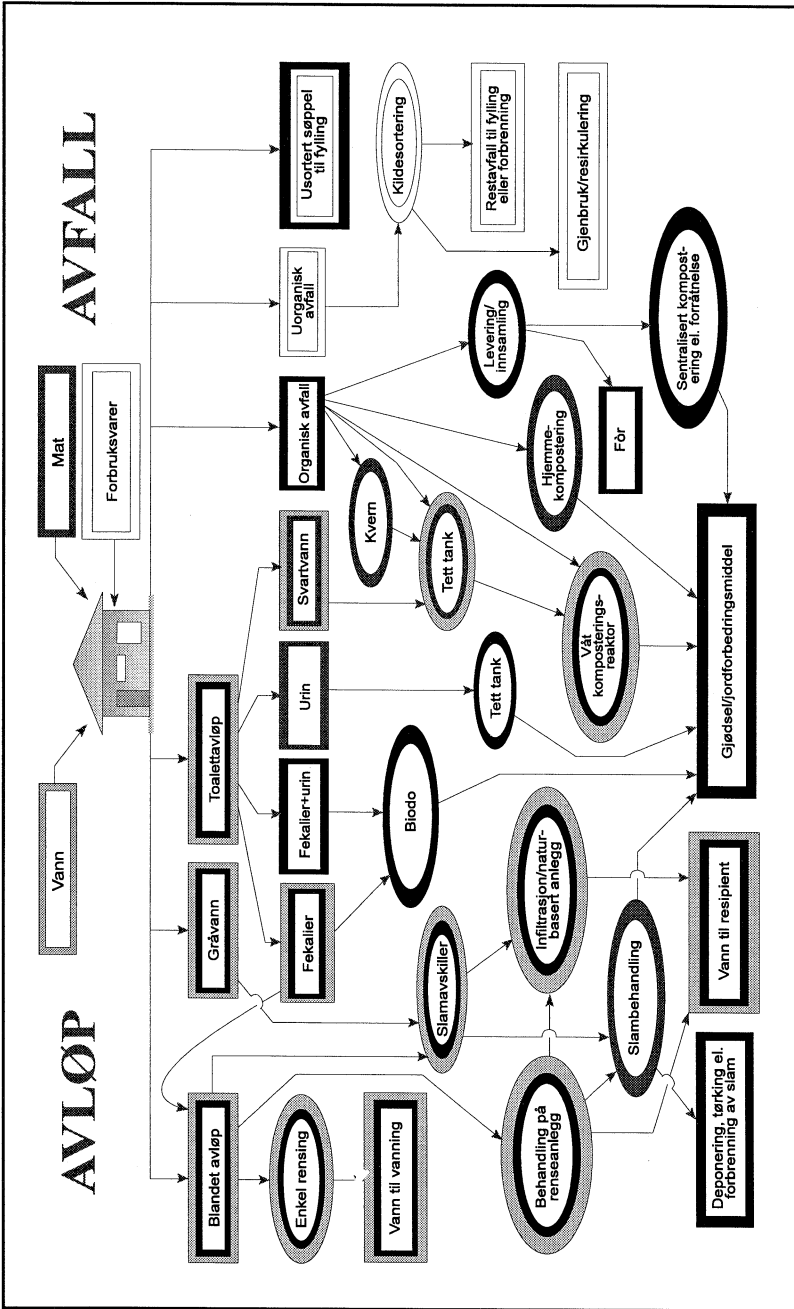
Hvordan denne integrasjon av løsninger på flere problemer kan gjøres, og hva dette vil bety økonomisk er utgangspunktet for denne artikkelen.

Løsninger for avløp og organisk avfall

Avløp fra bebyggelse omfatter svartvann og gråvann. Avløpsplanlegging har tradisjonelt forutsatt at disse to vanntypene blandes, ledes til renseanlegg og behandles der, eller siles i slamavskiller, transporteres med bil, avvannes og behandles i et sentralt slambehandlingsanlegg. Et alternativ til disse behandlingsmåtene er at svartvann og gråvann holdes adskilt og behandles hver for seg ved såkalt kilde-separering. Ved vanskelige avløpsforhold benyttes iblant dette systemet. Klosettavløpet samles opp i tette tanker, og kjøres til renseanlegget der det blandes med kommunalt avløpsvann for etterfølgende rensing. Gråvannet renses lokalt.

I figur 1 er det gitt en oversikt for hvilke håndteringsmuligheter det finnes for avløpsvann og avfall. Figuren viser hva som kommer inn i en husholdning, og hvordan dette kan behandles gjennom ulike avfalls- og avløpssystemer.

En positiv innfallsvinkel til kilde-separering kan være basert på klosettavløp som en næringsstoffløsning, eventuelt i kombinasjon med en gjenbruksløsning for gråvann, f.eks. som vanningsvann. Avløp fra bebyggelse inneholder verdifulle næringsstoff-



Figur 1: Ulike håndteringsmåter for avløpsvann og avfall fra en husholdning Kilde: Refsgaard og Etnier, 1998

fer som fosfor og nitrogen. Bonden tilfører hvert år store mengder fosfor og nitrogen til jordbruksarealer i form av mineralisk gjødsel. Næringsstoffene i klosettavløpet kan erstatte vesentlige deler av denne gjødselen. (Ca. 18 prosent av det totale forbruket av nitrogen- og fosforgjødsel i Norge, hvis alt menneskeskapt svartvann ble anvendt). Det er utviklet systemer som omdanner organisk avfall til næringsemner for jordbruket. Disse systemene, våtkompostering og biogasifisering, kan behandle både husdyrgjødsel, matavfall fra husholdninger samt klosettavløp, og omdanne dette til et gjødselprodukt som kan spres på jordbruksarealer. Klosettavløpet fra et større antall husstander kan samles opp i tette tanker, og det bør benyttes klosetter med lavt spylevolum for å få høy konsentrasjon av næringsemner, og for å redusere kostnader til og miljøutslipp fra transport og behandling.

