

Miljøprojekt Nr. 687 2002

Vejledning i kritisk gennemgang af LCA

Ninna Caspersen og Henrik Wenzel
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for produktudvikling

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSION	7
1 INTRODUKTION	9
1.1 VEJLEDNINGEN	10
1.2 ISO-STANDARDENE FOR LIVSCYKLUSVURDERING	11
1.3 TYPER AF KRITISK GENNEMGANG OG REVIEWERE	12
1.3.1 <i>Intern eller ekstern kritisk gennemgang</i>	12
1.3.2 <i>Panel</i>	13
1.3.3 <i>Detaljeringsgrad</i>	13
1.4 REVIEWERENS KVALIFIKATIONER OG BAGGRUND	14
1.4.1 <i>Udvælgelse af reviewer</i>	14
1.4.2 <i>Udførerens kvalifikationer</i>	15
1.5 BUDGET TIL KRITISK GENNEMGANG	15
1.5.1 <i>Budgettet afhænger af typen af reviewet</i>	15
1.5.2 <i>Budgettet afhænger af omfanget og kompleksiteten af undersøgelsen</i>	16
1.5.3 <i>Gennemskuelighed af rapporten</i>	17
2 HVORDAN SKAL DEN KRITISKE GENNEMGANG UDFØRES?	19
2.1 HVORDAN SKAL PROCESSEN FOR DEN KRITISKE GENNEMGANG FOREGÅ?	20
2.2 HVILKE OMRÅDER SKAL DÆKKES?	21
2.2.1 <i>Checklisten</i>	22
2.3 UDDYBNING AF UDVALGTE ELEMENTER	25
2.3.1 <i>Definition af formål</i>	25
2.3.2 <i>Definition af afgrænsning</i>	26
2.3.3 <i>Kortlægning</i>	31
2.3.4 <i>Vurdering af miljøpåvirkninger</i>	33
2.3.5 <i>Fortolkning</i>	35
2.3.6 <i>Den endelige rapport</i>	35
2.4 ANDRE RELEVANTE PROCEDURER	36

3	HVORDAN PRÆSENTERES DEN KRITISKE GENNEMGANG?	38
4	HVOR DETALJERET SKAL LCA-UNDERSØGELSEN VÆRE - HVORNÅR ER NOGET GODT NOK ?	42
4.1	NIVEAUET AF DEN KRITISKE GENNEMGANG	43
4.1.1	<i>LCA'ens fortolkninger og konklusioner</i>	44
4.1.2	<i>LCA'ens sammenhæng: konsekvenser af LCA'ens fortolkning og konklusioner</i>	45
5	REFERENCER	46

Bilag A

Forord

Denne vejledning til kritisk gennemgang af LCA er lavet i forbindelse med kritisk gennemgang af et specifikt projekt og erfaringer herfra og fra andre kritiske gennemgange er anvendt som eksempler.

Den kritiske gennemgang har været en selvstændig del af projektet ”LCA af dansk el og kraftvarme”, med titlen: Kvalitets-sikring af generelle data for el-fremstilling. Som led i projektet skulle der udarbejdes en generel vejledning til kritisk gennemgang. Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen under programmet Renere Produkter.

Projektet har været tilknyttet en styregruppe bestående af:

Mariane Hounum	Miljøstyrelsen (formand)
Christian Poll	Miljøstyrelsen
Morten Stanley	Københavns Energi
Klaus Jakobsen	ELKRAFT (nu ENERGI E2)
Nina Caspersen	IPU
Lotte Schleisner	RISØ
Søren Varming	ELSAMPROJEKT A/S
Kim Christiansen	Sophus Berendsen A/S
Erik Hansen	COWI (repræsentant for Miljøstyrelsens LCA-følgegruppe)

Projektgruppen for den kritiske gennemgang har bestået af:

Søren Varming, ELSAMPROJEKT A/S
(projektleder)
Nina Caspersen, IPU, (projektansvarlig)
Henrik Wenzel, IPU, (fagligt ansvarlig)
Lotte Schleisner, RISØ

Vejledningen er skrevet af Nina Caspersen og Henrik Wenzel, IPU.

Sammenfatning og konklusion

Formålet med denne vejledning er at give retningslinjer for udførelsen af en kritisk gennemgang. Vejledningen er ment som en guide dels til den, der skal udføre det, dels til den, der skal forstå LCA'en, og som skal rekvirere den kritiske gennemgang. Vejledningen er udarbejdet i forbindelse med en konkret kritisk gennemgang, og det er primært erfaringerne herfra, der benyttes. Så vidt muligt er terminologien fra den danske oversættelse af ISO-standarderne anvendt, men da disse ikke forelå i færdig version da vejledningen blev skrevet, har det ikke været muligt at følge den konsekvent.

Der findes tre typer kritisk gennemgang ifølge DS/EN ISO 14040:1997:

Kritisk gennemgang udført af intern ekspert

Kritisk gennemgang udført af ekstern ekspert

Kritisk gennemgang udført af panel af interessenter

Herudover kan en kritisk gennemgang laves på forskellige tidspunkter, typisk enten efter at LCA-arbejdet er færdigt eller interaktivt i (benævnes også "kritisk gennemgang af rapport" eller "kritisk gennemgang sideløbende med projekt").

Vejledningen anbefaler en "kritisk gennemgang sideløbende med projektet" i tre trin, men vejledningen kan bruges for alle typer kritisk gennemgang. En interaktiv kritisk gennemgang anbefales, fordi det er konstruktivt og giver mulighed for at rette op på eventuelle fejl og mangler undervejs, så den endelige LCA bliver bedst mulig. Den kritiske gennemgang i tre trin anbefales af SETAC (Consoli et al., 1993).

Selve indholdet i kritisk gennemgang er illustreret ved en "checkliste", som gennemgår de væsentligste punkter af en LCA og angiver områder, der erfaringsmæssigt skal stilles spørgsmål ved. Mht. indhold er der taget udgangspunkt i ISO, men andre metoder nævnes også, og specielt nævnes, at det er nødvendigt at forholde sig til, hvilken metode, der skal følges.

Der præsenteres eksempler på, hvordan rapporten for den kritiske gennemgang kan se ud, og hvad den bør indeholde.

Et afgørende punkt er at finde en passende detaljeringsgrad, og vejledningen giver eksempler på, hvornår noget er væsentligt eller uvæsentligt. Der kan ikke gives firkantede retningslinjer, kun gode råd, og grundlæggende handler en kritisk gennemgang om at checke, om resultatet er fornuftigt og pålideligt, og om de anvendte metoder og fremgangsmåder er rimelige og velbeskrevne.

1 Introduktion

I takt med at flere og flere udfører LCA'er, bliver behovet for kritisk gennemgang af arbejdet større. Nogle virksomheder udfører selv en stor del af den kritiske gennemgang, men hvis resultaterne skal kunne bruges eksternt, er det nødvendigt at en uvildig sagkyndig har gennemgået arbejdet. For LCA'er, der følger ISO-standarderne, og som anvendes offentligt til sammenligning af produkter, gælder et specielt krav om en kritisk gennemgang ved et panel af interessenter (critical review panel).

Denne vejledning er udarbejdet i forbindelse med en konkret kritisk gennemgang, og det er primært erfaringerne herfra, der benyttes. Vejledningen er baseret på ISO-standarderne, og anden litteratur om emnet er kun inddraget i begrænset omfang. Så vidt muligt er terminologien fra den danske oversættelse af ISO-standarderne anvendt, men da disse ikke forelå i færdig version da vejledningen blev skrevet, har det ikke været muligt at følge den konsekvent.

Et kritisk gennemgang er en kvalitetssikring af et arbejde, men herudover har det funktion af en slags revisorpåtegning, som kan bruges i kommunikation til brugere af LCA'en og til fremme af troværdigheden.

LCA er et område, der har været præget af mange forskellige metoder. Arbejdet i SETAC (Society of Environmental Toxicity and Chemistry) og senest i ISO har betydet, at der nu er lagt retningslinjer for udførelse af LCA. Standarderne er dog ikke mere detaljerede end, at der er mange fortolkningsmuligheder, og der er en stor grad af frihed, når blot metoden er beskrevet.

Et kritisk gennemgang kan derfor ikke laves mekanisk ved at holde de enkelte elementer op mod en facitliste. Ofte er det nødvendigt at foretage vurderinger af den aktuelle situation. Som grundregel gælder det, at der skal være en sammenhæng mellem formål og afgrænsning, indhold og konklusion. Jo mere

erfaring revieweren har, jo mindre brug har han/hun for checklister.

1.1 Vejledningen

Formålet med denne vejledning er at give retningslinjer for udførelsen af en kritisk gennemgang. Vejledningen er ment som en guide dels til den, der skal udføre den kritiske gennemgang, dels til den, der skal udføre LCA'en, og som skal rekvirere den kritiske gennemgang. Der er nemlig mange valg, der træffes før den kritiske gennemgang går i gang mht. typen af kritisk gennemgang, hvem der skal udføre det, om det skal holdes op imod ISO etc. Mange af disse ting er vigtige at gøre sig klart før man går i gang med LCA-arbejdet, andre kan man beslutte senere.

Det er vigtigt at notere sig, at det forventes, at såvel udføreren af LCA'en som revieweren har et indgående kendskab til LCA. Diverse begreber er derfor ikke forklaret i denne vejledning. Her henvises i stedet til den eksisterende litteratur indenfor LCA.

Ligeledes forventes læserne at have kendskab til ISO standarderne i 14040-serien.

Vejledningen består af fire kapitler:

1. Introduktion
2. Hvordan skal den kritiske gennemgang udføres?
3. Hvordan præsenteres den kritiske gennemgang?
4. Hvor detaljeret skal LCA-arbejdet være?

Kapitel 1 gennemgår en række valg: Hvilken type kritisk gennemgang skal vælges, og hvilke krav skal følges.

Kapitel 2 er det centrale kapitel, der gennemgår en række vigtige emner, man skal være opmærksom på i en kritisk gennemgang. Så vidt muligt suppleres beskrivelsen med eksempler. Det skal bemærkes, at kapitel 2 kan følges ligegyldigt hvilken type kritisk gennemgang, der er valgt.

Kapitel 3 beskriver hvordan den kritiske gennemgang kan præsenteres, dvs. hvordan den endelige redegørelse for den kritiske gennemgang ser ud.

Kapitel 4 giver nogle eksempler på detaljeringsgraden af LCA-arbejdet.

1.2 ISO-standarderne for livscyklusvurdering

ISO har udgivet følgende standarder med relation til livscyklusvurdering:

DS/EN ISO 14040: Miljøledelse - livscyklusvurdering- principper og opbygning

DS/EN ISO 14041: Miljøledelse - livscyklusvurdering- Formål og afgrænsning af undersøgelsen samt kortlægning

DS/EN ISO 14042: Miljøledelse - livscyklusvurdering- Vurdering af miljøpåvirkninger

DS/EN ISO 14043: Miljøledelse - livscyklusvurdering- Fortolkning af resultater

Det er den overordnede standard, DS/EN ISO 14040, som angiver de forskellige typer af kritisk gennemgang. De øvrige standarder angiver de områder, der skal behandles i en LCA, men handler ikke specifikt om kritisk gennemgang.

