

Bruk av livsløpsanalyser (LCA) for å sikre et bedre beslutningsgrunnlag for sluttbehandling av avfall og slam

Av Tommy Johnsen og Bente Pretlove

Tommy Johnsen er utdannet siv.ing. Bente Pretlove har Ph.D grad innen LCA. Begge er ansatt ved Det Norske Veritas (DNV) og arbeider med metodeutvikling og konsulentvirksomhet innen området livsløpsanalyser.

Innlegg på seminar 18. mars 1999

1 Introduksjon

Livsløpsanalyser (LCA) kan defineres som en samling og evaluering av ressursforbruk, utslipp og potensielle miljøpåvirkninger til et system gjennom dets livsløp. Livsløpsanalyser består med å fremme ren teknologi eller renere produksjon i et helhetlig perspektiv, og kan derfor identifisere hvorvidt lokal optimalisering forflytter potensielle miljøpåvirkninger til andre deler av systemet, eller om optimaliseringer er til fordel for hele systemet.

Siden 1990 har det vært en målsetting å gjøre LCA til en uniform og harmonisert teknikk til bruk i miljømessige avklaringer. Dette har medført at livsløpsanalyser har blitt inndelt i fire trinn, som alle er beskrevet i ISO 14041-43 /2/-/4/. I tillegg er prinsipper og rammeverk beskrevet i ISO 14040 /1:

1. Fastsettelse av hensikt og omfang. Omfatter planlegging av den kommende undersøkelsen. (ISO 14041)
2. Oversiktsanalyse. Omfatter data-

innsamling og beregning av totale ressursforbruk og utslipp. (ISO 14041)

3. Effektstudie. Relaterer ressursforbruk og utslipp til effekter i miljøet. (ISO/DIS 14042)
4. Fortolkning. Omfatter analyse av resultater, konkludering og anbefalinger til videre arbeid. (ISO/CD 14043)

De viktigste brukerne av LCA er offentlig forvaltning og industri/næringsliv. Generelt vil livsløpsanalyser kunne benyttes som beslutningsverktøy innen følgende områder:

- Teknologiske valg. Identifisere og sammenligne miljøegenskapene for alternative løsninger.
- Innkjøp/investeringer. Identifisere når beslutninger som påvirker miljøegenskapene til et produkt tas og sørge for at relevant miljøinformasjon integreres i beslutningsprosessen. Identifisere alternativer med bedre miljøegenskaper enn dagens løsning.
- Produktutvikling/forbedring. Iden-

tifisering av den delen av livsløpet med størst potensiale for forbedring. Identifisere og sammenligne alternative teknologier, materialer og design.

- Lovgivning. Identifisere i forhold til hvilke parametre incitamentet bør innføres for å oppnå størst miljømessig forbedring.
- Miljømerking. Utvikling av akseptkriterier og metode for å undersøke om kriterier oppfylles.
- Opplæring. Skape forståelse internt og hos eksterne interessenter for livsløpsbegrepet og den aktuelle aktivitets plassering og bidrag i dette bildet.
- Tilfredsstillende krav fra myndigheter eller kunder.

Under anvendelsen av LCA-resultater er det viktig å vite at en LCA ikke forsøker å uttrykke faktiske eller potensielle absolutte mål på ulike typer effekter, slik som tilfellet er for konsekvensvurderinger eller miljørisikovurderinger. LCA-resultatene benyttes til en relativ sammenligning av systemer kvantifisert i forhold til en funksjonell enhet.

I denne artikkelen vil det fokuseres på LCA benyttet til teknologiske valg innenfor sluttbehandling av avfall samt identifisering av de prosesser som i størst grad bidrar til miljøeffekter. Resultatene og erfaringene er hentet fra livsløpsanalyser utført ved Det Norske Veritas (DNV). To typer avfallsstrømmer er vurdert i to separate studier, henholdsvis husholdningsavfall / 6/ og kloakkslam /7/.

