

Kort introduktion til

Life Cycle Assessment **LCA** og **CBA** Cost Benefit Analysis

på  
affaldsområdet

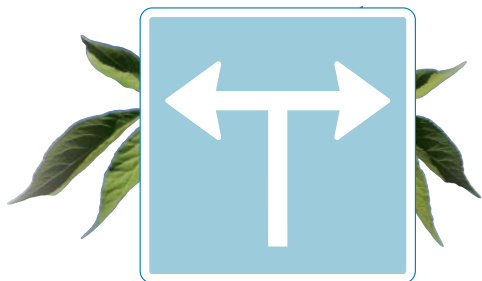


## Forord

Nye avancerede og stadig mere forfinede værktøjer og modeller dukker jævnligt op i vore dages affaldsverden, en verden der bliver mere og mere kompleks. Det er vanskeligt for ikke-eksperter i disse travle og konstant foranderlige omgivelser at skelne mellem klippefast videnskab, tro og overbevisning. Hvem og hvad skal vi tro på? Hvad er den rette beslutning for de konkrete udfordringer på affaldsområdet? Hvorfor kan eksperterne ikke bare give os de rigtige svar? Og hvordan skal vi forklare borgerne, hvorfor den miljøvenlige løsning, der var rigtig i går, pludselig ikke længere du'r?

R98 og Københavns Kommune arbejder tæt sammen i planlægningen og udførelsen af affaldshåndtering i København. Vi anvender en række beslutningsstøtteværktøjer og bruger mange ressourcer på at planlægge vores serviceydelser. Som du kan læse om senere i en case fra et nyligt udført projekt, er det slet ikke så nemt. Derfor har vi støttet udgivelsen af denne publikation i håbet om, at den kan bringe klarhed og bedre forståelse ind i den ofte voldsomme debat om, hvad der er rigtigt, og hvad der er forkert.

*God læselyst!*



*Niels Jørn Hahn*

Administrerende direktør  
R98 Fonden



*Klaus Bondam*

Teknik- og  
Miljøborgmester  
Københavns Kommune



## Indledning

I Europa efterspørger affaldsfolk og politikere i stadig større grad værktøjer, der kan hjælpe dem med at træffe beslutninger på et videnskabeligt grundlag. Denne pjeces forklarer brugen af to af de mest populære beslutningsstøtteværktøjer i dag: Livscyklusvurdering (LCA) og Cost-benefit analyse (CBA).

Anvendelsen af disse værktøjer er blevet kritiseret i de senere år, fordi de tilsyneladende kan føre til modstridende svar på de samme spørgsmål; for eksempel anbefaler visse CBA'er, at papir skal genanvendes, mens andre CBA'er anbefaler forbrænding.

Det danske Temacentret for Affald og Ressourcer er glade for at kunne præsentere denne pjeces til ikke-

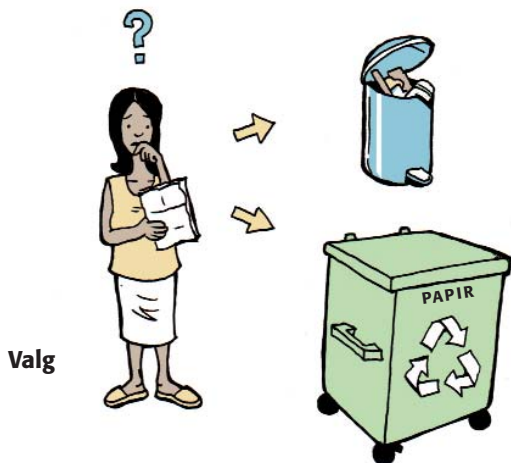
eksperter i affaldssektoren – det være sig politikere, beslutningstagere, konsulenter eller journalister.

Med udgangspunkt i Temacentrets ekspertise inden for disse værktøjer forklares den grundlæggende teori, årsagerne til de modstridende konklusioner, mulige faldgruber, samt hvordan værktøjerne kan og bør anvendes i affaldsbranchen.

Formålet med pjecen er ikke at sammenligne LCA'er og CBA'er, men derimod at gøre ikke-eksperter klogere på fordele og begrænsninger ved begge værktøjer samt hvordan man kan bruge resultaterne på en kritisk og velinformeret måde.

## På jagt efter de rette værktøjer

Af og til kan en affaldsekspert virkelig komme på en svær opgave, når en borger stiller et meget enkelt spørgsmål, såsom: skal jeg smide mit brugte papir i skraldespanden eller i containeren til papir?



Valg

Spørgsmålet er enkelt, men en affaldsekspert skal have indgående viden om det lokale affaldssystem for at kunne give et lige så enkelt svar, såsom *naturligvis skal du genanvende* eller *pyt med det, bare smid det i skraldespanden!*

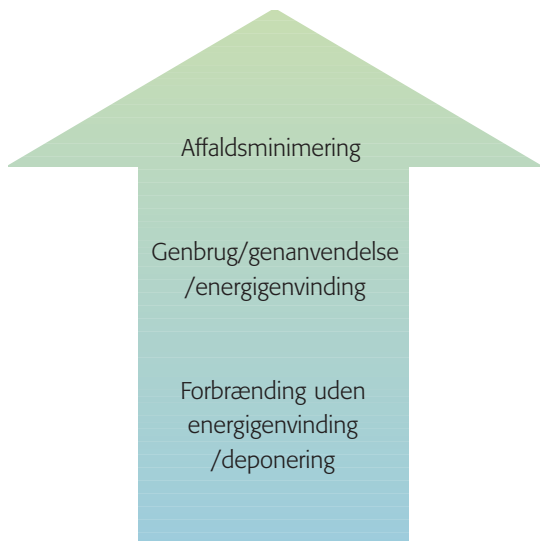
Vores miljøintuition siger os, at vi lever i en verden med begrænsede ressourcer, og vi bør genanvende papir såvel som mange andre ressourcer. I snart tyve år har denne holdning været et vejledende princip i EU's affaldspolitik, og vi har lært, at vi skulle følge det såkaldte affaldshierarki.

Dette hierarki skal ses mere som et overordnet princip end en konkret metode, der skal følges slavisk i moderne affaldshåndtering. I vore dage er affaldsfolk stillet overfor komplekse spørgsmål, såsom om det er miljømæssigt bedre at bruge genbrugelige glasflasker frem for éngangsmetaldåser. I disse tilfælde er hierarkiet for enkelt og kan ikke besvare spørgsmålet, da de to muligheder er på samme niveau i hierarkiet. Andre konkrete tilfælde, hvor hierarkiet er for overordnet til at kunne anvendes, er for eksempel håndtering af glas. I hierarkiet foretrækkes forbrænding af glas med energigenvinding frem for deponering, men forbrænding er her faktisk ikke bedre miljømæssigt set.

EU Kommissionen er klar over denne mangel og er i gang med at udvikle nye europæiske affaldspolitikker, som søger at imødegå affaldshierarkiets begrænsninger, idet man taler for at bruge livscyklustankegangen og håndfast miljø- og samfundøkonomisk dokumentation som grundlag for valg af affaldshåndtering i de enkelte tilfælde.

