

Bruk av livsløpsanalyser i bærekraftsvurderinger - metoder og praksis

Av Elin Økstad

Elin Økstad er seniorforsker ved Institutt for Forebyggende Miljøvernforskning, Stiftelsen Østfoldforskning

Innlegg på seminar 4. februar 1997

Det er spesielt innenfor to områder at livsløpsanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) har hatt sin hovedanvendelse i den senere tid; som et verktøy i miljøstyring og i produktutvikling. Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) har i løpet av de siste årene gjennomført en rekke slike prosjekter for nordiske bedrifter og myndigheter.

Livsløpsanalyse som teknikk kan gjennomføres for alle typer produkt-systemer. Det er en metode for å systematisere og presentere miljødata «fra vugge til grav» for å identifisere hvilke delprosesser og parametre som gir de største miljøbelastningene, og for å gi en basis for å kunne foreta konsept- eller prosessvalg som gir mindre miljøbelastninger totalt sett.

Historikk

Livsløpsvurderinger har vært gjennomført siden slutten av 1960-årene, i de

første årene særlig innen energisektoren. Interessen for et verktøy til å analysere produkters miljøprofil har økt kraftig i 1990-årene. Dette har ikke minst sammenheng med den nye miljøpolitiske utviklingen, der industrien både tar og får et langt større ansvar for de miljøproblemer som oppstår i alle ledd av produktets livsløp. Slike vurderinger vil også innbefatte dialog med myndigheter og kunder/ leverandører utenfor bedriften og det er viktig at det utvikles en mest mulig harmonisert, og der det er mulig, standardisert metode for gjennomføring av livsløpsvurderinger.

Metodeutviklingen har pågått særlig intenst de siste 7-8 årene. Organisasjonen Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) har koordinert mye av arbeidet med metodeutviklingen. Dette arbeidet har bl.a. resultert en "Code of Practice" (SETAC 1993). Det foregår også en utvikling av en standard for livsløpsanalyse i regi av International Standardisation Organisation (ISO) som et element av miljøle

delsesserien 14000. Også på nordisk plan har interessen for metodeutvikling vært stor både fra myndigheter og industriens side. Dette resulterte i et felles nordisk prosjekt med STØ som norsk representant, med formål å lage retningslinjer for livsløpsvurderinger til bruk for myndigheter og bedrifter i forbindelse med konsesjonsspørsmål, miljøregulering, avgiftsspørsmål m.m. (Lindfors et al. 1995a). Manualen gir retningslinjer for anvendelsen av LCA til slike formål. I tillegg ble metodeutviklingen som lå til grunn for manualen dokumentert i to såkalte tekniske rapporter, (Lindfors et al. 1995b, Lindfors et al. 1995c).

Det er også gjennomført et felles nordisk prosjekt med formål å utvikle metoder og en håndbok i miljøtilpasset produktutvikling (Hanssen et al. 1995), samt gjennomføre case-prosjekter for uttesting av disse i konkrete prosjekter.

Litt om LCA-metodikk

Livsløpsvurderinger som metode ivaretar miljø- og ressursforhold langs verdikjeden til et produkt eller en aktivitet, og har som formål å gi svar på følgende spørsmål

- Hva er de viktigste utslipp/ressursforbruk for et produktsystem?
- Hvor i livsløpet til produktsystemet oppstår disse?
- Hvor er potensialet for forbedringer størst?

Resultatene fra en livsløpsvurdering vil kunne benyttes som underlag, ofte sammen med annen informasjon, for ulike beslutningsprosesser.

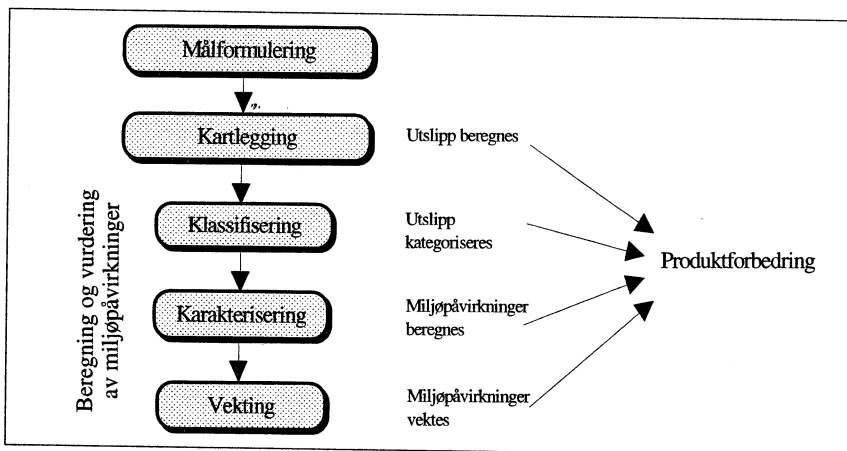
En livsløpsvurdering tar utgangspunkt i et produktsystem, og vurderer helse-, miljø- og ressursmessige forhold ved dette systemet gjennom hele produktets livsløp (fra "vugge til grav"). Tre sentrale poenger ved en livsløpsvurdering er derfor at:

1. Man ser på hele det tekniske systemet som skal til for å frembringe, bruke og avhende produktet (systemanalyse) og ikke bare på produktet som sådan.
2. Man ser på hele materialsyklusen langs produktets verdikjede og ikke bare på en enkel operasjon eller bearbeidingsprosess for et produkt (f.eks. råstoffraffinerings).
3. Man ser på alle relevante helse-, miljø- og ressurspåvirkninger for hele systemet og ikke bare på en enkelt miljøfaktor (f.eks. utslipp av enkelte komponenter).

De fire hovedelementene i metoden er målformulering, kartlegging, miljøpåvirkninger og forbedring. Dette er vist i figur 1 på neste side.

En livsløpsvurdering kan som regel ikke vurdere annet enn de potensielle påvirkninger et produktsystem kan ha på sine omgivelser. Dette er et viktig utgangspunkt for å forstå prinsippene og metodene for vurdering av miljøpåvirkninger i livsløpsvurderingen, som for alle typer påvirkninger forsøker å vurdere de maksimale påvirkninger et system kan ha på omgivelsene.

Vurdering av miljøpåvirkninger i en livsløpsvurdering består av tre elementer:



Figur 1: Fasene i en livsløpsvurdering. (SETAC)

Klassifiseringstrinnet (Classification): Inndeling i kategorier av påvirkning I "Nordic Guidelines" foreligger følgende liste over klassifisering av miljøpåvirkninger:

- *Impacts on Resources:*
Energy and materials, water, land
- *Impacts on Human Health:*
Toxicological impacts, non-toxicological impact, human health impacts in work environment
- *Ecological Impacts:*
Global warming, depletion of stratospheric ozone, acidification, eutrophication, photo-oxidant formation, ecotoxicologica impacts, habitat alterations and biological diversity

Evaluering av bidrag til ulike miljøpåvirkninger (Characterisation):

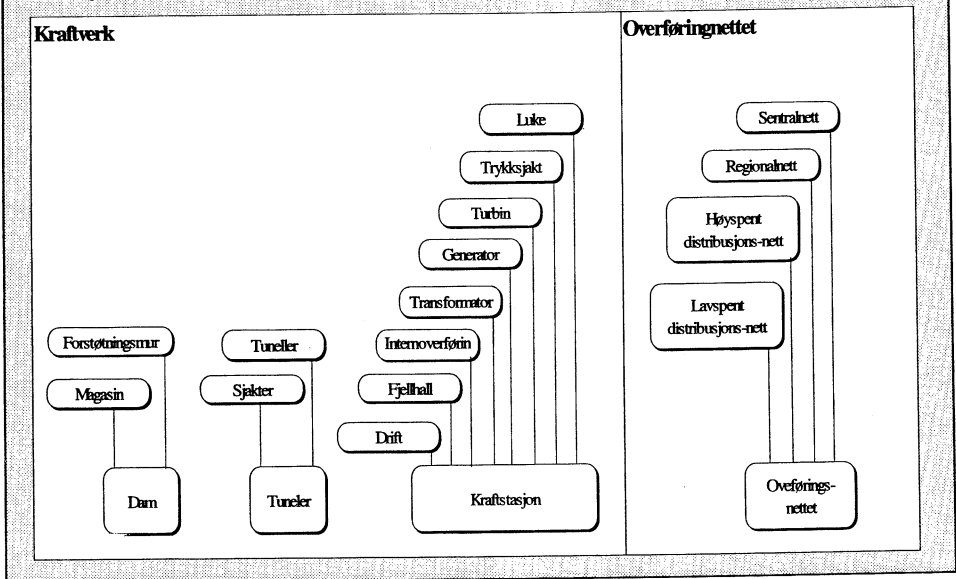
I dette trinnet øker usikkerheten i livsløpsvurderingen betydelig, fordi det for mange typer påvirkninger hersker stor usikkerhet i omregningsfaktorer basert på dose/respons-forhold og fordi det

for mange påvirkninger mangler aksepterte omregningsfaktorer. De miljøpåvirkninger som pr. idag har best grunnlag for å gjennomføre en evaluering, synes å være forbruk av fornybare og ikke-fornybare ressurser, globale klimaeffekter, ozonnedbryting, forsurening og gjengroing av vann og vassdrag.