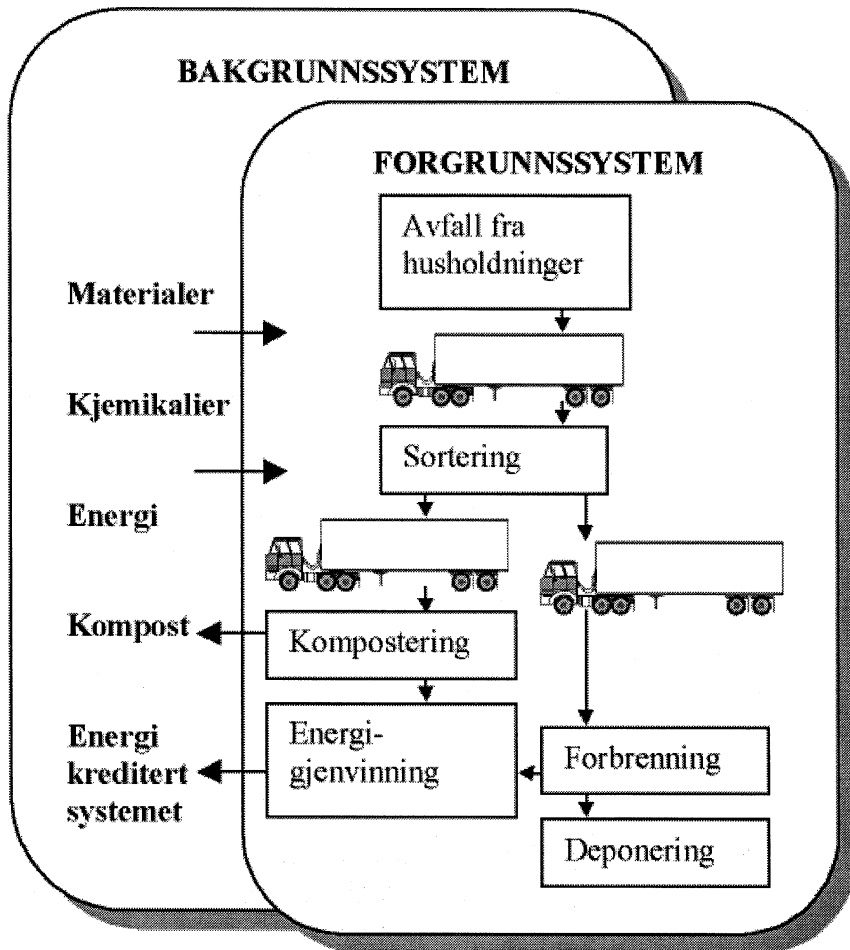
2 Hensikt, omfang og oversiktanalyse

Et livsløpssystem er bygd opp av ulike faser av livsløpet til det studerte produktet. Fasene er igjen bygd opp av prosessenheter som representerer faktiske enkeltprosesser eller geografiske lokasjoner. Videre er enhetsprosessene kategorisert å tilhøre forgrunnssystemet eller bakgrunnssystemet. Forgrunnssystemet består av hovedprosessene som skal analyseres, og data for disse hentes fra leverandører eller eksisterende anlegg. Bakgrunnssystemet består av prosesser som utgjør uttak av råmaterialer, prosessering og produksjon av de material og energimengder som strømmer inn og ut av forgrunnssystemet. Data for disse er i hovedsak hentet fra offentlig tilgjengelige databaser. Figurene 1 og 2 viser det generelle grensesnittet som er brukt i avfallsstudiene for henholdsvis husholdningsavfall og kloakkslam, dvs hvilke enhetsprosesser som er inkludert for beregning av miljøbelastninger.

I tilfellet husholdningsavfall er tre hovedalternativer studert, der varianter finnes innenfor hvert hovedalternativ.

Til sammen 5 alternativer:

1. Innsamling og videresending til forbrenning av alt avfall.
2. Innsamling av alt avfall. Deretter mekanisk sentralsortering der våt fraksjon sendes til kompostering (a-aerob, b-anaerob) og restavfall sendes til forbrenning.
3. Utvidet kildesortering der våt fraksjon sendes til kompostering (a-aerob, b-anaerob) og restavfall samles inn for så å bli sendt til forbrenning.

