LCA-metodeforbedring/metodeudvikling og konsensusskabelse

Delprojekt 2: Systemafgrænsning

Geografisk, teknologisk og tidsmæssig afgrænsning i LCA

LCA-vejledning no. 3
(endeligt udkast)

Dokumentnummer 217.6

2003-03-30

Bo P. Weidema

Indholdsfortegnelse

Forord til serien 4
Forord til vejledningen 6
Sammenfatning 10
1. Introduktion 11
1.1 PERSPEKTIV OG FORMÅL 11
1.2 ANVENDELSER 11
1.3 DE MARKEDSBASEREDE PROCEDURERS BIDRAG TIL FORBEDRET SYSTEMAFGRÆNSNING 13
2. Markedsbaseret systemafgrænsning 16
2.1 OPBYGNING AF PRODUKTSYSTEMER 16
2.2 PROCEDURE 17
2.2.1 Trin 1: Identifikation af skala og tidshorisont for den undersøgte ændring 19
2.2.2 Trin 2: Afgrænsning af markedet 20
2.2.3 Trin 3: Identifikation af markedets trend 22
2.2.4 Trin 4: Identifikation af produktionsbegrænsninger 23
2.2.5 Trin 5: Identifikation af den proces, der påvirkes mest af ændringer i efterspørgsel 24
2.3 STANDARDANTAGELSER 25
2.4 USIKKERHED I IDENTIFIKATIONEN AF DE PROCESSER, DER SKAL MEDTAGES 28
3. Håndtering af systemer med flere produkter 30
3.1 LØSNING AF SAMPRODUKTFORDELINGSPROBLEMET: FRA FLERE TIL EN ENKELT FUNKTION 30
3.2 PROCEDURE 30
3.2.1 Trin 1: Håndtering af forenet produktion: samprodukter med uafhængige outputs 33
3.2.2 Trin 2: Identifikation af et produkt som bestemmende for den samproducerende proces 34
3.2.3 Trin 3: Identifikation af det bestemmende produkt for mellembehandlingen 37
3.2.4 Trin 4: Identifikation af fortrængte processer 39
3.2.5 Proceduren som beslutningstræ 39
3.3 AFFALD ELLER SAMPRODUKT? 39
3.4 GENVINDING 41
3.4.1 Downcycling 42
3.4.2 Forholdet til UMIP'97-metoden 45
3.5 KOMPLEKSE SITUATIONER 46
3.5.1 Mere end to samprodukter 46
3.5.2 Mellembehandlinger med flere produkter 47
3.5.3 Fortrængte processer, som har flere produkter 47
3.6 TRADITIONEL SAMPRODUKTFORDELING SOM ET SPECIALTILFÆLDE 51
3.7 RELATION TIL PROCEDUREN I ISO 14041 51
4. Procedurer til fremskrivning 52
4.1 INTRODUKTION 52
4.2 FASTLÆGGELSE AF DE DELE AF PRODUKTSYSTEMERNE, DER SKAL FREMSKRIVES 52
4.3 FASTLÆGGELSE AF DEN NØDVENDIGE DETALJERINGSGRAD AF FREMSKRIVNINGEN 53
4.4 VALG AF DEN RELEVANTE FREMSKRIVNINGSMETODE 54
4.5 FREMSKRIVNING VED EKSTRAPOLATION 55
Bilag 1. Vigtige udtryk anvendt i dette dokument 58

Forord til serien

Livscyklustankegang og livscyklusvurdering er centrale elementer i en produktorienteret miljøindsats. Der er behov for grundige og fagligt velfunderede metoder til livscyklusvurderinger. Ligesom der er behov for enkle, lettilgængelige metoder, der afspejler en livscyklustankegang.

Hvilken specifik metode der skal vælges, er bl.a. afhængig af formål, målgruppe, ønske om evt. offentliggørelse m.m. Men fælles for alle livscyklusvurderinger er, at de gerne skulle give et robust resultat. Et resultat, som er et godt grundlag for de beslutninger, der efterfølgende skal træffes.

Der er gennem de sidste 10 år givet tilskud til en række projekter om livscyklusvurderinger og livscyklustankegang.

Hovedresultaterne af projekter om livscyklusvurderinger vil i en periode fra 2000 og et par år frem blive udgivet som en "miniserie" under Miljøstyrelsens serie Miljønyt.

Efterhånden som projekterne bliver færdige vil de supplere resultaterne af UMIP-projektet fra 1996. Disse værktøjer, erfaringer samt råd, hjælp og vejledning vil tilsammen danne et godt grundlag for de fleste anvendelser af livscyklusvurderinger.

Livscyklusvurderinger er et så vidtfavnende område, at der næppe kan skrives én bog, der dækker alle situationer og anvendelser af livscyklusvurderinger. Miljøstyrelsen håber, at denne "miniserie" vil kunne give overblik over og formidle den støtte, der findes, til virksomheder, organisationer, myndigheder og andre, der gerne vil arbejde livscyklusorienteret.

Miljøstyrelsen, oktober 2000

Forord til vejledningen

Denne vejledning er udarbejdet indenfor LCA metodeforbedrings-/metodeudviklings- og konsensus-projektet i perioden august 1997 til sommer 2000.

Vejledningen indgår i en serie vejledninger, som publiceres af Miljøstyrelsen, og handler om centrale emner i LCA. De planlagte vejledninger fremgår af boksen nedenfor.

Det primære formål med vejledningerne er at tilbyde gode råd og anbefalinger om centrale emner i LCA på et mere detaljeret niveau, end der gives i den generelle litteratur som ISO-standarderne, UMIP-rapporterne, det Nordiske LCA-projekt og SETAC-rapporter. Vejledningerne skal opfattes som en uddybning af og et supplement til denne generelle litteratur og ikke som en erstatning for denne litteratur. Vejledningerne bygger på den LCA-metodik, som er kendt som UMIP-metoden.

Det er vigtigt at bemærke, at vejledningerne er udviklet gennem en konsensusproces, som har inddraget alle større forskningsinstitutioner og konsulentfirmaer beskæftiget med LCA i Danmark. Virksomheder, organisationer og andre med interesse i LCA er blevet inddraget via en række workshops. De råd, der gives i vejledningerne, kan derfor med god ret siges at repræsentere, hvad der er generelt accepteret som bedste praksis i dag indenfor LCA i Danmark.

Vejledningerne er støttet af en række tekniske rapporter, som redegør for den faglige diskussion og dokumentation bag de anbefalinger, der gives i vejledningerne. De planlagte rapporter fremgår af boksen nedenfor.

Udviklingen af vejledninger og tekniske rapporter blev igangsat og er blevet overvåget af Miljøstyrelsens følgegruppe for LCA metodeudvikling. Det formelle ansvar for overvågningen har været overdraget til en styregruppe, som bestod af:

Mariane T. Hounum, Miljøstyrelsen
Nils Thorup, Dansk Industri
Dorthe Bramsen Clausen, Amtsrådsforeningen
Lars Søborg, Arbejdstilsynet
Marie Louise Lemgart, Energistyrelsen (i oktober 1998 afløst af Pernille Svendstrup, som igen i marts 1999 blev afløst af Dorthe Buer Toldam)
Erik Hansen, COWI
Bo Weidema, 2.-0 LCA consultants
Michael Hauschild, Institut for Produkt Udvikling, Danmarks Tekniske Universitet
Anders Schmidt, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Heidi K. Stranddorf, dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

De forskningsinstitutioner og konsulentfirmaer, som har været aktive i udviklings- og konsensus projektet, omfattede:

COWI, Rådgivende Ingeniører og Planlæggere A/S (projektledelse)
Instituttet for Produkt Udvikling
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
2.-0 LCA consultants
Teknologisk Institut
Carl Bro A/S
Statens Byggeforsknings Institut
DHI - Vand og Miljø
Dansk Toksikologisk Institut
Rambøll A/S
ECONET
Danmarks Miljø Undersøgelser

Allan Astrup Jensen, dk-TEKNIK, ENERGI & MILJØ, Henrik Wenzel, IPU og Kim Christiansen, Sophus Berendsen A/S har bidraget til processen ved kritisk at gennemgå alle vejledninger og rapporter, som er blevet udarbejdet.

***Box 1**. LCA vejledninger*

LCA vejledningerne dækker følgende emner:
LCA Vejledning Nr. 1: Introduktion
LCA Vejledning Nr. 2: Produkt, funktionel enhed og referencestrømme i LCA
LCA Vejledning Nr. 3: Geografisk, teknologisk og tidsmæssig systemafgrænsning
LCA Vejledning Nr. 4: Arbejdsmiljø i LCA
LCA Vejledning Nr. 5: Effektkategorier og normalisering
LCA Vejledning Nr. 6: Faktiske effekter og steds-karakterisering

***Box 2**. Tekniske rapporter*

De tekniske rapporter, der kun foreligger på engelsk, dækker følgende emner:
LCA Rapport Nr. 1: Market information in LCA
LCA Rapport Nr. 2: Reducing uncertainty in LCI
LCA Rapport Nr. 3: Working Environment in LCA
LCA Rapport Nr. 4: Normalisation
LCA Rapport Nr. 5: Weighting
LCA Rapport Nr. 6: Site Characterisation Factors

Denne vejledning er oversat til dansk efter den originale engelske vejledning skrevet af Bo P. Weidema, baseret på forskning udført af forskellige parter:

For kapitel 2: Bo P. Weidema[1], Anne-Merete Nielsen[1], Klaus Hansen[2], Henriette Øllgaard[3] og Ebbe Holleris Petersen[2]

For kapitel 3: Bo P. Weidema[1], Nina Caspersen[4], Klaus Hansen[2] og Claus Petersen[5]

For kapitel 4: Bo P. Weidema[1] og Nina Caspersen[4]

Oversættelsen er udført af Nina Caspersen

[1] 2.-0 LCA consultants, Borgergade 6,1., 1300 København K
[2] Statens Byggeforsknings Institut, Dr. Neergaardsvej 15, 2970 Hørsholm
[3] Teknologisk Institut, Gregersensvej, 2630 Taastrup
[4] Instituttet for Produkt Udvikling, Building 424, 2800 Lyngby
[5] Eco-net, Klampenborgvej 239, 2800 Lyngby

Sammenfatning

Emnet for denne vejledning er den geografiske, teknologiske og tidsmæssige afgrænsning af produktsystemer i livscyklusvurderinger.

Formålet med livscyklusvurderinger er at vurdere miljøpåvirkningerne af at vælge ét produkt i stedet for et andet (eller vælge et bestemt produkt i forhold til et fravalg af dette produkt). Et sådant valg kan medføre ændringer af processer (og deres miljøpåvirkninger) overalt i produkternes livscyklus. For at få meningsfulde resultater af en livscyklusvurdering er det nødvendigt at identificere de berørte processer så præcist som muligt, både i forhold til geografi, tid og teknologi.

Denne vejledning indeholder tre procedurer, som supplerer hinanden og som kan bruges sideløbende eller iterativt:

1. En procedure til at *identificere de processer, der berøres* af en ændring i efterspørgsel forårsaget af et valg mellem produkter.
2. En procedure til at identificere de processer der berøres, *når de systemer der vælges mellem, leverer mere end ét produkt* og disse produkter ikke leveres i samme forhold af de forskellige systemer. Ved hjælp af proceduren modificeres systemerne således at de leverer de samme produkter i samme forhold. Proceduren er illustreret med eksempler, omfattende både genbrug af materialer og mere komplekse situationer med mange samprodukter fra en enkelt proces og systemer med flere processer, der hver har flere samprodukter.
3. En procedure til at identificere *fremtidige processer*. Denne procedure omfatter en fastlæggelse af de dele af produktsystemerne der skal fremskrives, den nødvendige detaljeringsgrad af fremskrivningen og valg af fremskrivningsmetode. Forskellige metoder til fremskrivning og deres relevans i forskellige situationer beskrives.

Formålet med de tre procedurer er at reducere graden af tilfældighed under gennemførelsen af disse afgørende trin i en livscyklusvurdering. Procedurerne er lige så relevante for detaljerede, kvantitative livscyklusvurderinger som for forenklede livscyklusvurderinger (screeninger og "matrix-LCA'er").

De tre procedurer forsøger alle at udpege konsekvenserne af et valg mellem produkter, hvilket indebærer en ændring i efterspørgsel. Derfor omfatter procedurerne brug af viden om markedsforholdene. Dermed udgør procedurerne et supplement til de traditionelle fremgangsmåder for afgrænsning i livscyklusvurderinger, hvor man som regel har været tvunget til at se bort fra de faktiske markedsforhold og i stedet anvende en række (implicitte eller eksplicitte) standard-antagelser.

1. Introduktion

1.1 Perspektiv og formål

De processer der inkluderes i en livscyklusvurdering bør så vidt muligt være de samme som faktisk vil blive berørt *som en konsekvens* af de beslutninger som livscyklusvurderingen har til formål at understøtte. Dette er den grundlæggende regel for alle metodevalg i en livscyklusvurdering. Der er dermed en tæt forbindelse mellem en livscyklusvurderings formål eller anvendelsesområde og metodevalgene.

This implies changes in demand, which may lead to changes in processes and their environmental impacts throughout the life cycle of the substituted products. To give meaningful results, the affected processes must be identified as precisely as possible. Therefore, life cycle assessments must rely heavily on market information, i.e. information on how the market affects the potential choices and how the market reacts to these choices.

Formålet med livscyklusvurderinger er at vurdere miljøpåvirkningerne af at vælge ét produkt i stedet for et andet (eller vælge et bestemt produkt i forhold til et fravalg af dette produkt). Et sådant valg mellem produkter vil altså føre til en substitution af produkter, og det er denne potentielle produktsubstitution, som en livscyklusvurdering søger at vurdere de miljømæssige konsekvenser af. Dette indebærer ændringer i efterspørgslen efter de enkelte produkter, som kan medføre ændringer i processer og deres miljøpåvirkninger overalt i produkternes livscyklus. For at få meningsfulde resultater, må de berørte processer identificeres så præcist som muligt. Derfor er livscyklusvurderinger stærkt afhængige af markeds-information, dvs. information om hvorledes markedet påvirker de potentielle valg og hvorledes markedet vil reagere på disse valg.

Formålet med denne vejledning er at give klare og entydige markeds-baserede procedurer til at identificere de berørte processer og beskrive dem i forhold til geografi, tid og teknologi. Vejledningen indeholder tre procedurer, som supplerer hinanden:

?? En procedure til at identificere de processer, som berøres af en ændring i efterspørgsel forårsaget af en potentiel produktsubstitution (kapitel 2)

?? En procedure til at identificere de processer der berøres, når de systemer der sammenlignes leverer mere end ét produkt, og disse produkter ikke leveres i samme forhold af de forskellige systemer (kapitel 3)

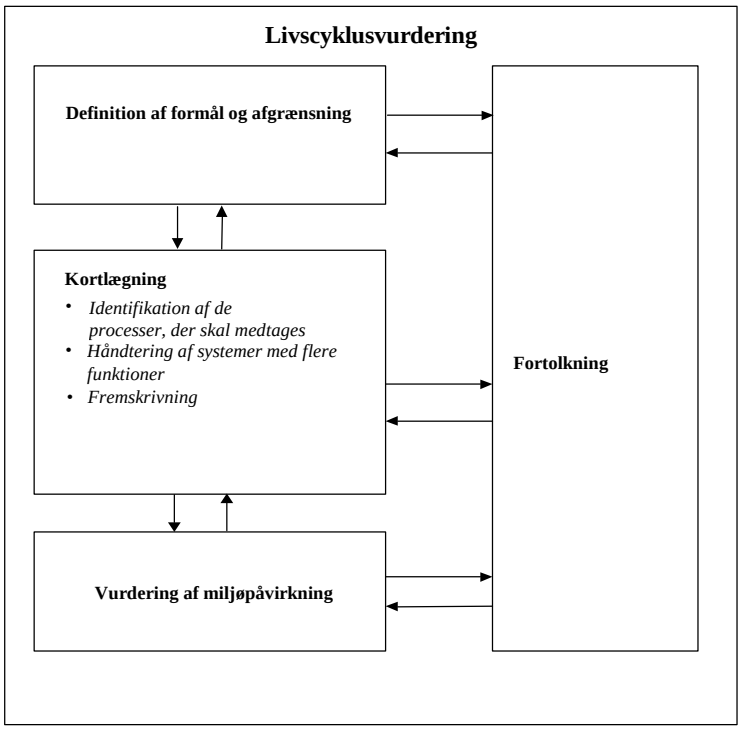
?? En procedure til at identificere fremtidige processer (kapitel 4)

Formålet med de tre procedurer er at minimere graden af tilfældighed under gennemførelsen af disse afgørende trin i en livscyklusvurdering.

1.2 Anvendelser

De tre procedurer kan anvendes parallelt eller iterativt. F.eks. kan de processer som identificeres i procedurerne i kapitel 2 og 3 (som allerede er tæt sammenknyttede), påvirkes af identifikationen af fremtidige processer (proceduren i kapitel 4).

De tre procedurer bør anvendes som led i kortlægningen (se figur 1.1), i samspil med dataindsamlingen, og dermed bidrage til en begrænsning af den videre dataindsamling til de processer der er af betydning for undersøgelsens resultat.



Figur 1.1. *Denne vejlednings emner placeret i forhold til en samlet livscyklusvurdering*

Dermed følger de tre procedurer naturligt *efter* de emner der behandles i vejledningen ”Produkt, funktionel enhed og referencestrømme i LCA”, nemlig fastlæggelsen af relevante produktfunktioner og produktalternativer, fastlæggelse af funktionel enhed og fastlæggelse af referencestrømme.