Vekting av ulike miljøpåvirkninger (Valuation).

I mange tilfeller vil det være ønskelig å komme frem til en samlet vurdering av ulike miljøpåvirkninger fra et produktsystem, eller å kunne rangere de ulike miljøpåvirkningene mot hverandre etter viktighet. En slik vekting vil alltid inneholde et element av subjektivitet og verdivalg. Fastsettelsen av verdiene på vektingsparametrene kan aldri være basert på et strengt naturvitenskapelig metodegrunnlag. Vektingstrinnet er derfor et av de trinnene i livsløpsvurderingen som er kommet kortest i metodeutviklingen, og som også er mest omdiskutert.

Produktsystem for 1 kWh fram til generell forbruker sett over en tidsperiode på 60 år



Figur 2: Produktsystem for produksjon av elektrisitet basert på vannkraft

Eksempler på anvendelse av livsløpsanalyse

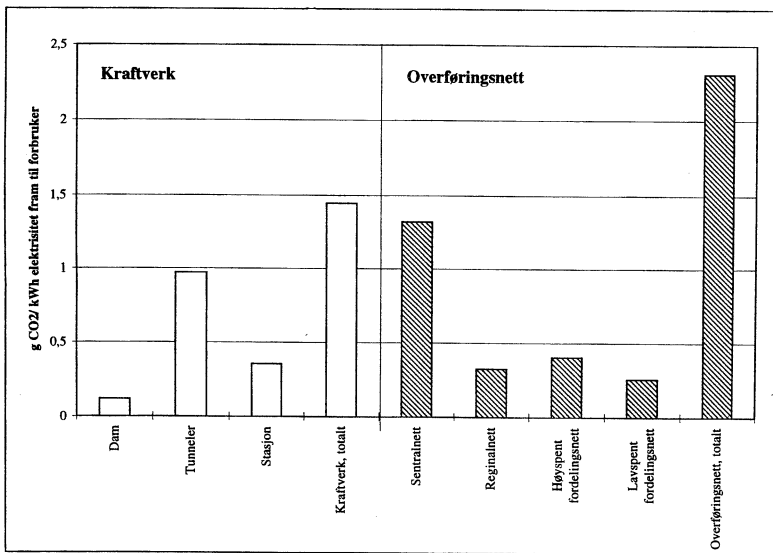
Det er spesielt innenfor to områder at LCA har hatt sin hovedanvendelse i den senere tid; som et verktøy i miljøstyring og i produktutvikling.

Stiftelsen Østfoldforskning (STØ) har i løpet av de siste årene gjennomført en rekke slike prosjekter for nordiske bedrifter og myndigheter. Ett av våre kjennemerker er at teori/ metodeutvikling (analyseverktøy) og anvendelse går hånd i hånd. Det vil si at i flere av delprosjektene er det elementer både av metodeutvikling og utprøving i praksis. Ved gjennomføring av prosjekter innen livsløpsanalyse vil de konklusjoner som fremkommer i rapportform være ett av resultatene, mens en økt forståelse av produktsystemet vil være et annet, og kanskje viktigere, resultat. Livsløps-

analyse kan anskueliggjøre konsekvenser av ulike beslutninger og valg som tas av både produsenter, forbrukere og forvaltning/myndigheter, og slik informasjon kan gi grunnlag for å kunne ta «mer bærekraftige» valg ved senere beslutningssituasjoner.

Vi legger derfor vekt på å gjennomføre livsløpsanalyser i tverrfaglige prosjektteam hos oppdragsgiver. Ved å vurdere systemer i et livsløpsperspektiv får prosjektdeltagerne kjennskap til sitt produkts miljøpåvirkninger gjennom livsløpet, og ikke bare ut fra den delen av produksjonsprosessen som de befatter seg med til daglig.