Ifølge ISO 14040 skal en kritisk gennemgang sikre, at:

- De anvendte metoder i livscyklusvurderingen er i overensstemmelse med denne internationale standard
- De anvendte metoder i livscyklusvurderingen er videnskabeligt og teknisk gyldige
- De anvendte data er passende og rimelige i relation til undersøgelsens formål
- Fortolkningerne afspejler de påviste begrænsninger samt undersøgelsens formål
- Undersøgelserapporten er gennemskuelig og konsistent

Derimod er der ingen standarder for, hvordan en kritisk gennemgang skal udføres.

Der skelnes mellem to typer af LCA'er:

- Sammenligning af produkter/systemer, der offentliggøres
- Andre LCA'er

Der stilles højere krav til en sammenlignende LCA, end til de øvrige, og det vil selvfølgelig afspejles i den kritiske gennemgang.

1.3 Typer af kritisk gennemgang og reviewere

DE/EN ISO 14040 (afsnit 7) beskriver tre forskellige typer af kritisk gennemgang:

- gennemgang ved intern ekspert
- gennemgang ved ekstern ekspert
- gennemgang ved interesserede parter

Et kritisk gennemgang udført af interesserede parter er et krav for sammenligninger, der offentliggøres.

Denne gruppering af kritisk gennemgang i tre typer relaterer sig til, hvem der udfører den kritiske gennemgang. Man kan imidlertid også kategorisere kritisk gennemgang i forhold til hvordan processen for den kritiske gennemgang er. Her skelnes mellem:

- Kritisk gennemgang som en interaktiv del af LCA-arbejdet
- Kritisk gennemgang efter den færdiggjorte rapport

Et kritisk gennemgang, som udføres efter at arbejdet er rapporteret, vil have en konstaterende karakter. Hvad er fundet godt, og hvad er fundet dårligt.

Denne vejledning er specielt rettet mod kritisk gennemgang integreret i projektførelsen, da denne procedure anses for at være den mest konstruktive for alle parter. Det faglige indhold af den kritiske gennemgang er imidlertid det samme. En mere detaljeret beskrivelse af kritisk gennemgang findes i kapitel 2.

1.3.1 Intern eller ekstern kritisk gennemgang

Man kan vælge enten at have en internt eller ekstern kritisk gennemgang, men det kan også kombineres. En intern person

vil ofte være bedre til at fange fejl i data pga. sin specifikke viden om området, men vil muligvis ikke være lige så velbevandret i LCA. Desuden vil en intern person være tilbøjelig til at tænke i de samme baner og måske derfor ikke så god til at opfange overordnede ting, der bør ændres ved LCA'en. Endelig kan en intern person måske være tilbageholdende mht. at skulle kritisere en kollega.

Det bør sikres, at revieweren er uafhængig af LCA-arbejdet, dvs. at vedkommende ikke selv har deltaget i det. Desuden skal vedkommende kende kravene til LCA (ISO) og besidde den nødvendige tekniske og videnskabelige ekspertise.

1.3.2 Panel

I større projekter kan den eksterne kritiske gennemgang udføres af et panel. ISO nævner en speciel type panel: et panel af interesserede parter. Dette kan være en fordel i kontroversielle projekter for at sikre, at den kritiske gennemgang ikke blot udføres af folk, som fx på forhånd tager LCA-udførerens parti, og denne form for kritisk gennemgang er et krav ved sammenligning af produkter, der offentliggøres (comparative assertion disclosed to the public), (ISO 14040, afsnit 7.3.3).

Ifølge ISO skal en ekstern ekspert peges af opdragsgiver som formand for panelet og formanden udpeger de øvrige medlemmer. De interessenter, som berøres af beslutningerne (konkurrenter, myndigheder, forbrugerorganisationer m.m.), kan medtages i panelet.

Det må anbefales, at formanden, som er LCA-kyndig, er den, hvis ord får den største vægt. Det er den LCA-kyndige, som kan foretage den saglige vurdering af arbejdet, og diverse interesserede parter vil hver især have deres egne interesser, de ønsker at fremme, og som ikke nødvendigvis er fagligt velbegrundede.

Panelet af interesserede parter er et specielt panel, og man kan godt bruge et panel af eksperter til den kritiske gennemgang uden at følge retningslinjerne for panelet af interesserede parter.

1.3.3 Detaljeringsgrad

Formålet og detaljeringsgraden af den kritiske gennemgang skal fastlægges i forbindelse med definitionen af formål og afgræns-

ning af LCA-arbejdet. Desuden fastlægges, hvad den kritiske gennemgang dækker, og hvem der skal udføre det.

En kritisk gennemgang kan nøjes med at forholde sig til metoden eller det kan gå ned til at checke de enkelte emissionsdata ved at gennemgå f.eks. virksomhedens måledata. Som regel ligger en kritisk gennemgang midt imellem.

Typisk vil en kritisk gennemgang vurdere troværdigheden af data generelt og herunder vurdere størrelsesordenen af de væsentligste resultater, usikkerheden på disse og følsomhed og holdbarhed af konklusionerne.

Det er vigtigt på forhånd at definere detaljeringsgraden for at undgå uenighed. F.eks. kan man vælge at gå i dybden med 10% af data, udvalgt blandt dem, der har størst betydning.

Man skal passe på ikke at stirre sig blind på krav om, at revieweren skal checke emissionsmålinger, eller at målinger skal være foretaget af akkrediterede firmaer, for et produkts belastninger kan komme mange andre steder fra (materialeforbrug, energiforbrug, bortskaffelse), som ikke er muligt at eftervise i samme grad som emissionsmålinger fra produktionsprocesser.

1.4 Reviewerens kvalifikationer og baggrund

Ifølge ISO 14040 skal en reviewer have indgående kendskab til såvel LCA som den nødvendige tekniske og videnskabelige baggrund. Ved større kritiske gennemgange vil man ofte vælge at sammensætte et panel af personer for at dække såvel LCA som specifikke procesteknologier, der indgår i det studerede system.

1.4.1 Udvalgelse af reviewer

Det er opdragsgiver, der vælger revieweren. Ved udvælgelsen skal man tage hensyn til reviewerens faglige kvalifikationer og uvildighed. Revieweren lægger navn til LCA-arbejdet, og reviewerens omdømme og uvildighed kan derfor have betydning for omgivelsernes vurdering af troværdigheden af arbejdet. Til brug ved udvælgelsen kan kunden bede om reviewerens CV for

at vurdere reviewerens erfaring med LCA og kritisk gennemgang.

Hvis der er tale om et panel, som defineret i ISO 14040, afsnit 7.3.3, vælger kunden en formand for det kritiske panel, som så igen udvælger de øvrige medlemmer til panelet.

Det forventes af revieweren, at han eller hun er uafhængig, hvilket i første omgang betyder, at revieweren ikke selv har deltaget i LCA-arbejdet. Betaling for den kritiske gennemgang må ikke være afhængig af resultatet.

1.4.2 Udførerens kvalifikationer

LCA-udførerens kvalifikationer og erfaring med LCA-arbejde har betydning for reviewerens rolle i den kritiske gennemgang. Hvis udføreren kun har lidt erfaring, kan reviewerens rolle blive at give gode råd udover at udføre den kritiske gennemgang.

Hvis LCA-arbejdet generelt er på et for lavt niveau, betyder det, at reviewerens arbejde bliver større, og at det kan være svært at holde budgettet.

Dette betyder ikke, at man ikke kan lave kritisk gennemgang af arbejder, hvor udførerens niveau er lavt, men at det er godt at være opmærksom på det fra starten. Under alle omstændigheder er det i sådanne situationer specielt vigtigt, at den kritiske gennemgang udføres sideløbende med LCA-arbejdet, så der er mulighed for at rette op på ting undervejs.

1.5 Budget til kritisk gennemgang

Som tommelfingerregel skal 10% af projektets budget afsættes til kritisk gennemgang. Hvis der er specielle metodemæssige afklaringer eller meget komplicerede systemer, kan budgettet være større, i modsat tilfælde kan det være mindre.

1.5.1 Budgettet afhænger af typen af reviewet

Typisk bliver budgettet større, jo flere reviewere, der deltager i den kritiske gennemgang. Herudover spiller involveringsgraden en stor rolle for budgettets størrelse. I nogle tilfælde vil revieweren f.eks. samtidig have en rolle som en slags rådgiver, og dette vil forøge budgettet.

En kritisk gennemgang ved et panel af interesserede parter er ikke relevant, hvis det udføres efter rapportens afslutning. Ideen med at medtage de interesserede parter er jo netop at sikre at de får en indflydelse på forløbet. Til gengæld vil det ofte være muligt at få deltagere til et panel uden honorar, da de interesserede parter har en interesse i at følge projektet og evt. kunne påvirke det.

Type af kritisk gennemgang	Sideløbende med projektet	Efter rapporten
Panel	Jo flere reviewere, jo større budget. Interesserede parter kan medtages uden honorar.	Ikke relevant for panel af interesserede parter.
Ekspert	Budget afhænger af omfanget af den kritiske gennemgang og hvor meget eksperten skal involveres i processen.	Budgettet er ikke nødvendigvis mindre, men en involvering i processen er ikke mulig.

1.5.2 Budgettet afhænger af omfanget og kompleksiteten af undersøgelsen

Jo større arbejde, der ligger bag undersøgelsen, jo større bliver arbejdet i den kritiske gennemgang. Alt andet lige kræver det mere arbejde at gennemgå 500 sider kritisk end 100 sider. Ligeledes kræver det mere arbejde at gennemgå et omfattende og komplekst datamateriale end et mindre omfattende.

<p>Eksempel: Omfang og kompleksitet af LCA for 1 kWh dansk el</p> <p>Det system, der skal til at levere en kWh el kan kortlægges mere eller mindre grundigt. De tidligere data for en kWh dansk el inkluderede et begrænset antal teknologier til el-fremstilling og inkluderede kun brændslernes livsforløb – ikke bygningernes, transmissionsnettets og distributionsnettets livsforløb.</p> <p>Den nye "LCA for dansk el og kraftvarme" er en stor undersøgelse, som indebærer selvstændig kortlægning af mange forskellige teknologier, og som indeholder livsforløbet for både bygninger og transmissions- og distributionsnet. Omfanget og datagrundlaget af den seneste undersøgelse er derfor væsentligt større.</p> <p>Selv om det studerede produkt er det samme, vil en kritisk gennemgang af sidstnævnte LCA kræve et væsentligt større budget for at yde det udførte arbejde retfærdighed, end en kritisk gennemgang af førstnævnte LCA.</p>
--

Tommelfingerreglen om 10% af budgettet til kritisk gennemgang er en grov tommelfingerregel, for det er ikke altid, at LCA'ens budget hænger direkte sammen med dens omfang og kompleksitet.