I Europa udmærker LCA og CBA sig som to af de mest anvendte beslutningsstøtteværktøjer på affaldsområdet. Værktøjerne er baseret på livscyklustankegangen, og de kan sammenligne forskellige affaldssystemer, før der vedtages nye politikker eller foretages store investeringer.

Brugen af disse værktøjer sker dog ikke helt uden kontroverser. Både LCA og CBA kan håndtere komplekse



AFFALDSHIERARKIET

problemstillinger ved sammenligning af affaldsscenerier, og de kan levere detaljeret og nyttig information, der kan hjælpe affaldsmyndighederne, når de skal vælge mellem mulige alternativer. Men værktøjerne er meget komplekse og ambitionsniveauet i de spørgsmål, de forsøger at besvare, er meget højt. Dette medfører en risiko for, at man når frem til modstridende resultater, afhængig af de mange antagelser sådanne studier nødvendigvis må indeholde. Visse LCA'er og CBA'er er således kommet med modsatrettede anbefalinger til de samme spørgsmål.

Dertil kommer, at medierne i deres jagt efter et sort/hvidt budskab ofte udelukker de kritiske kvalitative betragtninger og advarsler om de antagelser, der er

### Konklusioner fra analyserede LCA'er og CBA'er om håndtering af papiraffald<sup>(1)</sup>:

#### De fleste LCA'er konkluderer, at:

Papirgenanvendelse er i de fleste tilfælde at foretrække frem for forbrænding (med eller uden energigenvinding) eller deponering, og forbrænding er bedre end deponering.

#### De fleste CBA'er konkluderer, at:

I nogle studier er genanvendelse at foretrække frem for forbrænding (med eller uden energigenvinding), mens forbrænding med energigenvinding er bedre end genanvendelse i andre studier. Deponering er det dårligste valg.

(1) Villanueva et al. (2006) 'Paper and Cardboard – Recovery or Disposal?'. Technical report Nr. 5, Det Europæiske Miljøagentur, København, Danmark

foretaget i studiet, når de skal rapportere om hovedkonklusionerne fra et CBA- eller LCA-studie. Sådanne for- enklinger bidrager yderligere til forvirringen.

Denne pjece præsenterer det grundlæggende koncept for LCA og CBA og identificerer og resumerer styrker, svagheder samt umiddelbare modsigelser ved disse værktøjer, når de anvendes i affaldshåndtering og affaldspolitik. Papirhåndtering er brugt som gennemgående eksempel for at illustrere, hvordan LCA- og CBA-metoderne er blevet anvendt. Budskabet til politikere og affaldsfolk er klart: disse værktøjer er nyttige og blandt de mest vidtfavnende, vi har til rådighed i dag, men resultaterne skal fortolkes forsigtigt og nuanceret for at sikre korrekt anvendelse.



## Hvad er LCA og CBA?

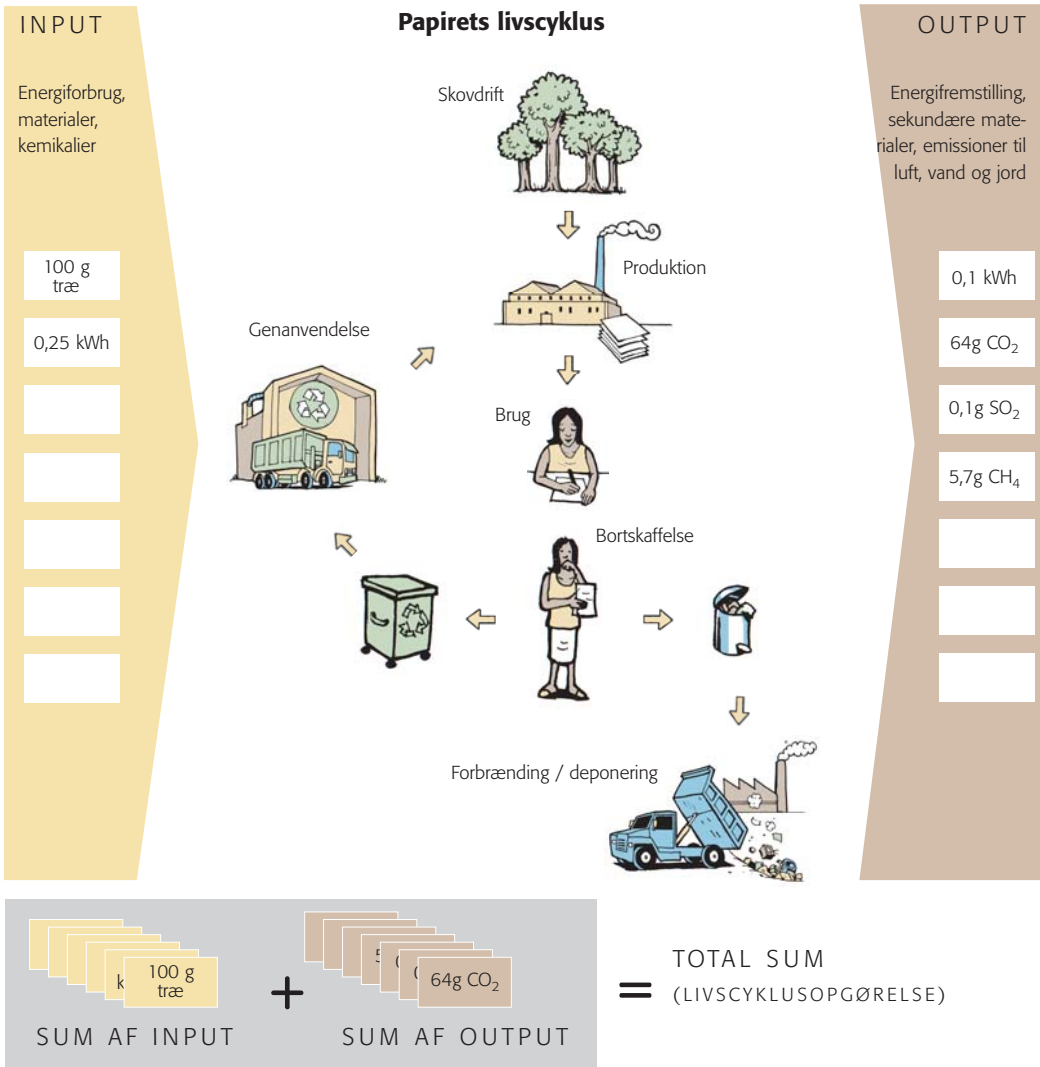
LCA og CBA er to metoder, der kan bruges til at vurdere de miljømæssige og/eller samfundsøkonomiske følger af en beslutning, for eksempel om borgerne i en kommune eller et land bør genanvende deres papir, glasflasker og metaldåser. De to værktøjer giver imidlertid forskellig information til beslutningstagerne. Målet med en CBA er at maksimere den samlede nytte for samfundet, mens en LCA er rettet mod at minimere de skadelige virkninger på miljøet. Metoderne besvarer forskellige spørgsmål, og de skal derfor ikke ses som konkurrerende, men derimod supplerende værktøjer.