STØ har gjennomført livsløpsanalyser av en lang rekke produkter og systemer, og for å vise spennvidden i disse analysene er noen eksempler tatt med her:



Figur 3. Utslipp av CO₂ gjennom livsløpet

LCA av energiproduksjon (Vold et al 1996)

Målet for dette prosjektet har vært å teste ut LCA som metode for å kartlegge og vurdere miljøbelastninger fra norsk elektrisitet basert på vannkraft. Grunnlaget for beregningene var 1 kWh levert fra Jostedalen Kraftverk til generell forbruker i Norge, basert på drift og vedlikehold i 60 år for anlegg og overføringsnett. Figur 2 viser produktsystem for el-kraft.

Denne systembeskrivelsen viser at det er et svært omfattende produkt som skal analyseres, og at det er behov for en systematisk tilnærming for å få frem resultater som gjør at det er lett å trekke konklusjoner om hvordan en bærekraftig utvikling av produktet «elektrisitet fra vannkraft» kan gjennomføres.

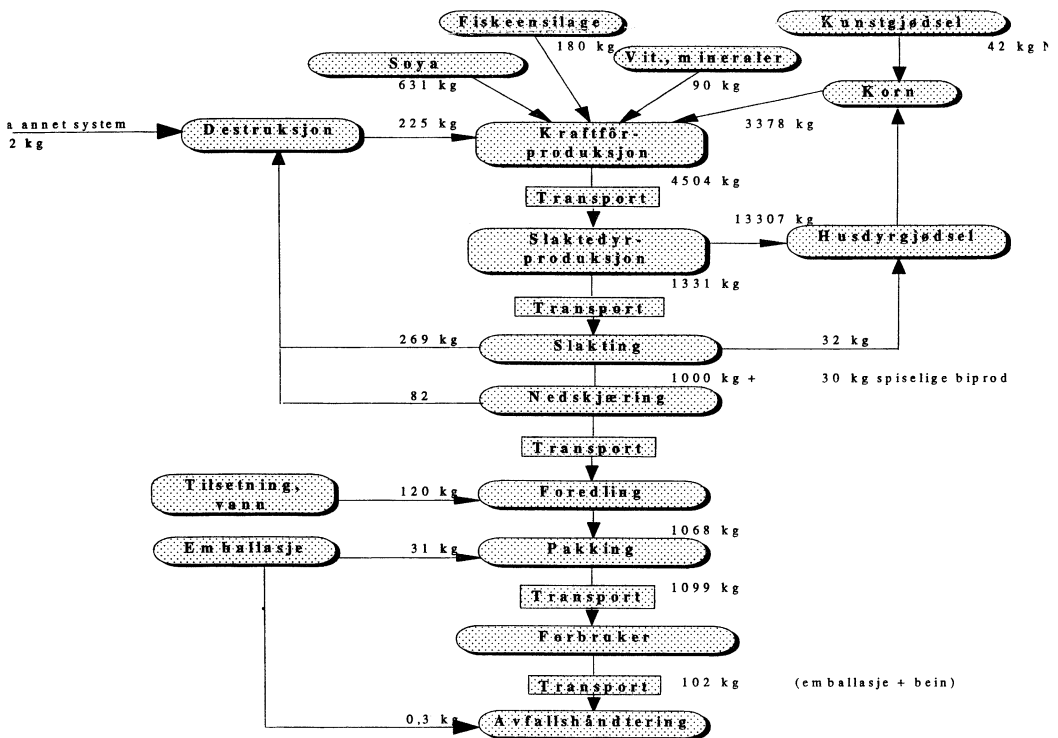
Resultatene fra analysen er både basert på bruk av vektingsmodeller på de totale miljøbelastningene, samt på de identifiserte parametrene som ble funnet å gi de største belastningene over

livsløpet. Utslipp av CO₂ over livsløpet er et delresultat, og ble vist i følgende fremstilling (figur 3):

En av konklusjonene fra denne studien var at de fleste kvantifiserte miljøparametre synes å være knyttet til overføringsnett, særlig ved produksjon av master, liner og kabler. Utslipp og forbruk av ikke-fornybare ressurser knyttet til kraftverket skyldtes i hovedsak transportaktivitet i anleggsperioden. Livsløpsanalyse som metode gir pr. idag ikke grunnlag for å kvantifisere alle miljø- og ressursforhold knyttet til produktet elektrisitet (særlig i forhold til aspekter knyttet til verdien av «uberørt natur»), men synes å være et godt supplement til de eksisterende konsekvensutredningene.