Etablering av systemer for kildeseparering forutsetter lønnsomhet. Det kreves derfor enten at:

- kildeseparering gir reduserte kostnader i forhold til tradisjonell avløpshåndtering for forbrukeren, eller
- at kildeseparering og utnyttelse av næringsstoffene i svartvannsdelen til gjødsel gir økte utgifter til avløpshåndtering, men så store besparelser for landbruket at det totalt får redusert sine kostnader eller
- at det er politisk vilje til å ta merkostnader ved kildeseparering for å utnytte næringsstoffene (i land-

bruket), og redusere utslippet av forurensningsemner (forutsatt det samfunnsøkonomisk er optimalt).

Økonomiske aspekter

De samfunnsøkonomiske sider ved avfallshåndtering kan være vanskelige å vurdere. Baumol (1977) (p. 83) sitert i Choe and Fraser (1998) poengterer at *«there is an aura of unmixed virtue that surrounds recycling activities, and that there is no reason a priori to assume that the marginal net product of recycling is positive»*. Dette er også konklusjonen til Bruvoll (1998) og Goddard (1995) som kritiserer det generelle aksepterte «waste hierarchy» som har vært en dominerende politisk trend uten noen objektiv økonomisk vurdering, hvor rangeringen har vært følgende:

1. minimering av avfallsmengder
2. resirkulering
3. forbrenning
4. deponi

I denne artikkelen blir ikke alle kostnader ved avløps- og avfallshåndtering inkludert, idet de eksterne effekter ikke verdsettes. Derimot har vi inkludert de totale håndteringskostnader både for avløp og matavfall samt alternativverdier av sparte ressurser som f.eks. mineralisk gjødsel. Det er derfor mulig å vurdere foretaksøkonomiske forutsetninger for lønnsomhet, mens det siste punktet om eksterne effekter, vil bli behandlet i et senere arbeid.

«0-utslippsområder»

Ved å gjennomføre kildeseparering kan

vi oppnå såkalte «0-utslipps områder» ikke bare i nye byggefelt, men også i eksisterende tett og spredt bebyggelse (Jenssen, 1996). Med «0-utslipps-områder» forstås områder, hvor teknologien bygger på kildeseparering av avløpet. Avløpet fra klosettet alene inneholder 90 prosent av produsert nitrogen og 80-90 prosent av produsert fosfor i dagens kloakk, dersom fosfatfrie vaskemidler benyttes. Hele 50-75 prosent av det organiske materialet kommer fra klosettet. I dag bruker vi store mengder drikkevann (ca. 15000 liter pr. person og år) til å fortynne og transportere dette til rensanlegget. I rensanlegget blir stoffene på nytt konsentrert, men da er ofte vann fra mange kilder blandet slik at slammet kan være forurenset.

Teknologien ved kildeseparering baserer seg på at i stedet for vanlig vannklosett, som bruker 3-10 l/spyling, kan vi f.eks. bruke vakuumbolett med et vannforbruk på 0,5-1,5 liter pr. spyling. Avløpet fra vakuumbolettet samles og kjøres til behandling i en våtkomposteringsreaktor, biogasanlegg el. lign. Dette anlegget hygieniserer og stabiliserer avløpsslammet, og kan samtidig behandle de fleste typer organisk avfall fra landbruk og industri, inkludert organisk husholdningsavfall. Det vil være naturlig å lokalisere våtkomposteringsreaktorer i tilknytning til gårdsbruk. Reaktoren gir et netto energioverskudd i form av varme, som kan brukes lokalt. Utenfor vekstsesongen bør gjødselveren lagres i et overdekket system. Nitrogentap ved spredning kan nå nesten elimineres ved bruk av et nytt

spredestyr som injiserer gjødsel under bakken (DGI). Ved bruk av vakuumboletter reduseres boligens totale vannforbruk med ca. 25 prosent. Resten av vannet (gråvannet) inneholder i hovedsak organisk materiale. Dette kan renses med enkle biologiske metoder, som f.eks. kompakte filter-systemer. Disse renser gråvannet slik at utslippet holder badevannskvalitet og kan slippes ut lokalt i mindre bekker og vassdrag. Der det ligger til rette for det, kan gråvannet infiltreres, slik at det ikke blir noen direkte utslipp til vassdrag.

Økonomi ved ulike avløpssystemer

Å definere systemgrenser er et avgjørende punkt i mange sammenlignende studier, og det finnes mange muligheter for å gjøre feil innen avløpshåndtering. Vanligvis inkluderer avløpshåndtering kun de kostnader som oppstår etter at avløpsvannet har forlatt huset (SSB, 1998). Dette fungerer bra, når det sammenlignes kostnader for sentraliserte håndteringssystemer i ulike kommuner, men er utilstrekkelig når sammenligningene inkluderer desentraliserte systemer, hvorav mange fordrer installasjon av spesielle toaletter eller oppsamlingstanker av huseieren.

I dette arbeid er prinsippet om selvkost i forbindelse med husholdningenes kostnader for å få tatt hånd om sitt organiske avfall og sitt avløp en grunnleggende forutsetning. Det betyr at de totale kostnader for håndteringen av resirkulert næringsstoff pålegges hus-

holdningene. Dette prinsipp forutsetter, om en skal sikre en sann sammenligning av avløpssystemene, at hele kjeden ses under ett. Kostnader for de modellerte systemer inkluderer derfor følgende komponenter i avløpshåndteringen: oppsamling, transport, behandling og spredning.

Oppsamling: utgjør startfasen i avløpshåndteringen, og kan også sies å inkludere produksjon av avløpsvann, dvs. bruken av vannet og dets transformasjon til avfall.

Transport: fra husholdningene til behandlingsfasilitetene samt slamtransport etter behandling

Behandling: kan forekomme på mange måter, fra de mangfoldige kombinasjoner av sentraliserte behandlingsanlegg, i infiltrasjonsanlegg eller våtmarker ved huset, i en våtkomposteringsreaktor eller annen behandling av konsentrert svartvann.