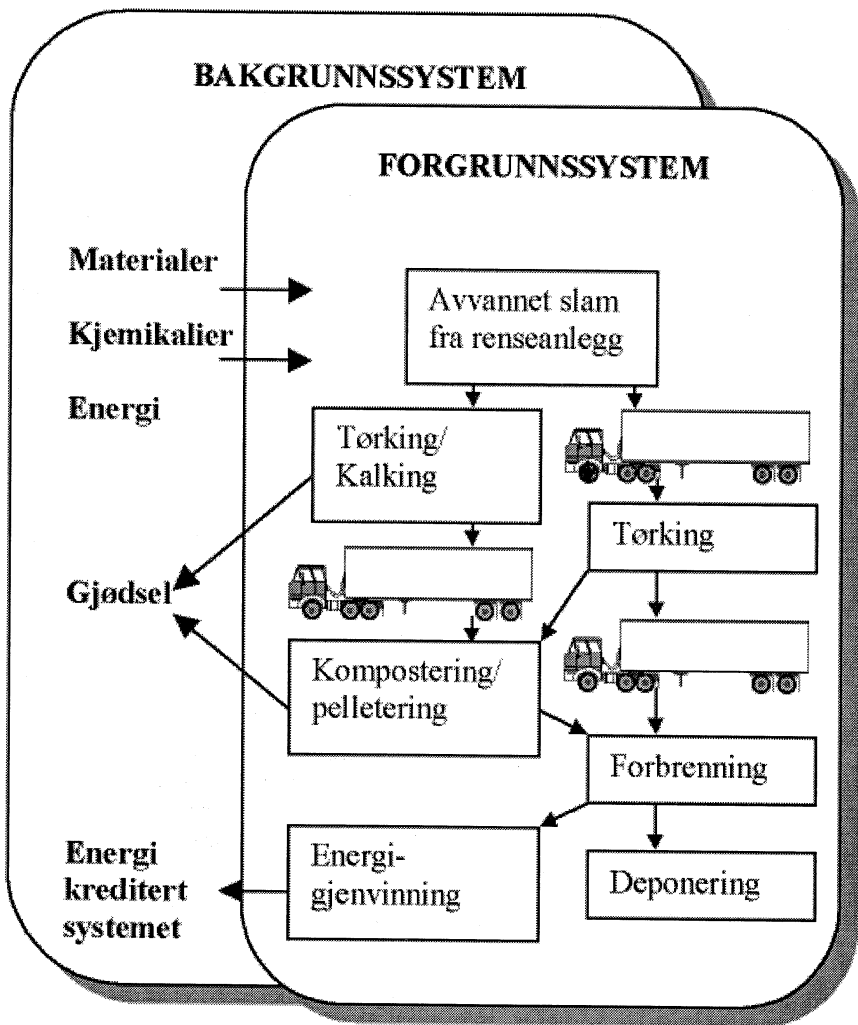


Figur 1. Systemgrenser for studie av husholdningsavfall

I tilfeller kloakkslam er to hovedalternativer studert, der ulike varianter finnes innenfor hvert sitt hovedalternativ.

Til sammen 6 alternativer:

1. Resirkulering av kloakkslam som gjødsel eller jordforbedringsmiddel i landbruket.
 - a) Alt kloakkslam kalkes
 - b) Alt kloakkslam kalkes og komposteres
 - c) Alt kloakkslam tørkes og pelletes
2. Forbrenning av kloakkslam med energigjenvinning.
 - a) Tørking til tørrstoffinnhold 34%
 - b) Tørking til tørrstoffinnhold 45%
 - c) Tørking til tørrstoffinnhold 90%



Figur 2. Systemgrenser for studie av kloakkslam

- Miljøbelastninger knyttet til husholdningsavfallet er beregnet per årlig mengde generert husholdningsavfall fra en kommune på det sentrale Østlandet.
- Miljøbelastninger knyttet til kloakkslammet er beregnet per årlig mengde mottatt kloakkslam ved et renseanlegg på det sentrale Østlandet.