LCA av kjøtt (Vold & Møller, 1995)

Et eksemplet på en annen livsløpsanalyse er en LCA av lamme- og svinekjøtt på oppdrag fra Norsk Kjøtt. Formålet med prosjektet var å gjennomføre en



Figur 4: Systembeskrivelse av svinekjøtt-produksjon

livsløpsvurdering av svine- og lammekjøtt fra "jord til bord" for å fastlegge hvor i verdikjeden framtidige ressurser bør settes inn for å sikre en kjøttproduksjon som gjennomføres med minst mulig (og riktig) ressursforbruk og på en mest mulig miljøriktig måte. Gris er valgt ut fra at det er den viktigste kraftfôrbaserte husdyrproduksjonen med en intensiv produksjonsform. Sau er valgt ut fra at denne produksjonen representerer det andre ytterpunktet, basert på grovfôr og utnyttelse av utmarksbeiter. Figur 4 viser systembeskrivelse for svinekjøtt.

Ved sammenligning av svinekjøtt og lammekjøtt er det lammekjøtt som har den største totale miljøbelastning. Sammenligningen er foretatt på basis av 1000 kg varmvekt ved slakting. Lam har en lavere utbytteprosent, slik at det

er behov for flere lam i slaktedyraproduksjonen enn for gris (basert på vekt) for å oppnå den aktuelle mengden kjøtt. I tillegg kreves et større antall avlsdyr for å oppnå det nødvendige antall slaktedydyr og fôringsperioden er lenger. Forskjellen mellom systemene skyldes også utslipp av metan fra lam som en følge av drøvtyggerfunksjonen.

Denne analysen og LCA som metode har klare begrensinger ut fra andre aspekter enn de rent kvantifiserbare utslipp og ressursforhold, slik som hva som er best for dyrene eller bidrag til desentralisert landbruk (fjellbeite kontra oppdrettsanlegg, utnyttelse av fjellbeite osv). Analysen gir derfor ikke et definitivt svar på hvilket av de to systemene for slaktedyraproduksjon som er "best", men den gir retningslinjer for hvilket av systemene som har størst

potensiale for utslippsreduksjoner. Metoden er også egnet til å vise hvor i livsløpet utslippspotensialét er størst.

Aktuelle forbedringspotensialer som ble nevnt i denne analysen var bl.a.

- * Bedre behandling av husdyrgjødsel og riktig spredning av gjødselen i forhold til vekstsesong
- * Bedre behandling av avløpsvann for å ta vare på det organiske materialet
- * Tiltak forenergiøkonomisering i slakterier og i foredlingsbedrifter
- * Videreføre påbegynte tiltak for rasjonell transport i distribusjonsleddet vil redusere bruk av fossil brensel.

Det er også gjennomført flere analyser for myndighetene som innspill til virkemiddelutvikling. En studie av emballasje (Møller og Økstad 1995) konkluderte med at det ikke er materialvalg i emballasjen som er av betydning i en miljøvurdering, men hvor optimalt disse materialene blir utnyttet ved bruk (ved ombruk eller resirkulering av materiale eller av energitutteltelse).

I produktutvikling blir livsløpsanalyser brukt til å simulere konsekvenser ved ulike valg, f.eks ved konseptvalg, materialvalg og distribusjonsmetoder. For tiden blir det gjennomført et prosjekt i møbelbransjen for å utvikle og teste ut metoder for «Bærekraftig produksjon og produktutvikling». 3 møbelprodusenter er pilotbedrifter, og utvikler kriterier for en bærekraftig produksjon og produktutvikling i sin bransje.

Anvendelse av livsløpsanalyse i offentlig sektor

Så langt er det i hovedsak store konsern og bedrifter som har tatt i bruk LCA og

lignende verktøy både som miljøstyringsverktøy og inn i produktutviklingsprosessen, og som en konsekvens av dette, har nok metodeutviklingen og anvendelsen tilpasset seg deres behov. Men i prinsippet er disse verktøyene like anvendelige for andre typer «produksjonsprosesser» som service-næringer i kommunal sektor. Det er en økt interesse for miljøledelses-systemer og miljørevisjon i kommuner, og bruk av verktøy som livsløpsanalyser kan gi viktige innspill til forståelsen av systemer og hvordan disse påvirker hverandre, samt gi et bedre grunnlag for optimalisering av miljøforhold.