1.5.3 Gennemskuelighed af rapporten

Hvis udføreren af LCA'en har brugt tid og kræfter på at gøre rapporten tilgængelig, gennemskuelig og letlæst, kan der spares meget tid i den kritiske gennemgang. Modsat, hvis LCA'en er en værre rodebutik. Der er derfor omvendt proportionalitet mellem den del af LCA'ens budget, der er gået til at sikre tilgængelighed og gennemskuelighed, og budgettet for den kritiske gennemgang.

Eksempel: Tilgængelighed og gennemskuelighed af LCA'en

En LCA kan være udført på baggrund af en eksisterende database og uden ny dataindsamling. Sådan en LCA kan være udført for et relativt lille budget. En anden LCA kan indeholde ny dataindsamling for de fleste væsentlige processer i de studerede systemer. Sådan en LCA har måske været relativt dyr. Som udgangspunkt er de to LCA lige krævende at gennemgå kritisk – den førstnævnte kan endog være den sværeste at gennemgå på grund af manglende gennemskuelighed.

Det største budget for en kritisk gennemgang kan således i nogle tilfælde være påkrævet til database-LCA'en, der har et væsentligt mindre eget budget end LCA'en med ny dataindsamling.

Vejledende kan siges, at – alt andet lige – gælder:

- Jo større omfang af LCA'en mht. tekst og data, jo større budget til den kritiske gennemgang.
- Jo større kompleksitet i beregninger, vurderinger, mv., jo større budget til den kritiske gennemgang.

- Jo mindre tilgængelighed og gennemskuelighed af LCA'en, jo større budget til den kritiske gennemgang.

2 Hvordan skal den kritiske gennemgang udføres?

Kritisk gennemgang kan som nævnt bestå af en gennemgang af den færdige rapport eller indgå interaktivt som en del af LCA-arbejdet. De emner, der skal ses på, er det samme for begge typer af kritiske gennemgang, men for interaktive gennemgang vil det være naturligt at dele arbejdet i tre dele:

1. I forbindelse med formål og afgrænsning
2. I forbindelse med dataindsamling
3. I forbindelse med konklusionen (vurdering af miljøpåvirkninger samt fortolkning)

I første fase vurderes formål, anvendelse, funktionel enhed, afgrænsning af systemet og principper for systemudvidelse eller fordeling mv. Det er en række principielle områder, som vil have stor betydning for det videre arbejde, og det er derfor en fordel at blive gjort opmærksom på eventuelle fejl, forkerte antagelser mv., som man kan nå at rette op på. En god kritisk gennemgang er en, som samtidig virker konstruktiv ved at give vejledning til udføreren.

I forbindelse med dataindsamlingen kommer næste fase. Her er det muligt at opfange mangler og fejl i data før den videre data-behandling, vurdering og konklusion.

Tredje fase er i forbindelse med konklusionen, dvs. i praksis efter første udkast af slutrapporten. Det er herefter muligt at rette op på forhold i vurdering af miljøpåvirkninger, usikkerheds- og følsomhedsvurdering, fortolkning og konklusion inden den endelige rapport. Den endelige rapport indeholder erklæringen fra den kritiske gennemgang med svar fra udføreren af LCA'en.

Eksempel: Betydning af at starte tidligt
--

Kritisk gennemgang af "LCA for dansk el og kraftvarme" var delt i tre dele, men den kritiske gennemgang startede først et stykke inde i dataindsamlingen. Dette betød, at en manglende målsætning for datakvalitet først blev påpeget efter dataindsamlingen. Dette gav noget ekstraarbejde, som kunne være undgået, hvis den kritiske gennemgang var startet tidligere.

2.1 Hvordan skal processen for den kritiske gennemgang foregå?

Især hvis den kritiske gennemgang foregår interaktivt, vil der være en del kommunikation mellem parterne. I dette tilfælde kan følgende model anbefales:

- Revieweren får materialet og udarbejder et notat med bemærkninger og spørgsmål.
- Udføreren af LCA'en får notatet til gennemlæsning
- Parterne holder et møde, hvor man diskuterer punkterne.
- Der udarbejdes evt. et revideret notat.

På mødet (det kan naturligvis også ordnes via telefon, e-mail el. lign) kan eventuelle misforståelser udredes og på baggrund af mødet, kan der laves de foreløbige kommentarer. Den samme struktur følges for alle tre faser af den kritiske gennemgang.

Mødet kan selvfølgelig også holdes uden et forudgående notat, men sådanne møder tager længere tid, fordi LCA-udføreren ikke har haft lejlighed til at overveje kommentarerne.

Kommentarerne bør struktureres, så der skelnes mellem væsentlige og mindre væsentlige kommentarer. Begge parter bør være opmærksomme på, at disse kommentarer er en del af arbejdsprocessen og ikke identiske med den endelige redegørelse, der udarbejdes til sidst. I denne proces fokuseres typisk mest på de ting, der bør ændres i arbejdet/rapporten, og mindre på alle de positive kvaliteter. Det er væsentligt, at arbejdets positive kvaliteter også har en stor plads i den endelige redegørelse, der indgår i rapporten, så den kritiske gennemgang giver læseren et retvisende og balanceret billede af arbejdets og rapportens kvalitet.

Modsat bør begge parter være opmærksomme på, at det har størst værdi at fokusere på fejlene og manglerne *undervejs* i forløbet.

Den endelige redegørelse for den kritiske gennemgang er den dokumentation, der skal medtages i udførerens rapport til sidst, se anvisninger på, hvordan det udformes i kapitel 3.

Eksempel: Kommentarer fra kritisk gennemgang

Væsentlige kommentarer

Xxxx

Mindre væsentlige kommentarer

Xxxx

2.2 Hvilke områder skal dækkes?

Hvis man bruger ISO-standarderne som reference, vil de områder, der skal dækkes, være beskrevet i standarderne.

En del af de livscyklus-undersøgelser, der udføres, går ikke længere end til kortlægningen, dvs. LCI (Life cycle inventory study). En LCI skal kun følge ISO 14040, 14041 og 14043, mens en LCA skal følge hele serien 14040-14043 og den udførte kritisk gennemgang er naturligvis underlagt de samme overordnede rammer.

Det er en stor hjælp at kunne referere til ISO-standarderne både for udføreren og revieweren. Men når man læser ISO-standarderne nærmere ses, at de giver nogle vide rammer. Der defineres nogle komponenter, som skal beskrives, men niveauet er ikke defineret. ISO 14041 (formål og afgrænsning samt kortlægning) er relativt konkret mens ISO 14042 (vurdering) ikke giver præcise anvisninger for, hvordan vurderingen af miljøpåvirkninger skal laves.

Der er selvfølgelig også mulighed for at anvende andre referencer end ISO-standarderne, for hvilke områder, der skal dækkes. Hvis det drejer sig om forenklede LCA'er vil det ikke være muligt at bruge ISO-standarderne som reference. Her er det nødvendigt at revieweren bruger sin sunde fornuft og sin erfaring inden for LCA-praksis eller nogle af de offentliggjorte metoder, se afsnit 2.3. ISO-standarderne kan derimod godt anvendes til LCA'er på forskellige niveauer.

2.2.1 Checklisten

I forbindelse med vejledningen er der udarbejdet en checkliste, som dækker de væsentligste områder af ISO-standarderne. Den erstatter ikke standarderne, men er ment som et overblik.

Checklisten er inspireret af Weidema (1997).

I gennemgangen af LCA'ens forskellige områder handler kritisk gennemgang grundlæggende om to ting:

Er området behandlet?

Er det håndteret fornuftigt?

Checklisten bruges til at systematisere gennemgangen af LCA'erne. Ligegyldigt om LCA'en skal følge ISO eller ej, bør alle de nævnte områder medtages.

Tabel 1. Checkliste til brug for kritisk gennemgang af LCA'en.

LCA-komponent	Delkomponenter	Spørgsmål til komponenterne	OK
Formål	Formål	Er formålet klart defineret?	
	Anvendelse	Er anvendelsen af LCA'en beskrevet?	
	Målgruppe	Hvem er målgruppen og er der sammenhæng mellem formål, anvendelse og målgruppe?	
Afgrensning	Funktionel enhed	Er den funktionelle enhed klart beskrevet og er den målbar, dvs. udtrykt ved kvantitet og evt. varighed? Er den funktionelle enhed i overensstemmelse med formål og anvendelse? Ved sammenligninger: Er de funktionelle enheder sammenlignelige? Hvis det ene system har flere funktioner eller kvaliteter end det andet, skal sammenligneligheden dokumenteres.	
	Systemafgrænsning: Udeladelse af livscyklusfaser eller processer Kriterier for afgrænsning	Er systemet og eventuelle udeladelser beskrevet? Er kriterier for udeladelser beskrevet og argumenteret for? Er udeladelserne miljømæssigt væsentlige eller mindre væsentlige?	
	Medtagne datakategorier og miljøvurderingsparametre	Svarer de valgte datakategorier til formålet? Er de medtagne miljøvurderingsparametre rimelige i forhold til formålet?	
	Krav til datakvalitet	Hvilke krav sættes til geografisk, tidsmæssig og teknologisk repræsentativitet for data? Hvilke krav er til frembringelse af data: måling, beregning, litteratur? Stemmer de foretagne valg overens med formålet?	
	Systemudvidelse og fordeling	Er metoderne for systemudvidelse eller fordeling beskrevet? Er de fornuftige og rimelige?	
	Metode til vurdering og fortolkning	Er metoden til vurdering og fortolkning videnskabeligt og teknisk rimelig?	
	Beskrivelse af processen for den kritiske gennemgang	Er processen for den kritiske gennemgang beskrevet mht. type, udfører og detaljeringsgrad?	
Kortlægning	Beskrivelsen af data	Er alle datasæt beskrevet mht.: Referenceenhed, som udvekslingerne relateres til Hvilke processer inkluderer data Geografisk repræsentativitet Teknologisk repræsentativitet Metoder for systemudvidelse eller fordeling Tidsmæssig repræsentativitet Indsamlingsmetode og betydning af udeladelser og antagelser	

	Verifikation af data	Er data verificeret? Verifikationen kan udføres vha. massebalancer, sammenligning med tilsvarende datasæt eller kritisk gennemgang af en anden person. Ved manglende data: Anvendes estimater, gennemsnit for øvrige data, nul el lign.?	
	Anvendte data i overensstemmelse med formålet	Er følgende undersøgt (detaljeringsgraden afhænger af formålet med LCA'en): Usikkerhed Fuldstændighed: Hvor stor en del af de mulige steder, hvorfra der kunne rapporteres data, dækkes af indsamlede data? Repræsentativitet: Kvalitativ beskrivelse af, om data repræsenterer den ønskede datakvalitet mht. geografisk, tidsmæssig og teknologisk repræsentativitet.	
Kortlægning fortsat	Aggregering af data	Er aggregering af data beskrevet? Er beregninger udført korrekt? Dette undersøges for x% af data (primært for de områder, som har størst betydning for resultatet)	
	Dokumentation af systemudvidelse og/eller fordeling (opgørelsesmåde for processer, der indgår i produktion af samprodukter eller genbrug af materialer)	Er systemudvidelse og/eller fordeling i overensstemmelse med de metoder, der blev fastlagt i afgrænsningen? Er der anvendt ens systemudvidelse og/eller fordelingsmetoder for alle tilsvarende produkter, som optræder i forbindelse med inputs og outputs?	
	Fortolkning/begrænsninger efter opgørelsen	Er definitionerne af systemgrænserne rimelige? Hvilke begrænsninger er der mht. fortolkning pga. vurdering af datakvalitet og følsomhedsvurdering? Krav ved sammenligning af systemer: <ul style="list-style-type: none"> • Er systemerne sammenlignelige? • Er der lavet en analyse for at retfærdiggøre medtagelse eller udeladelse i systemet? 	
Vurdering	Vurdering af karakterisering og karakteriseringsfaktorer	Er karakteriseringen foretaget på et fornuftigt grundlag? Er karakteriseringen beskrevet gennemskueligt? Er antagelser og forudsætninger beskrevet? Er der refereret til de anvendte modeller og er der argumenteret for deres berettigelse?	
	Normalisering, gruppering og vægtning	Hvis normalisering og vægtning er foretaget: Er fremgangsmåden fornuftig? Er alle procedurer beskrevet gennemskueligt?	