LCA'er og CBA'er er beslutningsstøtteværktøjer og ikke beslutningstagningsværktøjer, fordi resultaterne normalt skal suppleres med lovmæssige, sociale, økonomiske eller tekniske oplysninger, før en beslutning kan tages.

## LCA

En **LCA** vurderer alle kendte miljøpåvirkninger af et produkt, materiale eller en serviceydelse i hele dets livscyklus. Det er en ambitiøs metode, og den dækker alle trin i det undersøgte produkts eller systems livscyklus fra vugge (råstofudvinding) til grav (endelig bortskaffelse). Den søger at dække alle fysiske udvekslinger med omgivelserne i produktets livscyklus, det være sig input af hjælpestoffer og energiforbrug, eller output i form af emissioner, affald og brugbar energi. Resultaterne samles i en såkaldt livscyklusopgørelse, som fx for et stykke papir på 40g kan udtrykkes som forbrug af 100g træ og 0,25kWh energi, produktion af 0,1kWh energi, emission af 64g CO<sub>2</sub> og 0,1g SO<sub>2</sub>, samt en lang række andre input og output.

I en *ideel* LCA bør alle input og output være dækket af opgørelsen. I *praksis* begrænses omfanget af opgørelsen af ekspertens viden om affaldssystemets samspil med samfundet og miljøet.



Når man har lavet en opgørelse af alle input og output, bliver de grupperet i potentielle påvirkningskategorier såsom ressourceforbrug, klimaændringer, forsuring eller toksicitet. Herefter bliver de oversat til miljøpåvirkninger, idet man anvender naturvidenskabelig viden om årsag og virkning. Hvad angår klimaændringer, bliver metanemissioner fx ganget med en faktor 21 for at omregne dem til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, fordi potentialet for klimaændringer fra 1 kg metan er 21 gange højere end fra 1 kg kuldioxid.

Påvirkningerne kan grupperes yderligere og vejes mod hinanden for at nå frem til et enkelt tal for de potentielle påvirkninger, såsom økopoints eller det økologiske fodspor, som er lettere at kommunikere ud, når det drejer sig om beslutningstagning. I denne aggregeringsproces vil en LCA bruge sammenligningsreferencer, der er baseret på funktionaliteten af det produkt eller den serviceydelse, der bliver sammenlignet, og man vil bruge enheder såsom personækvivalenter (dvs. den mængde en borger udsender af et givent stof på et år), for at omregne emissionerne til et enkelt nøgletal. Sådant en aggregering indebærer uundgåeligt en vis grad af subjektivitet og det skal besluttes, hvilke påvirkninger der er vigtigst i politisk sammenhæng – er klimaændringer fx mere eller mindre vigtige end humantoksicitet?

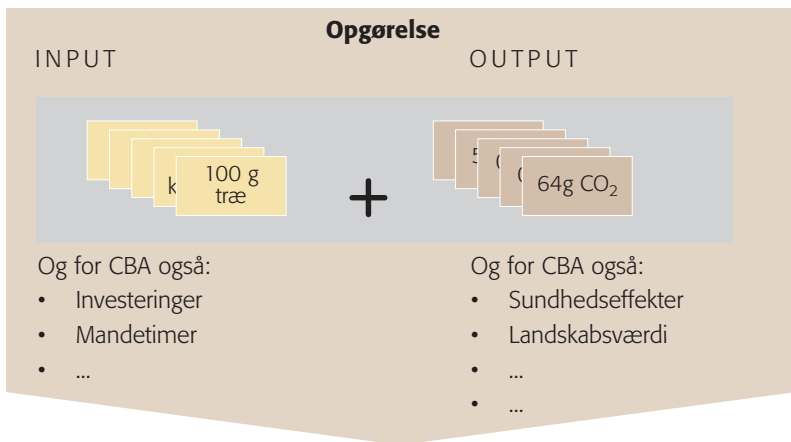
## CBA

**En CBA** vurderer omkostninger og fordele for samfundet af et projekt, en politik eller et program, såsom indførelsen af en given affaldspolitik eller opførelsen af et nyt behandlingsanlæg. Hvis nettofordelen er positiv, bør projektet generelt gennemføres. En af de store fordele ved CBA er, at resultatet udtrykkes i en kendt målestok, nemlig penge.

En CBA starter også med en systembeskrivelse, dets input og output samt en opgørelse over dem. En CBA omfatter alle virkninger af et projekt eller en politik, dvs. de samme input og output som LCA'en og derudover investeringer, arbejdskraft, beskæftigelse samt påvirkninger på sundhed og sikkerhed.

Derefter tilskrives alle disse påvirkninger en værdi, og de bliver omregnet til pengeenheder. Da forskellige omkostninger og fordele som regel indtræffer på forskellige tidspunkter i fremtiden, beregnes en såkaldt *nutidsværdi* for at illustrere den samlede værdi i dagens priser. I denne beregning anvendes en diskonteringsrate, som afspejler i hvor høj grad samfundet foretrækker at forbruge og høste fordele i dag frem for i morgen. Jo højere diskonteringsraten er, jo lavere vægt er der lagt på fremtidige omkostninger og fordele sammenlignet med dem, vi har i dag.





**LCA: aggregering i påvirkningskategorier, normalisering**

- Ressourceforbrug (person-reserver)
- Klimaændring (kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter/person/år)
- Forsuring (kg SO<sub>2</sub>- ækvivalenter/person/år)
- Humantoksicitet (m<sup>3</sup> luft/person/år)
- ...
- ...

**CBA: aggregering, værdisætning, diskontering**

- Investeringer (euro)
- Mandetimer (euro/time)
- CO<sub>2</sub> (euro/kg)
- SO<sub>2</sub> (euro/kg)
- Tab af menneskeliv (euro/uheld)
- Mandetimer ved papirsortering (euro/time)
- Eksport/import (euro)
- ...
- ...