Vann som resipient og som ressurs er gjennomgående stemoderlig behandlet i livsløpsanalyser utført i Norge så langt. Dette kanskje fordi vann blir betraktet som et «overflødighetsgode» her i Norge, samt at miljøpåvirkningene i vann ofte er lokale. Det er de globale og regionale miljøaspektene som i store trekk omfattes i livsløpsanalyse fordi påvirkningene kan regnes som potensielt like store uavhengig av hvor de kommer fra. For mer lokale påvirkninger, som f.eks kloakk til vann, vil påvirkningene avhenge av renseteknikk og resipientforhold. Imidlertid kan en gjennomføre «klassiske» livsløpsanalyser også av vannsystemer hvis en har kunnskap om systemet og bruker de begreper for klassifisering og karakterisering av påvirkninger som gjelder innen bransjen.

Ved Swiss Federal Institution of Technology i Lausanne er det bl.a. startet et prosjekt kalt «Life Cycle Assessment of drinking water management and do-

mestic use of rain water» med formål å kvantifisere de miljømessige og økonomiske fordelene og ulempene ved bruk av regnvann som sanitærvann sammenlignet med konvensjonelle vannkilder. Det skal gjennomføres livsløpsanalyse på vannforsyning og bruk i husholdningene, og det skal gjennomføres beregninger av scenarier for alternative vannkilder og behandlingsmetoder.

Oppsummering

Eksemplene som er vist illustrerer at livsløpsanalyse kun omfatter kvantifiserbare miljøpåvirkninger, og har ingen måte å fange opp «biodiversitet» eller etikk. Resultatene fra livsløpsanalyse må derfor brukes med varsomhet, da de hverken kan gi svar på «alle» spørsmål, eller det kan settes to streker under svaret. Imidlertid er livsløpsanalyse som teknikk anvendbar på alle typer produktsystemer. Det er en metode for å systematisere og presentere miljødata «fra vugge til grav» for å lette forståelse for hvilke delprosesser og hvilke parametre som gir de største miljøbelastningene, og som kan danne grunnlag for å foreta «riktigere» valg for å minske miljøbelastningene totalt sett.

"Renere Teknologigruppe i Nordisk Ministerråd skal arrangere et nordisk LCA-seminar i Oslo den 6. og 7. oktober. Seminaret vil belyse erfaringer og bruksområder for LCA. Ta kontakt med Stiftelsen Østfoldforskning (tlf. 69 35 11 00 eller fax 69 34 24 94) for nærmere informasjon.

Referanser

- Amundsen, A. 1994: "Miljøteknologi og renere produksjon", Universitetsforlaget, Oslo.
- Hanssen, O-J. et al. 1995: Sustainable product Development. Methods and Experiments from Case Projects. Final report from the NEP project. OR.28.95., Stiftelsen Østfoldforskning, Fredrikstad.
- Lindfors, L.G., K. Christiansen, L. Hoffmann, Y. Virtanen. V. Juntilla, O.J. Hanssen, A. Rønning, T. Ekvall, G. Finnveden 1995a: Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment. Nord 1995:20, København.
- Lindfors, L.G., K. Christiansen, L. Hoffmann, Y. Virtanen. V. Juntilla, O.J. Hanssen, A. Rønning, T. Ekvall, G. Finnveden 1995b: LCA-Nordic Technical Reports no. 1-9. Nord 1995:502, København.
- Lindfors, L.G., K. Christiansen, L. Hoffmann, Y. Virtanen. V. Juntilla, O.J. Hanssen, A. Rønning, T. Ekvall, G. Finnveden 1995c: LCA-Nordic Technical Reports no. 10 and Special Reports no. 1-2. Nord 1995:503, København.
- Møller, H. og E. Økstad 1995: Miljø- og ressursmessige forhold ved emballasje. En livsløpsvurdering. Rapport OR 12.95. Stiftelsen Østfoldforskning, Fredrikstad, Norge.
- SETAC 1993: Guidelines for Life-Cycle Assessment: A «Code of Practice». Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Brussels.
- Vold, M. og Møller, 1995: «Livsløpsanalyse ved kjøttproduksjon- En vurdering av svine- og lammekjøttproduksjon», STØ OR 53.95, ISBN nr : 82-7520-226-4, Fredrikstad
- Vold, M. et al.: 1996: «LCA av norskprodusert elektrisitet basert på vannkraft». STØ OR 18.96, ISBN nr 82-7520-258-2, Fredrikstad