Fortolkning	Væsentligste miljøpåvirkningskategorier og væsentligste kilder	Er de væsentligste miljøpåvirkningskategorier udpeget og væsentligste kilder til miljøbelastninger (fx i livscyklusfaser, komponenter, stoffer, processer etc.) ?	
	Fuldstændighed, følsomhed og konsistens	Er der lavet følsomhedsvurdering for de væsentligste usikkerheder, antagelser og datamangler? Er antagelser, metoder og data konsistente med formål og afgrænsning?	
	Begrænsninger i konklusionen fx pga. definitionen af den funktionelle enhed samt vurdering af datakvalitet og følsomhedsvurdering	Er der taget højde for eventuelle begrænsninger i konklusionen? Konkluderes det, og kun det, som arbejdet kan bære? Er konklusionen i overensstemmelse med definition af formål og afgrænsning? Anvendes LCA'ens resultater og erkendelser til det, der var formålet?	

Checklisten anvendes primært til at checke, at alle dele er behandlet. Næste led er så at vurdere om emnet er behandlet tilfredsstillende. Dette er til dels indeholdt i sætningen om, at revieweren skal sikre, at de anvendte metoder er "videnskabeligt og teknisk velbegrundede" (ISO 14040).

Der vil i afsnit 2.3 blive givet mere detaljerede anvisninger på, hvad der typisk skal kigges på inden for de enkelte dele, og hvor de typiske fejl eller mangler er.

2.3 Uddybning af udvalgte elementer

Som nævnt, skal alle emnerne i checklisten behandles, men nogle emner har mere betydning for konklusionen end andre. Hvilke områder, der er de vigtigste, vil til en vis grad afhænge af, hvad der ses på i LCA'en, og hvad anvendelsen er, men nogle områder vil altid være vigtige.

2.3.1 Definition af formål

Under formål skal følgende defineres:

Formål

På tænkt anvendelse

Målgruppe

Formålet er væsentligt, fordi alle resultater og konklusioner skal holdes op imod formålet. Det er imidlertid svært at se på et formål om det er rigtigt eller forkert, for det er i relationen mellem formål, afgrænsning, kortlægning og vurdering, at eventuelle problemer opstår. Det er ikke usædvanligt, at

LCA'en angiver et formål, mens det i behandlingen af de forskellige trin af LCA'en bliver klart, at der må være flere formål.

F.eks. kan der være tale om et formål internt og et andet eksternt.

Eksempel: Formål

En virksomhed laver en LCA på sit produkt. Formålet er angivet som "udpegning af faser med den væsentligste miljøbelastning" og anvendelsen er miljøvaredeklaration af produktet og videregivelse af miljødata til interessenter.

Det viser sig, at for nogle effektkategorier anvendes vægtede værdier, mens andre effektkategorier anvender de karakteriserede data.

Hvis der var tale om at anvende værdierne eksternt, ville det være betænkeligt, at kun nogle af effekterne blev vægtet. I dette tilfælde blev det præciseret, at der var tale om to separate formål:

1. Eksternt: kun karakteriserede værdier vises
2. Internt: Enkelte værdier vægtes

2.3.2 Definition af afgrænsning

Afgrænsningen er ofte blevet udnævnt til det vigtigste område overhovedet. Dette er klart, fordi en medtagelse eller udeladelse af processer kan være altafgørende for resultatet og konklusionen. Afgrænsning beskrives i ISO 14041, afsnit 5 samt i DS/EN ISO 14040 5.1.2.

Afgrænsningen består af :

- Produktsystemets funktioner; eller ved sammenligninger, systemernes funktioner;
- Den funktionelle enhed;
- Produktsystemet, som ønskes undersøgt;
- Grænserne for produktsystemet;
- Fordelingsprocedurer;
- Typer af påvirkninger og vurderings- og fortolkningsmetoder, der skal anvendes;
- Datakrav;
- Antagelser;
- Begrænsninger;
- De indledende datakvalitetskrav;
- Type af kritisk gennemgang, hvis en sådan medtages;

- Type og opbygning af den rapport, som undersøgelsen kræver.

2.3.2.1 Funktionel enhed

ISO TR 14049, afsnit 3, indeholder anvisninger for den funktionelle enhed. Den funktionelle enhed udtrykker systemets funktioner kvantitativt. En mere systematisk beskrivelse af den funktionelle enhed kan findes i Wenzel et al. (1996), som beskriver den funktionelle enhed ved følgende tre parametre:

- Kvalitet
- Kvantitet
- Varighed

Kvaliteten er det, som benævnes ”funktion” af ISO. Kvantiteten er nødvendig, for at den funktionelle enhed er målbar. Det er typisk nødvendigt at inkludere varigheden af den ydelse (funktion), der defineres i den funktionelle enhed og kun i særlige tilfælde kan den udelades. Det er nødvendigt for at kunne normalisere LCA'en til samme tidsmæssige udstrækning og tage højde for forskellige levetider af de produkter/komponenter/materialer, der indgår i de studerede systemer. Bemærk at levetiden ikke indgår i ISO's definition.

Specielt ved sammenligning af systemer er det vigtigt at sikre sig, at de funktionelle enheder er ens. Selv om der ikke aktuelt sker en sammenligning, vil der ofte på et senere tidspunkt blive sammenlignet. F.eks. indeholder ”LCA af dansk el og kraftvarme” ikke en sammenligning, men hvis de rapporterede data senere anvendes i andre LCA'er, vil der typisk blive lavet en sammenligning, og så er det vigtigt, at alle funktioner/kvaliteter er medtaget.

Eksempel: Funktionel enhed

(Udsnit af redegørelse for kritisk gennemgang ”LCA af dansk el og kraftvarme”)

For el er det, udover kvantiteten 1 kWh, vigtigt at definere de kvaliteter, som den funktionelle enhed har:

Dette kunne gøres for både rådighedsgrad og andre væsentlige kvaliteter som f.eks. stabiliteten af spændingen og frekvensen, krav til grundlast/spidslast mm. Endvidere bør varigheden af ydelsen principielt specificeres. Hvis levetiden af de forskellige anlæg i systemet kun er en funktion af

antal kWh produceret, er det i praksis ikke nødvendigt, men hvis levetiden af visse anlægsdele er en funktion af tiden alene (korrosion af el-master, beton i bygninger mv.), er det nødvendigt at specificere varigheden. Grunden til ønsket om denne detaljeringsgrad er, at visse kvalitetskrav til el'en kan være dimensionerende for både drift og anlæg og dermed styrende for visse dele af ressourceforbruget og miljøpåvirkningerne. Dette er væsentligt, da den funktionelle enhed er den faste reference, som data skal vurderes på baggrund af fremover.

Fra udføreren blev det specificeret, at anlæggets levetid ikke er bestemt af antal kWh, men at anlæg typisk skrøttes pga. ønske om anvendelse af en anden teknologi. Det er altså hverken den producerede mængde eller anlæggets tilstand, der er bestemmende for den faktiske levetid.

2.3.2.2 Produktsystemet

Det afgørende er, at afgrænsningen af systemet er foretaget fornuftige steder, og at der argumenteres for eventuelle udeladelser. Hvis dele af systemet ikke medtages skal der foretages en følsomhedsvurdering, som kan godtgøre, at udeladelsen ikke har betydning for resultatet. Ifølge ISO skal der defineres regler for afgrænsningen. De kan defineres meget konkret (som i nedenstående eksempel) eller mere kvalitativt. Det bør fremgå, at afgrænsningen er foregået som en iterativ proces.

ISO lægger vægt på, at ringe masse, ringe energiforbrug eller ringe miljømæssig betydning bruges som argumenter, når komponenter udelades. Disse anvisninger kan være vanskelige at adskille og dermed vanskelige at bruge i praksis. I UMIP (Wenzel et al., 1996) anbefales følgende afgrænsningsregler:

Eksempel: Afgrænsningskriterier for materiale

Inkluder en vis procentdel, fx 95% af massen

Vurder om de resterende 5% indeholder sparsomme ressourcer, der ikke er proportionalt repræsenteret i de 95%. Medtag i givet fald de pågældende materialer alligevel.

Vurder om særligt energitunge materialer er indeholdt i de 5%, der er udeladt, og medtag dem i givet fald alligevel.

Vurder, om de materialer, der er udeladt, indeholder stoffer eller forbruger kemikalier under fremstillingen, der bidrager væsentligt til miljøproblemer, der er specifikke for det pågældende materiale. Medtag dem i givet fald alligevel. (Wenzel et al, 1996)

Tilsvarende kriterier findes for andre faser i produktets livsløb.

For bortskaffelsen har man typisk ikke data, men må basere sig på scenarier. Er scenarierne realistiske i forhold til de opsatte målsætninger? Det kan f.eks. være et nutids-scenarie (år 2000), og et fremtidsscenario (år 2025).

Eksempel: Scenarier for bortskaffelse

Ved opstilling af scenarier, er det ikke nok at basere sig på politiske målsætninger. F.eks. er det ikke realistisk at antage, at en mobiltelefon bortskaffes ved 100% genvinding i år 2000 selv om alle elektronikprodukter skal indsamles. I praksis vil en stor del gå til forbrænding via dagrenovation. Anvendelse af de ideelle scenarier vil betyde en væsentlig fejl for især ressourceforbruget.

Det skal være klart, hvad der er medtaget, og hvad der ikke er medtaget i livsforløbet. Dette ved udføreren, men det kan være svært at formidle denne viden klart til andre. Det kan anbefales at vise livsforløbet vha. tabeller eller flow-diagrammer med en markering af, hvad der ikke medtages og hvad der medtages.

2.3.2.3 Metoder til systemudvidelse og fordeling

ISO 14041, afsnit 6.5.3, angiver en prioriteret rækkefølge for systemudvidelse og fordeling. Første prioritet er at undgå fordeling vha. systemudvidelse. Det bør undersøges, om systemudvidelse er foretaget alle steder, hvor det er praktisk muligt. Undersøg også, om systemudvidelsen er foretaget på et fornuftigt grundlag. Weidema et al, (2000) giver eksempler på, hvordan systemudvidelse kan foretages.