Spredning: refererer til spredning av avløpsslam eller lignende på landbruksjord og inkluderer bondens kostnader hertil (og eventuelt med fratrukk av sparte kostnader til innkjøp av mineralsk gjødsel).

Forutsetninger i beregningene

De praktiske løsninger finnes, men kan disse lønne seg? Det er under NAT-programmet utført beregninger for ulike type løsninger og forutsetninger, herunder infiltrasjonssystemer, konstruerte våtmarker, minirensanlegg, og kilde-separert boligavløp med behandling i våtkomposteringsreaktor. Vi har her valgt ut noen av de mer interessante

eksempler, og har også inkludert muligheten for å utvide kloakknettet tilknyttet rensanlegg til den mer spredt bebyggelse, og vurdert alternativene m.h.t. totale kostnader og miljøeffekt. I våre beregninger har vi forutsatt:

- Installasjon i nye hus
- For noen alternativer er kostnadene redusert p.g.a. sparte utgifter, som f. eks. under sambehandling av matavfall og avløpsvann, nedlegging av vannledninger i samme grøft som avløpsledninger eller spredning av svartvannsslam i stedet for mineralsk gjødsel.
- Dimensjoneringskostnadene er dimensjonert for 5 p.e.(personenheter) per husholdning, mens belastningen er kalkulert til 3 p.e. per husholdning. Dette er for å ha en sikkerhetsmargin for variasjon i belastning mellom husholdningene, samtidig som det representerer den forventede gjennomsnittlige belastning.
- Full kapasitetsutnyttelse
- Kontrollert tømning av tette tanker for å unngå lekkasje
- En sikring av et tilstrekkelig etter- og forlager hos våtkompostøren for å unngå problemer med oppmagasinerings ved driftsstans m.a. samt oppfyldelse av lager- og spedningskrav
- En kalkulasjonsrente på 6 prosent

Kostnader ved tradisjonelt avløp

Et alternativ som ofte foreslås i forbindelse med avløpsplanlegging i spredt

bebyggelse er å utvide kloakknettet så flere hus blir tilkoblet. Kostnadene for slike løsninger varierer sterkt, de avhenger av avstanden til de eksisterende hovedledninger, lokale jord- og topografiske forhold og husenes innbyrdes beliggenhet. Det er derfor vanskelig å konstruere generelle økonomiske modeller. Vi har likevel gjort noen estimater over en mulig variasjon i kostnader.

I tabell 1 har vi gitt et eksempel på kostnader per hushold for å tilkoble seg et sentralisert avløpsanlegg, forutsatt både 100 m ekstra stikk- og 100 m ekstra hovedledning. Prisen for å legge hovedledninger er anslått til kr 650,- pr. m. ledning (Hass, 1997, Hagman et al., 1997, SSB, 1995, Finsrud, pers. medd.).

De gjennomsnittlige årskostnader for å håndtere kommunalt avløpsvann i dag varierer fra omkring kr. 2000,- per husholdning i de større kommuner til nesten kr 4000,- i de minste kommuner, heri inngår også tilskudd gitt fra Miljøverndepartementet. Enhver utvidelse av kommunale avløpssystemer i spredt bebyggelse vil sannsynligvis resultere i kostnader per husholdning minnst like høye som forventet i de minste kommuner (Hass, 1998).

I gjennomsnitt for hele Norge er det overkapasitet på de norske renseanlegg. Ut i fra tall fra SSB (1997) var den samlede rensekapasitet for de kommunale renseanlegg i slutten av 1995 på 5,2 millioner p.e, mens den totale belastning lå på ca. 4,5 millioner p.e., dvs. altså en ekstrakapasitet på 0,7 millioner p.e. og nesten nok til å tilknytte hele den spredte bebyggelse på ca. 0,8 mil-

ljoner p.e. (SSB, 1997). Det forsettes derfor at kostnadene ved utbygging kun skal inkludere evt. marginale (drifts-) kostnader til f.eks. pumper og fellingskjemikalier.

Derimot så er den nåværende renseseffekt ikke tilstrekkelig til å oppfylle de nasjonale krav bl.a. m.h.t. nitrogenfjerning. Hass (1997) rapporterer at kommunene hadde planlagt investeringer for 219 millioner kr til nitrogenfjerning i 1996, men kun gjennomførte investeringer for 5,4 millioner kr. Vi har ikke estimert noen ekstra kostnader til nitrogenrensing, men heller ikke forutsatt en forbedret miljøeffekt.

Det er ikke kun usikkerhet m.h.t. tilfredsstillende renseseffekt, som har innflytelse på kostnadene, men også i hvor høy grad det er samsvar mellom avskrivninger og avdrag. Den totale lengde av ledningsnettet var i 1995 på 33 000 km, i tillegg investerte man det siste året i 830 km nytt ledningsnett til en forventet levetid for ledninger på 30-50 år. Imidlertid vites det ikke hvor mange km kloakkledning som ble rehabilitert. I vår modell mangler det derfor evt. kostnader til rehabilitering av eksisterende kloakknett.

Hvis den spredte bebyggelse skal forsynes med kommunalt drikkevann, blir vann- og avløpsledninger normalt lagt i de samme grøfter. Det er derfor naturlig å overveie, hvor vidt legging av avløpsledninger subsidierer drikkevannsnettet, og å tilskrive dette indirekte tilskudd en verdi. Vi har antatt at tilskuddet tilsvarer 50 prosent av kostnadene til legging, men at kun halvdelen av ledningsnettet kan ha fellesgrøfter.