Disse mengdene genererer en strøm med materialer, energi og miljøbelastninger gjennom hver enkelt prosessenhet. Dermed kan alle miljøbelastninger knyttet til de ulike alternativer i husholdningsavfallsstudien angis per årlig generert mengde husholdningsavfall, og alle miljøbelastninger knyttet til de ulike alternativer i kloakkslamstudien angis per årlig motatt mengde kloakkslam. Deretter kan alle like miljøbelastninger fra ulike prosessenheter aggregeres. Dette blir da resultatene fra oversiktsanalysen.

3 Effektstudie

I tilknytning til studiene for husholdningsavfall og kloakkslam er det på bakgrunn av oversiktsanalysen utført en effektstudie. Effektstudien innebærer at utslipp til luft, vann og jord, ressursforbruk og andre miljøbelastninger (f.eks. støy, lukt) blir kategorisert i effektkategorier. Videre blir miljøbelastningenes relative bidrag til hver effektkategori kvantifisert (karakterisering). Dette gjør det mulig å aggregere miljøbelastninger som bidrar til samme effektkategori.

Det er videre mulig å aggregere effektkategoriene ved å vekte deres relative viktighet i forhold til hverandre. En slik vektning innebærer imidlertid en stor grad av subjektivitet og det finnes ikke noen enkelt anerkjent metode som kan benyttes. Denne usikkerheten innebærer at vektningen ofte blir utelatt. Så er også tilfelle for de to avfallsstudiene. Figur 3 på neste side viser en oversikt over alternative nivåer resultater kan presenteres på.

I studiene for husholdningsavfall og kloakkslam er ikke de boksene med stiplet ramme og kursiv skrift inkludert. De resterende kategoriene benyttes til å sammenligne hver av de teknologiske valgene innenfor hver enkelt studie. (Figuren gir ikke en komplett oversikt, den er ment som en illustrasjon på en mulig tilnærming. En god oppdatert oversikt over ulike metoder for hvordan kategorisere, karakterisere og vekte resultater er gitt i LCA dokumentet fra European Environment Agency /5/.)

Resultatene fra studiene kan videre benyttes sammen med andre beslutningsstøtteverktøy som tar hensyn til økonomiske, sosiale, teknologiske og mer stedsspesifikke aspekter.

Det er viktig å understreke at de beregnede resultatene kun er gyldig for de angitte avfallsstrømmene og med de forutsetninger og antagelser som er lagt til grunn for de to studiene.

4 Resultater for husholdningsavfall

Resultatene nedenfor viser hvordan forbrenning av alt avfall faller ut sammenlignet med mekanisk sentralsortering, kompostering (aerob/anaerob) av det våtorganiske avfallet og forbrenning av restavfallet. Dette refererer til de tre alternativene sammenlignet i figur 4.

Det er forutsatt at biogass fra kompostering benyttes til fjernvarme som erstatter forbrenning av olje, og at restavfall forbrennes og gir gjenvunnet varme som erstatter forbrenning av olje.

Resultatene er presentert som de tre alternativenes relative bidrag til 8 ulike effektkategorier. En total sammenlig-

ning er også utført der alle effekt-kategorier er tillagt lik vekt og summert.

Det ses av figur 4 på neste side at forbrenningsalternativet fremstår som det beste og anaerob kompostering alternativet som det nest beste for alle effekt-kategorier bortsett fra for avfalls-generering. For denne kategorien er anaerob kompostering det beste alternativet og forbrenning det dårligste.