**Vurdering**

Følsomhedsanalyse og fortolkning af resultaterne

**Vurdering**

Følsomhedsanalyse og fortolkning af resultaterne



## LCA

## CBA

	<b>Definition af mål og afgrænsning</b>	<b>Definition af mål og afgrænsning</b>
Målsætning	Minimere miljøpåvirkningerne	Maksimere samfundsnyttien
Fokus	Miljøpåvirkninger	Økonomiske påvirkninger
Tidsperspektiv	Forskellige tidshorisonter for forskellige påvirkningskategorier	Projektets tidshorizont
Geografisk afgrænsning	Global	Oftest national, men kan være bredere pga. internationale traktater eller etiske hensyn
Systemafgrænsning	Alle kendte interaktioner i livscyklus	Interaktioner med kendte økonomiske påvirkninger
Afgrænsning af påvirkninger	Alle kendte fysiske udvekslinger	Alle kendte fysiske udvekslinger samt ikke-fysiske påvirkninger
	<b>Opgørelse</b>	<b>Opgørelse</b>
	Direkte og indirekte udvekslinger med de fysiske omgivelser følges iterativt	Primært direkte effekter
	<b>Vurdering af påvirkninger</b>	<b>Vurdering af påvirkninger</b>
Sammenligningsgrundlag	Baseret på funktionalitet	Baseret på markedsrelationer (individets præferencer)
Mellemliggende trin	Karakterisering, normalisering, vægtning	Værdisætning af input og output, aggregering, definition af diskonteringsraten, beregning af nutidsværdi og indirekte kendte effekter
Resultat	Sum af miljøpåvirkninger	Nettofordel
Følsomhedsanalyse	Obligatorisk	Anbefalet. Manglende data sættes til nul
	<b>Fortolkning</b>	<b>Fortolkning</b>



Som for LCA adskiller *faktiske* CBA'er sig fra *ideelle* CBA'er. Dette ses fx i en CBA's geografiske afgrænsning, som oftest dækker aktiviteter og emissioner inden for den nationale eller lokale interessesfære. Der ses normalt bort fra emissioner og de deraf følgende effekter, der sker i andre lande, primært fordi en regering traditionelt kun beskæftiger sig med at maksimere de samfundsøkonomiske fordele for dens egne borgere. Der kan dog være undtagelser, hvor man er bundet af en international traktat eller gør det af etiske grunde.

Lighederne mellem LCA og CBA er vist på figuren til venstre. Begge metoder har først en fase med definition af mål og afgrænsning, derefter følger opgørelse af input og output. Begge værktøjer vurderer påvirkningerne, og der gennemføres en fortolkning af resultaterne. Det er dog i metodernes detaljer, såsom fokus, perspektiv, omfang, og sammenligningsgrundlag, at man ser forskellene, hvilket igen berettiger bemærkningen om, at disse metoder skal ses ikke som modsætninger, men som supplement til hinanden.

### **Standardisering af værktøjerne**

Begge metoder er følsomme overfor misbrug på det udviklingsstade, de er i dag, idet man fx kan ændre visse antagelser, eller udvælge visse data. Dette var da også baggrunden for den standardiseringsproces, som LCA har været igennem. Den startede i begyndelsen af 1990'erne og førte til ISO 14040-serien.

Standardiseringen har gjort LCA mindre manipulerbar, og CBA metoden kunne klart have nytte af at gennemgå en lignende proces. Standardisering vil dog ikke løse alle problemer, da antagelser og udvælgelse af data er en naturlig del af denne type studier. Sådanne antagelser og datavalg kan imidlertid være dokumenteret og begrundet i højere eller mindre grad. Standardisering sikrer kun, at antagelserne er fuldt ud dokumenteret og begrundet i forhold til forskellige kriterier.

## Miljø- og økonomivurderinger i den virkelige verden

Som følge af nye lovkrav om separat indsamling af plast- og metalemballage har R98, Københavns Kommune og Aalborg Universitet gennemført et pilotforsøg, hvor plast- og metalbeholdere til drikkevarer indsamles sammen med glasaffald i de eksisterende glascontainere. Resultaterne af forsøget er efterfølgende ekstrapoleret og sammenlignet med alternative indsamlingsmetoder for at vurdere, hvordan indsamling af engangs-drikkeemballage af plast og metal fra de 500.000 indbyggere i Københavns Kommune kan udføres med de lavest mulige miljømæssige og økonomiske omkostninger.

De miljømæssige og økonomiske aspekter af fem scenarier blev undersøgt:

1. Indsamling sammen med restaffald, som sendes til forbrænding (*nuværende situation*).

2. Indsamling til genanvendelse via de eksisterende glascontainere (*også gennemført som pilotforsøg*).
3. Specielle containere i gårdene.
4. Indsamling via genbrugspladser.
5. Separat indsamling i specielle containere ved siden af de eksisterende glascontainere.

### Metode og resultater

Studiet omfattede to separate vurderinger: en miljøvurdering i form af en LCA, og en økonomisk vurdering, der opgør alle direkte økonomiske omkostninger og fordele. Resultaterne blev derefter sammenlignet i en kombineret miljø- og økonomivurdering.

Miljøvurderingen baseret på LCA konkluderede, at det tredje scenarie – indsamling af plast og metal i containere placeret i gårdene er at foretrække fra et miljøsynspunkt.

RESULTATER. Ændring i forhold til referencesituation (scenarie 1)

Scenarie (sammenlignet med scenarie 1)	Plast og metalaffald indsamlet til genanvendelse (% af potentiale)	Miljøvurdering		Økonomivurdering		Kombineret vurdering (omkostning pr. undgået miljøeffekt)	
		Klimaændring (tons CO <sub>2</sub> -ækv.)	Forsuring (tons SO <sub>2</sub> -ækv.)	Samlet omkostning (1000 € pr. år)	Besparelse ved undgået klimaændring (1000 € pr. ton undgået CO <sub>2</sub> -ækv.)	Besparelse ved undgået klimaændring (1000 € pr. ton undgået CO <sub>2</sub> -ækv.)	Besparelse ved undgået forsuring (1000 € pr. ton undgået SO <sub>2</sub> -ækv.)
2	4,3	-110	-0,40	260	6,4	2,4	650
3	13	-230	-0,60	1063	8,7	4,6	1772
4	0,9	-30	-0,10	94	10,5	3,1	940
5	3,2	-70	-0,20	558	18,4	8,0	2790

### Definition af systemafgrænsningen

Denne case er et godt eksempel på, hvor vigtig systemafgrænsningen er. LCA'en dækker bredere end den økonomiske vurdering, idet denne kun medregner aktiviteter, der udføres af Københavns Kommune eller deres underleverandører. For eksempel er emissioner ved transport til en genbrugsplads medregnet i LCA'en, mens omkostningerne forbundet hermed ikke medregnes i den økonomiske vurdering.

Desværre blev dette scenarie udpeget som den dyreste indsamlingsordning i den økonomiske vurdering. Den højeste genanvendelsesprocent pr. krone blev opnået i det andet scenarie – indsamling i de eksisterende glascontainere.

Den kombinerede miljø- og økonomivurdering blev gennemført som en 'cost-effectiveness analyse', hvor resultaterne fra miljø- og økonomivurderingen blev holdt i de oprindelige enheder i stedet for at omregne alle omkostninger og fordele til penge, som det gøres i CBA.

Det andet scenarie – indsamling af plast og metal i de eksisterende glascontainere – viste sig at være det scenarie, der havde de laveste miljøpåvirkninger pr. krone. Dette scenarie blev efterfølgende valgt som ny ordning i København.

### Hvad har vi lært

Studiet gav nyttig information om de miljømæssige og økonomiske effekter af valg af en ny indsamlingsordning, og derudover kunne man lære meget andet af det. I de forsøg, der blev lavet med indsamling af plast og metalemballage i de samme containere som glas, tydede det fx på, at skårprocenten var lavere, fordi plastflaskerne dæmpede stødene fra glas.