Anden prioritet er at foretage fordeling ud fra fysiske sammenhænge, f.eks. masse, energiforbrug el. lign. Tredje prioritet er at foretage økonomisk fordeling. Hvis der foretages fordeling, skal baggrunden for dem undersøges.

Eksempel: Fordeling

(Uddrag fra rapport for kritisk gennemgang "LCA af dansk el og kraftvarme")
Der er truffet et overordnet valg om anvendelse af systemudvidelse i stedet for fordeling. Dette valg er ikke fulgt for alle områder, bl.a. ikke for fordelingen af miljøbelastningen mellem el og varme. Ifølge ISO har systemudvidelse 1. prioritet, men andre fordelingsmetoder er acceptable, hvis systemudvidelse ikke er mulig. Den nyeste udvikling på LCA-området arbejder hen imod anvendelse af systemudvidelse i alle de tilfælde, hvor man kunne tænkes at fordele. Da den nyeste udvikling imidlertid ikke er offentliggjort i færdig form, og der desuden er argumenteret for fravalget, virker de trufne valg rimelige.

Det er valgt at vise fordeling for såvel energiindhold som energikvalitet. I henhold til UMIP er det kun fordelingen ud fra energikvalitet, der er relevant, og kun som anden prioritet, idet systemudvidelse også i UMIP har 1. prioritet. Da praksis imidlertid viser, at både energiindhold og energikvalitet anvendes, er det et fornuftigt valg at vise begge dele. Valget af flere metoder betyder også, at der er øget fokus på valgsituationen og den store betydning af valget.

Panelet for den kritiske gennemgang ser gerne levering af data i ufordelt form, så det på et senere tidspunkt ville være muligt at foretage en systemudvidelse, hvis det er relevant.

2.3.2.4 Typer af påvirkninger og vurderingsmetoder

De medtagne datakategorier (emissioner til luft, vand, ressourceforbrug etc.) skal være relevante i forhold til formålet.

Ifølge ISO 14040 omfatter de generelle miljøpåvirkningskategorier ressourceudnyttelse, sundhed og økologiske konsekvenser. Hvilke kategorier der medtages, afhænger af undersøgelsens formål og afgrænsning. Hvis en LCA fx handler om fordele og ulemper ved genvinding af ståldåser, bør ressourcer medtages, da genvinding i høj grad handler om at bevare ressourcer.

2.3.2.5 Krav til datakvalitet

Krav til data henfører til den målsætning, der opstilles mht. LCA'ens repræsentativitet i forhold til geografi, teknologi og tid. Der skal opstilles krav, for kun derved kan man efter dataindsamlingen se, om kravene blev opfyldt. Kravene til datakvalitet kan defineres overordnet eller per livscyklusfaser el. lign.

Desuden kan det overvejes, om data bør være baseret på egne målinger, litteraturdata el.lign. i forhold til at opnå den repræsentativitet, der ønskes.

For sammenligninger, der offentliggøres, gælder yderligere krav (for andre LCA'er skal det medtages, hvis det er relevant):

- Usikkerhed af data
- Fuldstændighed
- Repræsentativitet
- Konsistens

- Reproducerbarhed

Eksempel: Krav til datakvalitet

Geografi: Danmark

Teknologi: Gennemsnitlig eksisterende teknologi

Tid: 1995-1997

2.3.2.6 *Beskrivelse af kritisk gennemgang*

Typen af kritisk gennemgang skal være beskrevet i henhold til ISO 14040, afsnit 7.3.

2.3.3 Kortlægning

Denne fase indeholder følgende elementer:

- Beskrivelsen af data
- Undersøgelse af verifikation af data
- Aggregering af data
- Dokumentation af systemudvidelse eller fordeling (opgørelsesmåde for processer, der indgår i produktion af samprodukter eller genbrug af materialer)

En detaljeret beskrivelse af de enkelte elementer findes i ISO 14041, afsnit 6.

2.3.3.1 *Beskrivelsen af data*

Der er ingen formelle krav til, hvordan dataskemaet for de enkelte processer skal se ud (ISO 14048 kommer til at indeholde en vejledning), men der er krav om, hvad beskrivelsen af data skal indeholde.

Kravene er:

- Referenceenhed, som data relateres til
- Hvilke processer inkluderer data
- Geografisk repræsentativitet
- Teknologisk niveau
- Tidsperiode for indsamling
- Eventuelle fordelingsmetoder
- Indsamlingsmetode (også kilder)

- Repræsentativitet
- Betydning af udeladelser og antagelser

ISO 14041, Annex A, indeholder et eksempel på et dataindsamlingskema. Se desuden ISO 14048 og UMIP (Wenzel et al., 1996).

Der er ikke områder, som kan udpeges som mere vigtige end andre fordi alle områderne er potentielt vigtige. Referenceenheden og beskrivelsen af, hvilke processer, der er inkluderet, er imidlertid centrale.

2.3.3.2 Verifikation af data

Under dataindsamlingen skal der foretages en verifikation af data. Dette indebærer f.eks. beregning af energi- og massebalancer og sammenligning med emissionsfaktorer.

Det kan ikke undgås, at man kommer ud for, at der mangler data eller at nogle data åbenlyst er forkerte. Der skal være en beskrivelse af, hvad der gøres i tilfælde af manglende data.

Eksempel: Håndtering af manglende data

Hver virksomhed inden for en branche havde fået lavet målinger af deres luftemissioner. Alle virksomheder undtagen én havde emission af dioxin. Virksomheden, for hvilken dioxindata ikke forelå blev spurgt, og det viste sig, at de ikke havde foretaget målingen, fordi de ikke regnede med at have denne emission.

Da alle de andre virksomheder havde en emission, ville det være usandsynligt, at denne virksomhed, som producerede under de samme vilkår som de øvrige, ikke havde nogen. Den manglende værdi blev derfor erstattet med gennemsnittet af de øvrige målinger.

2.3.3.3 Aggregering af data

Den måde, data aggregeres på, har stor betydning for resultatet. Her skal checkes om:

1. Metoden er fornuftig i forhold til formålet
2. Aggregeringen er foretaget på en gennemskuelig måde.

For en mindre del af data, f.eks. 10%, kan det checkes, om aggregeringen er foretaget korrekt.

Eksempel: Aggregering af data

En større branche lavede en indsamling af LCI-data for deres produkter fordelt på mange forskellige virksomheder. Der blev herefter lavet et gennemsnit af tallene for hver virksomhed.

Branchen havde ikke overvejet, at mens gennemsnitstal for hver enkelt virksomhed er fornuftige til benchmarking, er de ikke velegnede til LCI-data. *Vægtede* gennemsnit med hensyntagen til de enkelte virksomheders produktionsvolumen blev herefter beregnet.

2.3.3.4 Dokumentation af systemudvidelse eller fordeling

Under afgrænsningen beskrives de metoder, der skal anvendes ved systemudvidelse eller fordeling. Under dataindsamling checkes, om det virkelig er de metoder, der anvendes.

2.3.3.5 Begrænsninger i fortolkning

Dette punkt kan placeres i forlængelse af dataindsamlingen eller i den endelige fortolkning. Generelt angiver ISO ikke krav om rækkefølgen i rapporten.

Ved sammenligning af systemer gælder følgende specielle krav (ISO 14040, afsnit 5.1.2.4):

- Er systemerne sammenlignelige? Dette checkes mht. funktionel enhed, metodevalg, systemgrænser, datakvalitet, Systemudvidelse og fordelingsmetoder samt vurderingsmetoder.
- Er der lavet en analyse af materiale-, kemikalie- og energi-strømme for at retfærdiggøre medtagelse eller udeladelse i systemet?

For alle systemer gælder, at:

- Det skal vurderes, om systemgrænserne er rimelige.
- Hvilke begrænsninger er der mht. fortolkning pga. vurdering af datakvalitet og følsomhedsvurdering

2.3.4 Vurdering af miljøpåvirkninger

Vurdering er beskrevet i ISO 14042. Den indeholder følgende tvungne elementer:

- Udvalgelse af miljøpåvirkningskategorier, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller
- Klassificering af kortlægningsresultater
- Beregning af kategoriindikatorresultater (karakterisering)

Miljøpåvirkningskategorier er f.eks. drivhuseffekt eller forsuring. Indikatoren for forsuring er afgivelse af protoner.

Desuden kan en række øvrige beregninger udføres:

- Beregning af kategoriindikatorresultaternes størrelse i forhold til referenceoplysninger (Normalisering)
- Gruppering
- Vægtning
- Datakvalitetsanalyse: bedre forståelse af indikatorresultater

Ifølge ISO 14042, skal en LCA indeholde karakteriserede data (samt evt. andre). Hvilke miljøeffekter, der vælges, er der derimod ikke enighed om. De valgte miljøeffekter skal være i overensstemmelse med formålet for LCA-en og der skal angives tydelige referencer. Herudover er der en række anbefalinger, som kan findes i ISO 14042, 5.3.3 samt i ISO 14049.

En LCA vil typisk anvende alment kendte miljøeffekter og benytte gængse beregningsmodeller, som f.eks. UMIP (Wenzel et al., 1996). Kun i de tilfælde, hvor der er tale om nye beregningsmodeller, er det nødvendigt at gennemgå metodegrundlaget.

For alle trin gælder det, at der skal argumenteres for valget af beregningstrin og diverse faktorer skal beskrives på en klar og gennemskelig måde.

For sammenlignende studier, som offentliggøres, gælder det specielt, at vægtning ikke må anvendes (ISO 14021, 9). Gruppering kan være en sortering af miljøeffekter f.eks. mht. lokale/globalt effekter eller en rangordning alt efter prioritering.

Eksempel: Valg af miljøeffekter

I LCA for dansk el og kraftvarme var der udover miljøeffekter og ressourceforbrug ønske om at vurdere støj, arealanvendelse og visuelle effekter. Dette er relevant i relation til energisystemer, men er ikke relevant for mange andre systemer.

2.3.5 Fortolkning

Fortolkningen af LCA er beskrevet i ISO 14043. Fortolkningen omfatter:

- Identifikation af væsentlige resultater
- Vurdering mht. fuldstændighed, følsomhedscheck og konsistenscheck
- Konklusioner, anbefalinger, rapportering

2.3.5.1 Identifikation af væsentlige resultater

Annex A.2 i ISO 14043 giver gode eksempler på, hvad dette punkt kan indeholde. Udover at identificere miljømæssige fokuspunkter, skal fortolkningen angive betydningen af de enkelte punkter.

2.3.5.2 Vurdering mht. kompletthed, følsomhedscheck og konsistenscheck

Annex A.3 i ISO 14043 giver forslag til, hvordan dette punkt kan struktureres. Vurderingen skal vise troværdigheden og pålideligheden af resultaterne. Der skal suppleres med usikkerhedsberegning og vurdering af datakvalitet.