I en første iteration bør man med udgangspunkt i produktets referencestrøm (der for sammensatte produkter ofte svarer til produktets stykliste) maksimalt anvende 2 timer til at foretage grov udpegning af de processer, der skal inkluderes i produktsystemerne. Dette gøres ved at anvende procedurerne i kapitel 2 og 3 sammen med let tilgængelige data og egne overslag over størrelsesordenen af manglende data. Derefter kan procedurerne i kapitel 4 anvendes med tilsvarende grove overslag. En tidlig anvendelse af procedurerne giver indsigt i hvilke dele af produktsystemet der bør fastlægges med større præcision i næste iteration, samt hvilke af procedurerne der er mest relevante for at opnå denne præcision.

Anvendelser af LCA adskiller sig generelt i to henseender:

?? med hensyn til undersøgelsens tidshorisont (kort/mellemlangt eller langt sigt, bestemt dels af det tidsrum hvori konklusionerne af livscyklusvurderingen skal være gyldige, dels af varigheden af en evt. beslutnings konsekvenser for de enkelte processer), og

?? med hensyn til hvor konkret genstanden for undersøgelsen er defineret (et specifikt produkt til et specifikt marked, eller en gruppe produkter beregnet for flere markeder).

Dette giver fire mulige anvendelsesområder der er forskellige med hensyn til hvilke produkt-funktioner og produkt-alternativer, der omfattes, se tabel 1.1.

Tabel 1.1 *Hovedkategorier af anvendelsesområder, vist med fire eksempler.*

Løsningsrummets dækningsgrad **Tidshorisont**	**Specifikke løsninger (Specifik definition af det undersøgte produkt)**	**Bred dækning af løsninger (bredere definition af det undersøgte produkt)**
Kort til mellemlangt sigt	*Typisk*: Interne virksomhedsstudier til støtte for leverandørvalg eller miljøpåstande (anprisninger) Formålet med sådanne studier vil være snævert defineret i relation til virksomhedens eksisterende produkter *Eksempel*: Miljøanprisning på en specifik stol	*Typisk:* Studier til støtte for definition af miljømærkekriterier for en produktgruppe Dækker repræsentative produkter i det relevante markedssegment *Eksempel:* EU miljømærkekriterier for stole beregnet til computer-arbejdspladser
Langt sigt	*Typisk*: Til produktudvikling Formålet med sådanne studier er stadig forbundet med en virksomheds specifikke interesser, men på grund af den længere tidshorisont må det omfatte flere alternative udviklinger *Eksempel:* Design for genbrug af en specifik stol	*Typisk:* Studier til støtte for samfundsmæssige handlingsplaner og lovgivning Disse studier skal ikke blot dække repræsentative produkter på markedet, men også fremtidige ændringer på markedet og eventuelle nye produkter på markedet *Eksempel*: Strategisk planlægning af bortskaffelse af kontorstole i Danmark

Selvom de generelle principper dækker alle anvendelsesområder, vil nogle af de markedsbaserede procedurer kunne udelades i anvendelser hvor de er mindre relevante:

?? Studier med en kort eller mellemlang tidshorisont behøver ikke nødvendigvis at få foretaget fremskrivning (kapitel 4) og kan oftere begrænses til ændringer indenfor den eksisterende produktionskapacitet hvorved ændringer i kapitalapparatet kan udelades (afsnit 2.2.1).

?? Studier med en meget specifik definition af produktet kan betyde en afhængighed af specifikke leverandører, hvorved de tre sidste trin af fem-trins proceduren i kapitel 2 kan springes over.

Jo længere tidshorisont, des større usikkerhed vil der naturligvis være på bestemmelsen af hvilke processer der vil blive berørt af en konkret produktsubstitution.

De markedsbaserede procedurer er lige relevante for detaljerede, kvantitative livscyklusvurderinger som for kvalitative studier, screeninger og matrix-LCA'er.

1.3 De markedsbaserede procedurers bidrag til forbedret systemafgrænsning

I de hidtidige metodebeskrivelser til livscyklusvurdering har der manglet klare og entydige procedurer for de antagelser der skal gøres i forbindelse med systemafgrænsningen, og dermed hvilke processer der skal medtages i produktsystemerne. I de hidtil offentliggjorte livscyklusvurderinger (se også baggrundsrapporten "Market information in LCA") har dette medført store forskelle i systemafgrænsningerne og at miljøpåvirkningen fra produktsystemerne dermed ofte er blevet enten overestimeret (når der er medtaget processer der ikke berøres i praksis) eller underestimeret (når der er udeladt processer der faktisk berøres).

I sammenligning hermed er den markedsbaserede tilgang til systemafgrænsning (præsenteret i kapitel 2 til 4) mere stringent, idet den kræver at der følges bestemte procedurer i forhold til identifikation og retfærdiggørelse af de antagelser der gøres om markedsforholdene, således at det endeligt afgrænsede system bedst muligt beskriver konsekvenserne af den potentielle produktsubstitution der undersøges. Dette kan omfatte forhold som markeds-afgrænsninger, produktionsbegrænsninger, trends i markedets volumen, relative priser og beslutningsprocesser.

Ved således at inddrage viden om markedsforholdene, fører procedurerne i kapitel 2 til 4 til en reduktion af de fejl der kan begås ved systemafgrænsningen. Endvidere reduceres omfanget af de undersøgte produktsystemer, idet der kun medtages de processer der faktisk vil blive berørt af den undersøgte produktsubstitution. Vores erfaring viser at for mere detaljerede livscyklusvurderinger, der stiller store krav til specifikke data af høj kvalitet, vil det ekstra tidsforbrug til indsamling af markedsdata hurtigt opvejes af tidsbesparelsen ved at have færre processer der skal indsamles data for.

I mangel af faste procedurer til bestemmelsen af de specifikke markedsforhold, er der traditionelt blevet anvendt en række (implicitte eller eksplicitte) standard-antagelser om, hvilke processer der berøres og som derfor skal medtages i produktsystemet. Nogle typiske antagelser har været:

?? De berørte processer er dem, der findes i de *aktuelle* forsyningskæder. Produktsystemet opbygges ved at sammenkæde de nuværende leverandører og kunder.

?? De berørte processer er specifikke *potentielle* leverandører/kunder, f.eks. kan det antages at kun processer med moderne teknologi berøres, og produktsystemet opbygges da ved at sammenkæde disse processer.

?? En *gruppe* af enten aktuelle eller potentielle leverandører og kunder kan blive berørt. I dette tilfælde opbygges produktsystemet ved at sammenkæde forskellige mulige processer i et antal scenarier, typisk et værste, bedste og/eller gennemsnits-scenario. Det sidste svarer til at:

?? Alle aktører på markederne forventes at blive berørt proportionalt med deres nuværende eller forventede andel af markederne, således at produktsystemet kan opbygges som et *gennemsnit* af de nuværende eller potentielle leverandører på markederne. Den geografiske og tidsmæssige afgrænsning af disse markeder har ofte været ganske tilfældig, som følge af den manglende inddragelse af viden om markedsforholdene.

Sådanne standard-antagelser (og de tilsvarende antagelser i tilfælde af systemer med flere produkter, se afsnit 3.6) kan ses som specialtilfælde af de resultater man også kan nå frem til med de markedsbaserede procedurer. Det er imidlertid usandsynligt at én af de ovenstående antagelser i praksis vil være generelt gyldig for et helt produktsystem.

Det er naturligvis også muligt med de markedsbaserede procedurer at opstille forskellige scenarier, hvori man lader forskellige markedsforhold være gældende, f.eks. hvis man er i tvivl om de faktiske markedsforhold, eller hvis beslutningstageren er i stand til at øve indflydelse på hvilke markeder der berøres gennem produktets livscyklus, og hvilke aktører der berøres på hvert af disse markeder. Dette kan f.eks. være tilfældet i studier for et firma der er førende på sit marked, eller i studier der skal understøtte samfundsmæssige handlingsplaner eller lovgivning. Selv i sådanne tilfælde, hvor de normale markedskræfter antages at kunne sættes ud af spil, vil de markedsbaserede procedurer stadig give en god ramme for eksplicit at dokumentere denne dominerende indflydelse fra beslutningstageren.

De markedsbaserede procedurer i kapitel 2 til 4 kan anvendes på to måder:

?? som et alternativ til de traditionelle standard-antagelser,
?? som en ekstra procedure for at validere, justere eller supplere et produktsystem, som oprindeligt er opbygget ved hjælp af standard-antagelser.

Der kan være flere argumenter for at anvende standard-antagelser først og anvende de markedsbaserede procedurer som et supplement:

?? Standard-antagelserne kan anvendes som en pædagogisk introduktion til en livscyklusvurdering fordi det i første omgang kan virke som en mere simpel tilgang: Alt hvad der behøves er viden om nuværende eller potentielle leverandører og kunder - andre markedsforhold kan ignoreres, og der skal kun samles data fra virksomheder i ens egen forsyningskæde. Efterhånden som produktets livscyklus blotlægges og forståelsen for værdikæden vokser, kan et mere nuanceret syn på markedsforholdene langsomt introduceres. Man skal være opmærksom på, at udeladelsen af de faktiske markedsforhold kan føre til indsamling af data som senere viser sig at være irrelevante. Derfor kan det ikke anbefales at føre denne tilgang igennem til dataindsamling, med mindre data allerede er til stede.
?? Standard-antagelserne kan være nyttige i de tidlige stadier af et studie, hvor det kun er et spørgsmål om at udforske livscyklus for at forbedre forståelsen af værdikæden. Dette kan være specielt relevant i et studie udført for en beslutningstager med en lang tidshorisont og en stærk indflydelse på aktører og markeder i produktkæden. Et studie baseret på standard-antagelser kan udpege de processer og sammenhænge i produktsystemet som det er af størst betydning at øve indflydelse på (kendt som ”hot-spot-identifikation”). Hvis dette fører til konkrete alternative tiltag eller politikker, bør konsekvenserne heraf imidlertid stadig underkastes en vurdering efter de markedsbaserede procedurer for at undgå risiko for suboptimering.

Den markedsbaserede systemafgrænsning kan også anvendes når den potentielle produktsubstitution er ukendt. Dette gælder f.eks. til hot-spot-identifikation, til prioritering af indsatsområder som ikke umiddelbart involverer ændringer, og til miljømærkning og miljøvaredeklarationer). Det er ikke nødvendigt at kende de specifikke sammenligninger hvori produktsystemet senere kan blive brugt. De markedsbaserede procedurer kan anvendes til at afgrænse et isoleret produktsystem, der er resultat af at producere, bruge og bortskaffe en enhed mere eller mindre af det relevante produkt, svarende til valg af dette produkt i forhold til et fravalg af dette produkt. Dette kan gøres uafhængigt for ethvert produktsystem, hvis miljøpåvirkninger herefter kan opgøres. Senere, når specifikke sammenligninger kræves, kan forskellen mellem de individuelle produktsystemer findes ved at trække de to opgørelser fra hinanden.

2. Markedsbaseret systemafgrænsning

2.1 Opbygning af produktsystemer

Når man skal opbygge et produktsystem vil det være naturligt at starte med den proces, hvori referencestrømmen forekommer (se vejledningen "Produkt, funktionel enhed og referencestrømme i LCA" for mere information om hvorledes referencestrømmen fastlægges). Hver del af referencestrømmen forbindes herefter til de næste processer både fremad og bagud i livscyklus. Bagud vil strømmene typisk bestå af mellemprodukter, komponenter, hjælpestoffer og råmaterialer. De fremadrettede strømme kan endvidere bestå af slutprodukter og produkter til genanvendelse, genbrug eller affaldsbehandling. For nemheds skyld kalder vi alle disse strømme for "produktstrømme" og de forskellige produkter og materialer for "mellemprodukter". Strømme til miljøet (udvekslinger) vil typisk ikke indgå i den første beskrivelse af produktsystemet.

Formålet med proceduren, som er præsenteret i afsnit 2.2, er at fastlægge hvilken eller hvilke processer, som en specifik produktstrøm er forbundet til, og som derfor skal inkluderes i det undersøgte produktsystem. Det er for de således fastlagte processer, der senere skal indsamles data vedrørende deres udvekslinger med miljøet. Den samlede usikkerhed på en livscyklusvurdering vil ofte være bestemt netop af hvilke processer, der medtages eller udelukkes fra det analyserede produktsystem.

Proceduren kan anvendes på hver eneste produktstrøm mellem processer i livscyklus, men det behøver ikke at være nødvendigt at anvende hele proceduren i detaljer for alle produktstrømme. Proceduren er først og fremmest tænkt som en hjælp i de tilfælde hvor det ikke er umiddelbart indlysende hvilke processer der er forbundne. Det kan være tilfældet hvis der er mange mulige udbydere med meget forskellige produktionsforhold, eller hvis en eller flere af de mulige processer ikke umiddelbart kan ændre produktionsvolumen som følge af en ændring i efterspørgsel. I en første gennemregning skal proceduren kun anvendes for i sådanne tilfælde af processer med produktionsbegrænsninger (se afsnit 2.2.4), eller hvor der er en størrelsesordens forskel i forventede udvekslinger med miljøet mellem forskellige mulige processer (se også afsnit 2.4 for en diskussion af procedurens usikkerhed).

Det skal bemærkes at de leverandører der udpeges ved proceduren, og som der senere skal indsamles data for vedrørende deres udvekslinger med miljøet, ikke nødvendigvis er led i den aktuelle forsyningskæde.

De markedsinformationer som proceduren kræver, er normalt tilgængelige hos de markedsføringsfolk der beskæftiger sig med det pågældende marked. Indsamlingen af disse informationer er erfaringsmæssigt ikke særligt krævende i forhold til den tid det tager at fremskaffe data for de enkelte processers udvekslinger. I tilfælde hvor det ikke er muligt at finde den nødvendige markedsinformation, kan der anvendes de standardantagelser og –data som fremgår af tabellerne i afsnit 2.3.

2.2 Procedure

Eftersom en livscyklusvurderings formål er at vurdere de potentielle miljøpåvirkninger af en mulig produktsubstitution, er det de processer der påvirkes af denne produktsubstitution, som skal inkluderes i det undersøgte produktsystem. En produktsubstitution (f.eks. valget mellem to produkt-designs for en kontorstol) vil resultere i en *ændring i efterspørgsel* efter de mellemprodukter som indgår i den proces hvori substitutionen sker (f.eks. de stål- og plast-komponenter, der anvendes af stole-producenten) og ligeledes i efterspørgslen efter de videre produktstrømme bagud i livscyklus (f.eks. plast-råmaterialerne). Proceduren hér identificerer de processer som kan forventes at blive berørt af en sådan ændring i efterspørgsel efter et specifikt mellemprodukt.

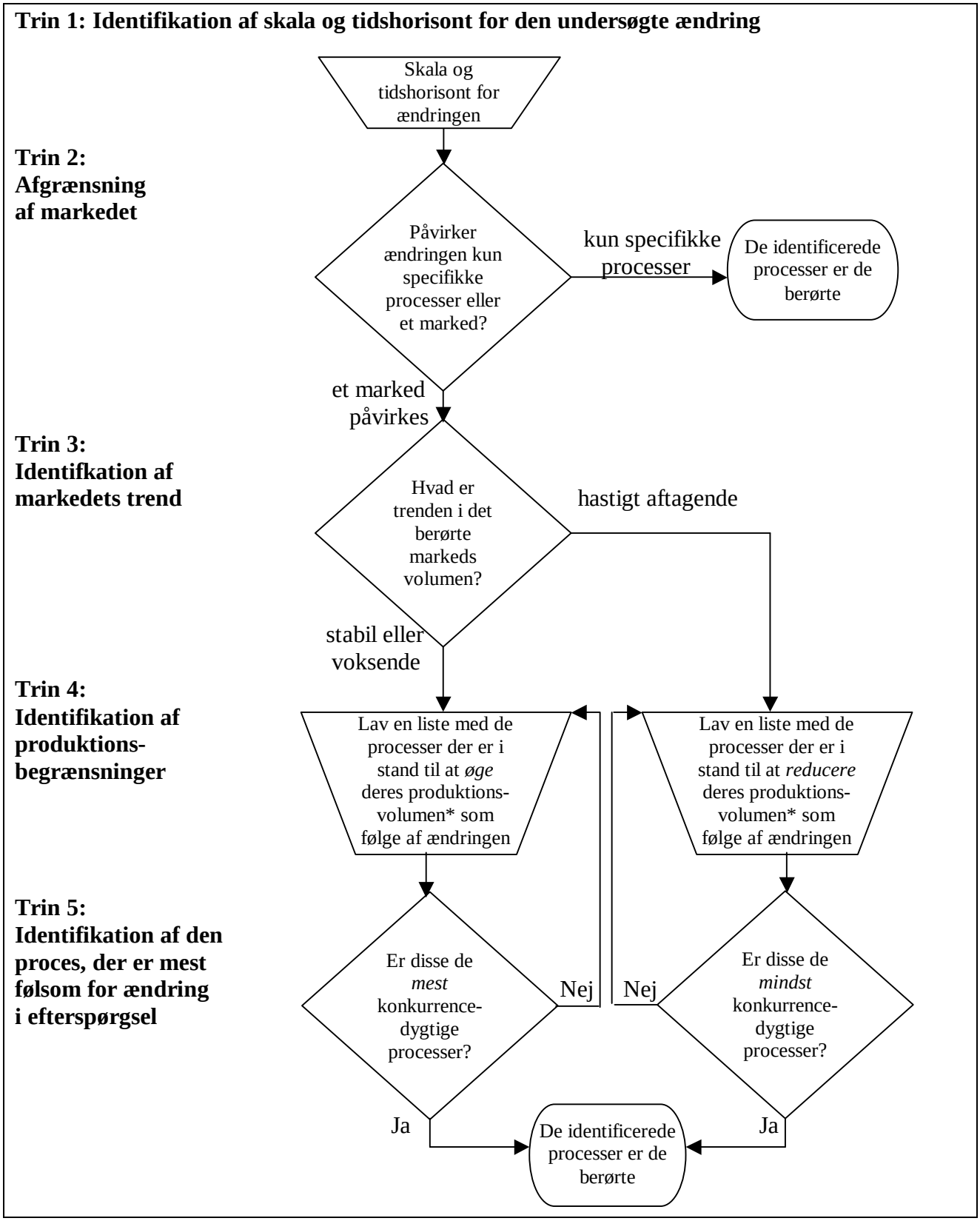
En produktsubstitution vil også medføre en *ændring i udbud* af de mellemprodukter som forlader den proces hvori substitutionen sker, og i udbuddet af de videre produktstrømme fremad i livscyklus (f.eks. stolens distribution, detailsalg, brug og bortskaffelse). For at gøre beskrivelsen hér mindre abstrakt, vil den forklarende tekst i dette afsnit kun omhandle den situation, hvor et mellemprodukt følges bagud i livscyklus (altså hvor effekterne af en ændret efterspørgsel identificeres). Dette er den mest almindelige situation, da den funktionelle enhed oftest fastlægges i tilknytning til brugsfasen, og det meste af livscyklus typisk ligger før denne fase. Imidlertid kan procedurens fem trin, beslutningstræet i figur 2.1, såvel som de generelle begreber i den forklarende tekst, også anvendes når et mellemprodukt følges fremad i livscyklus (hvor effekterne af ændringer i udbud identificeres).