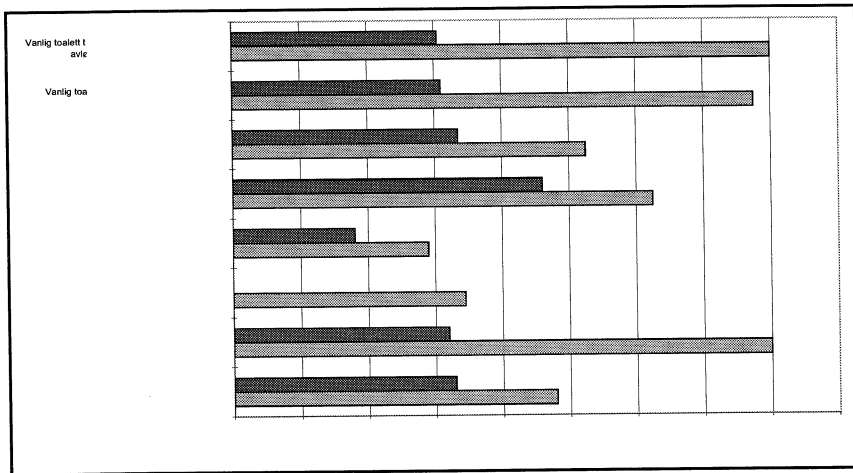
Tabell1. Kostnader til utbygging av renseanlegg med tilhørende kloaknett i spredt bebyggelse for 1 bolig

Kostnader for 100 m stikk- og ekstra hovedledning	Pris pr m	Anleggskostnader	Årlige kostnader
Toalett og rør ut av huset		8200	715
Stikkledning til kommunal hovedledning	310	31000	2060
Ekstra hovedledningsnett inkl. pumpestasjoner	650	65000	4320
Hovedledning og renseanlegg samt slårhåndtering			3000
Ekstra kostnader til nitrogenfjerning			
Kostnadsbesparelser ved legging av vannledningsnett	960	-24000	-1595
Totale kostnader pr. bolig		80200	8500
Kostnader ved endrede lengder av ledningsnett	Meter hovedledning	Anleggs-kostnader	Årlige kostnader
	1	8920	3747
	50	44200	6108
	100	80200	8500
	250	188200	15678
	1000	728200	515676

Tabell 2. Økonomi og miljøeffekt for ulike avløpsløsninger i spredt bebyggelse pr. hus for enkeltbolig anlegg.

	Waterless toalett og gråvannsinfiltrasjon	Infiltrasjon av avløpsvann	Minirenses-anlegg for avløpsvann	Kloakknett tilknyttet renses-anlegg for avløpsvann
Kostnader				
Totale anleggskostnader	94000	52000	156000	
Årlige driftskostnader	1400	1200	3200	
Årskostnader pr. hushold, enkeltbolig-anlegg	9600	5800	15500	16000
Kost-effekt i kr pr. kg resirkulert				
Fosfor	6722			
Nitrogen	1011			
Kost-effekt i kr pr. kg renses næringsstoff				
Kost-effekt for fosfor	5264	3470	9383	9571
Kost-effekt for nitrogen	971	1475	3988	5423
TOC/BOF7	341	246	665	698
698				
Restutslipp i kg pr. PE pr. år				
Restutslipp for fosfor	0,01	0,06	0,06	0,07
Restutslipp for nitrogen	1,05	3,07	3,07	3,50
TOC/BOF7	0,49	1,97	1,97	2,37

Forutsetter 1 toalett pr. bolig. Rentenivå på 6 prosent. Kilder: Refsgaard et al (1998) Etnier og Refsgaard (1998)



Figur 2. Årlige kostnader pr. bolig for ulike avløpssystemer og for enkeltbolig-anlegg og anlegg for 10 boliger. Kilde: Refsgaard og Etnier (1998)

I tabell 1 er det vist hvordan de totale kostnader for utbygging av kommunalt nett i spredt bebyggelse er sammensatt basert på ovennevnte skønn.

Når det gjelder avfall, var kommunenes totale kostnader til avfallshåndtering i 1995 på 2,0 milliarder kroner. Dette tilsvarer 452 kroner pr. innbygger. Mengdemessig utgjør det organiske avfallet ca. 25 prosent av husholdningsavfallet. (Esselfie, 1995).

Økonomi og miljøeffekt ved kildeseparert håndtering

I tabell 2 og figur 1 er vist de årlige kostnader for oppsamling, transport, behandling og spredning av avfall fra 1 og 10 husstander. Kostnadene er så forholdt til renseevnen for næringsstoffene nitrogen og fosfor. Kost-effekt og utslippsmengder er kalkulert for de ulike håndteringsmåtene.

Det er størrelsesøkonomiske fordeler for stort sett alle undersøkte typer av avløpsløsninger. Infiltrasjon og en kombinert løsning med Waterless-toalett og gråvannsinfiltrasjon er de rimeligste desentrale avløpsløsninger for små anlegg. For større anlegg utlignes forskjellen mellom systemene.

Kost-effektberegningene forteller imidlertid en annen historie. Især kost-effekt for nitrogen blir mye rimeligere om en bruker kompostering av svartvann, hvilket bl.a. skyldes at norske rensemetoder primært er optimalisert med hensyn til fosforrensing.

Kostnadene til utvidelse av kommunale kloakknnett er tett korrelert med ledningslengdene. Et anslag på 250 m stikkledning og 250 m ekstra hovedledning synes imidlertid ikke å være for høyt for spredt bebyggelse (Finsrud, Jenssen). Denne forutsetningen gjør dette alternativet til et av de mest kost-

bare og til den dyreste måten å redusere nitrogenforurensningen på.

Kildeseparering av svartvann og gråvann forutsetter bruk av små mengder spylevann i toalettet om systemene skal være konkurransedyktige. Løsningene fordyres av at boligen må ha to opplegg, et for svartvann og et for gråvann. På den andre siden kan svartvannshåndteringen ofte kombineres med matavfall, således at det spares et eget opplegg for håndtering av matavfall. Organisk avfall er i seg selv en nødvendighet i våtkomposteringen. Eller gråvannsslammet kan oppbevares, transporteres og behandles sammen med svartvann og matavfall, nevnt som det tredje alternativet, kombinert i tabell 2.

Spylemengden har stor betydning for hele svartvannshåndteringen. Størrelsen på oppsamlingstankene avhenger av spylemengde og tømmefrekvens. Generelt så er det rimeligere å oppbevare avløpsvann for lengre perioder fra tanker i samme størrelse som hentebilens kapasitet enn å hente flere ganger fra mindre oppsamlingstanker. I tillegg har transportavstanden innflytelse på kostnadene, og jo høyere spylemengde desto større innflytelse.