En anden overraskende pointe var, at mængden af plast anvendt til fremstilling af *flaskecontainere* er relativt stor sammenlignet med den mængde *plastflasker*, der kunne indsamles til genanvendelse. For fremtiden vil flaskecontainere i Københavns Kommune derfor blive genanvendt i stedet for at blive sendt til forbrænding.

I analysen af resultaterne blev det ydermere klart, at faktorer, der ikke var med i studiet, havde stor vægt, når beslutningerne skulle tages på det politiske niveau. Disse yderligere faktorer var fx serviceniveau, pladsbehov i gårdene eller æstetiske forhold såsom placering af containere i bybilledet.

I den virkelige verden er miljø- og økonomivurderinger beslutningsstøtteværktøjer med mange begrænsninger, og som sådan kan de ikke omfatte alle de aspekter, der er afgørende, når der skal tages beslutninger. I lyset af den betydning, disse yderligere faktorer fik i dette studie, er læren her imidlertid, at man skal søge at identificere disse faktorer så tidligt som muligt og gerne *før* studierne gennemføres, for at undgå at studiets resultater er værdiløse, samt at de store investeringer, der bruges på dem, er tabt.

## LCA og CBA på affaldsområdet

LCA og CBA oversætter de miljømæssige (og for CBA's vedkommende også de ikke-miljømæssige) fordele og omkostninger ved forskellige valgmuligheder til målbare fysiske eller økonomiske enheder. Politikere og affaldsfolk kan anvende LCA og CBA til adskillige formål, oftest til at sammenligne to eller flere valgmuligheder for behandling af en affaldsstrøm, såsom deponering eller genanvendelse af papir. De spørgsmål, sådanne studier har besvaret, har været meget komplekse. Her følger nogle eksempler:

- Hvis man ønsker at undgå deponering af papir, skal kommunen så investere i et genanvendelsesanlæg, et komposteringsanlæg eller et forbrændingsanlæg?
- Hvordan skal kommunen prioritere ressourcerne: En forebyggelseskampagne? Øget kapacitet på de lokale genbrugspladser? Modernisering af røggasrensningen på forbrændingsanlægget? På hvilke af disse områder opnår man de største miljøforbedringer? Hvor får man mest for pengene, dvs. den største miljøforbedring pr. investeret krone?
- Hvilket materiale giver de største miljøfordele ved genanvendelse – papir, plast, stål, aluminium, glas, eller noget helt andet?

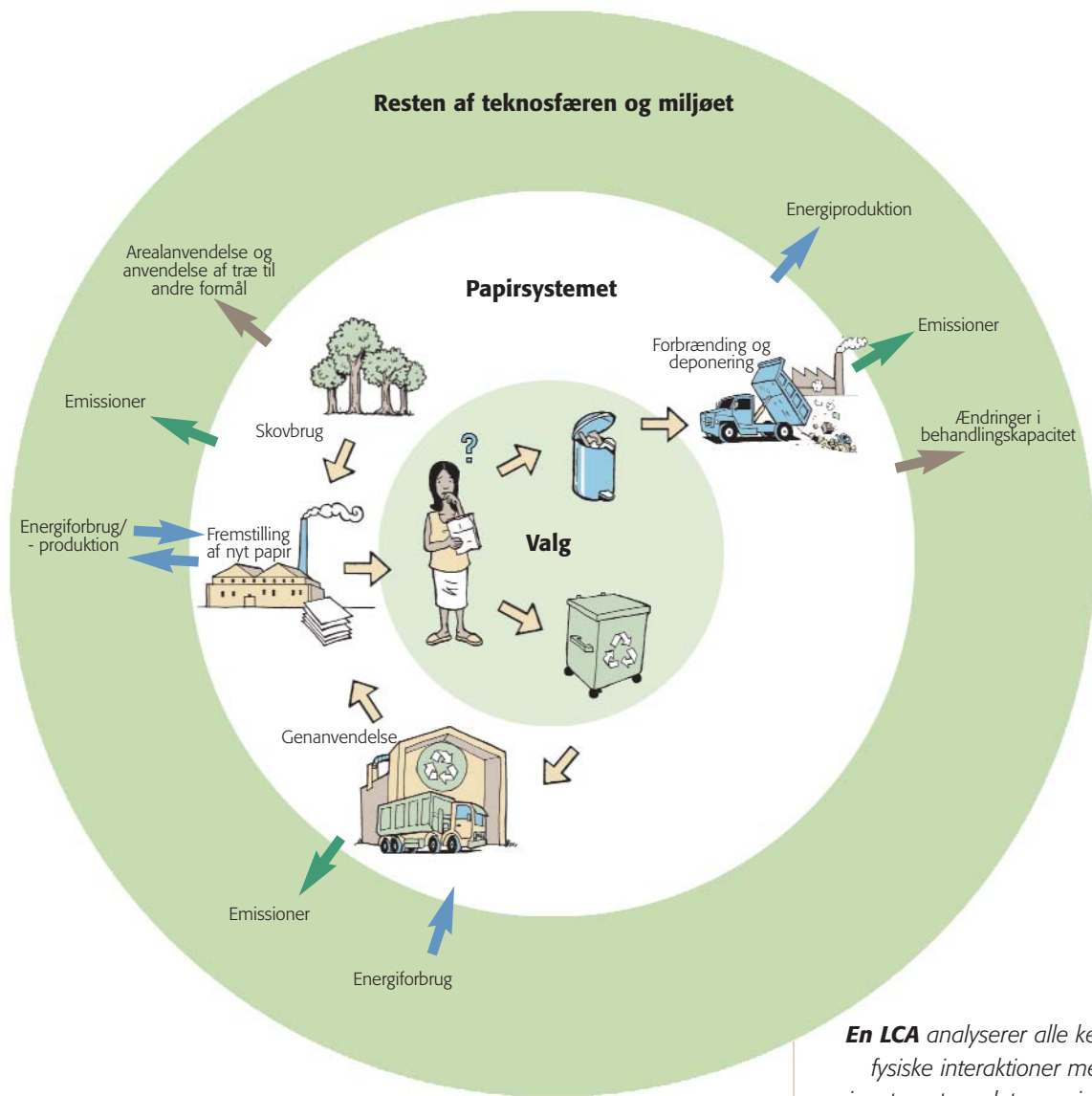
Når man anvender LCA og CBA på enkelte produkter, politikker eller projekter, kan det være forholdsvis pro-

blemfrit. Vanskelighederne kommer normalt først, når de anvendes til at sammenligne affaldssystemer.