2.3.5.3 Konklusioner, anbefalinger, rapportering

De væsentligste bidrag til miljøbelastningen identificeres, og konklusionen laves under hensyntagen til de forbehold, der gælder mht. kompletthed, følsomhedsvurdering og konsistens. Revieweren skal checke, at alle emner er behandlet på tilfredsstillende måde.

2.3.6 Den endelige rapport

Rapporten indeholder beskrivelsen af alle de førnævnte punkter. ISO 14040, afsnit 6, giver en overordnet indholdsfortegnelse for en rapport. Ud over at indeholde alle relevante punkter, skal beskrivelsen være klar og gennemskuelig. Forudsætninger og antagelser skal klart fremgå. Revieweren bør sætte sig i brugerens sted for at vurdere, om fremstillingen er forståelig for målgruppen. Ofte kan der f.eks. være tale om et meget indforstået sprog eller brug af forkortelser, som kun forstås af en meget snæver kreds.

2.4 Andre relevante procedurer

Karakteren af den kritiske gennemgang bestemmes af de målsætninger, der opstilles i forbindelse med LCA'en. Det er ikke formålet, der er bestemmende bortset fra LCA'er af sammenligninger. Det er opdragsgiveren evt. sammen med udføreren, der beslutter, om arbejdet skal vurderes i forhold til ISO-standarderne eller ej. Men det vil være på sin plads som reviewer også at forholde sig kritisk til de krav, som udføreren opstiller.

F.eks. vil det være at skyde over målet at lave en LCA i henhold til ISO, hvis LCA-arbejdet skal anvendes til intern prioritering i produktudvikling. Omvendt ville det være rimeligt at leve op til ISO-standardernes krav ved samfundsmæssig prioritering eller ved LCA'er, som vil få betydning for andre LCA'er (indsamling af generelle data for f.eks. elfremstilling eller stålfremstilling).

De øvrige metoder, der kan anvendes, er:

- "Almindelig sund LCA-praksis"
- Andre vejledninger i LCA (Heijungs, 1992), (Wenzel et al., 1996)
- Forenkede metoder til LCA (Miljøstyrelsen, 2001), (Wenzel et al., 1999), (Christiansen et al., 1997)

Almindelig sund LCA-praksis ligger inden for rammerne af en "kodeks" udgivet af SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) (Consoli et al, 1993) og senere LCA-publikationer. Herudover kan de enkelte LCA-eksperter have en holdning til, hvad der er fornuftigt.

Endelig kan anvendes en vending som: Det tilstræbes at arbejdet lever op til ISO-standarderne. Det kan f.eks. betyde, at man vil medtage de komponenter, som angives af ISO, men at dokumentationskrav ikke nødvendigvis overholdes. F.eks. kan man vælge at følge UMIP (Wenzel et al, 1996), som overholder ISO på nær dokumentation af data i afrapporteringen. Man bør selvfølgelig være opmærksom på, at hvis man ikke overholder en bestemt standard eller metode, kan det være svært for revieweren at afgøre, om arbejdet er godt nok, og dette kan bety-

de, at reviewer og udfører har svært ved at nå til enighed om niveauet. Det bør derfor så vidt muligt anbefales at følge en offentliggjort metode eller beskrivelse. Hvis dele af ISO anvendes, bør det specificeres, hvilke dele, det er, og på hvilken måde.

Det afgørende er, at det på forhånd er aftalt mellem opdragsgiver og reviewer samt evt. udfører, hvad den kritiske gennemgang skal omfatte.

3 Hvordan præsenteres den kritiske gennemgang?

Den kritiske gennemgang bør indgå som en del af rapporten i en eller anden form. Det kan f.eks. være som en redegørelse, der underskrives af reviewerne.

ISO har nogle formelle krav til, hvad redegørelsen for den kritiske gennemgang skal indeholde:

- Navn og tilhørsforhold for reviewerne
- Den endelige rapport for kritisk gennemgang
- Udførerens svar til rapporten for den kritiske gennemgang

Herudover er der ikke faste krav til, hvad en sådan redegørelse skal indeholde.

Et forslag til en indholdsfortegnelse for rapporten er:

- Introduktion: Hvem har udført den kritiske gennemgang, hvad har grundlaget været, hvad var formålet med den kritiske gennemgang?
- Procedure for den kritiske gennemgang (kort)
- Konklusion (generelle kommentarer)
- Detaljerede kommentarer til LCA'ens trin:
 - Definition af formål og afgrænsning
 - Kortlægning
 - Vurdering af miljøpåvirkninger
 - Fortolkning

Udførerens svar kan enten stå umiddelbart efter de enkelte kommentarer eller være et særskilt dokument umiddelbart i forlængelse af dokumentet.

I forbindelse med udførelsen af den kritiske gennemgang udarbejdes side-for-side kommentarer. Det forudsættes, at disse kommentarer indarbejdes i rapporten og side-for side kommentarerne skal ses som et internt arbejdsredskab mellem udfører og reviewer. Væsentlige side-for-side kommentarer, der måtte restere ved den endelige rapport, indbygges i den ovenstående

struktur. I bilag A vises et eksempel på en redegørelse for kritisk gennemgang.

Ved udarbejdelse af redegørelsen bør man tænke på, at mens selve processen og kommentarerne undervejs var til glæde og nytte for udføreren, vil dokumentet være en vejledning for brugere af LCA'en. Redegørelsen bør som før nævnt give et vægtet billede af LCA-arbejdet og bør indeholde en slags samlet karakteristik af LCA'en, der belyser LCA'en som helhed, både de stærke og svage sider. Den kritiske gennemgang skal fungere på samme måde som en lødig boganmeldelse, der vejleder brugeren af LCA'en i, hvad det er, hun eller han har mellem hænderne. Denne karakteristik af LCA'en er ikke en konkret vejledning i brug af LCA'en, men snarere en oplysning om mulige faldgruber, og hvad man evt. skal være opmærksom på ved brugen.

Eksempel: Begrænsninger i anvendelse af resultater, som ikke fremgår af LCA-rapporten

LCA for el og kraftvarme giver data for 4 forskellige modeller:

Forbrug af el i Danmark

Produktion af el i Danmark

Begge modeller angives med henholdsvis fordeling mht. energikvalitet og energiindhold (to forskellige fordelingsmetoder). Der savnes bedre anvisninger til brugeren om, hvornår man skal anvende de enkelte modeller, specielt i forhold til energiindhold og energikvalitet. (Redegørelse for kritisk gennemgang af "LCA af dansk el og kraftvarme")

Brugere bliver i dokumentet gjort opmærksom på, at det er væsentligt at vælge den rigtige model til sin anvendelse. Dette beskrives også i rapporten, men revieweren har mulighed for at trække noget mere frem, særlig da rapporten ikke giver gode anvisninger på, hvornår man skal anvende den ene eller anden model.

En redegørelse for kritisk gennemgang kan også påpege noget, som er ønskeligt, selv om det ikke er et krav:

Eksempel: Ønsker i redegørelse for kritisk gennemgang

Panelet ser imidlertid gerne levering af data i ufordelt form, så det på et senere tidspunkt vil være muligt at foretage en system-udvidelse, hvis det er relevant (redegørelse for kritisk gennemgang af "LCA af dansk el og kraftvarme"). På baggrund af dette ønske, blev de ønskede data leveret.

Det er også vigtigt at pointere, om denne undersøgelse på nogen måde adskiller sig fra tilsvarende undersøgelser, så brugeren

kan vurdere, om der er grund til at tro, at denne undersøgelse er bedre eller evt. mere fuldstændig på bestemte områder:

Eksempel: Sammenligning med tilsvarende arbejder

Grundlæggende adskiller denne LCA sig fra de hidtidige danske data for el og varme ved ikke alene at inkludere livsforløbet for brændslerne, men også livsforløbet for energianlæggene. Det er generelt lykkedes at opfylde dette ambitionsniveau. Desuden medtages emissioner fra deponi, hvilket er nyt i forhold til hidtidige data (Redegørelse for kritisk gennemgang af "LCA af dansk el og kraftvarme").

Her gælder f.eks., at man må forvente at de leverede data medtager flere emissioner end tidligere. Det skal man være opmærksom på, hvis man skifter til de nye el-data.

4 Hvor detaljeret skal LCA-undersøgelsen være - hvornår er noget godt nok ?

ISO-standarderne angiver nogle komponenter, som skal dækkes af LCA'en. Herudover skal rapporten være gennemskuelig og niveauet fornuftigt i forhold til LCA'ens formål. Det første punkt om alle komponenterne i LCA'en er inkluderet, er ret objektivt at afgøre. Gå ind i listen over punkter og se, om alle punkter er med. Hvis de ikke er det, skal det rettes.

Når alle punkter er medtaget, er spørgsmålet, om det er godt nok. Det er ikke muligt at give præcise anvisninger for, hvornår noget er godt nok. Man kan diskutere om et "6-tal" (i forbindelse med en LCA-undersøgelse) er bestået, eller om det er nødvendigt med et "11-tal".

Her kommer reviewerens erfaring og fornuft ind i billedet. Det er revieweren, som afgør, om noget er godt nok. Og niveauet vil ikke altid være det samme, det afhænger bl.a. af formålet med LCA'en. Samtidig må man som reviewer skele til, hvor vigtigt et givent element i LCA'en er for det samlede resultat.

Kommentarerne kan jo gives på flere niveauer: Noget man vil kommentere og noget som skal ændres/burde have været anderledes. Formuleringen afhænger af, om kommentaren gives i den fase, hvor der er mulighed for at rette op på arbejdet, eller det er en konstatering i slutfasen af rapporten.

Eksempel: Væsentlige og uvæsentlige bidrag

I "LCA for el og kraftvarme" er der opstillet data for 1 kWh el henholdsvis varme. For el er bidraget sammensat af de forskellige teknologier, som anvendes til fremstilling af el, dvs. forbrænding af kul, naturgas, olie, biomasse, vindkraft mm. Fremstilling af bygninger, dvs. kraftværker samt transmission og distribution er også med.

For bygninger er der foretaget nogle antagelser om genbrug, som ikke virker rimelige. Imidlertid udgør bygninger en forsvindende lille del af den samlede belastning, og det vil derfor ikke have afgørende betydning, hvordan livsførelset for bygning er modelleret. Dette er et eksempel på, at man godt som reviewer kan påpege, at noget ikke virker rimeligt, men samtidig sige, at der ikke er grund til at ændre det, fordi det ikke har betydning for det samlede resultat.

For vindkraft var et forbrug af bly i første omgang ikke medtaget. Forbruget af bly var lille, men da fremstilling af bly giver anledning til emissioner af bly, som er giftigt, kunne de godt få betydning alligevel. Dette blev kommenteret af revieweren som noget, der burde ændres. Vindkraft udgør også en lille del af det samlede system, men da data for de enkelte el-teknologier også kan anvendes hver for sig, bør hver enkelt teknologi være behandlet dækkende. Ydermere bidrager bygninger (i dette tilfælde vindmøllen) med langt størstedelen af miljøpåvirkningerne for vindkraft. Her er der altså tale om noget, der skal ændres. Kommentaren medførte, at bly blev medtaget.