I områder, hvor flere hus ligger nær hverandre, og det er mulig å utnytte felles opplegg også for oppsamling, blir løsningene med en mere kompleks teknologi mer konkurransedyktige sammenlignet med løsninger for enkeltthus. Vacuumsystemet, hvor installasjon av et vacuum-aggregat er en nødvendighet, er en vesentlig kostnad for enkeltthus, men dersom flere hus deler på ag-

gregatet kan det oppnås betydelige stordriftsfordeler.

Naturbaserte renseløsninger har fordeler av at de utnytter det eksisterende naturgrunnlaget, hvilket da også betyr at det er stor variasjon i kostnadene. Muligheten for bruk av egeninnsats ved bygging av naturbaserte renselanlegg kan bidra til reduksjon i især anleggs-kostnader. I tillegg er bl.a. infiltrasjonsanlegg stabile i perioder med varierende vanntilførsel og overfor giftstoffer. I noen grad fordrer de også mindre krav til drift og kontroll.

Mange av de naturbaserte rensemetoder og systemer for kildeseparering er ennå i utviklingsstadiet, og en kan forvente at kostnadene vil reduseres noe over tid, når et reelt marked for bygging er etablert. Det er også sannsynlig at andre teknologier vil presenteres/bli utviklet. Det som er avgjørende er imidlertid at nye separasjoner og kombinasjoner er mulige og kan være konkurransedyktige innen avløps- og avfallshåndtering. Årsakene er nye teknologiske mulighetene, skjerpede krav til utslipp av «innholdet» fra avløpsvann og matavfall samt endrede prisrelasjoner på fosfor og nitrogen p.g.a. knapphet og CO₂ utslipp.

Sentralisert eller desentralisert løsning

Anlegg av sentraliserte avløpsløsninger krever etablering av hele anlegget ved byggestart, evt. unntatt noen ledninger, således må det dimensjoneres for forventet nødvendig kapasitet for en lengre årrekke. Det er vanskelig å utbygge

renseanlegg for et mindre antall ekstra tilkoblede hus. Hovedledningen kan bygges etappevis, avhengig av hvor mange hushold som tilkobles. Renseanlegget har driftskostnader som kun i liten grad er korrelert med antall tilkoblede hushold. Med muligheten for bruk av desentrale avløpsløsninger lettes mulighetene for utbygging av boligområder i utkantstrøk. Det kan bli mere attraktivt å bo spredt idet tomtestørrelsene kan økes uten store kostnader til kloakkledningsnett.

Søknad om utslippstillatelse for desentrale avløpsløsninger blir vanligvis sendt til kommunen på samme tidspunkt som søknad om byggetillatelse, eller når en eiendom deles opp til utvikling. Søkeren må også orientere naboer og andre hvis interesser vil bli spesielt påvirket av utslippet, hvis kommunen krever det. En naboorientering kan ha synergieffekter. Kanskje også naboer trenger en avløpsløsning, og kanskje en fellesløsning er en mulighet? Dette kan også gi kostnadsbesparelser for kommunen, som dermed kan behandle byggesøknader for flere hushold på et og samme tidspunkt.

For desentrale avløpsløsninger, er det høye anleggskostnader for hvert hushold. Disse trenger imidlertid ikke å betales før huset er tilknyttet. I et stadig voksende område kan vesentlige kostnadsbesparelser derfor oppnås i forhold til det sentraliserte alternativ ved å utsette investeringer i hvert desentralisert alternativ inntil det pågjeldende hus er bygget. Hvor alle husene er bygget, kan de desentraliserte anlegg med lavest kostnad i forhold til utslipps-

effekt bygges først, inntil det totale utslipp oppfyller resipientkravet.

Både rentenivå og raten hvormed hushold flytter inn i området har betydning for valget mellom desentralt og sentralt anlegg. I perioder med lav befolkningsvekst eller lavt rentenivå vil desentrale løsninger ha fortrinn.

Rettferdighet mellom de enkelte hushold må også tas i betraktning. For å unngå innvendinger mot egalitetsprinsippet (alle kostnader fordeles likt mellom alle hushold uansett valg av løsning), må man unngå at et hushold betaler mere ved en sentralisert løsning enn de kostnadene det ville ha for å bygge sitt eget system. Hvis de marginale kostnader ved å betjene et hushold med en sentral løsning er større enn husholdets kostnader ved å bygge sit eget system, da er det kommunaløkonomisk en fordel å la husholdet bygge sitt eget separate system.

En positiv effekt av lokale, resirkulerende løsninger er at folk blir mere involverte i beslutningsprosessen og deltar aktivt, de blir mere interesserte og gjør en bedre jobb over lengre tid. Ramm (1996, s. 46) skriver at *«Ulempene ved kildesortering er i mange tilfeller overdrevet. Individet har en tendens til å være forut inntatt og skeptisk til nye ordninger, og således overdrive ulempene som er forbundet med aktiviteten. I en argumentasjon for at folk flest bør handle mer miljøvennlig, blir det således viktig å fremheve hvilke praktiske fordeler aktiviteten kan medføre for det enkelte husholdet»*. Funn som er gjort av Zanna og Rempel (1981) viser at direkte erfa-

ring med ulike praktiske ordninger, påvirker holdninger positivt. Fenomenet omtales som «direct experience hypothesis». Hypotesen antyder at folk som praktisk sett har mulighet for å kildesortere, har en mer positiv innstilling til aktiviteten, nettopp fordi de har mulighet for å prøve ut de nye løsningene, og fordi de har gjort positive erfaringer. SFT har i en rapport (SFT, 1997), også vist at brukerne viser motvilje mot kildesortering før ordningen har blitt innført, men at de blir mere positive når først ordningen har blitt etablert. Et velfungerende system er i seg selv en motivasjonsfaktor eller et incitament til å handle annerledes i hverdagen.