Ved den hér præsenterede procedure vil én eller flere leverandører blive identificeret som berørte af en ændring i efterspørgsel. Ofte vil de udpegede leverandører anvende en bestemt teknologi og/eller ligge i et bestemt geografisk område, da forskelle i markedsbetingelser og konkurrenceevne typisk afhænger af geografiske og teknologiske forskelle. Antallet af leverandører og detaljeringsniveauet til at beskrive teknologierne afhænger af:

?? Forskelle i miljøbelastning mellem de forskellige leverandører. Det er ikke altid nødvendigt at skelne mellem forskellige leverandører hvis de anvender ens produktionsudstyr og rutiner.

?? Ændringens størrelse og tidshorisont. Store ændringer og ændringer over en lang tidshorisont kan påvirke mange leverandører eller teknologier, mens mindre og mere kortsigtede ændringer måske kun påvirker en enkelt leverandør eller teknologi.

Der ligger den antagelse i den hér præsenterede procedure, at alle andre leverandører end den, der identificeres som den mest påvirkelige, ikke påvirkes af ændringerne i efterspørgsel. Hvis denne antagelse vurderes at være for simpel, bør produktsystemet omfatte alle leverandører der forventes at blive påvirket. Dette kan gøres i form af separate scenarier eller i form af gennemsnit, der vægtes i forhold til den grad leverandørerne forventes at blive påvirket.



Figur 2.1 *Beslutningstræ, der viser 5-trins proceduren til identifikation af de processer, der berøres af en ændring i efterspørgsel efter et specifikt mellemprodukt. For detaljeret forklaring, se teksten.*
*) For ændringer med lang tidshorisont refererer volumen til produktionskapaciteten, mens der for ændringer med kort tidshorisont refereres til produktionen indenfor den eksisterende kapacitet. Se også teksten i afsnit 2.2.1 og 2.2.3.

2.2.1 Trin 1: Identifikation af skala og tidshorisont for den undersøgte ændring

Før man kan fastlægge hvilke leverandører eller teknologier, der kan blive berørt af en ændring i efterspørgsel, er det nødvendigt at kende skala og tidshorisont for den ændring der undersøges.

Ændringens skala

En stor ændring (se definitionen i Bilag 1) kan betyde at nye leverandører, nye markeder eller endda nye produkter og teknologier kommer i spil. Derimod vil små ændringer normalt kun berøre de eksisterende leverandører. En lille ændring ændrer ikke den overordnede markedstrend (om markedets volumen er voksende eller aftagende). Derfor vil det være de samme leverandører der berøres hvad enten der er tale om en forøgelse eller en formindskelse i efterspørgslen (se også afsnit 2.2.3). For store ændringer, der påvirker den overordnede markedstrend, er det derimod nødvendigt også at inddrage ændringens retning (dvs. om der er tale om en forøgelse eller en formindskelse af volumen), da det typisk er forskellige leverandører, der berøres af henholdsvis en forøgelse og en formindskelse af markedet.

Store ændringer ses typisk ved indførelse af ny teknologi eller ny regulering på et betydende marked, f.eks. hvis alle biler skulle laves af plast og kulfiber i stedet for stål, hvilket bl.a. ville medføre at markedet for stål ville vende fra at være voksende til at være aftagende. Mange små ændringer kan imidlertid også akkumulere til en stor ændring. Derfor kan det selv i studier af små ændringer nogle gange være relevant at anvende et særskilt scenario med de mulige større ændringer der kunne være konsekvensen af de akkumulerede små ændringer. For eksempel, selv i en livscyklusvurdering af et skift til plast og kulfiber for en enkelt bilproducent, vil det kunne være relevant at undersøge de mulige konsekvenser af at andre bilproducenter kunne følge trop.

Tidshorisont

De fleste livscyklusvurderinger undersøger ændringer med en lang tidshorisont, men livscyklus-metoden kan også anvendes til studiet af mere midlertidige ændringer. Tidshorisonten har betydning for hvilke leverandører der berøres, fordi:

?? en ændring på kort sigt er begrænset til den eksisterende produktionskapacitet og påvirker derfor ikke investeringsbeslutninger vedr. kapitalapparatet (f.eks. installation af nye maskiner eller udfasning af gamle maskiner), hvorimod en langsigtet ændring forventes at have indflydelse på investeringsbeslutninger.

?? En kortsigtet ændring vil typisk berøre den mindst konkurrencedygtige leverandør, mens de berørte leverandører for langsigtede ændringer vil afhænge af den overordnede markedstrend (se afsnit 2.2.3).

Almindeligvis er det ikke muligt at begrænse en ændring til det korte sigt, fordi investeringer i kapitalapparatet (dvs. langsigtede ændringer) typisk er en løbende proces, der påvirkes af markedets nuværende og forventede trend, som er et resultat af en lang række individuelle kortsigtede købs-beslutninger. Dette er indlysende på et marked med en kort kapital-cyklus (hurtig afskrivning af udstyr, som f.eks. i elektronik- og polymerindustrien) og i et frit marked (hvor markedssignaler spiller en afgørende rolle for planlægningen af kapacitetsjusteringer), men gælder også for markeder med en lang kapital-cyklus (som i f.eks. bygge- og papirindustrien).

Isolerede effekter af kortsigtede ændringer (dvs. ændringer inden for den eksisterende produktionskapacitet) er derfor kun af betydning på markeder hvor der ikke planlægges

investeringer i kapitalapparatet (f.eks. industri-grene med en faldende markedsandel) eller hvor markedsforhold har begrænset indflydelse på justeringer i kapacitet (f.eks. kraftigt regulerede eller monopoliserede markeder, der i øvrigt ofte er karakteriserede ved at have overskudskapacitet).

Kontorstols-eksempel: *Dette og de følgende trin i proceduren vil blive illustreret med eksempler fra en livscyklusvurdering af en kontorstol. Livscyklusvurderingen vedrører design for forbedret genbrug af et specifikt mærke af kontorstole. Det er altså et tilfælde af en lille ændring (eftersom det kun vedrører en specifik producent, og ikke hele markedet) med en lang tidshorisont (idet det nye design må forventes at berøre fremtidige kapitalinvesteringer i de forskellige processer i livscyklus).*

Et eksempel på en ændring med en kort tidshorisont kunne være en isoleret beslutning om at fjerne tungmetaller i stolens plastdele og overfladebehandling, hvilket alt andet lige ikke vil medføre kapitalinvesteringer i metalindustrien, da tungmetaller i forvejen er under udfasning.

2.2.2 Trin 2: Afgrænsning af markedet

Når størrelse og tidshorisont for den undersøgte ændring er fastlagt, er næste trin i proceduren at fastlægge de *mulige* leverandører af mellemproduktet.

Markedsmæssige bindinger

Hvis der kun er én mulig leverandør eller én specifik gruppe af leverandører, der kan identificeres som berørt, kan hele proceduren afsluttes hér. Det gælder, hvis:

?? studiets beslutningstager forventer at kontrollere eller have indflydelse på produktionsvolumen for en specifik leverandør eller gruppe af leverandører, eller

?? to eller flere virksomheder er så tæt forbundet i en forsyningskæde, at produktionsvolumen af de specifikke leverandører vil følge efterspørgslen fra de specifikke kunder.

Der er mange eksempler på den sidste situation:

?? Når produkter har en lav pris i forhold til vægten, så transportomkostningerne udelukker alle andre end de lokale producenter. Dette gælder f.eks. for halm til kraftvarmeproduktion, hvor det kun er de landmænd, der bor tættest på kraftvarmeværket der vil levere halm. Andre eksempler kan findes inden for skovbrug, bygge- samt glas-industrien.

?? Når to eller flere virksomheder har tradition for at handle med hinanden, eller når en leverandør har udviklet sit produkt til at opfylde specifikke behov hos kunden.

?? Når valget af leverandør ikke er underkastet de almindelige markedsbetingelser.

Hvis en specifik leverandør (eller gruppe af leverandører) identificeres som den berørte, kan det være nyttigt at dokumentere at produktionsvolumen af denne proces faktisk er i stand til at ændre sig. Dette kan gøres ved at anvende trin 4 i proceduren (se afsnit 2.2.4).

Proceduren kan kun afsluttes her hvis produktionsvolumen hos den specifikke leverandør faktisk forventes at ændre sig som en konsekvens af den undersøgte produkt substitution, dvs. som et resultat af en ændring i efterspørgsel efter mellemproduktet. Hvis ændringen i efterspørgsel overføres til andre leverandører af mellemproduktet, vil produktionsvolumen af den specifikke leverandør *ikke* ændres. Dette kan godt være tilfældet på trods af stærke bånd mellem leverandør og kunde, endda på trods af ejerskabsforhold eller enkeltleverandør-status. Det er ikke tætheden af

relationen, der er afgørende, men hvor vidt leverandørens samlede produktionsvolumen faktisk forventes at blive påvirket.

Et eksempel på dette er en virksomheds egen el-produktion. Hvis egenproduktionen af el fluktuerer efter virksomhedens egen efterspørgsel og dermed ikke påvirker produktionsvolumenet på det generelle el-marked, så kan egen-produktionen betragtes som den berørte kilde til virksomhedens el-forsyning. Hvis egenproduktionen imidlertid delvist sælges på almindelige markedsvilkår, og produktionsvolumenet ikke afhænger af virksomhedens egen efterspørgsel (selv når virksomheden er lukket), må virksomhedens el-forsyning betragtes som stammende fra det generelle el-marked, og ikke fra den specifikke egen-produktion.

Dette betyder også at en livscyklusvurdering kun skal godskrive - og dermed opmuntre til - et skift til specifikke produkter eller leverandører med mere miljøvenlig teknologi, som f.eks. ”grøn el”, hvis dette skift faktisk kan forventes at medføre en forøgelse af kapaciteten af den miljøvenlige teknologi. Der skal altså ikke ske nogen godskrivning, hvis skiftet kun giver sig ud for at være forbedring og ikke medfører en faktisk ændring i den teknologiske sammensætning af den samlede kapacitet.

Imidlertid kan effekterne af et sådant skift være forsinkede, således at den forventede forøgelse i kapaciteten af den “grønne” teknologi kun sker efter nogen tid. For eksempel kan produktionen af økologiske fødevarer ikke umiddelbart følge med en forøgelse af efterspørgslen på grund af den tid det tager at omlægge produktionen. I de tidlige stadier af en ny ”grøn” teknologi kan der også være store transaktionsomkostninger, der hæmmer introduktionen. I sådanne tilfælde bør efterspørgslen efter de “grønne” produkter stadig godskrives for deres langsigtede indflydelse på kapaciteten af den miljøvenlige teknologi.

Endvidere kan effekterne af et sådant skift i efterspørgsel også være indirekte, via det politiske signal det sender. Derfor kan det være velbegrundet at undersøge et scenario hvor en produktions-begrænsning for et specifik “grønt” produkt overvindes, for eksempel gennem miljøpolitiske tiltag eller ved at en virksomhed tager udfordringen op, som følge af en vedvarende udækket efterspørgsel efter dette produkt. Ligeledes kan en forbruger-boykot af et bestemt produkt blive fulgt op af miljøpolitiske tiltag eller ”frivillige” ændringer i virksomheders adfærd, der begrænser produktionen udover hvad forbruger-boykotten selv medfører.

Da sådanne indirekte effekter kan være kontroversielle og svære at forudsige, kan det være hensigtsmæssigt at inkludere dem i separate scenarier.

Identifikation af markedet
Oftest vil mellemproduktet være efterspurgt på et marked med flere mulige leverandører. Derfor skal de mulige leverandører findes blandt dem, der leverer:

?? et produkt med de ønskede pligtegenskaber, beskrevet i form af de ydelser produktet leverer (meget forskellige produkter kan levere den samme ydelse, og disse produkter konkurrerer derfor på det samme marked),
?? indenfor det geografisk og tidsmæssigt afgrænsede marked, som påvirkes af den specifikke efterspørgsel.

Identifikation af produktets pligtegenskaber og markedets geografiske og tidsmæssige afgrænsninger er parallelt til de første to trin beskrevet i vejledningen ”Produkt, funktionel enhed og

referencestrømme i LCA". Beskrivelsen i nævnte vejledning kan også bruges for mellemprodukter, men det bør bemærkes at proceduren ikke behøver at blive fulgt i alle detaljer for hvert eneste mellemprodukt.

Kontorstols-eksempel: *For de fleste af materialerne i kontorstolen (især stål og plast-materialer) er der flere mulige leverandører. Stål og plast handles på et konkurrence-præget marked uden specifikke bindinger mellem leverandør og kunde. Derfor kan en ændring i efterspørgsel fra stole-fabrikanten ikke forventes kun at påvirke de aktuelle leverandørers produktionsvolumen, men derimod hele markedet for de pågældende materialer. Dette marked kan identificeres som værende Europæisk, idet Europa udgør et relativt lukket marked for stål og plast-materialer, hvilket fremgår f.eks. af Eurostats produktions- og handels-statistikker ("EUROPROMS"; "Panorama of European business"; "Intra- and extra-EU trade", og "Iron and steel yearly statistics")*

2.2.3 Trin 3: Identifikation af markedets trend

Inden for det identificerede marked vil de forskellige leverandørers produktionsvolumen påvirkes forskelligt af ændringer i efterspørgsel. For kortsigtede ændringer (se også afsnit 2.2.1) vil de berørte leverandører typisk være de mindst konkurrencedygtige (der ofte anvender ældre teknologi), idet det er disse leverandører der fortrinsvis råder over ledig kapacitet. For langsigtede ændringer afhænger de berørte leverandører af den generelle trend på markedet. På et marked der er hastigt aftagende (hastigere end hvad der kan dækkes af den almindelige, planlagte udfasning af kapitaludstyr) vil de berørte leverandører typisk være de mindst konkurrencedygtige. I et voksende marked (eller et marked der aftager mindre hastigt end den gennemsnitlige udskiftningsrate af kapitaludstyret) må der installeres ny kapacitet, hvilket oftest sker i form af moderne, konkurrencedygtig teknologi.

Det er derfor vigtigt at identificere markedets trend ("Er markedet voksende eller aftagende?"), især for langsigtede ændringer, der involverer justeringer i kapaciteten.

Det følger af ovenstående skelnen, at hvis markedsvolumen falder med omtrent samme hastighed som den gennemsnitlige udskiftningsrate for produktionsudstyr, så kan konsekvensen af en ændring skiftevis berøre leverandører med meget forskellige teknologier. Dette gør det nødvendigt at opstille to adskilte scenarier. Dette kan være relevant for et forholdsvis bredt interval af trends i markedsvolumen, fordi udskiftningsraten for produktionsudstyr er en relativt fleksibel parameter (en planlagt udskiftning kan udskydes i nogen tid, f.eks. ved at forøge vedligeholdelsen).

Bemærk at det er den overordnede markedstrend, som er interessant, og ikke retningen af efterspørgslen i den konkrete undersøgelse. Det skyldes at så længe den overordnede trend i markedet ikke ændres, er det de samme leverandører der påvirkes af såvel forøget som formindsket efterspørgsel.

Trends i markedsvolumen bør fortrinsvis fastlægges ved hjælp af den samme information som er til rådighed for de beslutningstagere, der er ansvarlige for justering af kapaciteten i den berørte industri. Denne information er typisk en kombination af statistiske data, der viser den hidtidige og nuværende udvikling i markedet, samt forskellige fremskrivninger og scenarier. Hvis der ikke

foreligger nogen information er det sikrest at antage at markedet er voksende, idet dette er den mest almindelige situation.

Kontorstols-eksempel: *For de fleste af materialerne i kontorstolen er der en voksende trend i markedet. Handels-statistikker og fremskrivninger er tilgængelige fra industri-organisationer og –konsulenter, for stål f.eks. International Iron and Steel Institute (http://www.worldsteel.org/) og World Steel Dynamics (http://www.worldsteeldynamics.com/). På trods af en voksende global trend er den Europæiske produktion af stål stagnerende, men dog ikke så stærkt faldende at det overstiger udskiftningsraten for produktionsudstyr. Dette indebærer at de berørte leverandører skal findes blandt de mest konkurrencedygtige stål-producenter i Europa, idet det er her at der installeres ny kapacitet.*

Resultatet af dette trin er, at vi kan afgrænse vores søgning efter de berørte leverandører til den ene ende af markedet, enten blandt de mest konkurrencedygtige (for langsigtede ændringer i et voksende marked) eller blandt de mindst konkurrencedygtige (for langsigtede ændringer på et hastigt faldende marked og for kortsigtede ændringer).