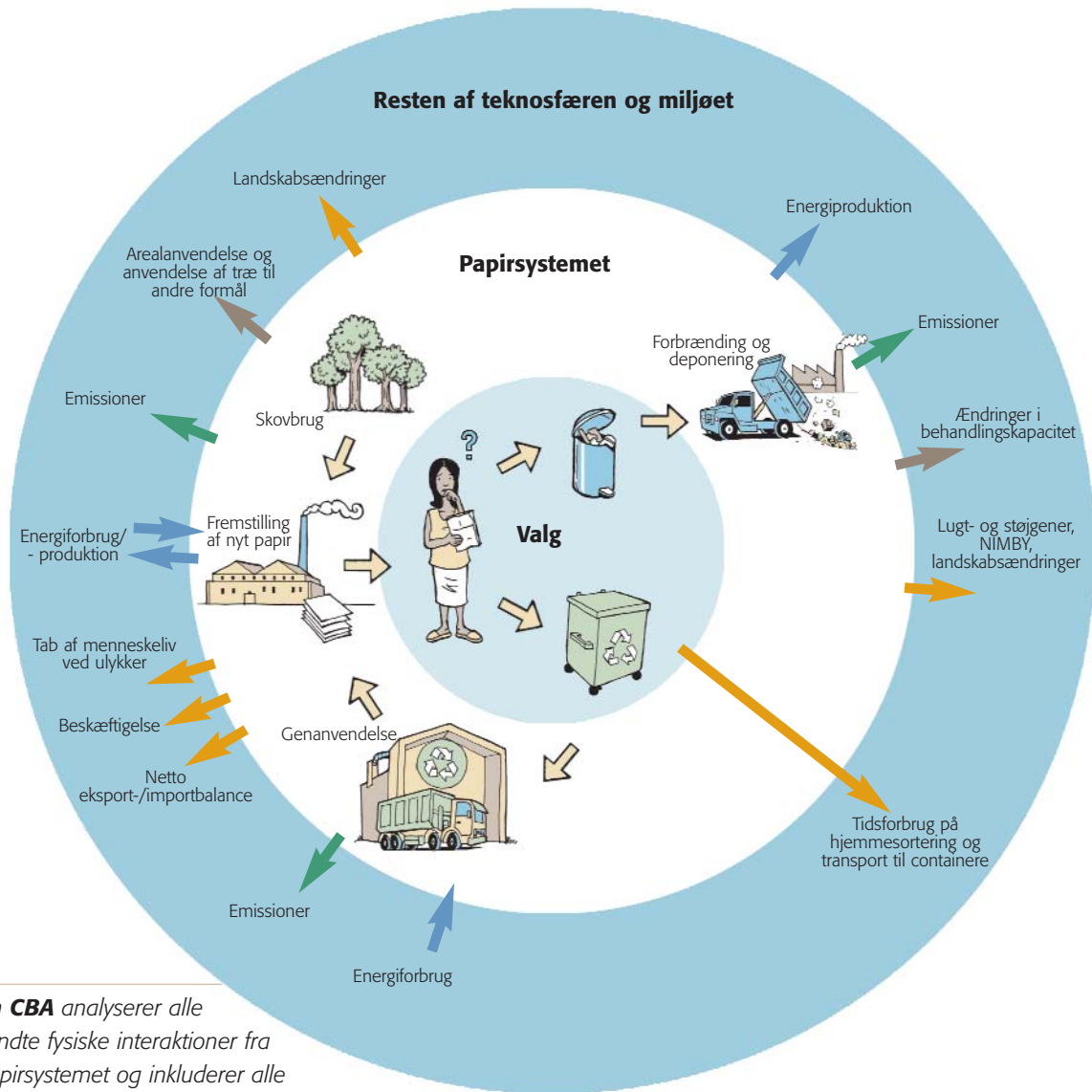
Affaldssystemer er komplekse størrelser bestående af indsamling, transport, behandling og bortskaffelse, og de hænger sammen med resten af samfundet gennem input og output af varme, el, sekundære materialer såsom genanvendelige materialer samt emissioner (se figuren til højre). Når man vurderer så komplekse systemer, skal man sørge for, at systemerne rent faktisk er sammenlignelige, dvs. de yder nøjagtig den samme service og fordel for samfundet.

Det siges, at man ikke kan sammenligne æbler og pærer. Men det er lige præcis dét, LCA og CBA gør ved at identificere de egenskaber ved frugterne, som kan kvantificeres og dermed sammenlignes. En LCA vil begrænse sammenligningen til målbare ting som fx indhold af vand, kalorier og vitaminer og udelukke de egenskaber, det ikke giver mening at sammenligne i fysiske størrelser, såsom farve, smag eller konsistens. I modsætning hertil vil en CBA løse dette problem ved at sætte en pengeværdi på *alle* egenskaber, hvilket gør det muligt at inddrage dem i sammenligningen.

Hvis man skal svare på, hvad der er den bedste løsning for affaldshåndtering af 1 kg papir, vil både LCA og CBA isolere og kvantificere de egenskaber, der er relevante



**En LCA** analyserer alle kendte fysiske interaktioner mellem papirsystemet og dets omgivelser.



**En CBA analyserer alle kendte fysiske interaktioner fra papirsystemet og inkluderer alle relevante påvirkninger, der kan tilskrives en pengeværdi.**



for systemet og vil inkludere fordele som fx den energi, der produceres ved forbrænding, og de ekstra emissioner, der skyldes genanvendelsesprocessen. Ved at tage alle disse egenskaber med bliver sammenligningen både mulig, relevant og retfærdig.

Herudover medtager CBA-metoden interaktioner med det omgivende system såsom tab af menneskeliv, beskæftigelse, påvirkninger af landskabet, lugt og den tid, borgerne bruger på at sortere papiret. Disse ting kan i dag ikke kvantificeres i en LCA.