Dette skal ses i kontrast til de konvensjonelle systemer, som fungerer uten innblanding fra brukerne. Dermed har brukerne vanskelig for å se noen effekt av egne handlinger og føler lite ansvar, f.eks. i forhold til sin avløps- og avfallshåndtering.

Kildeseparering - potensielle muligheter for norsk jordbruk

Landbruket kan ha en sentral plass i forbindelse med resirkulering av slam og organisk i og med at det fungerer som leverandør av matvarer og andre «organiske varer». Til gjennomføring av løsninger med kildeseparering er derfor bonden en nøkkelspiller.

Gårdbrukere råder over både maskiner, arbeidskraft, kunnskap, spredearealer samt en bedrift som de kan lede - sentrale ressurser når avløpsvann skal behandles på en forsvarlig måte. Imid-

lertid kan tid være en mangelvare ved kombinasjon av gårdsdrift med annen næring. For å motta og utnytte slammet og/eller komposten er det nødvendig å ha tilstrekkelig med åpne spredearealer, bl.a. er ikke arealer med eng tillatt som spredeareal, jf. «Forskrift om avløpsslam». Løsninger med kildeseparering er derfor ennå primært aktuelle i områder uten husdyr, især uten melkeproduksjon. På gårdsbruk med melkeproduksjon har bøndene som regel mindre overskudd av tid samtidig som det finnes få egnede arealer (godkjente) for slammottak. Sist men ikke minst er det som regel allerede problemer med organisk gjødsel i overskudd.

Det er vist i tabell 3 at om en bonde samler inn toalett- og matavfall fra 700 husstander, som benytter et tilnærmet vannfritt toalett, og behandler dette i en våtkomposteringsreaktor, vil han kunne få en nettoinntekt på vel kr 170 000 for arbeidet med behandlingen som er vurdert til 400 timer årlig. Forutsetningen er at han får en betaling på 150 kr pr. kbm. slam og 500 kr pr. kbm. matavfall. Inntjeningen må veies opp i mot andre inntektsmuligheter. Familiens nettoinntekt på kornbruk har variert mellom 260 000 kr og 380 000 kr over den siste 10-årsperiode, og var i 1995 på kr 380 000. Regnet pr. årsverk i jordbruket var den i 1995 på 94 200 kr (NILF, 1996 og Huus (red.), 1997). Dette indikerer reelle konkurransemuligheter for drift av en våtkomposteringsreaktor.

Eier bonden en traktor og en tankvogn gir dette muligheter for at han selv også kan foreta innsamling av svartvann og/eller septikslam og matavfall

Tabell3. Bondens økonomi ved behandling av svartvann og matavfall.

	700 boliger m/svartvann, 0,04 l pr. spyling
Behandlingsvederlag, 150 kr/kbm. slam	199000
Behandlingsvederlag, 500 kr/tonn matavfall	78000
Spart gjødsel, 1,5 kr/kg 21-4-10 gjødsel *	66000
Årlige inntekter	343000
Kapital kostnader, anlegg	104000
Driftskostnader, anlegg og leie av spredeutstyr	62000
Årlige kostnader	166000
Arbeidsvederlag, behandling	177000
Timelønn, 400 timer/år	443

Ved 1,0 l/spyling = 190 boliger

Arbeidsvederlag, behandling

90000

Ved redusert behandlingsvederlag, 85 kr/kbm. slam og 400 kr/tonn matavfall

Arbeidsvederlag, behandling

74000

* forutsetter bruk av DGI-spredeutstyr

Note: *Bruk av 1,5 kr pr. kg gjødselverdi betinger at produktet spres med DGI-spreder under ideelle forhold.

Kilde: Etnier og Refsgaard, 1998

med en slamsuger koblet på. I eksemplet er det forutsatt at bonden leier utstyr og arbeid til spredning av materialet. En alternativ mulighet er at bonden selv investerer i spredeutstyr og spredde den organiske gjødsel på egne area-

ler og hos naboer etc. Produksjonen fra en reaktor med en årlig håndtering av 1500 kbm. svartvann basert på Waterless-klosett og en tildeling på ca. 15 kg nitrogen pr. daa kan dekke gjødselbehovet til omkring 1000 daa.

Det er åpenlyst at reduksjon av spylevolum ikke kun har stor betydning for økonomien for den enkelte husstand – men også for bonden. Med høyere spylemengder kan bonden behandle avløpsslam og matavfall fra færre hus. Dette reduserer inntektene til bonden vesentlig idet inntektene fra matavfall og sparte kostnader til gjødsel reduseres vesentlig. Det er vist eksempel på bruk av vakuumpolett med ca. 1 l spylemengde, som reduserer inntekten med nesten kr 90 00,-.

Det er sentralt å sammenligne avgiften for matavfall med alternativkostnadene ved f.eks. forbrenning. Om avgiften for svartvann eller matavfall stiger med 50 kr pr. hushold pr. år så er det av liten betydning for en bolig, mens det kan være avgjørende for inntekten til et gårdsbruk.

En våtkomposteringsreaktor er en fleksibel behandlingsenhet. Ikke bare svartvann, men også septikslam, fiskeavfall og andre avfallsprodukter fra næringsmiddelindustrien kan behandles her. Under behandlingen hygieniseres, stabiliseres og fremstilles et produkt som landbruket kan anvende som jordforbedringsmiddel eller gjødselprodukt avhengig av næringsverdien i produktet.

Potensiale for avfallsbehandling som næring

Vi har sett på potensialet for avfallsbehandling knyttet til gårdsbruk i 4 ulike fylker, dvs. tilbudet av slam vurdert opp mot avsetningsmulighetene i Akershus, Hedmark, Møre og Romsdal samt Finnmark. Disse represente-

rer ulikheter, som er sentrale i forbindelse med kombinasjon av jordbruk med avløps- og matavfallshåndtering. Opplysningene er fortrinnsvis basert på personlige meddelelser fra Fylkesmenenes miljøvernavdelinger i de 4 fylker.