2.2.4 Trin 4: Identifikation af produktionsbegrænsninger

De mulige leverandører (blandt de mest eller mindst konkurrencedygtige, afhængig af konklusionen af det foregående trin) kan være underlagt begrænsninger, der gør at de ikke kan reagere på ændringer i efterspørgsel med en ændring i produktionsvolumen. De således begrænsede leverandører skal ikke inddrages i produktsystemet, idet deres produktionsvolumen (og dermed deres miljøbelastning) altså heller ikke kan påvirkes af den undersøgte ændring i efterspørgsel.

En leverandør eller en hel teknologi kan være begrænset i sin evne til at ændre produktionsvolumen som reaktion på en ændret efterspørgsel, af en eller flere af følgende grunde:

?? Politiske begrænsninger, typisk i form af minimum- eller maksimum-kvoter for processen (f.eks. de danske minimumskvoter for anvendelse af biomasse til produktion af el og varme) eller for nogle af processens udvekslinger, f.eks. produktkvoter (f.eks. EU's mælkekvoter) eller emissionskvoter (f.eks. de danske SO_2 og NO_x-kvoter for el-produktion, der begrænser anvendelsen af kulbaseret teknologi).

?? Begrænsninger i tilgængeligheden af råmaterialer, affaldsbehandlingskapacitet eller andre produktionsfaktorer.

?? Når ændringen i efterspørgsel gælder et samprodukt, og produktionsvolumen af den samproducerende proces bestemmes af et eller flere af de andre samprodukter. Dette vil som regel gælde hvis det undersøgte produkt har en ringe værdi i forhold til de andre samprodukter, således at det undersøgte produkt ikke alene kan give en fortjeneste der berettiger til en ændring i produktionsvolumen (f.eks. husdyrgødning vs. mælk og kød, eller rapskager vs. rapsolie) eller hvis markedstrenden for det undersøgte samprodukt er lille sammenlignet med markedstrenden for de andre samprodukter. Se afsnit 3.2.2 for en detaljeret procedure til at identificere hvilke samprodukter der bestemmer produktionsvolumen af en samproducerende proces.

I nogle tilfælde kan et *helt marked* være begrænset, således at *ingen* leverandører kan ændre produktionsvolumen som reaktion på en ændring i efterspørgsel. I stedet vil ændringen i efterspørgsel betyde en ændring i leverancen af dette mellemprodukt til det anvendelses-område

eller den kunde, der påvirkes mest af ændringer i udbud. Her vil ændringen i leverancen føre til en tilsvarende ændring i forbrug.

Produktionsbegrænsninger kan ændres:
?? over tid,
?? afhængig af geografi, og
?? afhængigt af ændringens skala.

Det er derfor vigtigt at beskrive forudsætningerne under hvilke begrænsningerne er gyldige. Især når der undersøges langsigtede ændringer (den typiske situation i livscyklusvurderinger, se afsnit 2.2.1), er det vigtigt at undgå at en proces udelukkes fra at komme i betragtning under henvisning til begrænsninger som kun gælder på kort sigt (i daglig drift forekommer mange begrænsninger, f.eks. i råvaretilgængelighed og produktionskapacitet, som ikke er relevante for beslutninger med en længere tidshorisont).

I tilfælde af manglende information må det foreløbig antages at der ikke forekommer produktionsbegrænsninger. Derved undgås det at udelukke processer på et fejlagtigt grundlag. Hvis en proces med produktionsbegrænsninger derved medtages, vil dette normalt blive opdaget i det næste trin i proceduren.

Kontorstols-eksempel: *En ændring i efterspørgsel efter stål til kontorstolen kan ikke berøre de anlæg, der anvender EAF (electric arc furnace) teknologi, da denne teknologi er begrænset af tilgængeligheden af det væsentligste råmateriale (stål-skrot). Dette efterlader kun BOF (basic oxygen furnace) teknologien, som derfor kan identificeres som den der berøres af en ændring i efterspørgsel fra stole-producenten. Bemærk at der her antages at der er tale om en lille ændring med en lang tidshorisont (se trin 1), således at der dels forventes samme reaktion ved en stigning som ved et fald i efterspørgslen, og dels ses på ændringer i produktionskapacitet.*

2.2.5 Trin 5: Identifikation af den proces, der påvirkes mest af ændringer i efterspørgsel

Blandt de leverandører/teknologier som ikke er underlagt begrænsninger, vil nogle påvirkes mere af ændringer i efterspørgslen end andre. For langsigtede ændringer på et voksende marked vil det være den mest konkurrencedygtige leverandør/teknologi der påvirkes mest, mens det på et hastigt aftagende marked er den mindst konkurrencedygtige leverandør/teknologi der påvirkes mest. For ændringer på kort sigt er det også den mindst konkurrencedygtige leverandør/teknologi, der påvirkes mest (se afsnit 2.2.3).

Konkurrencedygtighed bestemmes typisk af produktionsomkostningerne per enhed. Ved kapacitets-justeringer er det den forventede langsigtede produktionsomkostning det kommer an på. Der er ikke noget helt skarpt skel mellem begrænsninger (afsnit 2.2.4) og omkostninger, da en begrænsning som regel kan oversættes til ekstra omkostninger, og en omkostning kan blive betragtet som så uoverkommelig at den i praksis fungerer som en begrænsning. Imidlertid er denne skelnen nyttig i praktisk beslutningstagning, hvis den ikke bliver taget for bogstaveligt. Også definitionen af omkostninger er uskarp, da hensyn til fleksibilitet (som udtryk for hensyn til fremtidige omkostninger), miljøomkostninger og andre eksternaliteter kan indgå i beslutningsprocessen - hvad enten de er monetariserede (udtrykt i penge) eller ej. Når man vil forudsige de faktiske beslutninger

med hensyn til ændringer i kapacitet eller kapacitetsudnyttelse, er det derfor nødvendigt at overveje alle de begrænsninger og ikke-monetariserede omkostninger, som kan have indflydelse på beslutningerne. Hvilke omkostninger som medtages, kan også afhænge af beslutningstagerens interesser. F.eks. kan private investorer lægge mindre vægt på miljømæssige eksternaliteter end en offentlig investor.

Hvilken leverandør/teknologi der påvirkes mest bestemmes derfor af produktionsomkostningerne, under hensyntagen til begrænsninger og de omkostninger, som ikke kan udtrykkes i penge, således som de opfattes af de beslutningstagere, der er ansvarlige for ændringer i kapacitet (langt sigt) eller kapacitetsudnyttelse (kort sigt). Det vigtige er, så tæt som muligt at modellere den faktiske beslutningsproces.

Data om produktionsomkostninger for enkelte anlæg, lande eller teknologier kan skaffes fra den aktuelle industri, fra industri-konsulenter eller fra brancheforskningsinstitutioner, for stål f.eks. World Steel Dynamics. I tilfælde af manglende data kan det antages at moderne teknologi er den mest konkurrencedygtige og den ældste anvendte teknologi den mindst konkurrencedygtige. Med hensyn til geografisk placering kan det antages at konkurrencedygtighed er bestemt af omkostnings-strukturen for den vigtigste produktionsfaktor (lønomkostninger for arbejdsintensive produkter; ellers energi- og råvare-omkostninger). Ved sammenligning af lønomkostninger bør der tages hensyn til lokale forskelle i produktivitet og kvalifikationer.

Kontorstols-eksempel: *Den råolie, der indgår i fremstillingen af kontorstolens plast-dele vil komme fra de mest konkurrencedygtige kilder (eftersom råolie-markedet er voksende). Ifølge det Internationale Energiagentur (http://www.iea.org/), World Energy Outlook 1994, er de mest konkurrencedygtige kilder (med de laveste ekstraktions-omkostninger) kilderne i Mellemøsten og Venezuela, der forventes at øge deres markedsandel af den globale forsyning fra 30% i 1991 til 45-57% i år 2010.*

2.3 Standardantagelser

Proceduren som er beskrevet i afsnit 2.2 kan være for detaljeret og for krævende til de indledende faser af en livscyklusvurdering og for dele af et produktsystem, som ikke bidrager væsentligt til miljøbelastningen. Der kan også være situationer hvor det ikke er muligt at finde den nødvendige markedsinformation. I disse tilfælde kan standardantagelserne i tabel 2.1 anvendes. Den detaljerede argumentation for valget af disse standardantagelser kan findes i ”LCA rapport nr. 1: Markedsinformation i LCA”.

Tabel 2.2 angiver nogle typiske processer, som kan antages at være dem, der berøres af en ændring i efterspørgsel for de nævnte produkter og under de nævnte betingelser. Når processerne anvendes i et specifikt studium bør man kontrollere at de nævnte betingelser er gyldige. De betingelser der er anvendt i tabel 2.2, er de forventede betingelser på det europæiske marked i årene 2000-2010, forudsat at de undersøgte ændringer er små. Hvis ikke andet er nævnt, gælder standardantagelserne fra tabel 2.1. De væsentlige forskelle i antagelser mellem produkterne vedrører forskelle i markedstrends (voksende eller stabil kontra hastigt aftagende) og den geografiske afgrænsning af markedet (lokal, kontinental eller global). Dokumentation og kilder til disse antagelser kan findes i baggrundsrapporten ”Market information in LCA”.

***Tabel 2.1**. Standard-antagelser om markedsforhold*

Emne:	Standard-antagelse:
Ændringens skala	Lille
Tidshorisont	Langt sigt
Markedsmæssige bindinger	Ingen
Markedssegment	Smalt, dvs. at det antages at meget forskellige produkter ikke kan substituere hinanden
Geografisk marked	Produkter med en ringe værdi i forhold til vægt: Lokalt marked* Produkter med medium værdi i forhold til vægt: Kontinentalt marked* Produkter med høj værdi i forhold til vægt: Globalt marked*
Markedstrend	Generelt voksende produktionsvolumen
Begrænsninger for produktion	Kun for samprodukter med ringe værdi i forhold til de øvrige samprodukter fra den samme proces
Påvirket (mest konkurrencedygtig) leverandør/teknologi	Teknologi: Moderne Geografisk beliggenhed (indenfor de geografiske markeder defineret ovenfor): Afhænger af den relative betydning af arbejdskraftens omkostning og kvalifikationer.

* Idet der her er tillagt stor betydning til transportomkostningerne. Imidlertid kan også evt. toldmure, handelsmønstre og geografiske forskelle i produktionsvolumen have væsentlig betydning.

Det ses af tabel 2.2, at den specifikt berørte leverandør eller teknologi ofte er meget forskellig fra den gennemsnitlige leverandør/teknologi på markedet. Derfor kan gennemsnitsdata kun undtagelsesvis anvendes som erstatning, når markedsbaserede data ikke er til rådighed. Det kan f.eks. være tilfældet når det relevante marked udelukkende forsynes af én teknologi, der kun udvikler sig langsomt. I de fleste andre tilfælde er det bedre at anvende et eller flere estimater for den berørte proces, baseret på tilgængelige data.

Hvis man har data for markedsgennemsnittet, kan et interval for markedet estimeres ved variationskoefficienter på:

- ?? 10-30% for energiforbrug,
- ?? 10-20% for råvareforbrug og regulerede emissioner, der som opstår som et resultat af stoffers tilstedeværelse i brændsel eller råmaterialer,
- ?? 60-150% for ikke-regulerede emissioner, der som opstår som et resultat af stoffers tilstedeværelse i brændsel eller råmaterialer. For stoffer hvis naturlige tilstedeværelse varierer betydeligt, f.eks. cadmium, bly, kviksølv og andre metaller i kul eller råolie, kan emissionerne i ekstreme tilfælde variere med en faktor 1000 eller mere.
- ?? Større variation (faktor 5-10) bør anvendes for emissioner, der opstår i en produktionsproces, og som varierer afhængig af de fysiske forhold under produktionen, samt for emissioner, som stammer fra anvendelsen af specifikke kemikalier under produktionen.

Når markedets interval kendes eller er blevet estimeret, kan den påvirkede proces da antages at ligge i den ene eller anden ende af det resulterende interval, afhængig af realistiske antagelser om de emner, der er beskrevet i tabel 2.1. Det antages herved at alle ovennævnte exchanges samvarierer, således at et højt energiforbrug hører sammen med et højt råvareforbrug og store udvekslinger til miljøet.

Tabel 2.2. Standard-liste over processer, der berøres af en ændring i efterspørgsel efter udvalgte produkter, under de forventede betingelser på det Europæiske marked i årene 2000-2010 og under forudsætning af at de undersøgte ændringer er små.

NACE-code	**Produkt**	**Geografi**	**Markeds trend**	**Andre forskelle i antagelser sammenlignet med tabel 2.1**	**Berørt leverandør/teknologi**
01.1	Afgrøder generelt	EU	Voksende	Begrænsninger for gødningsmængde pr. ha i nogle områder	Nuværende leverandører, stigende udbytte pr. ha ved forøget gødning. Når dette ikke er muligt, eller ved store ændringer, vil dyrkning af byg blive fortrængt
01.1	Foderprotein	Global	Voksende	Ingen	Sojabønner (Brasilien)
02.01	Træ til pulp	Lokal	Voksende	Ingen	Lokal
11.1	Råolie	Global	Voksende	Ingen	Tung råolie fra Venezuela eller Mellemøsten
13.2	Aluminium	Global	Voksende	Ingen	Teknologi: Hall-Heroult. Point feeders. Separat elektricitets-marked.
13.2	Kobber	Global	Voksende	Ingen	Moderne, fleksibel mht. råvarer: Solvent-extraction-electrowinning
13.2	Cadmium, Kviksølv, Bly	Global	Aftagende	Ingen	Genvinding fra deponi
15.4	Vegetabilsk fedtstof	Global	Voksende	Intet krav om specifik sammensætning af fedtsyrer	EU rapsolie
20	Træ og træprodukter	Afhænger af produkt krav	Voksende	Ingen	Moderne, ofte lokal: Tørreanlæg med varmepumper og variabel hastighed
21.2	Pulp, papir, pap	Lokal til regional	Voksende	Ingen	Lokal til regional, moderne
23.2	Propylen	EU	Voksende	Ingen	Rensning af røggas fra Fluid Catalytic Cracking
23.2	Ethylen	EU	Stabil eller voksende	Ingen	Steam cracking af LPG eller gas olie
24.13	Klor	Europa	Aftagende	Ingen	Gammel teknologi (kviksølv-proces)
24.15	Ammoniak	Europa	Aftagende	Overkapacitet i Østeuropa	Gammel naturgas baseret teknologi (Østeuropa eller Grækenland)
25.1	Gummi	Global	Voksende	Ingen	Syntetisk gummi fra moderne anlæg
26.4	Mursten	Lokal	Aftagende	Ingen	Gammel lokal tunnel-ovn
26.5	Cement-klinker	Lokal	Aftagende	Teknologien er afhængig af råmaterialet	I Danmark: våd-proces. Generelt: tør-proces
26.5	Cement	Lokal	Aftagende	Flyveaske-cement m.v. begrænset af tilgængelighed af råmaterialer	Portland. Ældre, lokale anlæg.
27.1	Stål	Europa	Voksende	Electric Arc Furnace teknologi er begrænset af tilgængelig skrotmængde	Moderne Basic Oxygen Furnace teknologi
40.1	Electricitet via net	Central Europa	Voksende	Atomkraft, vandkraft og brunkulsbaseret el er politisk begrænset	Kulbaseret teknologi
40.1	Electricitet via net	Nord Europa	Voksende	Som ovenfor + emissionsgrænser for SO_2, NO_x (and CO_2). Overskud af kulbaseret kapacitet.	Kulbaseret teknologi forventes at klare efterspørgsel inden for eksisterende kapacitet de næste 10 år. Ellers: Gasbaseret teknologi.
40.1	Electricitet via net	Græken-land	Voksende	Atomkraft og vandkraft er politisk begrænsede	Teknologi baseret på brunkul

Når det er relevant, bør der anvendes flere alternative scenarier for at afspejle grænserne for den tilgængelige viden.

2.4 Usikkerhed i identifikationen af de processer, der skal medtages

De procedurer, som bruges til at identificere de processer, der skal medtages i produktsystemerne, er beskrevet i afsnit 2.2. Procedurerne er baserede på markedsinformationer, hvor de følgende usikkerheder er af betydning:

- ?? Usikkerhed vedr. størrelsen af den ændring der kan påvirke grænsebetingelserne for markedet.
- ?? Usikkerhed vedr. hvilke mellemprodukter der vil erstatte hinanden i forskellige markedssegmenter og geografiske markeder.
- ?? Usikkerhed vedr. den tidsmæssige eller geografiske afgrænsning af det aktuelle marked for et mellemprodukt.
- ?? Usikkerhed vedr. hvilke teknologier og processer, der er begrænsede i deres mulighed for at ændre volumen som reaktion på en ændret efterspørgsel.
- ?? Usikkerhed vedr. markedstrends.
- ?? Usikkerhed vedr. de parametre, som påvirker beslutninger om justeringer af kapacitet, f.eks. priser på forskellige teknologier og effekten af information for indkøbsadfærd og beslutninger om investeringer.

Disse usikkerheder vil ofte dominere den samlede usikkerhed på en livscyklusvurdering, idet de kan påvirke hvilke processer, der medtages eller udelukkes fra de analyserede produktsystemer. Betydningen stiger i takt med den mulige variation i de teknologier og processer, der kan substitueres, dvs.:

- ?? Variation i de relevante teknologier og processer mellem forskellige mulige markeder.
- ?? Variation i de relevante teknologier og processer på det samme marked, specielt variationen mellem den mindst og mest konkurrencedygtige teknologi eller proces.