Det er vurdert hvor følsomme resultatene er for endringer i systemet. Følgende resultater oppnås ved ulike endringer:

- Dersom biogass benyttes til elektrisitetsproduksjon vil egenskapene til anaerob kompostering bli noe dårligere, men rangeringen endres ikke.
- Dersom forbrenningsanlegget øker leveransen av elektrisitet på bekostning av fjernvarme vil dette kunne medføre at egenskapene til forbrenningsalternativet totalt sett blir dårligere enn for anaerob kompostering. Tilsvarende vil gjelde dersom et reelt forbrenningsanlegg med lavere virkningsgrad enn det som er valgt i referansesystemet benyttes.
- Dersom biogass benyttes til elektrisitetsproduksjon eller varme og restavfallet går til deponi vil egenskapene forverres betraktelig for de to komposteringalternativene.
- Dersom et forbrenningsanlegg velges med plassering lang unna sorteringen (10-20 mil) vil dette medføre at forbrenningsalternativet blir det dårligste med hensyn på dannelse av fotokjemisk smog.

5 Resultater for kloakkslam

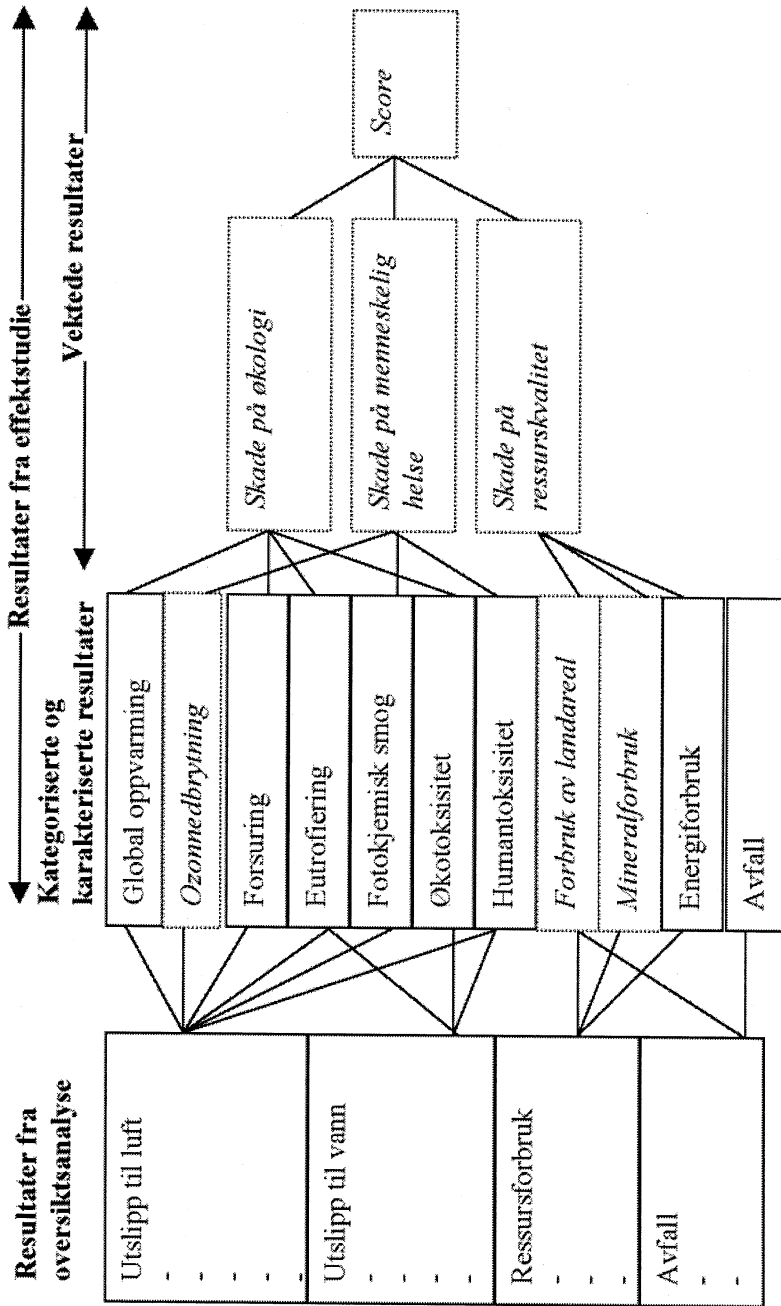
De samme effekt-kategoriene er benyttet her som i studien for husholdningsavfall. Resultatene er knyttet til sammenligning av alternativene gitt under, som referer til alternativene sammenlignet i figur 5:

- Alternativ 1a -Alt kloakkslam kalkes
- Alternativ 1b -Alt kloakkslam kalkes og komposteres
- Alternativ 1c -Alt kloakkslam tørkes og pelleteres
- Alternativ 2b -Tørking til tørrstoffinnhold 45% og forbrenning med energigjenvinning

Det er forutsatt at tørkingen er basert på energi i form av deponigass. Deponigassen anses som avfall, det vil si at systemet får kreditering for å ta deponigassen i bruk. Forbrenning gir gjenvunnet varme som igjen erstatter forbrenning av olje. Miljøbelastninger knyttet til mulige langtidseffekter fra bruk av forurenset slam er ikke vurdert.

Det ses av figur 4 at alternativet med tørking og forbrenning kommer totalt sett best ut. Ytterligere studier viser at jo større andel tørrstoff, dess bedre. Alternativene der slamm benyttes til gjødsel kommer dårligst ut. Viktigste forklaringer er den høye miljøbelastningen knyttet til produksjon av kalk og et relativt høyt fratrekk systemet får ved å levere energi som erstatter olje.

Når det gjelder de enkelte effekt-kategoriene er resultatene tilsvarende som over for samtlige effekt-kategorier bortsett fra for dannelse av fotokjemisk smog og avfallsgenerering, der hen-



Figur 3: Ulike nivåer av aggregering LCA resultater kan presenteres på

holdsvis kalket slam og pellets kommer best ut.

Dersom deponigassen som benyttes til tørking anses som en ressurs vil systemene få en ekstra belastning knyttet til dette forbruket. Rangeringen av alternativene vil ikke endre seg, men forskjellen mellom dem vil minske betraktelig.