Spørgsmålet om, hvorvidt noget skal ændres, må derfor bunde i en vurdering af, om en ændring vil have betydning for den samlede konklusion.

4.1 Niveauet af den kritiske gennemgang

Overordnet gælder, at hvis en LCA skal følge ISO, vil kravene til den kritiske gennemgang typisk være højere, end hvis den ikke skal følge ISO. Sammenhængen mellem omfanget af den kritiske gennemgang og budgettet er beskrevet i afsnit 1.5.

Hvilket kvalitetsniveau og omfang, den kritiske gennemgang herudover skal have, afhænger af den LCA, der skal gennemgås, og af den sammenhæng, LCA'en indgår i. Denne afhængighed af LCA'en kan opdeles på følgende punkter:

- LCA'ens fortolkninger og konklusioner
- LCA'ens sammenhæng: konsekvenser af LCA'ens fortolkning og konklusioner

Den kritiske gennemgang skal altid dække de dele, der er nævnt i kapitel 2, men afhængig af de nævnte parametre, skal der lægges mere eller mindre vægt på de enkelte dele.

4.1.1 LCA'ens fortolkninger og konklusioner

Reviewerens opgave er at gennemgå LCA'ens tekst og data kritisk og at tage stilling til deres rigtighed for herigennem at sikre troværdigheden af LCA'en. Væsentlige data og udsagn i LCA'en skal derfor være gennemgået. Selv om alle væsentlige data og udsagn således bør gennemgås, er der selvfølgelig størst fokus på de fortolkninger og konklusioner, som udføreren af LCA'en selv har trukket frem. Det er altid reviewerens opgave at tage stilling til holdbarheden af disse fortolkninger og konklusioner.

Det gælder overordnet, at en LCA, der er forsigtig i sine fortolkninger og konklusioner, ikke kræver så grundig en kritisk gennemgang, som en LCA, der fortolker og konkluderer lige til grænsen af, hvad data mv. kan bære. Udføreren af LCA'en skal derfor gøre sig klart, at "det koster" i form af kvalitetssikring, følsomheds- og usikkerhedsvurdering og kritisk gennemgang at konkludere vidtgående og på områder, hvor usikkerheden er stor.

Ønsket om at fremkomme med markante konklusioner kan evt. ses i formålet. Eksempler er sammenligninger af produkter, hvor formålet fra starten er at afgøre, om det ene produkt er bedre end det andet. Et sådant ønske vil automatisk udløse større behov for usikkerheds- og følsomhedsvurdering, også selv om sammenligningen ikke anvendes til markedsføringsformål.

Det kan også dreje sig om vanskelige afvejninger mellem f.eks. toksiske stoffer og energiforbrug, som kræver en nøjere granskning.

En vigtig pointe er, at niveauet for den kritiske gennemgang i en vis udstrækning ligger i den detaljerede ordlyd af de enkelte fortolkninger og konklusioner, der fremgår af LCA'en. Udføreren og revieweren af LCA'en bør være bevidste om dette og drøfte fortolkningernes og konklusionernes ordlyd i samspil med diskussionen om niveauet af den kritiske gennemgang.

4.1.2 LCA'ens sammenhæng: konsekvenser af LCA'ens fortolkning og konklusioner

I det foregående afsnit blev det pointeret, at ønsker om stærke konklusioner kan forøge omfanget af den kritiske gennemgang.

Hvis LCA'ens fortolkning og konklusioner har meget store konsekvenser kan behovet for at sikre troværdigheden tilsvarende øges og dermed omfanget/niveauet af den kritiske gennemgang.

Eksempel: LCA'ens sammenhæng og konsekvenser af LCA'ens fortolkning og konklusioner - dåsesagen

Den udførte miljøvurdering af emballager til øl- og læskedrikke har konsekvenser for såvel producenter af emballage som detailhandel mfl., og konsekvenserne har stor geografisk udstrækning. Et sådant arbejde kræver en omfattende kritisk gennemgang pga. konsekvenserne af konklusionerne. I dette tilfælde er det anvendelsen som beslutningsstøtte for myndigheder, der betyder, at omfanget af den kritiske gennemgang bliver stort.

5 Referencer

Christiansen, K (ed.): Simplifying LCA: just a cut? Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1997.

Consoli, F.; Allen, D.; Boustead, I.; Fava, J.; Franklin, W.; Jensen, A.; Oude, N.; Parrish, R.; Perriman, R.; Postlethwaite, D.; Quay, B.; Seguin, J.; Vigon, B.: Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice". SETAC-Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1993.

DS/EN ISO 14040

DS/EN ISO 14041

DS/EN ISO 14042

DS/EN ISO 14043

DS/EN ISO TR 14049

Heijungs, R.: Environmental Life Cycle Assessment of Products, Guide-october 1992, B&G, Centre of Environmental Science, Leiden, 1992.

Miljøstyrelsen: Håndbog i miljøvurdering af produkter – en enkel metode, udkommer i 2001, Miljøstyrelsen.

Weidema, B.: Guidelines for critical review of life cycle assessments. <http://www.lca.dk/publ/critrev.html>, 1997.

Weidema, B. (ed.): LCA-metodeforbedring/metodeudvikling og konsensuskabelse, Delprojekt 2: Systemafgrænsning, Geografisk, teknologisk og tidsmæssig afgrænsning. Teknisk vejledning for LCA af produkter no. 3 (udkast). Dokumentnummer 2000-05-04, 2000.

Wenzel, H.; Hauschild, M.; Rasmussen, E.: Miljøvurdering af produkter, Miljøstyrelsen og Dansk Industri, 1997.

Wenzel, H.; Caspersen, N.; Schmidt, A: Livscykluscheck, en vejledning for TIC-konsulenter, Institutet for Produktudvikling, 1999.

Redegørelse for kritisk gennemgang for projektet: LCA af dansk el og kraftvarme

Reviewere. Reviewet er udført af Henrik Wenzel (fagligt ansvarlig), Institutet for Produktudvikling, Nina Caspersen (projektansvarlig), Institutet for Produktudvikling og Lotte Schleisner, RISØ.

Grundlag. Reviewet er baseret på gennemgang af hovedrapporten og de underliggende teknologirapporter. Desuden har datamaterialet for modelleringen været til rådighed for reviewerne. Der har været tilknyttet intern kvalitetssikring af data, og det har derfor ikke været reviewernes opgave at undersøge om f.eks. de måledata, der er anvendt i projektet, er korrekte. Rimelighed og troværdighed af data på det overordnede plan er dog undersøgt. De foreliggende kommentarer relaterer sig primært til hovedrapporten. Kapitel 6, som omhandler varme, har ikke været forelagt reviewerne i den færdige form pga. tidspres, og dette kapitel indgår derfor ikke i vurderingen. Der er desuden afsnit, hvor ændringer er blevet indført i dialog med reviewerne, men som ikke har været set i den endelige sammenhæng.

Review panelets opgave Formålet med reviewet har været at vurdere, om arbejdet som helhed lever op til ISO-standarderne i 14040-serien, samt om resultaterne giver et retvisende billede af livscyklus for dansk el og kraftvarme. Desuden har der fra projektets side været ønske om at følge den nyeste udvikling inden for LCA-området og vurdere arbejdet i forhold til denne.

Review-processen:

Reviewet har været delt i tre dele:

- 1.del, afgrænsning
- 2.del, dataindsamling (for de enkelte produktionsteknologier)
- 3.del, hovedrapporten

I forbindelse med hver del har der været udarbejdet skriftlige kommentarer fra reviewerne, som blev udsendt i forvejen til reviewernes kontaktperson for projektet. Herefter blev der holdt møder, hvor

kommentarerne blev diskuteret mellem reviewerne og relevante personer fra LCA-projektets koordineringsgruppe. Kommentarerne fra disse møder er i høj grad blevet indarbejdet i rapporten.

1 Konklusion

Projektets formål var dels at levere data for fremstilling af el og varme (LCI-data) dels at foretage en vurdering (LCA) på baggrund af disse data.

Projektet har to detaljeringsniveauer:
det samlede system til produktion af el og varme
de enkelte teknologier

For det samlede system vurderes data at have ”stor fuldstændighed”, mens der for enkelte teknologier kan være tale om områder, hvor data er mindre fuldstændige. Dette er generelt beskrevet i rapporten. Teknologibeskrivelserne lever ikke op til alle de stillede krav i ISO 14041, men det vurderes, at data er indsamlet på et fornuftigt grundlag, og at manglerne primært ligger i beskrivelsen og ikke i det bagvedliggende arbejde. Det må også pointeres, at detaljeringsniveauet for arbejdet er meget højt, og at de mangler, der er, generelt ligger inden for områder, som ikke vurderes at have væsentlig betydning for det samlede resultat. Det vurderes derfor, at livscyklusvurderingen for det samlede system lever op til ISO-standarderne i 14040-serien.

Dette betyder, at der nu er data for såvel de enkelte produktionsteknologier som det samlede danske system for både produktion og forbrug af 1 kWh el og kraftvarme. Disse data udgør et godt grundlag for det videre arbejde inden for el-sektoren og til anvendelse i øvrigt LCA-arbejde, hvor data for el-produktion indgår som en vigtig del.

Grundlæggende adskiller denne LCA sig fra de hidtidige danske data for el og varme ved ikke alene at inkludere livsforløbet for brændslerne, men også livsforløbet for energianlæggene. Det er et højt ambitionsniveau, som det generelt er lykkedes at opfylde. Desuden medtages emissioner fra deponi, hvilket er nyt i forhold til hidtidige data.

Fra projektets side var der desuden ønske om at medtage stråling, støj, areal og visuelle effekter, hvilket vurderes at være relevant i en miljøvurdering af energisystemer. Dette har ikke været muligt at opfylde inden for projektets rammer, hvilket ikke skal ligge projektet til last, da disse miljøeffekter ikke er operationaliserede i eksisterende metoder til livscyklusvurdering.

1.1 Funktionel enhed

Den funktionelle enhed er klart beskrevet som 1 kWh el/varme leveret fra det samlede system til forbrugeren. Den indeholder krav om høj rådighedsgrad af el/varme an forbruger, og det er godt at denne kvalitet ved el'en er medtaget. Kvaliteten af el'en burde imidlertid yderligere kvantificeres. Dette kunne gøres for både rådighedsgrad og andre væsentlige kvaliteter som f.eks. stabiliteten af spændingen og frekvensen, krav til grundlast/spidslast mm.

1.2 Medtagne effektkategorier

Miljøpåvirkningerne beskrives ved kategorierne miljøeffekter og ressourceforbrug. På teknologi-niveau vises ressourceforbrug ikke konsekvent, og udeladelsen virker ikke velbegrundet.

1.3 De 4 modeller

Der opstilles en model for både el-produktion og el-forbrug i Danmark, idet disse to modeller adskiller sig ved at inkludere eksport henholdsvis import af el. Dette er med til at øge anvendeligheden af data, idet disse to datamodeller har hver deres anvendelsesområder. Desuden opstilles to modeller for fordeling af miljøbelastninger mellem el og varme mht. energiindhold eller energikvalitet, så der i alt leveres 4 modeller.