Dette betyder, at jo større variationen er i det mulige resultat, desto højere er kravet til kvaliteten af markedsinformationen.

En reduktion af usikkerheden kan kun opnås gennem et større kendskab til de forskellige mellemprodukter i livscyklus og de markeder de handles på, hvorved de enkelte processer der skal medtages i produktsystemet, kan fastlægges mere præcist. Brug af kvalitetssikring og kritisk gennemgang som led i en livscyklusvurdering kan bidrage til reduktion af usikkerheder.

Ovenstående betragtninger vil også gælde for standard-antagelserne i en traditionel systemafgrænsning (se afsnit 1.3), men da denne netop ikke inddrager markedsinformationer, vil det være vanskeligt at estimere de reelle usikkerheder som følge af systemafgrænsningen. Usikkerheden på et traditionelt afgrænset system vil derfor typisk blive beregnet ud fra usikkerheden på gennemsnitsdata for de indgående processer. Da denne usikkerhed er et udtryk for en reel variation, vil den ikke kunne reduceres ved yderligere dataindsamling.

Når det er relevant, bør flere forskellige scenarier medtages for at afspejle grænserne for den tilgængelige viden.

De nævnte væsentlige kilder til usikkerhed gælder også for håndteringen af systemer med flere funktioner, der er beskrevet i kapitel 3.

Usikkerhed behandles mere uddybende i den tekniske rapport “Reducing uncertainty in LCI.”

3. Håndtering af systemer med flere produkter

3.1 Løsning af samproduktfordelingsproblemet: Fra flere til en enkelt funktion

Der er næppe nogen produkter der produceres, forbruges og bortskaffes uden forbindelse med andre produkter. Derfor vil de fleste (hvis ikke alle) produktsystemer yde mere end et produkt, enten som en del af den funktionelle enhed (se vejledningen "Produkt, funktionel enhed og referencestrømme i LCA") eller som samprodukter fra en eller flere processer i livscyklus.

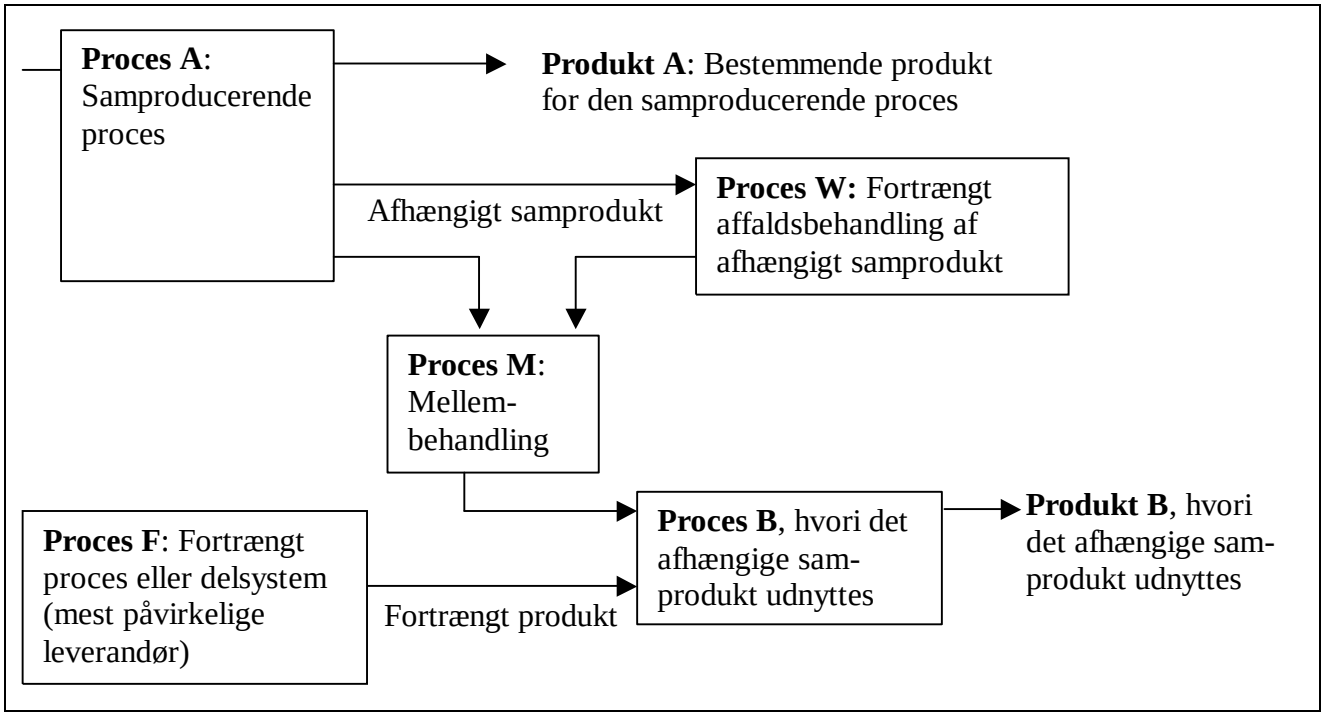
For at kunne undersøge miljøpåvirkningen fra en enkeltstående produktsubstitution, er det derfor nødvendigt at isolere de processer, som *bliver* berørt af den specifikke substitution, fra de processer, som nok er fysisk forbundet med produktsystemerne, men som alligevel *ikke* påvirkes af substitutionen. For de processer, som *bliver* berørt, er det endvidere nødvendigt at fastslå i hvilken grad de berøres: Er der tale om en ændring i volumen af hele processen eller kun i nogle bestemte udvekslinger? Afhænger en ændring i volumen udelukkende af den undersøgte substitution eller skal ændringen i volumen deles med andre produktsystemer?

De sidste spørgsmål kaldes ofte for et "(samprodukt)fordelingsproblem" eller allokeringsproblem. En samproduktfordeling er en fordeling af udvekslinger fra en proces med flere samprodukter over disse samprodukter. Emnet har været et af de mest kontroversielle i udviklingen af metoder til livscyklusvurdering, fordi det kan have stor eller endda bestemmende indflydelse på resultatet af vurderingerne. Problemet med samproduktfordeling kan undgås ved at anvende proceduren i afsnit 3.2. Proceduren er i overensstemmelse med anbefalingerne fra ISO 14041 og indeholder den traditionelle fordelingsprocedure (som blot fordeler udvekslingerne fra den samproducerende proces på samprodukterne ved hjælp af en fordelingsfaktor) som et specialtilfælde, se afsnit 3.6.

3.2 Procedure

Indledningsvis kan der skelnes mellem *fælles produktion*, hvor forholdet mellem output af de forskellige samprodukter er fast (f.eks. kemiske processer, hvor reaktionsprodukterne er bestemt ud fra støkiometri), og *forenet produktion*, hvor output af de enkelte samprodukter kan varieres individuelt (f.eks. når forskellige produkter deler den samme service). Ved forenet produktion kan fordeling undgås ved ganske simpelt at modellere de umiddelbare konsekvenser af at ændre outputtet af det aktuelle samprodukt (det som anvendes i det undersøgte produktsystem) uden at ændre outputtet fra de andre samprodukter. Denne situation behandles i trin 1 i proceduren, afsnit 3.2.1. Den resterende del af proceduren (trin 2 til 4), handler om fælles produktion, hvor fordeling kun kan undgås ved systemudvidelse.

Systemudvidelse illustreres i figur 3.1, der viser en samproducerende proces med ét bestemmende samprodukt (produkt A), dvs. det produkt, der er bestemmer processens produktionsvolumen. I figur 3.1 vises også kun ét afhængigt samprodukt, men i praksis kan der være et ubegrænset antal samprodukter.



Figur 3.1 *Model til at beskrive systemudvidelse og afgrænsning for fælles produktion. Beskrivelsen er relevant uanset om det er produkt A eller produkt B, der indgår i livscyklusvurderingen.*

At udføre en systemudvidelse i forbindelse med fælles produktion er det samme som at svare på spørgsmålet: *Hvordan vil produktionsvolumen og udvekslinger for processerne i figur 3.1 påvirkes af en ændring i efterspørgsel efter det samprodukt, der indgår i livscyklusvurderingen?*

Dette spørgsmål er lige relevant hvad enten det produkt, der indgår i livscyklusvurderingen, er det bestemmende produkt for den samproducerende proces (produkt A) eller det er det produkt (B), hvori det afhængige samprodukt udnyttes.

En fuldstændig identifikation af ændringer i produktionsvolumen som en funktion af ændring i efterspørgsel kræver en økonomisk model for alle involverede processer og produktstrømme. Den procedure, der præsenteres hér, indebærer den forenklede antagelse at en ændring i efterspørgsel efter et afhængigt samprodukt ikke påvirker produktionsvolumenet for den samproducerende proces[6].

Den forenklede procedures svar på ovenstående spørgsmål kan sammenfattes i de tre regler i boks 3.

[6] Hvis denne antagelse vurderes at være for forenklet (specielt fordi den kan ændres over tid, afhængig af lokalitet og afhængig af ændringens skala), dvs. hvis mere end et af de fælles samprodukter findes at være bestemmende indenfor den undersøgte skala eller geografiske eller tidsmæssige horisont, kan der opstilles et scenarie for hvert af de fælles samprodukter, der kan være bestemmende. Se også fodnote 7.

Boks 3: *Regler for systemudvidelse og -afgrænsning for fælles produktion*

1. Den samproducerende proces tilskrives fuldt ud (100%) til det bestemmende samprodukt for denne proces (produkt A).
2. Under forudsætning af at de afhængige samprodukter udnyttes fuldt ud, dvs. at de ikke delvist går til affaldsbehandling, godskrives produkt A for de processer, som fortrænges af de afhængige samprodukter. Mellembehandlingen tilskrives produkt A. Hvis der er forskelle mellem et afhængigt samprodukt og det produkt det fortrænger, og hvis disse forskelle medfører ændringer i resten af den livscyklus hvori det afhængige samprodukt indgår, så skal disse ændringer også tilskrives produkt A.
3. Når det afhængige samprodukt ikke anvendes fuldt ud (dvs. når en del af det må betragtes som affald), skal mellembehandlingen tilskrives det produkt hvori det anvendes (produkt B), mens produkt B godskrives for den fortrængte affaldsbehandling af det afhængige samprodukt.

[Bemærkning til lay-outer: Hvis muligt bør Figur 3.1 og Boks 3 holdes på samme opslag.]

Det skal bemærkes, at systemudvidelse indebærer at data skal indsamles for processer der ikke nødvendigvis er led i den aktuelle forsyningskæde.

Mængderne som skal tilskrives fra de forskellige processer, afhænger af den mængde af samprodukt der bruges i det aktuelle produktsystem. For eksempel, bruges ét kg af produkt A skal dette kg tilskrives udvekslingerne fra proces A svarende til produktionen af dette kg, og i situationen hvor det afhængige samprodukt ikke anvendes fuldt ud skal produkt A endvidere tilskrives affaldsbehandlingen af den mængde af det afhængige samprodukt som produceres sammen med dette ene kg af produkt A. I den samme situation skal produkt B tilskrives de kg af det afhængige samprodukt som bruges af proces B, samt mellembehandlingen af disse kg, men godskrives for den fortrængte affaldsbehandling af disse kg.

Begrundelsen for de tre regler i boks 3 følger her:

Regel nr. 1 følger logisk af at produkt A per definition er det produkt, som er bestemmende for ændringer i produktionsvolumen for den samproducerende proces.

Regel nr. 2 kommer af, at både volumen af mellembehandlingen og den mængde af produkt der kan fortrænges – under den nævnte forudsætning - bestemmes af hvor store mængder der er til rådighed af det afhængige samprodukt. Denne afhænger af ændringer i produktionsvolumen i den samproducerende proces, som igen bestemmes af ændringerne i efterspørgslen efter produkt A. Det følger af denne regel, at produkt B ikke tilskrives nogen del af proces A eller mellembehandlingen. Når man undersøger konsekvenserne af en ændring i efterspørgsel efter produkt B, skal produkt B tilskrives ændringen hos den mest påvirkelige leverandør (der findes ved hjælp af proceduren i kapitel 2), dvs. den samme proces som fortrænges ved en ændring i efterspørgsel efter produkt A (se dog også regel 3). Hvis forudsætningen anført i regel 2 (at det afhængige samprodukt udnyttes fuldt ud i andre processer) ikke gælder, anvendes regel 3.

Regel nr. 3 anvendes når det afhængige samprodukt ikke anvendes fuldt ud. I denne situation bestemmes volumen af mellembehandlingen (og fortrængningen af affaldsbehandling) af, hvor meget af det afhængige samprodukt der kan udnyttes i modtagersystemet og ikke af, hvor meget der produceres i den samproducerende proces. Dette kan også udtrykkes som, at i denne situation er

proces M (mellembehandlingen) den leverandør til proces B, der påvirkes mest af ændringer i efterspørgslen efter produkt B.

3.2.1 Trin 1: Håndtering af forenet produktion: samprodukter med uafhængige outputs

Hvis samprodukternes output kan varieres uafhængigt af hinanden (forenet produktion), er det muligt umiddelbart at beskrive konsekvenserne af en ændring i output af det aktuelle samprodukt uden en ændring i output af de andre samprodukter.

Nogle samprodukter kan adskilles fuldstændig, således at hvert samprodukt kan produceres alene, hvilket tillader en separat beskrivelse af denne isolerede produktion. Imidlertid benyttes den forenede produktion typisk fordi man kan udnytte en eller anden fordel ved samproduktionen, f.eks. fælles brug af kapitalapparat, reduktion i forbrug af energi eller råvarer eller reduktion af affaldsmængder. Da en beskrivelse af den isolerede produktion ikke medtager disse fordele, vil den ikke give et retvisende billede af de faktiske forhold.

Det der skal medtages i produktsystemet er i stedet en beskrivelse af konsekvenserne af den undersøgte ændring i relative output, altså ændringerne i udvekslinger i den samproducerende proces som følge af ændringen i output af det aktuelle samprodukt når output af de andre samprodukter holdes konstant. På denne måde vil fordelen ved den forenede produktion blive indlejret i beskrivelsen og afspejlet i resultatet.

Som regel kan man identificere en fysisk parameter, der i den givne situation er den begrænsende faktor for samproduktionen. Det er det undersøgte samprodukts bidrag til denne faktor som bestemmer konsekvenserne af den undersøgte ændring.

Eksempel 1: Forenet overfladebehandling
Overfladebehandling udføres ofte på en kombination af forskellige objekter (f.eks. bordben og stoleben sammen) for at minimere spild af det påførte materiale (f.eks. maling) og for at spare maskintid. Selvom man kunne behandle stolebenene alene og opgøre de udvekslinger der fremkommer herved, vil det være mere korrekt at opgøre ændringen i udvekslinger mens der ændres på antallet af stoleben og antallet af bordben holdes konstant. Den fysiske parameter, der bestemmer ændringen i udvekslinger, kan da identificeres som den ekstra overflade, som skal behandles (behandlet overflade af stolebenet plus tilstødende spildareal). Spildarealets størrelse vil afhænge af om de ekstra stoleben helt eller delvist vil udnytte et areal der i forvejen er spildareal, eller om dette areal allerede benyttes fuldt ud således at de ekstra stoleben i praksis alligevel må behandles separat.

Eksempel 2: Forenet transport I
Når den samme lastbil transporterer flere forskellige slags varer (f.eks. både plaststole og træstole) afhænger udvekslingerne ved transporten af en ekstra vare af hvilken parameter, der er begrænsende for transportkapaciteten. Hvis der f.eks. er flest af de tunge træstole er kapaciteten begrænset af vægt, således at lastbilernes rumfang ikke udnyttes fuldt ud. Dette betyder, at tilføjelsen af en ekstra stol forøger udvekslingerne fra transporten proportionalt med vægten af den ekstra stol. Tunge træstole kræver altså flere ekstra lastbiler end lette plaststole, selvom stolene fylder det samme. Er der derimod flest plaststole kan det være lastbilernes rumfang der er begrænsende og lastbilerne derfor ikke kan fyldes til den maksimale vægt. I denne situation vil udvekslingerne fra transporten

ændre sig proportionalt med volumen af de to slags stole. Vægtkapaciteten udnyttes normalt fuldt ud for lastbiler ved en massefylde på 250-300 kg/m^3. Hvis massefylden er lavere end dette, vil transportkapaciteten være begrænset af volumen.

3.2.2 Trin 2: Identifikation af et produkt som bestemmende for den samproducerende proces

At identificere et fællesprodukt (et samprodukt fra fælles produktion) som bestemmende samprodukt, er det samme som at vise at den samproducerende proces vil blive berørt af en ændring i efterspørgslen efter dette specifikke samprodukt. Når den samproducerende proces er identificeret som den berørte proces gennem proceduren i kapitel 2, har vi faktisk samtidigt identificeret det undersøgte samprodukt som det bestemmende produkt.

For et samprodukt er det afgørende punkt i proceduren i kapitel 2 identifikationen af de andre samprodukter som produktionsbegrænsninger (tredje punkt i trin 4 i afsnit 2.2.4). Produktionsvolumenet af den samproducerende proces begrænses af efterspørgslen efter de bestemmende fællesprodukter. Individuelt variable samprodukter (fra forenet produktion) kan ikke fungere som begrænsninger for andre samprodukter og kan derfor være samtidigt bestemmende, som vist i det foregående trin.

For at et fællesprodukt skal kunne være bestemmende, skal begge de følgende forudsætninger opfyldes, enten af samproduktet selv eller af en kombination af fællesprodukter, som samproduktet er en del af:

i) Samproduktet skal bidrage med en indtjening, der alene er grund nok til at ændre produktionsvolumenet

og

ii) Samproduktet skal have en større markedstrend (ændring i samlet efterspørgsel) end nogen af de andre fællesprodukter eller kombinationer af fællesprodukter som opfylder den første forudsætning (under hensyntagen samprodukternes relative outputs).