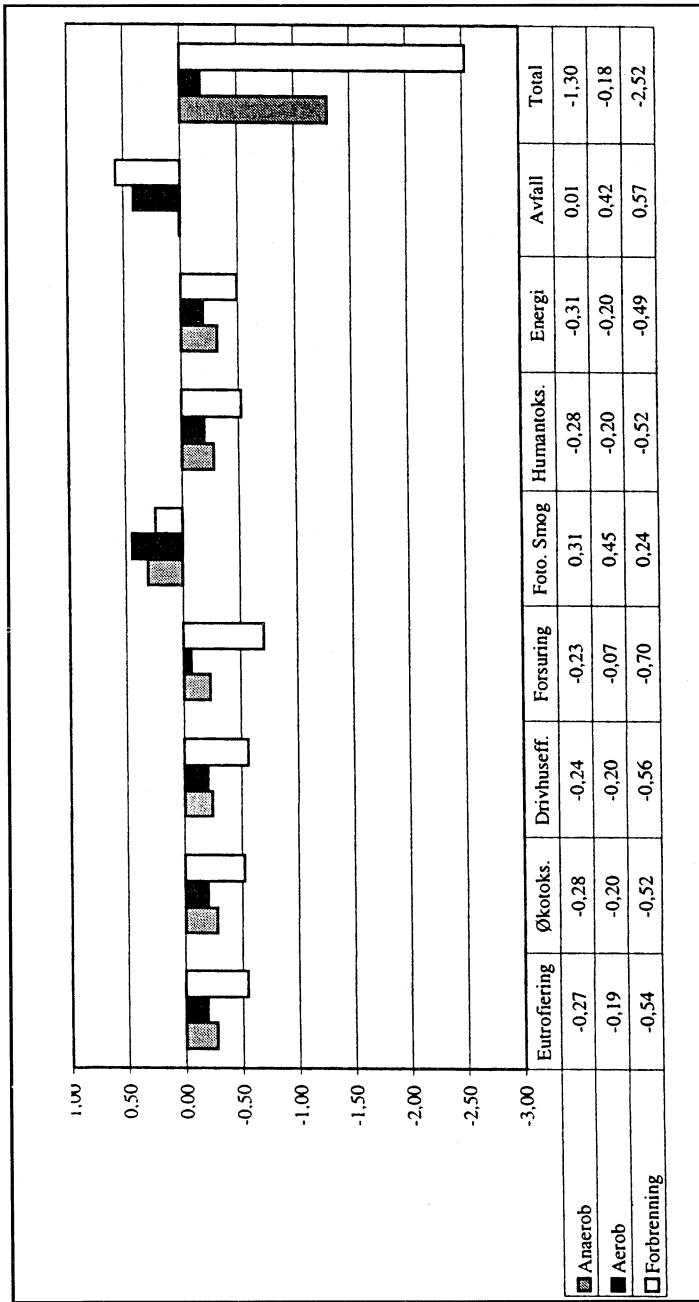
6 Konklusjoner og utfordringer videre

- Systemer med stor grad av energigjenvinning kommer oftest godt ut grunnet kreditering. Kreditering er det fratrekk systemet får når det leverer noe som er til nytte for andre systemer.
- Resultatene er følsomme for antagelser om at gjenvunnet varme/gass erstatter elektrisitet (norsk vannkraft) eller oljefyring (oppvarming), der sistnevnte kommer best ut. Grunnen til dette er stor kreditering for oljefyring ettersom fremstilling av olje har store kvantifiserte miljøbelastninger, og relativt liten kreditering for elektrisitet ettersom norsk vannkraft har små kvantifiserte miljøbelastninger. I tillegg kommer tap ved overføring fra varme til elektrisitet.
- Jo mer biogass som produseres fra kompostering av avfall og utnyttes som erstatning for olje, dess bedre. Hvor mye og hvilken type energi komposteringsprosessen krever virker også inn, der høyteknologiske prosesser basert på elektrisitet kommer best ut.

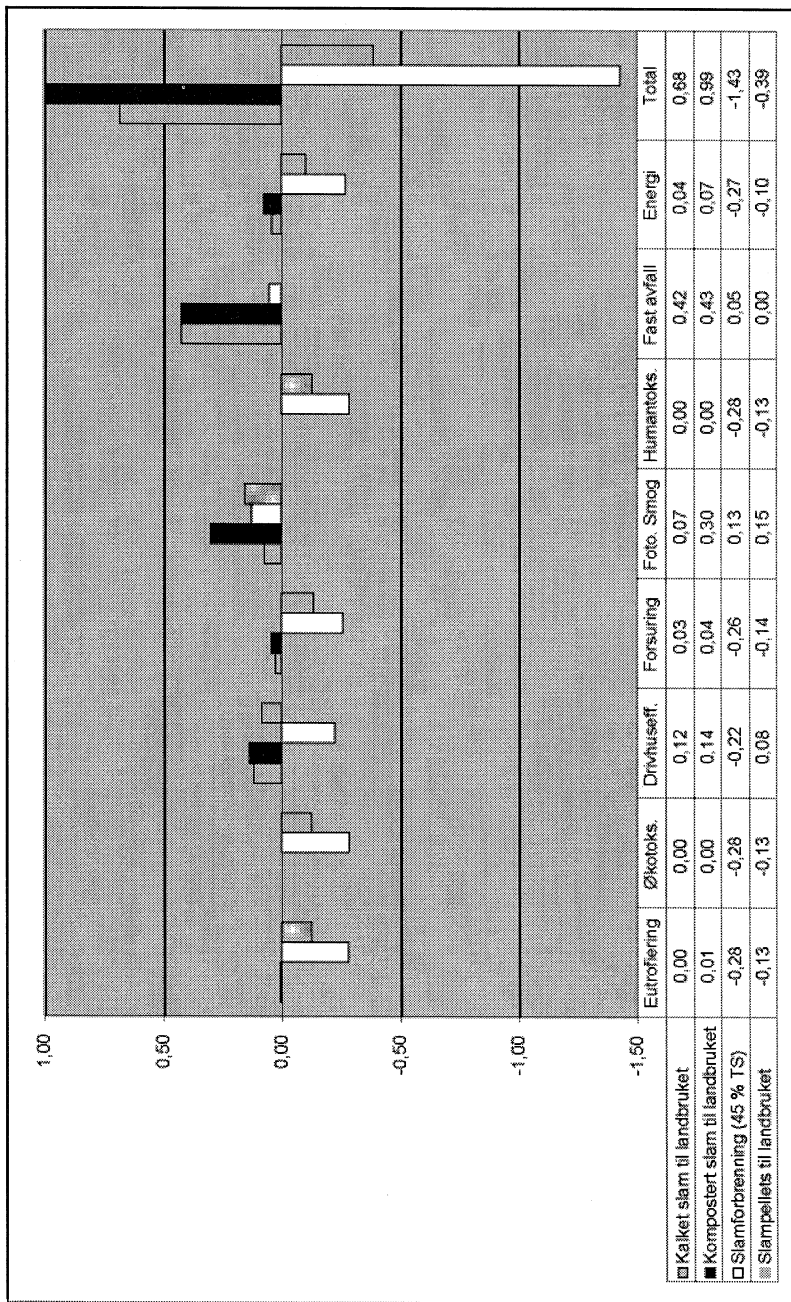
- Argumentet for kompostering av avfall avhenger av at både den våtorganiske fraksjonen og restavfallet fra sorteringen utnyttes. Fortrinnsvis til forbrenning til erstatning av varme basert på oljefyring.
- Resultater for dannelse av fotokjemisk smog er følsomme for avstanden mellom avfallets opprinnelsessted og plassering av forbrenningsanlegg.
- Miljøbelastninger knyttet til utvinning og produksjon av kalk er viktig for bidraget til de totale miljøbelastningene knyttet til bruk av slam i landbruket. Dette er en av de viktigste årsakene til at forbrenning er et bedre alternativ enn kalking og spredning i landbruket. I tillegg får kalket slam som gjødsel mindre kreditering enn avfall som energikilde.
- For forgrunnssystemet er norske/nordiske data tilgjengelig bortsett fra for anaerob kompostering. Data for bakgrunnssystemet er tilgjengelig i databaser.