For allokering er der truffet et overordnet valg om anvendelse af systemudvidelse. Dette valg er ikke fulgt for alle områder, bl.a. ikke for fordelingen af miljøbelastningen mellem el og varme. Ifølge ISO har systemudvidelse 1. prioritet, men andre allokeringmetoder er acceptable, hvis systemudvidelse ikke er mulig. Den nyeste udvikling på LCA-området arbejder hen imod anvendelse af systemudvidelse i alle de tilfælde, hvor man kunne tænkes at allokere. Da den nyeste udvikling imidlertid ikke er offentliggjort i færdig form, og der desuden er argumenteret for fravalget, virker de trufne valg rimelige. Det er valgt at vise allokering for såvel energiindhold som energikvalitet. I henhold til UMIP er det kun fordelingen ud fra energikvalitet, der er relevant og kun som anden prioritet, idet systemudvidelse også i UMIP har 1.prioritet. Da praksis imidlertid viser at både energiindhold og energikvalitet anvendes, er det et fornuftigt valg at vise begge dele. Valget af flere metoder betyder også, at der er øget fokus på valgssituationen og den store betydning af valget.

Review-panelet ser gerne levering af data i uallokeret form, så det på et senere tidspunkt ville være muligt at foretage en systemudvidelse, hvis det er relevant. Der savnes desuden bedre anvisninger til bruge-

ren om, hvornår man skal anvende de enkelte modeller, specielt i forhold til energiindhold og energikvalitet.

2 Kommentarer til LCA'ens komponenter

De detaljerede kommentarer har følgende struktur:

- Indledning
- Formål og anvendelse
- Projektets metode
- Dataindsamling
- Vurdering og fortolkning
- Formidling/rapport

2.1 Indledning

Rapporten indeholder en god introduktion og argumentation for at gennemføre LCA-projekt i el-sektoren.

2.2 Formål og anvendelse

Formålet er overordnet defineret. Det er bredt og viser det grundlæggende og generelle sigte med projektet. Via beskrivelsen af målgruppen, formidlingen og anvendelsen af projektet præciseres formålet og anvendelsen yderligere. Projektets formål og anvendelse primært som datagrundlag for el-data til LCA'er af andre produkter står klart.

2.3 Projektets metode

Den funktionelle enhed er klart beskrevet som 1 kWh el/varme leveret fra det samlede system til forbrugeren. Den indeholder krav om høj rådighedsgrad af el/varme, og det er godt, at denne kvalitet ved el'en er medtaget. Kvaliteten af el'en burde imidlertid yderligere kvantificeres. Dette kunne gøres for både rådighedsgrad og andre væsentlige kvaliteter som f.eks. stabiliteten af spændingen og frekvensen, krav til grundlast/spidslast mm.

Endvidere bør varigheden af ydelsen principielt specificeres. Hvis levetiden af de forskellige anlæg i systemet kun er en funktion af antal kWh produceret er det i praksis ikke nødvendigt, men hvis levetiden af visse anlægsdele er en funktion af tiden alene (korrosion af el-master, beton i bygninger mv.) er det nødvendigt at specificere varigheden.

Grunden til ønsket om denne detaljeringsgrad er, at visse kvalitetskrav til el'en kan være dimensionerende for både drift og anlæg og dermed styrende for visse dele af ressourceforbruget og miljøpåvirkninger. Dette er væsentligt, da den funktionelle enhed er den faste reference, som data skal vurderes på baggrund af fremover. De samme kommentarer gælder kraftvarme.

Rapporten anfører selv sådanne vurderinger af kvalitetsforholdene, men kun kvalitativt.

Systemafgrænsning: Den overordnede strukturering og opdeling i det samlede system hhv. de enkelte produktionsteknologier er klar og operationel. Omfanget, detaljeringsgraden og grundigheden i opgørelsen af systemerne er stor og ambitionsniveauet højt. Grundlæggende adskiller denne LCA sig fra de hidtidige danske data for el og varme ved ikke alene at inkludere livsforløbet for brændslerne, men også livsforløbet for energianlæggene inklusive både produktion (drift), transmission og distribution af el og varme. Det er generelt lykkedes at opfylde dette ambitionsniveau.

Der opstilles en model for både el-produktion og el-forbrug i Danmark, idet disse to modeller adskiller sig ved at inkludere eksport henholdsvis import af el. Dette er med til at øge anvendeligheden af data, idet disse to datamodeller har hver deres anvendelsesområder. Desuden opstilles to modeller for allokering mht. energiindhold eller energikvalitet. Der savnes imidlertid bedre anvisninger til bruger om, hvornår man skal anvende den ene eller anden model, specielt i forhold til energiindhold og energikvalitet.

Allokeringsmetoder: For allokering er der truffet et overordnet valg om anvendelse af systemudvidelse. Dette valg er ikke fulgt for alle områder, bl.a. ikke for fordelingen af miljøbelastningen mellem el og varme. Såvel ISO som UMIP angiver, at systemudvidelse skal anvendes hvis det er muligt, men det har hidtil i LCA-praksis været accepteret at undgå systemudvidelse. Den nyeste udvikling på LCA-området arbejder hen imod anvendelse af systemudvidelse i alle de tilfælde, hvor samprodukter eller genbrug forekommer i systemet. Da den nyeste udvikling imidlertid ikke er offentliggjort i færdig form, og der desuden er argumenteret for fravalget, virker dette valg rimeligt. Ifølge UMIP er anden prioritet ved allokering en metode, der tager hensyn til kvaliteten af det leverede, i dette tilfælde energikvaliteten, som udtrykkes ved exergi. Ifølge UMIP vil det derfor ikke være relevant at anvende energi som fordelingsnøgle. Ud fra en pragmatisk betragtning er dette imidlertid rimeligt, da mange andre LCA-arbejder anvender energi som fordelingsnøgle, og det derfor er nyttigt at have data, der kan sammenlignes med de eksisterende.

Valget af to metoder betyder også, at der er øget fokus på valgsituationen og den store betydning af valget. Review-panelet ser imidlertid gerne levering af data i uallokeret form, så det på et senere tidspunkt vil være muligt at foretage en systemudvidelse, hvis det var relevant. De uallokerede data skal i givet fald leveres for såvel de enkelte teknologier som det samlede system.

En diskussion af, hvilke teknologier der ville være de mest følsomme (marginale), er ligeledes ønskelig.

Håndtering af genbrug er ikke beskrevet helt entydigt, og der kan sættes spørgsmålstejn ved en del af antagelserne. Dette kan vises med et par konkrete eksempler: For Cr-Ni-holdigt stål, som anvendes til kraftværkskedler antages ingen genanvendelse ved skrotning og for zink antages 100% genanvendelse af den zink, der findes som overfladebelægning af stål. Cr-Ni-stål vil sandsynligvis blive genanvendt, og da indholdet af krom og nikkel er kendt, vil det blive genanvendt til legeringer med tilsvarende sammensætning. Zink vil for en stor dels vedkommende blive opfanget af røggasfiltre, men tabet vil være stort. Dette betyder, at det anvendte ressourceforbrug af krom og nikkel er for stort, mens det er for lille for zink. De øvrige miljøeffekter påvirkes ikke nævneværdigt.

Manglende data: Der er beskrevet en målsætning om at bruge skønnede data, hvis data ikke foreligger eller kan skaffes. Den beskrevne målsætning er meget ambitiøs og ikke nødvendig i forhold til at beskrive de væsentligste miljøbelastninger.

Medtagne datakategorier er i henhold til UMIP. Herudover er medtaget emissioner fra deponi, som indgår som emissioner til vand. Dette er en væsentlig forbedring i forhold til tidligere data for el. Støj og areal nævnes, men indgår ikke i datamaterialet. De anvendte datakategorier vurderes at være fornuftige i forhold til anvendelsen og de tidsmæssige begrænsninger, projektet har været underlagt.

Krav til datakvalitet: Der er opstillet krav til datakvalitet mht. geografi, tid og teknologi, men det fremgår ikke helt klart af rapporten, hvad målsætningen for datakvalitet er.

2.4 Dataindsamling

Beskrivelsen af data er sket i henhold til de procedurer, som projektet selv har fastlagt. Procedurerne er fornuftige i forhold til projektets formål. *Håndtering af manglende data:* Kun i enkelte tilfælde er der foretaget indsamling af nye data for f.eks. materialer, hvis der ikke var data i UMIP-databasen. Typisk er der ikke foretaget følsomhedsanalyse ved manglende data. Manglerne er dog inden for områder, som sandsynligvis vil have mindre betydning for det samlede resultat. I

forhold til målsætningen om at foretage skøn for alle manglende data, lever arbejdet ikke op til målsætningen. Det skal dog understreges, at det var en meget ambitiøs målsætning, og at de manglende data ikke vurderes at have væsentlig indflydelse på resultatet. Beskrivelsen af, hvordan datasæt med f.eks. manglende emissioner skal håndteres, er ikke klar for alle teknologier.

De anvendte data er fundet i overensstemmelse med formålet. På systemniveau er *aggregering af data* for systemet foretaget på en gennemskuelig måde, mens aggregeringen på teknologiniveau i enkelte tilfælde ikke er beskrevet tilstrækkeligt. For de mest betydende data ligger *verifikationen* i, at der foreligger målinger fra flere kilder. Desuden er der foretaget sammenligning med tilsvarende arbejder for drivhuseffekt. Data på systemniveau er sammenlignet med data fra UMIP-databasen. For systemniveau ligger der derfor en god verifikation af data, mens det ikke i alle tilfælde har været muligt på teknologiniveau.

2.5 Vurdering og fortolkning

På systemniveau er fortolkningen tilfredsstillende. De fire datasæt er diskuteret, de væsentligste bidrag er identificeret og følsomheden af den anvendte allokering (som er den, der har størst betydning for resultatet på systemniveau) er vist. Den opnåede datakvalitet er vurderet, dog ikke helt stringent i forhold til de parametre, som ISO 14041 anviser (geografi, tid og teknologi).

På teknologiniveau er resultaterne sammenlignet for de enkelte miljøeffekter, hvilket giver et godt overblik over de enkelte teknologiers bidrag til drivhuseffekt, toksicitet m.m.

2.6 Formidling/rapport

Rapporten omhandler alle relevante emner og beskrivelsen er stort set præsenteret klart. Rapporten beskriver såvel systemresultatet som de enkelte teknologier, og opbygningen af rapporten gør det let at finde frem til de relevante afsnit. Beskrivelsen af de enkelte teknologier er dog meget overordnet.

Beskrivelsen af teknologier bør gøres mere ensartet, f.eks. bør man ikke vise figurer allokeret med energikvalitet for nogle teknologier og energiindhold for andre. På teknologiniveau kunne der ønskes mere vægt på følsomhedsvurdering for antagelser, usikkerheder samt manglende data.

Henrik Wenzel
IPU

Nina Caspersen
IPU

Lotte Schleisner
RISØ