Begrundelsen for den anden forudsætning er at det fællesprodukt (eller kombination) der har den største markedstrend, udgør en begrænsning for de andre fællesprodukters mulighed for at påvirke produktionsvolumenet i den samproducerende proces. Bemærk, at indenfor en kombination af fællesprodukter er det samproduktet med den laveste markedstrend, som er bestemmende for kombinationens indflydelse på produktionsvolumenet. Dette illustreres i boks 4.

Forudsætningerne betyder, at hvis flere fællesprodukter eller kombinationer af fællesprodukter opfylder betingelsen om at bidrage med tilstrækkelig økonomisk indtjening til at ændre produktionsvolumen, så er det kun det samprodukt eller den kombination, som har den relativt største ændring i den samlede efterspørgsel (markedstrend), som er bestemmende. Derfor er der på ethvert givet tidspunkt *typisk kun ét fællesprodukt, som er bestemmende* for produktionsvolumenet. En bemærkelsesværdig undtagelse er når der ikke findes nogen relevante alternative produktionsveje for fællesprodukterne og deres priser derfor må justeres således at alle fællesprodukter får den samme normaliserede markedstrend, da dette er en forudsætning for at alle produkter vil blive solgt (se eksempel 6). I denne situation vil en ændring i efterspørgsel efter et bestemt fællesprodukt påvirke produktionsvolumenet af den samproducerende proces i forhold til produktets andel af dækningsbidraget for processen. Dette svarer til resultatet af en økonomisk samproduktfordeling. Imidlertid vil den resulterende ændring i output af de andre fællesprodukter påvirke disses videre nedstrøms processer, herunder brugs- og bortskaffelsesfaserne, der således

skal inkluderes i produktsystemet. Denne systemudvidelse ignoreres ved en ren økonomisk fordeling af den samproducerende proces.

Boks 4: *Illustration af begrænsninger mellem fællesprodukter*
En proces har 4 fællesprodukter, A, B, C og D med følgende relative markedstrends og økonomiske indtjening:

Samprodukt	Marginal indtjening	Relativ markedstrend
A	10	Lav
B	6	Mellem
C	5	Høj
D	1	Høj

Bemærk at de anførte markedstrends og indtjeninger er relative til de normaliserede outputs fra den samproducerende proces, dvs. at der allerede er taget højde for forskelle i faktiske fysiske mængder.

Hvis den marginale omkostning for den samproducerende proces er 9, er det kun produkt A, som giver en tilstrækkelig indtjening til at ændre produktionsvolumenet alene. Produkt C kan ikke påvirke produktionsvolumen alene på trods af dens høje markedstrend. Imidlertid opfylder kombinationen af B og C også betingelsen om økonomisk indtjening. Den mulige indflydelse på produktionsvolumenet fra denne kombination bestemmes af den laveste markedstrend i kombinationen, dvs. produkt B's mellem-trend. Da markedstrenden for B stadig er højere end for A, er B det bestemmende produkt.

Eksempel 3: Fælles produktion af levnedsmidler og dyrefoder I
Mange af de mindre værdifulde samprodukter i levnedsmiddelindustrien anvendes ofte til dyrefoder, og typisk findes der ikke alternative metoder til at producere selve levnedsmidlet. For eksempel kan hvedebrød kun produceres af hvede, som males til mel mens de øvrige samprodukter (hvedekim, klid og skaller) anvendes til dyrefoder, bortset fra en ganske lille del som anvendes i specielle levnedsmidler. I dette tilfælde er der ikke tvivl om, at mel er det eneste samprodukt, som kan give en tilstrækkelig indtjening til at ændre produktionsvolumen for mølleri-processen (og hvedeproduktionen), og at melet derfor er det bestemmende samprodukt.

Eksempel 4: Fælles produktion af zink og tungmetaller I
90% af al primær cadmium er et samprodukt fra udvinding af zink. Derudover er bly og svovl også samprodukter ved zinkudvinding. Efterspørgslen efter zink er svagt stigende, mens efterspørgslen efter tungmetallerne cadmium og bly stagnerer, primært pga. regulering på miljøområdet. Udbuddet af cadmium fra tvungne tilbagetagningsordninger og genvinding af cadmium-holdige produkter betyder at en del af den primære cadmium deponeres. Samme situation kan i fremtiden forventes for de andre tungmetaller. Svovl fremstilles i stigende grad i afsvovlingsanlæg for røggas fra raffinaderier, kraftværker osv. Derfor er der ikke længere efterspørgsel efter primær produktion af svovl i Europa. På denne baggrund er der ikke tvivl om, at kun ændringer i efterspørgslen efter zink kan være bestemmende for størrelsen af den primære udvinding.

Eksempel 5: Fælles produktion af klor og natriumhydroxid I
Fællesproduktionen af klor og natriumhydroxid er et af de klassiske eksempler på fordelingsproblemet. Klor-alkali processen giver tre samprodukter:
$2NaCl + 2H_2O$? $2NaOH + Cl_2 + H_2$

Hydrogen produceres i relativt små mængder (27 g for hvert kg klor) og bidrager til omkring 3% af verdensproduktionen af hydrogen. Hovedparten af hydrogen produceres ved "steam reforming" af naturgas og denne proces vil sandsynligvis også være den mest konkurrencedygtige proces ved en ændring i efterspørgsel af hydrogen. Derfor kan hydrogen ikke være det bestemmende produkt.

Klor-alkali processen er i praksis den eneste måde at fremstille klor på. Klor er vanskeligt at lagre og sælges typisk lokalt. Natriumhydroxid er et mere fleksibelt produkt, som kan lagres og transporteres over store afstande. Natriumhydroxid fra klor-alkali processen kan erstattes af natriumcarbonat enten direkte eller ved omdannelse ("causticisation") af natriumcarbonat til natriumhydroxid.

Klor og natriumhydroxid fremstilles i nogenlunde lige store mængder i klor-alkali processen og deres andel af indtjeningen for processen er stort set den samme. I de seneste 10 år har priserne for klor ligget nogenlunde stabilt på 100-200 $/Mg, mens priserne for natriumhydroxid har varieret mellem 10 og 500 $/Mg. Kun i en kort periode fra 1990-1991 var prisen for natriumhydroxid så høj, at den alene kunne give en tilstrækkelig fortjeneste til at ændre produktionsvolumen. De ustabile priser på natriumhydroxid afspejler at de langsigtede justeringer af kapaciteten er baseret på eksistensen af et stabilt, lokalt marked for klor. Denne markedssituation gør klor til det bestemmende produkt for klor-alkali processen når den anvendes i livscyklusvurderinger med en lang tidshorisont.

Eksempel 6: Svinekødsproduktion
På slagteriet opskæres de slagtede svin i en lang række samprodukter. Der er ikke mange muligheder for uafhængig variation i output af enkelte produkter, selvom der er nogen fleksibilitet især i forhold til hakkekødsandelen. Alle samprodukter må derfor betragtes som fællesprodukter og med få undtagelser findes der ikke alternative måder at fremstille tilsvarende produkter. Markedet for svinekød domineres derfor udelukkende af outputtet fra svineslagterierne, og alle priser justeres til stadighed så alle produkter bliver solgt. De enkelte produkters markedstrend bliver derved ligestillet og alle fællesprodukterne er da samtidigt bestemmende for produktionsvolumenet. En ændring i efterspørgsel efter en bestemt udskæring, f.eks. mørbrad, vil derfor påvirke produktionsvolumenet af svinekød i forhold til det relative dækningsbidrag for denne udskæring, dvs. samme resultat som ved en økonomisk fordeling af samproduktionen. Da der ikke er nogen alternative måder at fremstille de pågældende produkter på, vil denne ændring i produktionsvolumen endvidere påvirke output, priser og endeligt forbrug af alle de øvrige dele af svinet.

Eksemplet i boks 4 viser endvidere at:

?? det bestemmende samprodukt ikke nødvendigvis er det samprodukt, der bidrager med den største indtjening (selv om det ofte vil være tilfældet),

?? det bestemmende samprodukt er ikke nødvendigvis det samprodukt, der har den største stigning (eller fald) i efterspørgsel.

Hvis der ikke er tilstrækkeligt data til rådighed for at kunne identificere ét fællesprodukt som det determinerende, bør der anvendes flere scenarier for at afspejle begrænsningerne i den tilgængelige viden. Scenarierne kan præsenteres separat eller som en kombination af de relevante scenarier vægtet i forhold til deres forventede sandsynlighed eller i forhold til de fælles produkters relative forventede indflydelse på produktionsvolumenet for den samproducerende proces[7].

3.2.3 Trin 3: Identifikation af det bestemmende produkt for mellembehandlingen

Mellembehandlingen er de processer, som ligger mellem opsplitningspunktet, hvor et afhængigt samprodukt forlader det bestemmende samprodukt, og fortrængningspunktet, hvor det afhængige produkt kan erstatte et andet produkt. Det vil altid være relevant at fastlægge opsplitningspunktet, mens det er kun relevant at fastlægge fortrængningspunktet når det afhængige produkt udnyttes fuldt ud i andre processer (dvs. når regel 2 i boks 3 finder anvendelse).

Det samprodukt der er bestemmende for mellembehandlingen, identificeres ved at undersøge hvorvidt betingelsen i regel nr. 2 er opfyldt, dvs. om det afhængige produkt udnyttes fuldt ud i andre processer.

Hvis denne betingelse er opfyldt vil volumenet af mellembehandlingen (og mængden af produkter, der fortrænges) afhænge af produktionsvolumenet af det afhængige samprodukt. Da samprodukterne ikke kan varieres individuelt, er dette volumen fastsat af det bestemmende produkt for den samproducerende proces (produkt A i figur 3.1). En ændring i efterspørgsel efter det afhængige samprodukt medfører ikke nogen ændring i mellembehandlingen (netop fordi den ikke er bestemmende, kan den ikke påvirke volumen af den samproducerende proces). Derfor har mellembehandlingen og den samproducerende proces det samme bestemmende produkt, og som angivet i regel 2 i boks 3 skal mellembehandlingen fuldt ud tilskrives dette produkt (A).

Eksempel 7: Fælles produktion af klor og natriumhydroxid II
Da klor er det bestemmende samprodukt, tilskrives klor hele klor-alkaliprocessen samt mellembehandlingen (opkoncentrering, transport og lagring af natriumhydroxid). Til gengæld godskrives klor den fortrængte produktion, transport og lagring af natriumhydroxid fremstillet fra natriumcarbonat. Den fortrængte proces behandles yderligere i eksempel 15, afsnit 3.5.3.

Eksempel 8: Fælles produktion af elektricitet og varme I
Elektricitet produceres ofte sammen med varme fordi den samlede virkningsgrad bliver langt højere når varmen også kan udnyttes. Når varmen udnyttes fuldt ud, vil en ændring i produktionen af elektricitet påvirke den distribuerede mængde varme samt den alternative varmekilde. I denne situation skal elektriciteten tilskrives det forøgede energiforbrug til distribution og godskrives for den alternative varmekilde som fortrænges. En ændring i efterspørgsel efter varme kan ikke dækkes af samproduceret varme (da denne jo allerede er udnyttet fuldt ud) og vil derfor påvirke den alternative varmekilde.

[7] Aggregering af scenarier med forskellige bestemmende produkter svarer til en allokering af den samproducerende proces, hvor allokeringsfaktoren er den forventede sandsynlighed for at samproduktet er bestemmende (eller den relative forventede indflydelse af samproduktet på produktionsvolumenet for den samproducerende proces). Nogle økonomiske allokeringsfaktorer kan retfærdiggøres som repræsenterende en sådan relativ forventet indflydelse. Se også afsnit 3.6.

I den beskrevne situation, hvor det afhængige samprodukt anvendes fuldt ud, er det altså produkt A der bestemmer mængden af produkt der fortrænges, og produkt A skal derfor også tilskrives evt. andre ændringer som forårsages af fortrængningen. Det kan f.eks. være ændringer i den alternative råvareforsyning, som i ovenstående eksempler, hvor produkt A tilskrives (godskrives for) ændringer i den fortrængte proces F (se figur 3.1). Det kan også være ændringer i den videre livscyklus hvori de afhængige samprodukter indgår (proces B i figur 3.1), hvis disse ændringer skyldes *forskelle mellem de afhængige samprodukter og de produkter de fortrænger*.

Eksempel 9: Konsekvenser af kvalitetsforskelle ved brug af samprodukter
Samproduktet kan have en anden (typisk lavere) kvalitet sammenlignet med det produkt det fortrænger. Ofte vil dette ikke betyde noget for brugeren (da substitutionen ellers ikke ville blive accepteret) men i visse tilfælde kan det medføre et behov for ekstra vedligeholdelse eller andre supplerende aktiviteter. Disse supplerende aktiviteter skal tilskrives A.

Eksempel 10: Forurenet samprodukt
Samproduktet kan f.eks. indeholde tungmetaller, som ikke findes i det fortrængte råmateriale, og som har betydning for den endelige affaldsbehandling af produkt B. Forskellen i affaldsbehandling og/eller udvekslinger fra affaldsbehandlingen skal tilskrives produkt A.

Hvis betingelsen om fuld udnyttelse ikke er opfyldt, betyder det, at en del af det afhængige samprodukt betragtes som affald. I denne situation er volumenet af mellembehandlingen (og fortrængningen af affaldsbehandling) bestemt af hvor meget det modtagende system kan udnytte, og ikke af hvor meget der produceres i den samproducerende proces. Derfor er produkt B det bestemmende produkt for mellembehandlingen og skal tilskrives denne, som nævnt i regel 3 i boks 3. Til gengæld skal B godskrives den fortrængte affaldsbehandling.

Eksempel 11: Fælles produktion af elektricitet og varme II
Hvis markedet for samproduceret varme er mættet, og der stadig er uudnyttet varme tilovers, vil en ændring i produktion af elektricitet blot producere mere eller mindre overskudsvarme og ikke påvirke den distribuerede mængde samproduceret varme. En ændring i efterspørgsel efter varme vil i denne situation ikke påvirke den mængde varme der produceres, men vil have indflydelse på hvor meget varme der distribueres. Energiforbruget til varmedistribution skal altså tilskrives varmen, mens elektriciteten tilskrives samproduktionen, men ikke får godskrevet nogen fortrængning (da der ikke er nogen).

Som vist i eksempel 8 og 11 afhænger den fulde udnyttelse af et samprodukt og fortrængningen af andre produkter af markedsforhold, som kan variere:
?? over tid
?? afhængig af lokalitet, og
?? afhængig af ændringens skala.
Derfor er det altid vigtigt at beskrive de forudsætninger, der er gældende for identifikationen af det bestemmende produkt for mellembehandlingen.

Hvis den undersøgte ændring er af en størrelse, så den i sig selv ændrer rammebetingelserne for systemudvidelsen, dvs. ændrer hvad der er det bestemmende produkt eller hvorvidt det afhængige produkt udnyttes fuldt ud, skal systemudvidelsen tage udgangspunkt i den resulterende tilstand i rammebetingelserne *efter* ændringen.

De oplysninger, der er nødvendige for at afgøre om et afhængigt samprodukt udnyttes fuldt ud, foreligger i form af markeds- og affalds-statistikker og markedsstudier, ofte tilgængeligt in-house i de involverede industrier. Hvis det er usikkert hvorvidt denne betingelse er opfyldt, kan det være nødvendigt at anvende flere scenarier for at afspejle begrænsningerne i den tilgængelige viden.

3.2.4 Trin 4: Identifikation af fortrængte processer

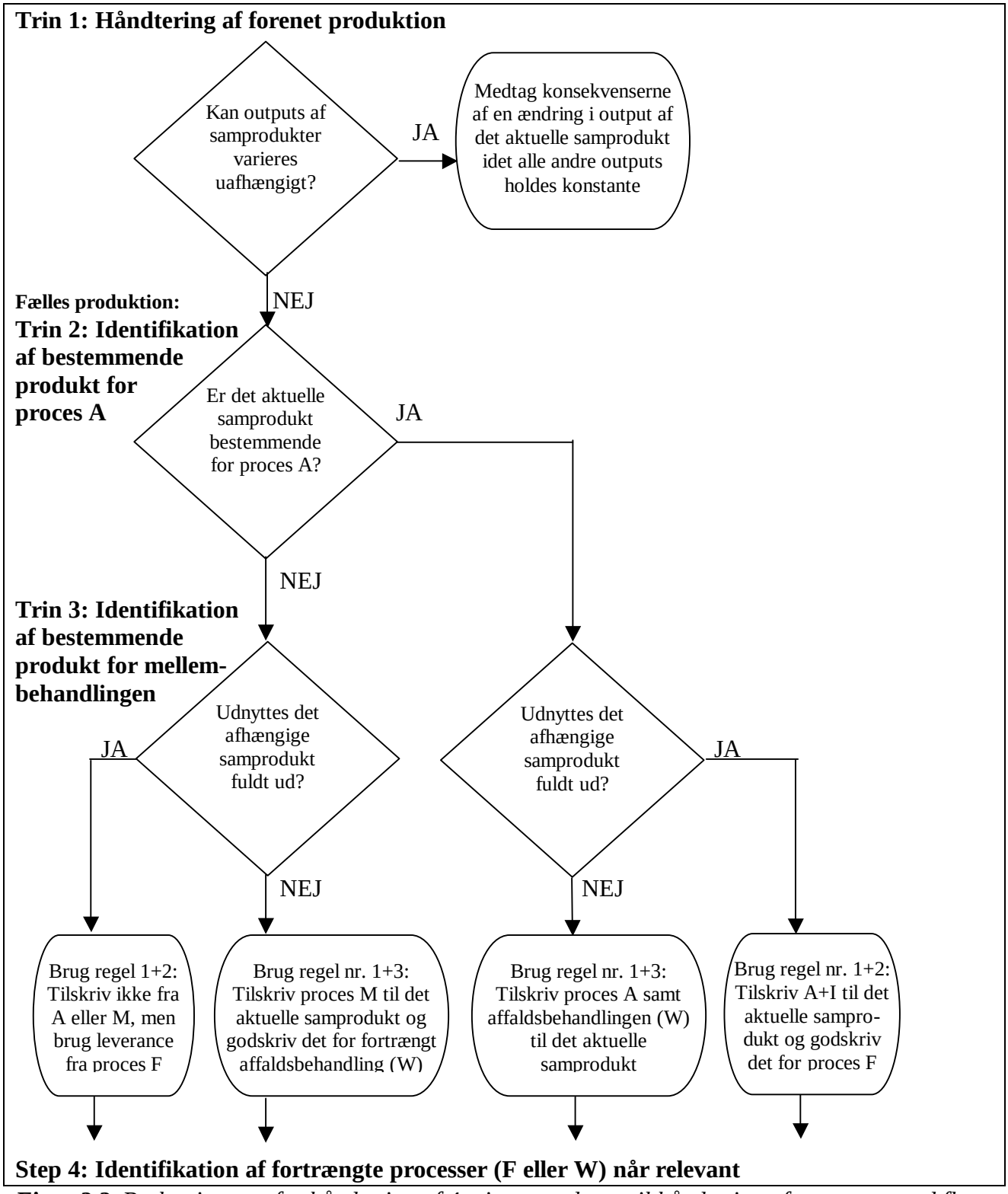
Systemudvidelse omfatter som regel fortrængte eller undgåede processer, enten undgået forsyning af råmateriale (proces F i figur 3.1) eller undgået affaldsbehandling (proces W i figur 3.1). Det sidste trin i en systemudvidelse er derfor at fastlægge de fortrængte processer mere præcist. Dette gøre ved at anvende proceduren i kapitel 2 på markedssituationen for de fortrængte processer.