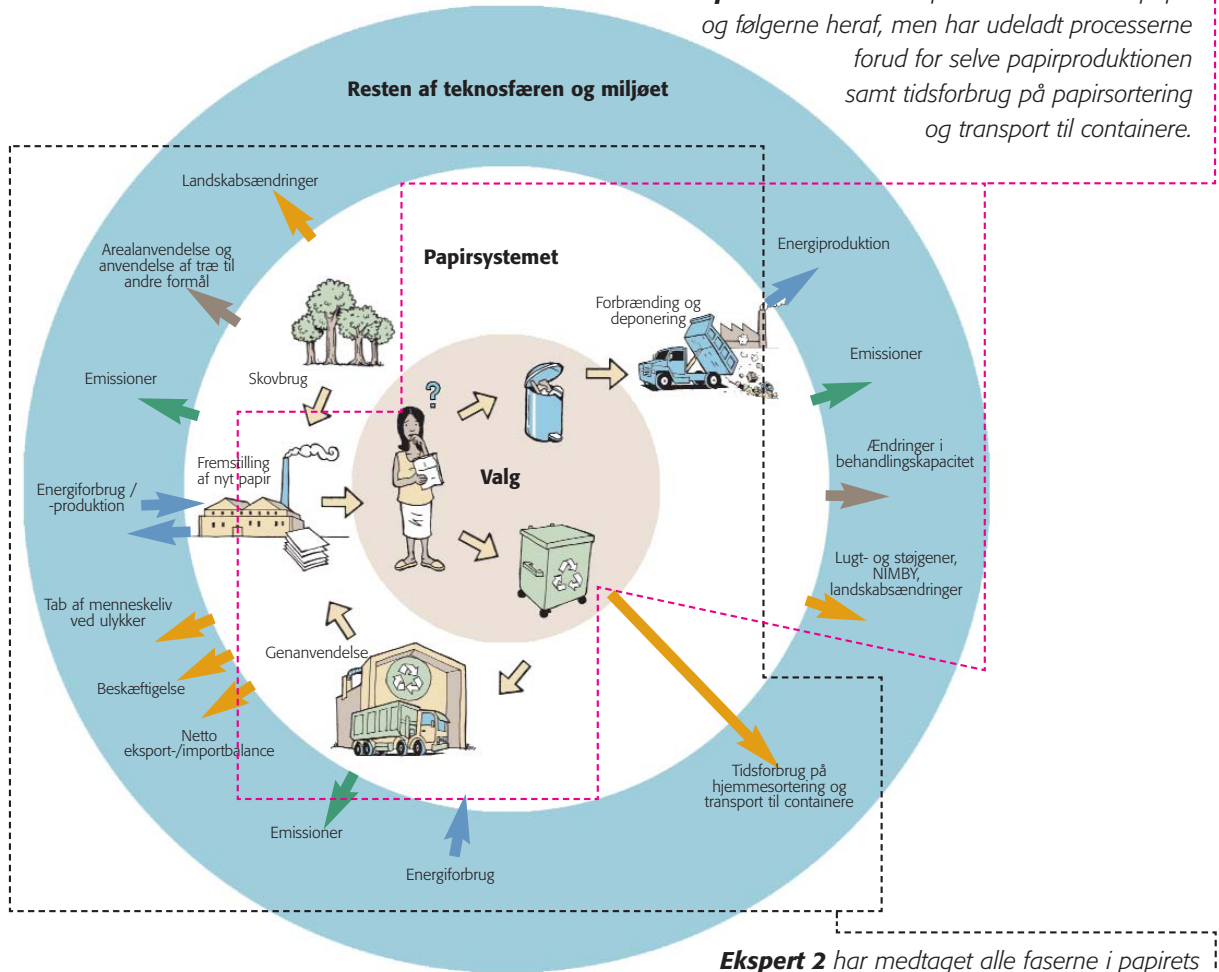
For at lave en fuldstændig LCA og CBA skal eksperterne kende sammenhængen mellem affaldssystemet og dets omgivelser. To forskellige eksperter, der arbejder med samme problemstilling, kan foretage forskellige valg på mange områder, men stadig præsentere antagelserne på helt gennemsigtig vis ved at følge ISO-standarder eller vejledninger (se figuren næste side). Et af de vigtigste valg er systemafgrænsningen omkring de processer, der er med i studiet.

Forskelle i disse afgrænsninger er en af de hyppigste årsager til, at to eksperter kan komme frem til forskellige konklusioner, selvom de søger at svare på de samme spørgsmål.

Resultaterne af CBA og LCA afhænger altid af de data, der er brugt, og de antagelser, der er foretaget. Hvor meget disse valg har indflydelse på de endelige resultater kan afdækkes i et eksternt review og en følsomhedsanalyse, som kvantificerer, hvilken betydning hver enkelt antagelse og/eller udeladelse har. De to grundlæggende krav til at sikre, at en LCA eller en CBA er robust og pålidelig er:

- at studiet er gennemskueligt
- at studiet indeholder en følsomhedsanalyse af centrale antagelser, gerne fulgt op af et uafhængigt, eksternt review.

**Ekspert 1** har fokuseret på bortskaffelsen af papir og følgerne heraf, men har udeladt processerne forud for selve papirproduktionen samt tidsforbrug på papirsortering og transport til containere.



**Ekspert 2** har medtaget alle faserne i papirets livscyklus, men beskriver ikke påvirkninger fra deponering, fordi det antages, at papiret forsvinder for altid på deponiet.

## Masser af affald ... og data

Nu har vi set, hvor svært det kan være ud fra en livscykluskegalegang at give et kvalificeret svar på et tilsyneladende enkelt spørgsmål som genanvendelse kontra bortskaffelse. En indgående forståelse af vekselvirkningerne mellem affaldssystemet og omgivelserne er ikke den eneste udfordring, eksperter står overfor. Når vekselvirkningerne er blevet identificeret, skal de også kvantificeres. For eksempel, når papir forbrændes for at producere elektricitet, hvor meget el produceres der så pr kg papir? Og hvilke energikilder ville ellers være blevet brugt til at producere samme mængde el, hvis papiret i stedet var blevet genanvendt? Er det kul, naturgas, kernekraft, vindkraft eller vandkraft?

Når man skal give et kvalificeret svar, gælder det om at identificere og kvantificere forskellige strømme i affaldssystemet og andre tilknyttede systemer (fx energi), som er meget komplekse. For at definere et system som fx indeholder livscyklusen af et ark papir, skal man indsamle data om:

- **Mængde og sammensætning af papir.** Ud af de totale affaldspapirmængder, hvor meget produceres i husholdningerne? Hvor meget i industrien? Og på kontorerne? Hvor meget indsamles i hvilke systemer – bringe- eller henteordninger? Hvor meget forbrændes, og hvor meget genanvendes? Hvad er indholdet af træfibre og tryksvæerte? LCA'er og CBA'er kræver meget specifikke affaldsdata, der ofte ikke er tilgængelige og derfor må beregnes eller antages.

- **Hvad sker der med kemikalierne i papiret?** Når en sæk med blandet husholdningsaffald, som indeholder plast, mad, papir, træ og tekstiler, bliver deponeret, hvor meget af metangassen fra deponiet kommer så fra papiret? Bliver metanen fra papiret afgivet straks eller med forsinkelse? Hvad med kloremissionerne til vandmiljøet fra papirfremstilling? Har de indvirkning på dødeligheden? Videnskabens nuværende viden om sådanne årsag-virkning sammenhænge er begrænset, og selv de bedste matematiske modeller kan kun indfange dele af de komplekse miljøsystemer – til tider med store usikkerhedsmarginer.
- **Samspillet mellem papirsystemet og omgivelserne.** Vort samfund er komplekst, og vores viden om samspillet med det er begrænset. Hvad sker der, når en kommune erstatter forbrænding med genanvendelse af papir? Hvilken energikilde vil dække det energibehov, som forbrænding af papiret ikke længere udfylder? Er det kul, naturgas, vandkraft, kernekraft, vindkraft eller en blanding? Hvad er konsekvenserne for forbrændingsanlægget, som nu har ledig kapacitet? Vil det modtage blandet affald fra nabokommunen, som ellers ville blive deponeret? Hvor meget energi til fremstilling af jomfrueligt papirmasse spares der? Og besparelsen af træ – sker den i Finland eller Amazonas?