Akershus er et relativ tettbygd fylke med mye korn og med både kyst- og innlandsstrøk. Her er direkte utslipp og slamavskiller ikke tillatt. Lokalforskrift finnes, og i følge den tillates kun infiltrasjonsanlegg ved nybygg, mens det ved gamle hus tillates minirensanlegg samt tett tank m/sandfilter. I utgangspunktet ryddes det kun opp i det ikke-tillatte. Oppryddingen i eksisterende anlegg kan dog pålegges ved utbygging av eksisterende hus. Dette kan imidlertid ofte føre til problemer knyttet til forskjellsbehandling.

Det skal ryddes opp i avløpsforholdene for direkte utslipp og utslipp fra slamavskiller svarende til 54 prosent av befolkningen, i alt 5664 boliger. Innføres det kildeseparering med våtkomposterings av svartvann og matavfall skal det oppstilles 8 store våtkomposteringsreaktorer og installeres Waterlesstoiletter og tett tank i husene. Totalt svarer det til 122 tonn nitrogen og 16 tonn fosfor samt ca. 4 årsverk.

Møre og Romsdal er et kystfylke med muligheter for utslipp til sjø, melkeproduksjon og dermed dårlige spredemuligheter for slam. Direkte utslipp etter slamavskiller er godkjent som avløpsløsning ved utslipp til sjøvann. Bosetningen er hovedsakelig plassert

mellom sjøen og fjellet. I områder med breavsetning er grunnen bra for infiltrasjon, ellers er forutsetningene for infiltrasjon dårlige. Opp imot 3000 boliger har direkte utslipp uten slamavskiller og må ha oppgradering av sine avløp. Det bør vurderes om våtkompostert svartvann/septikslam eventuelt kan konkurrere med husdyrgjødsel om de åpne spredningsarealer både m.o.t. sysselsetting og økonomi for bonden. Fra et politisk perspektiv kan miljøeffekten ved utslipp til sjøvann vurderes opp mot f.eks. direkte injisering av slam/gjødsel i jord med DGI-spreder på eng noen som i dag ikke er tillatt, jf. «Forskrift om avløpsslam», hvilket dermed kan utvide spreddearealet.

Finnmark er et tynt befolket fylke med både kyst og innland og derav følgende begrensede krav til rensing og infiltrasjon. Utslipp via slamavskiller er godkjent til sjø, men det er ikke direkte utslipp. Kun 20 prosent av infiltrasjonsanleggene antas å fungere. Det trenges således opprydding for ca. 1600 boliger, hvilket gir mulighet for 2-3 store våtkomposteringsreaktorer hvis det etableres tett tank og Waterless-toaletter ved husene. Det svarer til 35 tonn nitrogen og 5 tonn fosfor. Kostnadene her kan tenkes å øke noe for kilde-separeringsalternativet, fordi transport vil bidra med en større andel på grunn av den meget spredte bosettingen.

Hedmark er et typisk innlandsfylke med et stort innslag av jord- og skogbruk med en del kornarealer og gode

muligheter for infiltrasjon. Hedmark er relativt tynt befolket og store deler av fylket har spredt bosetting. I de senere år har man vært restriktive med å gi utslippstillatelse, og det er ikke tillatt med slamavskiller og direkte utslipp. Tillatelse til desentral avløpshåndtering gis kun ved rehabilitering av eldre bebyggelse og til stedbunden næring, ellers skal nybygging skje, hvor det fra før finnes kommunalt nett. De eksisterende infiltrasjonsanlegg som har blitt bygd er av veldig varierende kvalitet (Westlie, 1997).

Potensialet for opplegg med kilde-separering kan beregnes til ca. 7000 boliger. Dette gir mulighet for 10 våtkomposteringsreaktorer, hvis det etableres tette tanker og installeres Waterless-toaletter i husene. I næringsstoffmengde svarer det til en årlig produksjon på 149 tonn nitrogen og 19 tonn fosfor. Den restriktive politikk som kommunene i fylket har vært underlagt m.o.t. utslipp, indikerer at man kan forvente en positiv holdning fra utslippsmyndighetene når det gjelder etablering av en type tiltak som kilde-separering, hvor renseeffekt og resirkulering er meget god.

Konklusjon

Bedre håndtering av avløp og matavfall kan bli et viktig bidrag til fortsatt spredt bosetting og til utvikling av næringsvirksomhet i bygdeområdene:

Landbruket kan som et ledd i omlegging fra «ensidig landbruksproduksjon» til allsidig næringsdrift overta en del av «ansvaret» for håndtering av avløp og organisk avfall og dermed samtidig si-

kre seg kontrollen med bruk av slam og organisk avfall som gjødsel og jordforbedringsmiddel. Nettopp brukeraksepten er sentral å sikre. Bøndene har hittil vært skeptiske til å motta slam, især p.g.a. dårlige erfaringer med motatt slam fra renseanlegg. En integrasjon med annet næringsliv skaper gjensidig avhengighet og styrker allsidigheten, hvilket er viktig for å opprettholde en bosetting og et akseptabelt servicenivå. Det er dog forbundet en viss usikkerhet med hensyn til organisering og ansvarsfordeling ved en sådan integrasjon. Å ha flere inntektskilder er det tradisjon for i landbruket, som Vangsgraven og Jervell (1997) skriver: *«Yrkeskombinasjoner har lange historiske røtter i Norge. Det er bare et fåtall gårdsbruk der bruker og evt. ektefelle/samboer har gårdsdriften som enyrke. I 1993 var det kun 20 prosent som hadde minst 90 prosent av nettoinntekten fra driftsenheten».*

Utbygging av boligområder og sikring av tilfredsstillende avløpsforhold i eksisterende utkantstrøk kan bl.a. lettere sikres gjennom bruk av desentraliserte løsninger. Det vil da bli mere attraktivt (les billigere og mer miljøvennlig) å bo spredt, samtidig som befolkningens krav til større tomter i utkantstrøk lettere kan oppfylles. En kan også med mer lokale løsninger forvente et bedre engasjement blant befolkningen i miljøspørsmål. På den andre siden så bevirker en desentralisert håndtering at kontroll av ordningen er vanskeligere å gjennomføre.