3.2.5 Proceduren som beslutningstræ

Figur 3.2 viser proceduren i form af et beslutningstræ.

3.3 Affald eller samprodukt?

At skelne mellem affald og samprodukt er ikke afgørende i den hér præsenterede procedure. Hvis man er i tvivl om et output er et affald eller et samprodukt, kan det blot betragtes som et afhængigt samprodukt og køres gennem proceduren. Det vil så enten falde ind under regel nr. 2 (hvis outputtet udnyttes fuldt ud, men ikke fortrænger andre produkter, er det et affald, og produkt A tilskrives alle processer i affaldsbehandlingen) eller regel nr. 3 (”næsten affald”, som ikke udnyttes fuldt ud). Selv når et sådant output er uden økonomisk værdi for den samproducerende proces, er der tale om genvinding for den udnyttede del af affaldet (proces M i figur 3.1), og regel nr. 2 eller 3 bør anvendes for at modellere konsekvenserne af “affaldsbehandlingen” korrekt.



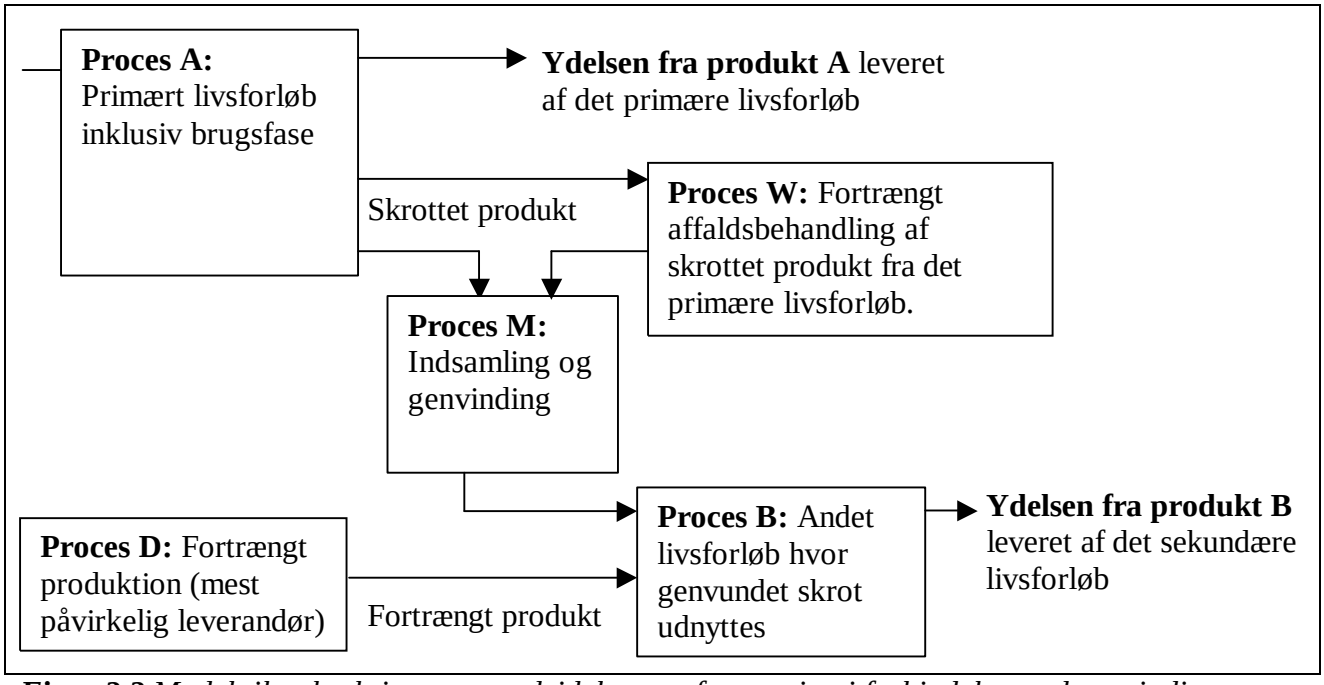
Figur 3.2. *Beslutningstræ for håndtering af 4-trinsproceduren til håndtering af processer med flere funktioner. Definitionen af et bestemmende produkt findes i afsnit 3.2.2. Forklaring til regler og bogstavbetegnelser for processer, se boks 3 og figur 3.1.*

3.4 Genvinding

Genvinding nævnes ofte som et eksempel på et særligt fordelingsproblem som må behandles separat. Imidlertid er proceduren i afsnit 3.2 lige anvendelig for genvinding som for en hvilken som helst anden situation hvor de samme processer deles af flere produkter. Situationen for genvinding er vist i figur 3.3 med genbrug af layout og bogstaver fra figur 3.1.

I denne situation er det nemt at udpege det bestemmende produkt for det primære livsforløb. Det er tydeligvis produktet af dette livsforløb (produkt A) og ikke skrottet.

Det centrale spørgsmål er: Hvad bestemmer genvindingsgraden og dermed den grad hvormed skrottet udnyttes i det sekundære livsforløb?



Figur 3.3 *Model til at beskrive systemudvidelse og afgrænsning i forbindelse med genvinding*

Hvis markedet for skrot er *voksende*, som det for tiden er for de fleste metaller, så vil alt skrot som indsamles, blive brugt. I denne situation vil en ændring i volumen af det *primære* livsforløb medføre en ændring i mængden af skrot der er til rådighed for indsamling, og en deraf følgende ændring i den indsamlede mængde (forudsat uændret indsamlingsprocent), hvilket endelig vil medføre en ændring i mængden af skrot, der udnyttes i sekundære livsforløb, og dermed i graden af fortrængning af primær produktion (dvs. efter regel nr. 2 i boks 3). En ændring i volumen af det *sekundære* livsforløb kan ikke direkte påvirke den mængde skrot, der udnyttes, da alt det indsamlede skrot allerede udnyttes fuldt ud. Derfor må en ændring i volumen af det sekundære livsforløb umiddelbart dækkes af en ændring i den primære produktion (dvs. stadig i henhold til regel nr. 2). I et voksende marked vil *alle* ændringer i alle livsforløb altså påvirke mængden af "jomfrueligt" materiale der udvindes, og kun den produktion der sikrer en øget indsamling (ved at tilføre mere materiale til genvinding eller ved specifikt at forøge genvindingskapaciteten, enten teknisk, ved økonomisk støtte eller ved at stimulere til miljøpolitiske tiltag) skal godskrives for den resulterede forøgelse i genvinding og den reducerede affaldshåndtering.

Bemærk at en øget indsamling godt kan være en indirekte eller forsinket konsekvens af det signal der sendes af en efterspørgsel efter skrot, f.eks. via miljøpolitiske tiltag eller privatøkonomiske investeringer i kapacitetsforøgelse, således som det også er beskrevet i afsnit 2.2.2. Sådanne indirekte effekter er naturligvis kun mulige hvis der er væsentlige mængder skrot som kunne indsamles ud over hvad der allerede indsamles. Da sådanne indirekte effekter kan være kontroversielle og svære at forudsige, kan det være hensigtsmæssigt at inkludere dem i separate scenarier.

Hvis markedet er *aftagende*, vil en del af det tilgængelige materiale blive deponeret fordi efterspørgslen er for lille. En ændring i volumen af det primære livsforløb vil blot betyde en ændring i mængden af det deponerede materiale, mens en ændring i volumen af det sekundære livsforløb medfører en ændring i den mængde der genvindes, og derfor også i den mængde, der deponeres (ifølge regel nr. 3 i boks 3). Dette er tilfældet for cadmium og andre materialer, der udfases på grund af deres alvorlige miljøpåvirkninger (dette eksempel indebærer ikke en anbefaling af øget anvendelse eller genanvendelse af disse materialer). På et aftagende marked uden tilførsel af ”jomfrueligt” materiale, vil *alle* livsforløb som *udnytter* skrottede produkter altså blive godskrevet for den forøgede genvinding og reducerede affaldshåndtering, og *ingen* livsforløb vil blive godskrevet for at tilføre mere materiale til genvinding.

På denne måde giver proceduren et incitament til at *anvende* skrot når markedet er aftagende, og til at *tilføre* skrot når markedet er voksende. Dette er nøjagtig hvad der er nødvendigt for at forøge genvindingen i de to respektive situationer. Når genvindingsgraden er under det miljømæssigt optimale, vil proceduren endvidere godskrive for *specifikke* handlinger der øger genvindingskapaciteten.

Det kan påpeges, at ændringer i enten de primære eller sekundære livsforløb også kan have en indflydelse på markedspriserne, hvilket i lige høj grad vil påvirke prisen på det ”jomfruelige” produkt og på det indsamlede skrot. Imidlertid reagerer den primære produktion og indsamlingen ikke på prisændringen med den samme ændring i volumen. Ved de høje indsamlingsgrader som findes på et frit marked, er det sandsynligt at ændringen i indsamling vil være meget mindre end ændringen i primær produktion. Dette styrker ovenstående konklusion om at anvende regel nr. 2 på et voksende marked. Også hvis markedet er moderat aftagende, hvor tilførsel af ”jomfrueligt” produkt stadig spiller en rolle, vil forskellen i reaktion på en prisændring betyde at den primære produktion påvirkes mest. På et hastigt aftagende marked kan skrottet imidlertid dække hele efterspørgslen og tilførsel af ”jomfrueligt” materiale vil ikke være relevant. I denne situation vil en lille ændring i volumen af det sekundære livsforløb kun kunne påvirke indsamlingen af skrot, hvilket er i overensstemmelse med ovenstående konklusion om at anvende regel nr. 3 på et aftagende marked.

3.4.1 Downcycling

I nogle situationer kan genvundet materiale ikke erstatte “jomfrueligt” materiale, enten:

?? fordi de tekniske egenskaber er blevet forringet (f.eks. bliver papirfibre kortere for hver gang de genbruges, hvilket betyder at de efter ca. 6 ganges genbrug er så korte at de må bortskaffes), eller

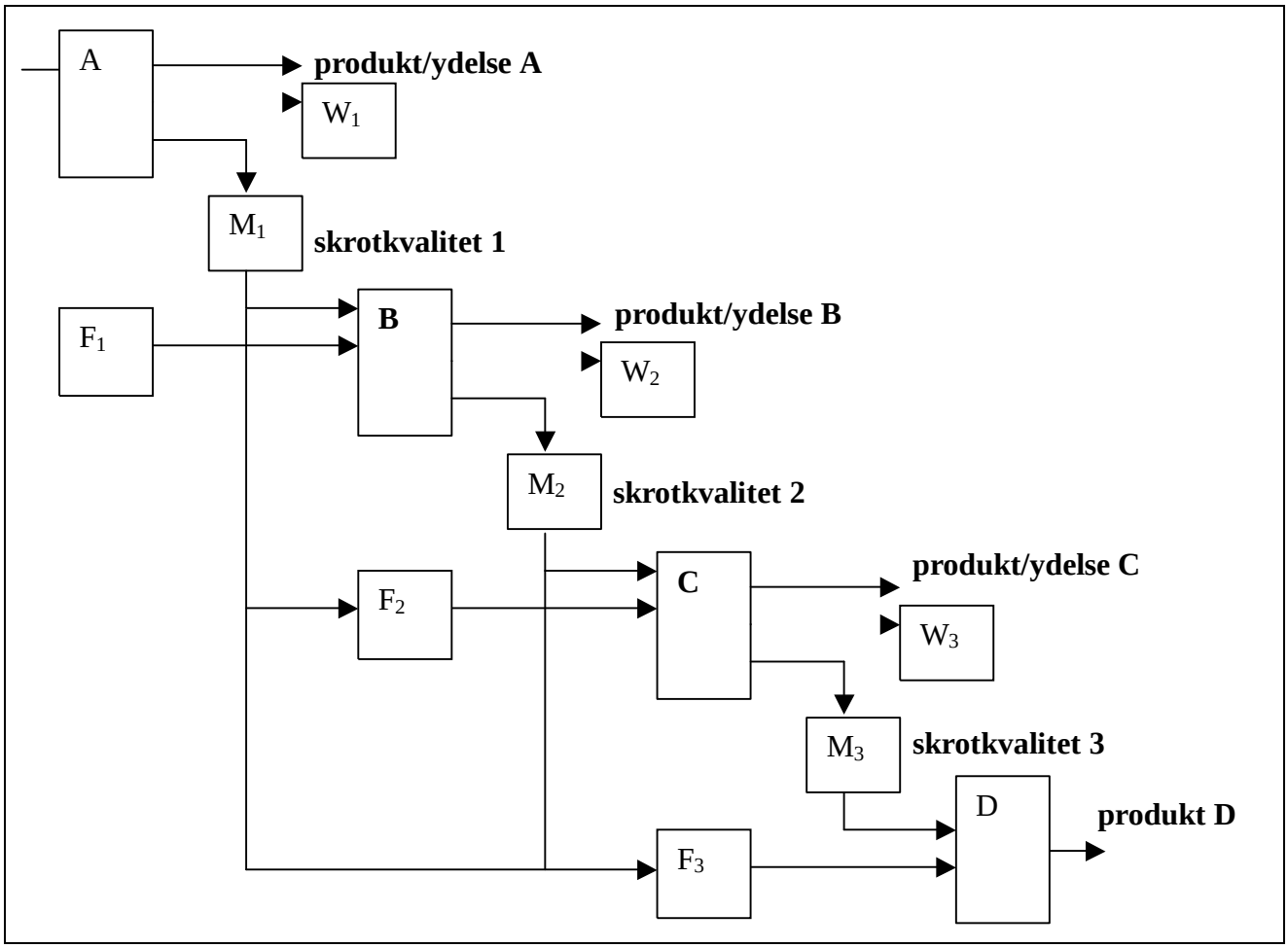
?? fordi materialet er blevet forurenet med uønskede stoffer (f.eks. kan aluminiumlegeringer med silicium ikke genvindes sammen med almindeligt aluminiumskrot).

I disse situationer kan der eksistere flere adskilte markeder for de forskellige kvaliteter af det genvundne materiale, og de processer der vil blive fortrængt, vil være bestemt af udbud og efterspørgsel på disse markeder. Figur 3.4 viser tre markeder for genvundet materiale foruden markedet for "jomfrueligt" materiale. Hvis behovet for en specifik skrot-type er større end udbuddet, kan skrot af en højere kvalitet eller "jomfrueligt" materiale anvendes (de skraverede linjer, der forbinder processerne M og F i figur 3.4), hvorimod skrot af en lavere kvalitet ikke kan bruges. Når de opstrøms processer leverer mere skrot end kapaciteten af markederne nedstrøms, vil en del af skrottet ikke blive anvendt.

Heraf følger:

1) En ændring i efterspørgsel efter en specifik skrotkvalitet vil påvirke den næste opstrøms uudnyttede forsyning af skrot og vil fortrænge affaldsbehandling dér. Hvis alle opstrøms forsyninger er fuldt udnyttet, vil efterspørgslen påvirke den "jomfruelige" produktion.
2) En ændring i forsyning af en specifik skrotkvalitet vil påvirke den næste nedstrøms udækkede efterspørgsel. Hvis ingen markeder nedstrøms har et udækket behov, vil skrottet ikke blive anvendt og vil derfor påvirke den tilknyttede affaldsbehandling.

En ændring i efterspørgsel efter et specifikt produkt som produceres af skrot, vil have begge ovenstående effekter. For eksempel vil en ændring i efterspørgsel efter produkt B i figur 3.4 medføre både en ændring i efterspørgsel efter skrotkvalitet 1 og en ændring i forsyning af skrotkvalitet 2.