- **Værdisætning af interaktioner.** I en CBA bliver ethvert ressourceinput og -output tilskrevet en pris. For varer og tjenesteydelser, der handles på markedet, såsom et ark papir, kendes priserne normalt. Men for varer og tjenesteydelser, der ikke handles på et marked, såsom ren luft eller et smukt landskab, må værdien estimeres. Hvor nøjagtig er den værdisætning? Repræsentative værdisætninger er dyre at gennemføre, og derfor bliver de ofte brugt og genbrugt år efter år i nye studier. Denne praksis medfører en række usikkerheder: kan værdisætninger overføres til et andet system, et andet land, og hvor længe er en værdisætning gyldig?

Behovet for disse bjerge af data skyldes, at LCA og CBA har en ambition om at være holistiske værktøjer, der behandler *alle* miljøpåvirkninger og følger livscyklus af *alle* stoffer fra vugge til grav. Studier i virkelighedens verden løser dette problem ved at bruge ekspertantagelser og forenklinger for at dække datamanglen. Vore dages LCA'er og CBA'er er derfor stadig et stykke fra målet om en ideel og fuldstændig dækning af de miljømæssige og økonomiske effekter af projekter og politikker.



## Kan resultaterne så bruges i dag?

Svaret er ja, men med et gran salt.

LCA og CBA er blandt de mest omfattende og ambitiøse værktøjer, der i dag er udviklet til beslutningsstøtte. Disse værktøjer bidrager ofte med værdifuld og interessant viden til affaldsverdenen. Men de har dog vigtige begrænsninger.

LCA er en systematisk opgørelse af alle kendte, kvantificerbare input og output af et projekt, både nationalt og internationalt. Målet er ambitiøst, og det har sin pris, nemlig store problemer med at finde pålidelige oplysninger om alle interaktioner mellem affaldssystemet og resten af samfundet. Fortolkningen er heller ikke let, fordi vi ikke ved nok om de faktiske virkninger, som de forskellige emissioner har på mennesket og miljøet, og fordi metoderne til at aggregere alle emissioner og påvirkninger stadig er omdiskuterede.

En af de største fordele ved en CBA er, at den i teorien kan omfatte alle relevante pengemæssige virkninger. Pengemæssig værdisætning er et stærkt værktøj, der gør det muligt at aggregere og sammenligne meget heterogene grupper af påvirkninger. Dermed kan resultatet af en CBA præsenteres i en enkelt enhed såsom kroner, hvilket er nemt forståeligt og bekvemt i forbindelse med beslutningstagning.

Medaljens bagside er, at visse miljøpåvirkninger ikke kan tilskrives en værdi, enten af etiske årsager eller fordi det er meningsløst at værdisætte et tab i de tilfælde, hvor virkningen er uoprettelig. Derudover er visse virkninger som fx lugt ikke direkte målbare, hvilket gør det svært at værdisætte. Som følge heraf omfatter en CBA sjældent alle miljøpåvirkninger. En af måderne til at løse dette problem er at præsentere alle de ikke-værdisatte miljømæssige virkninger sammen med resultatet. Sådanne oplysninger kan imidlertid blive overset, og den monetære værdi vil ofte blive anset for at være bundlinjen.

CBA'er og LCA'er fremstilles af og til som objektive værktøjer, der serverer grydeklare resultater til affaldssektoren. Læseren bør dog nu være klar over, at der vil altid være en kløft mellem en ideel, fuldstændig beskrivelse af et affaldssystem og dets samspil med omgivelserne og til det, som vore dages eksperter kan nå frem til i en beskrivelse af systemerne. Ofte tegner begge værktøjer kun delvise billeder af miljø- og økonomiforholdene i et affaldssystem, og derfor er det vigtigt at huske, at de begge er beslutningsstøtteværktøjer og ikke beslutningstagningsværktøjer.

## Næste gang du læser ...

... en **LCA** om affaldshåndtering, så husk at checke:

- Følger den ISO 14040-standarderne?
- Analyserer den en enkelt affaldsløsning (normalt problemfrit) eller sammenligner den forskellige muligheder (normalt vanskeligt)? Er de egenskaber, der ligger til grund for sammenligningen, tydeligt beskrevet?
- LCA'er på affaldsområdet er normalt følsomme geografisk set. Hvis du er i tvivl om anvendelsen af resultaterne på dit område/region/land, er der så nogle vigtige antagelser, der kan begrænse denne ekstrapolering?
- Er systemafgrænsningen forklaret tydeligt? Er der fx set på sammenhængen til energiforsyningen, og er de energikilder, der erstattes med forbrænding og deponigasforbrænding, tydeligt beskrevet og begrundet?
- Er alle opstrøms processer af materialefremstillingen inkluderet? Er materialefremstillingen reduceret på rimelig vis i de tilfælde, hvor der anvendes sekundært materiale?
- Er deponering lig med glemsel, eller er fx alle langsigtede emissioner fra deponering medtaget?
- Har studiet en følsomhedsanalyse af de vigtigste antagelser?
- Er der blevet foretaget et kritisk, uafhængigt review?

... en **CBA** om affaldshåndtering, så husk at checke:

- Er de virkninger, der indtræffer udenfor den geografiske afgrænsning medtaget? Er følgerne af at eksportere affald til behandling fx medregnet?
- Dækker den alle relevante udvekslinger med omgivelserne? Medtager den fx substituering af energi fra forbrænding og materialebesparelser ved genanvendelse?
- Er den tid, borgerne bruger på at frasortere og transportere affald, medregnet? Værdisættes denne tid rigtigt?
- Hvilken samfundsøkonomisk diskonteringsrate er blevet anvendt?
- Hvilke værdisætningsstudier er blevet brugt til at værdisætte de miljømæssige virkninger? Er de gamle? Giver de et rigtigt billede af situationen i det andet land? Hvilke tilpasninger har man gjort, før resultaterne fra andre studier er blevet overført til dette studie?
- Er de ikke-værdisatte miljømæssige påvirkninger præsenteret sammen med resultatet?

Læs mere om brugen af LCA og CBA på affaldsområdet på følgende hjemmesider: European Topic Centre on Resource and Waste Management: <http://waste.eionet.europa.eu/> og OECD: [www.oecd.org](http://www.oecd.org)



© Det danske Temacentret for Affald og Ressourcer  
Højbro Plads 4  
DK-1200 København K  
Tlf: +45 33 92 76 90  
Fax: +45 33 32 22 27  
Email: [info@wasteandresources.dk](mailto:info@wasteandresources.dk)  
Hjemmeside: [www.wasteandresources.dk](http://www.wasteandresources.dk)

*Hovedforfattere:* Alejandro Villanueva, Karen B. Kristensen og Nanja Hedal. Med tak til vores kolleger fra Temacentret for deres input.

Trykt i Danmark hos TrykTeam A/S.  
Trykt på svanemærket papir.

*Grafik:* Design Konsortiet  
*Illustration:* Lasse Bo  
*Oversættelse:* Karen B. Kristensen  
*Antal kopier:* 500  
*Første udgave:* 2006

Støttet af R98 Fonden og Københavns Kommune

- Lær, hvad LCA og CBA egentlig drejer sig om
- Forstå, hvorfor eksperter kommer frem til forskellige konklusioner
- Lær at være kritisk, når du læser og bruger resultaterne fra LCA og CBA