Det ligger en stor utfordring i å etablere bidragsfaktorer innenfor effekt-kategorier som virker hovedsakelig lokalt. Per i dag er disse basert på europeiske gjennomsnittsdata, og geografiske variasjoner i sårbarhet blir ikke tatt hensyn til.

For å kunne angi og sammenligne totalt summerte miljøbelastninger er det nødvendig å ha alternative vektings-systemer tilgjengelig, tilpasset norske forhold.



Figur 4. Resultater fra effektstudie av alternative løsninger for husholdningsavfall



Figur 5: Resultater fra effektstudie av alternative løsninger for kloakkslam

Det bør fremskaffes data for å kunne fordele utslipp av forbrennings- og deponiggasser mellom ulike typer avfallsfraksjoner. Dette er spesielt relevant når spesielle fraksjoner som papir, plast etc. skal vurderes.

Langtidsvirkninger fra bruk av slam som gjødsel bør identifiseres. Videre bør det evalueres hvordan disse effektene inkluderes i en LCA. Det er også usikkerheter knyttet til hvor mye kunstgjødsel kompostert slam og husholdningsavfall kan substituere.

Da resultatene er meget avhengig av god avkastning på gjenvunnet energi bør dette studeres i mer detalj for begge studiene.

7 Referanser

- /1/ ISO 14040:1997 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework
- /2/ ISO 14041:1998 Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis

- /3/ ISO/DIS 14042 Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment
- /4/ ISO/CD 14043 Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle interpretation
- /5/ European Environment Agency (1997): Life Cycle Assessment (LCA) – A guide to approaches, experiences and information sources.
- /6/ Pretlove, B., Estensen, A.S. (1999): Livsløpsanalyse for behandling av husholdningsavfall. Rapport nr. 99-3126 (konfidensiell), Det Norske Veritas AS.
- /7/ Pretlove, B.(1999): Livsløpsanalyse av metoder for slambehandling. Rapport nr. 99-3414 (konfidensiell), Det Norske Veritas AS.