På en samfunnsøkonomisk plan kan norske husholdninger spare landbruket

for innkjøp av ca. 18 prosent nitrogen- og fosforgjødsel, hvis alt klosett vann fra norske hus ble resirkulert ved kilde-separert håndtering av svartvann inkludert våtkompostering og direkte injisering i jorden. I tillegg vil dagens utslipp av fosfor og nitrogen bli vesentlig redusert og ulempene fra håndtering av matavfall minimeres. Dette er en ganske idealisert betraktning. Likevel viser det noen av perspektivene ved systemforandringer innenfor avløps- og matavfallssektoren, hvor det finnes mange muligheter for separasjoner og kombinasjoner av stoffene. Løsninger som kan bidra til en økt verdi av avløpsvann og matavfall som ressurs og minsket problem som avfall.

Noter

Note 1:

Slike modeller som vi har basert våre beregninger på må være under kontinuerlig revidering i tråd med praktiske erfaringer. Skjulte kostnader for hvert alternativ kan finnes ved nærmere analyser. For eksempel viser erfaringer at svartvann fra vakuumsystemer er mer fortynnet enn opprindelig tatt. Det er også indikert at arbeidsforbruket for bonden ved våtkompostering ligger noe høyere enn opprindelig antatt i våre beregninger, på ca. 600 timer. Disse forhold vil øke de toale kostnader for husholdningene og redusere inntektene for bonden.

Note 2

Denne artikkelen er en bearbeiding av et foredrag fra en konferanse i Hamar 7-8 oktober 1997, i regi av forsknings-

programmet for bygde- og næringsutvikling, NLH. Artikkelen bygger på arbeid i NAT-programmet (Naturbasert Avløpsteknologi) et program del-finansiert av Miljøverndepartementet og ledet av Jordforsk.

Artikkelen er tidligere trykket i Landbruksøkonomisk Forum nr. 4, 1998

Litteratur

Bruvoll, Annegrete, 1998. *The costs of Alternative Policies for Paper and Plastic Waste*. SSB-rapport 98/2.

Choe, C. and Fraser, I. 1998. The economics of household waste management: a review. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 42:3, pp- 269-302.

Esselfie, Andrew 1995. *Investeringer, kostnader og gebyrer i den kommunale avløpssektoren. Resultater fra undersøkelsen i 1995*. SSB-rapport 96/2.

Goddard, H.C., 1995. The benefits and costs of alternative solid waste management policies. *Resources, Conservation and Recycling*, 13, 183-213.

Hagman, E., Ollestad, P.H og Bakke, R. , 1997. Løsninger for rensing av avløp i arealdrettet bebyggelse. Kostnadsanalyse. *Kommunalteknikk*, 5.

Hass, Julie, 1997. *Investeringer, kostnader og gebyrer i de kommunale avløpssektoren. 1996. Resultater fra undersøkelsen i 1996*. SSB-rapport 97/21.

Hofshagen, Toril 1991. *Kommunale utslipp i Norge. Status 1.1.1991*. SFT-rapport nr. 91:08.

Huus, Anders J. (red.) 1997. *Utsyn over norsk landbruk. tilstand og utviklings-*

trekk 1996. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.

Jenssen, Petter 1996. *Desentralisert behandling - fremtidens løsning for avløp og avfall*. Internt strateginotat NLH, mai 1996.

Landbruksdepartementet 1996. *Forskning om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v.* Av 11. september 1996.

Miljøverndepartementet 1992. *Forskning om utslipp fra separate avløpsanlegg*. Av 8. juli 1992. T-616.

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, 1996. *Driftsgranskninger i jord- og skogbruk. Regnskapsresultater 1995*. S-085-96.

Ramm, Jorun Skoglund 1997. *Forbrukernes miljøinnsats - Kildesortering innkjøps- og energiatferd*. SIFO-rapport nr. 2

Refsgaard, Karen og Etnier, Carl, 1998. *Naturbaserte avløpsløsninger i spredt bebyggelse. Økonomiske og miljømessige vurderinger for kommune, husholdning og gårdsbruk*. NILF-rapport 1998:4

Refsgaard, Karen, Høyås, Arne og Mæhlum, Trond, 1998. *Modeller og analyser av økonomi og miljø for jordrenseanlegg, våtmarksfiltre og minirenseanlegg*. NILF-rapport 1998:2.

Sandbakken, Morten 1996. *Muld til bondens åker. Kompostert kjøkkenavfall - den naturligste veien fra bord til jord*. Rapport fra arbeidsgruppen "Landbruk og organisk avfall i Hedmark og Oppland" om landbrukets muligheter som mottaker, behandler og bruker av våtorganisk avfall.

Sosial- og helsedepartementet og Mil-

- jøverndepartementet 1995. *Forskrift om avløpsslam*. Av 2. januar 1995.
- Statens forurensningstilsyn, 1997. *Kildesortering i byområder og spredt bebyggelse : sluttrapport fra fullskala kildesortering i åtte områder*. SFT-rapport 97:31.
- Statistisk sentralbyrå, 1995. *SSB-AVLØP for Windows*. Versjon 2.1 august 1995. Brukerveiledning.
- Statistisk sentralbyrå 1997. *Naturressurser og miljø 1997*. Statistiske analyser fra SSB, nr. 16.
- Stortingsmelding nr. 44 1991-92. *Om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling*.
- Stortingsmelding nr. 46, 1988-89. *Miljø og utvikling. Norges oppfølging av Verdenskommisjonens rapport*.
- Vangsgraven, Kari og Jervell, Anne Moxsnes 1997. *Fra landbruk til næringsutvikling?* Rapport fra gruppeintervjuer i fem kommuner. NILF-notat 1997:7.
- Zanna, M.P. & Rempel, J. K. 1988. Attitudes: a new look at an old concept in Bar-Tal, D. & Kruglanski, A.W. (eds.). *The Social psychology of knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Ødegaard, Hallvard 1991. *Rensing av kommunalt avløpsvann. En veiledning i valg av renseprosess*. Rev. utg. 91:03. Statens forurensningstilsyn.