Figur 3.4 *Systemudvidelse og -afgrænsning i forbindelse med downcycling*

Eksempel 12: Papirgenbrug I
For genbrug af avispapir findes mindst tre puljer af genbrugsmaterialer med forskellige kvaliteter:
1) Puljen af genbrugs-avispapir, som kan anvendes til produktion af tynde papirkvaliteter, pap, støbepap og en lang række andre papirprodukter (desuden genbruges ca. 20% i aviser)
2) Puljen af genbrugspap, som kan bruges f.eks. til produktion af bølgepap (produkt C)
3) Puljen af bølgepap, som er et næsten lukket kredsløb med en genvindingsgrad på 75% (dvs. i dette tilfælde er produkt D og C identiske).

Puljen af genbrugs-avispapir bestemmes af forsyningen til puljen, da efterspørgslen efter avispapir er større end tilgangen, på grund af de mange mulige anvendelser. På grund af den høje genvindingsgrad i bølgepap-puljen, mættes efterspørgslen efter genvundet pap nemt. Det betyder at efterspørgslen efter bølgepap typisk er bestemmende for mængden af genvinding i pap-puljen.
På dette marked vil "jomfrueligt" papir blive påvirket både i tilfælde af en ændring i forsyning af genvundet avispapir (ved fortrængning) og i tilfælde af en ændring i efterspørgsel efter genvundet avispapir (fordi "jomfrueligt" papir er den næste opstrøms uudnyttede forsyning). Selve genvindings-processen (M_1) skal tilskrives avispapiret (produkt A). Et forøget udbud af eller efterspørgsel efter genvundet pap vil påvirke den alternative affaldsbehandling af dette pap (W_2) og genvindings-processen (M_2) skal tilskrives brugeren af det genvundne pap (typisk producenten af bølgepap).

I forbindelse med forurening af "jomfrueligt" materiale med uønskede stoffer skal det bemærkes, at det ikke kun er den nuværende markedssituation der er relevant, men snarere markedssituation på meget langt sigt. Så længe den nuværende efterspørgsel efter skrot er større end udbuddet, vil alt forurenet skrot blive anvendt og fortrænge "jomfrueligt" materiale. Forureningen vil blive fortyndet på grund af den stadige tilførsel af "jomfrueligt" materiale. På et senere tidspunkt kan markedet for skrot imidlertid blive mættet, og så vil forureningen blive en begrænsning for genvinding. Den nuværende forurening kan derfor medføre et fremtidigt behov for affaldsbehandling af det forurenede materiale, eller i det mindste medføre en anden fortrængning end på det nuværende marked. Det er denne fremtidige markedssituation, som skal bruges til at fastlægge hvilke processer der skal medtages i systemudvidelsen, eftersom den nuværende fortrængning af "jomfrueligt" materiale kun er en midlertidig udsættelse af den nødvendige forsyning af "jomfrueligt" materiale i en fremtidig situation, hvor det forurenede materiale ikke længere kan bruges. Nødvendigheden af at tage hensyn til den fremtidige situation er omfattet af regel 2 i boks 3 (tredje punktum): "Hvis der er forskelle mellem de afhængige samprodukter og de produkter de fortrænger, og hvis disse forskelle medfører ændringer i resten af den livscyklus hvori samprodukterne indgår, så skal disse ændringer også tilskrives produkt A".

Eksempel 13: Kobberforurening af stål
Den nuværende efterspørgslen efter stål tillader at kobber-forurenet stålskrot kan anvendes til varmvalset stål, der har en grænseværdi for kobberindhold på ca. 0,28%. Denne grænse er dog tæt på at være nået, således at der i en nær fremtid ikke længere vil kunne findes et marked for en yderligere tilførsel af kobberforurenet stålskrot. Herefter vil det kobberforurenede skrot blive deponeret i stedet for genvundet. Det kan altså forudsiges at en kobberforurening af stål i dag vil medføre en fremtidig deponering af det forurenede stål. Dette betyder at selv om kobberforurenet stål i dag bliver genvundet og ikke deponeret, bør det livsforløb som forårsager forureningen ikke godskrives for genvinding af dette stål, men i stedet blive belastet med dets (fremtidige) deponering.

For materialer hvis egenskaber forringes ved genbrug, vil hver livscyklus medføre en ændring i kvaliteten af materialet i genbrugspuljerne, og dette vil påvirke behovet for tilførsel af ”jomfrueligt” materiale til genbrugspuljerne. Behovet for nyt materiale kan f.eks. skyldes nedbrydning af fibre eller polymere, som det kan ses for papir og plast. Dermed kan ændringen i materialekvalitet også udtrykkes som en ændring i materialets evne til at fortrænge ”jomfrueligt” materiale. En livscyklus, der leverer lige så meget materiale til genbrug som den selv modtager, vil forårsage en ændring i materialekvalitet svarende til den mængde ”jomfrueligt” materiale der skal tilføres for at kompensere for forringelsen i egenskaber (se også eksempel 14). Når der sendes mindre materiale til genbrug end der modtages (dvs. når der sendes materiale til affaldsbehandling), vil ændringen i behovet for tilførsel af ”jomfrueligt” materiale til genbrugspuljen (ændringen i fortrængningsevne) afhænge af den aktuelle kvalitet af det materiale der derved forlader genbrugssystemerne. Kvaliteten (evnen til at fortrænge ”jomfrueligt” materiale) kan estimeres konkret fysisk eller beregnes teoretisk ud fra den gennemsnitlige genbrugsgrad i den aktuelle genbrugspulje, idet materialekvaliteten vil være omvendt proportional med genbrugsgraden (med lav grad af genbrug vil tilførslen af ”jomfrueligt” materiale være relativt stor, hvilket giver en relativt høj materialekvalitet i genbrugspuljen – og omvendt ved høj grad af genbrug, se også eksempel 14).

3.4.2 Forholdet til UMIP’97-metoden

UMIP’97-metoden[8] anvender en faktor, som kaldes lødighedstabet, til at udtrykke tab af lødighed eller materialekvalitet ved genvinding. Dette lødighedstab bruges som en fordelingsfaktor, idet hvert livsforløb som anvender materialet belastes med denne andel af produktionen af ”jomfrueligt” materiale. Lødighedstabet beregnes som den procentdel af det ”jomfruelige” materiale, som skal tilsættes ved genvinding. Set i forhold til systemudvidelse svarer lødighedstabet til forskellen mellem den materialemængde, der anvendes i et livsforløb og den mængde, der fortrænges ved genvinding fra dette livsforløb, udtrykt i procent af den anvendte mængde, dvs. ændringen i fortrængningsevne, som forklaret i foregående afsnit. Derfor vil man få de samme resultater med UMIP’97-metoden som med den hér præsenterede procedure, under forudsætning af at man bruger de samme oplysninger om fortrængning. Bemærk, at der i UMIP’97 ikke tages højde for den situation hvor den aktuelle genbrugspulje ikke udnyttes fuldt ud, hvilket bl.a. medfører at genvindingsprocessen i UMIP’97 altid tilskrives den forudgående livscyklus.

[8] Wenzel H: Baggrund for UMIP-metodens allokeringsmodel. S. 647-670 i Hauschild M: Baggrund for miljøvurdering af produkter. København: Miljøstyrelsen & Dansk Industri, 1996.

Eksempel 14: Papirgenbrug II
Hvis det antages at papirfibre i gennemsnit kun kan genbruges 6 gange, som følge af at fibrene bliver for korte og derfor må skrottes, vil hvert livsforløb indebære et gennemsnitligt tab på 17% af det "jomfruelige" materiale. I UMIP´97-terminologi udtrykkes dette ved et lødighedstab for papir på 0,17 per anvendelse, hvilket betyder at en livscyklus, der modtager 1 ton genbrugspapir og efter brug sender 1 ton videre til genbrug, skal tildeles 17% af udvekslingerne fra den primære fremstilling af 1 ton papir samt 17% af udvekslingerne fra bortskaffelse af 1 ton udtjente papirfibre. I systemudvidelses-terminologi vil den livscyklus, der modtager 1 ton genbrugspapir (under forudsætning af den aktuelle genbrugspapir-pulje udnyttes fuldt ud, og kan fortrænge "jomfrueligt" papir i forholdet 1 til 1) tilskrives et forbrug på 1 ton "jomfrueligt" papir, samt - når der efter brug sendes 1 ton videre til genbrug – tilskrives affaldsbehandlingen herfra (skrotningen af de 170 kg udtjente fibre) og krediteres for fortrængningsevnen heraf efter ét livsforløb (830 kg primær produktion - igen under forudsætning af fuld udnyttelse af genbrugspuljen). Resultatet er altså at denne livscyklus tilskrives 170 kg primær produktion og 170 kg affaldsbehandling, præcis svarende til UMIP'97-metodens 17% af den anvendte mængde på 1 ton. Når der sendes mindre materiale til genbrug end der modtages, eller når det modtagende marked er mættet, fortrænges tilsvarende mindre "jomfrueligt" materiale, afhængig af materialekvaliteten i det fraførte materiale, f.eks. kunne fortrængningsevnen for genbrugs-avispapir i 1995 estimeres til at være ca. 50% (ud fra en realiseret genbrugsgrad på 65%), og for bølgepap med genbrugsgrad 75% vil fortrængningsevnen være ca. 32% (dvs. for hver gang 1 ton bølgepap sendes til affaldsbehandling øges behovet for "jomfrueligt" materiale i genbrugspuljen med 320 kg). Fortrængningsevnen svarer direkte til begrebet "restlødighed af skrot" i UMIP'97-metoden.

3.5 Komplekse situationer

Den situationen der beskrives i figur 3.1 (og 3.3) er en forenkling, i og med at der kun vises ét bestemmende og ét afhængigt produkt (dvs. proces A har kun to produkter), og at ingen af de andre processer har samprodukter. Dette afsnit handler om de mere komplekse situationer:

?? hvor Proces A har mere end to samprodukter
?? hvor mellembehandlingen har flere produkter eller de afhængige samprodukter har andre anvendelser end blot proces B, og
?? hvor den fortrængte proces har flere produkter.

3.5.1 Mere end to samprodukter

De fleste af eksemplerne i de foregående afsnit har faktisk omfattet mere end to samprodukter. Det synes snarere at være reglen end undtagelsen, at processer med mere end et produkt også har mere end to produkter. Dette er imidlertid ikke noget problem for proceduren i afsnit 3.2. Hvert samprodukt kan behandles særskilt:

?? Når undersøgelsen gælder en ændring i mængden af det bestemmende produkt, og der er mere end et afhængigt samprodukt, kan forholdene for hvert af de afhængige samprodukter undersøges særskilt, et ad gangen,

?? Når undersøgelsen gælder en ændring i mængden af det bestemmende produkt, og der er mere end et bestemmende samprodukt, kan ændringerne i den samproducerende proces undersøges særskilt fra analysen af de afhængige samprodukter,

?? Når undersøgelsen gælder en ændring i mængden af et afhængigt samprodukt, er det eneste der skal undersøges, hvorvidt det afhængige samprodukt udnyttes fuldt ud eller ej, hvilket kan gøres uden hensyn til de andre samprodukter.

3.5.2 Mellembehandlinger med flere produkter

Efter opsplitningspunktet (se afsnit 3.2.3) og før fortrængningen af andre produkter, kan det forekomme at et afhængigt samprodukt opsplittes i en eller flere fraktioner, som hver følger sin egen proces-rute. Hver fraktion kan enten anvendes fuldt ud (regel nr. 2, boks 3) eller delvist (regel nr. 3). Hver fraktion kan behandles særskilt, men fraktioner som følger den samme regel kan behandles sammen for nemheds skyld (ved at liste de påvirkede produkter og processer sammen).

Eksempel 15: Genvinding af byggeaffald

Blandet byggeaffald kan separeres i en lang række fraktioner. Beton alene kan separeres i fraktioner, der kan erstatte henholdsvis sand, grus og knuste sten. Fraktioner kan udnyttes helt eller delvist afhængigt af den lokale efterspørgsel, da materialerne ikke er værdifulde nok til at retfærdiggøre transport over lange afstande. Når der er store mængder til rådighed, vil knust byggeaffald også økonomisk være at foretrække frem for "jomfrueligt" materiale, og det er derfor ofte muligt at udnytte det fuldt ud. For de fraktioner der forventes udnyttet fuldt ud, kan det primære byggeri godskrives for den fortrængte primære produktion, mens der for de fraktioner der ikke forventes udnyttet fuldt ud, regnes med fuld affaldsbehandling og ingen fortrængning. Et byggeri der anvender genbrugsmaterialer, tilskrives de ekstra processer ved nedrivning, knusning og separering og den fortrængte affaldsbehandling for de genbrugsfraktioner der ikke udnyttes fuldt ud, mens der regnes med primær udvinding for de fraktioner der udnyttes fuldt ud.

Et samprodukt kan have mange forskellige anvendelser selv om det ikke består af forskellige fraktioner. Den berørte proces (dvs. proces B i figur 3.1) er den anvendelse, som påvirkes mest af en ændring i udbuddet (identificeret ved proceduren i kapitel 2).

3.5.3 Fortrængte processer, som har flere produkter

Når en fortrængt proces ikke blot leverer det fortrængte produkt, men også andre samprodukter (se figur 3.5), vil disse samprodukter også fortrænges og den efterspørgsel som de opfyldte, må nu dækkes på en anden måde. Her må hele proceduren gentages for disse samprodukter, men med negativt fortegn.

Hvis dette igen fører til en proces med mange produkter, som vist med proces G i figur 3.5, kunne man frygte, at systemudvidelsen ville fortsætte i det uendelige. Men antallet af processer, som medtages i systemudvidelsen er begrænset fordi:

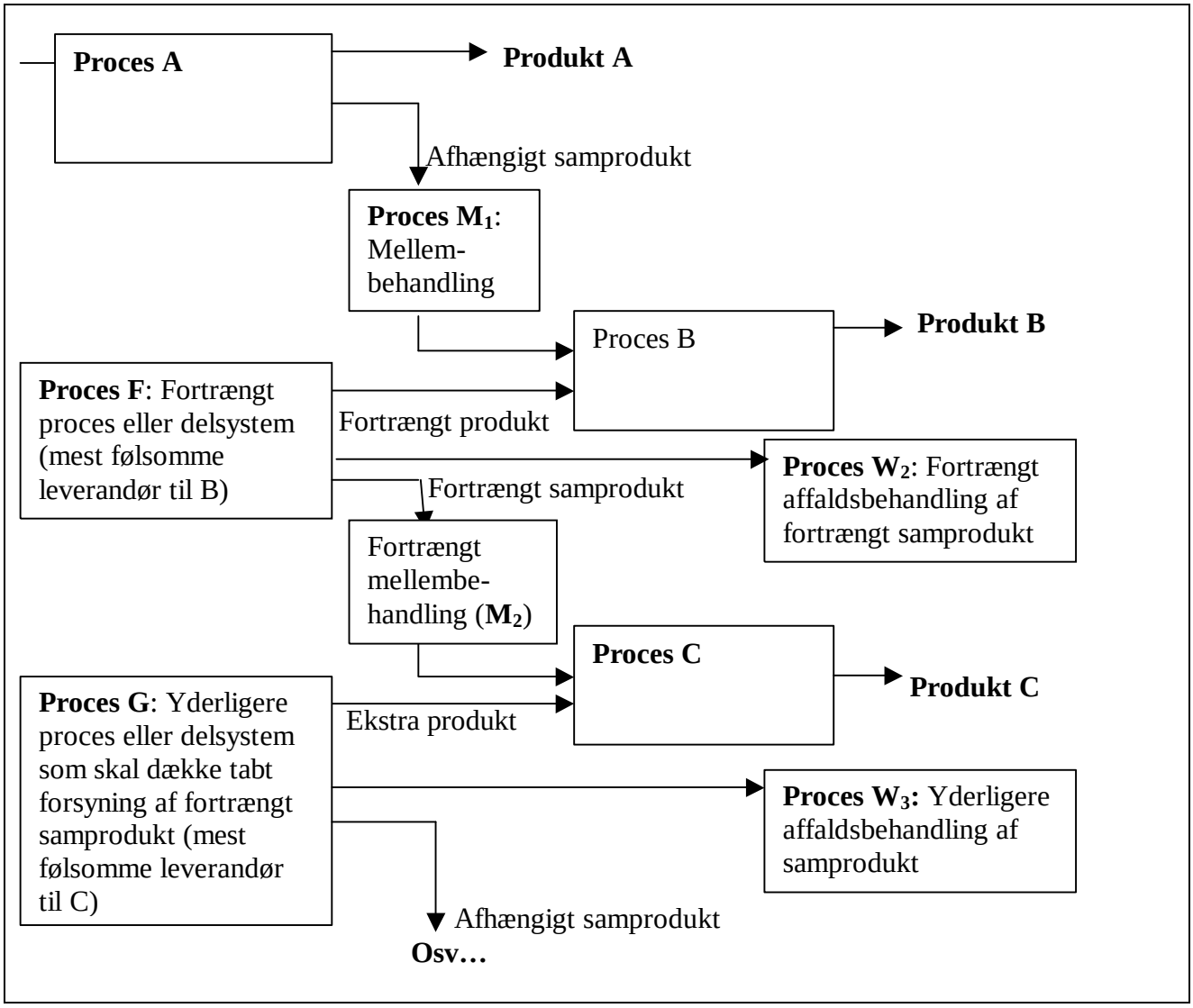
?? det er et begrænset antal markeder der påvirkes af hver fortrængt proces, og den fortrængte proces er kun den specifikke leverandør på hvert marked, der påvirkes mest af ændringer,

?? de fire regler for systemudvidelse (Boks 3) angiver klare afskæringer mellem de forskellige produktsystemer (en proces er enten med i eller udelukket fra det undersøgte system),

?? for hver gang systemudvidelsen gentages, vil både den økonomiske værdi og produktmængden fra de fortrængte processer tendere til at blive mindre, fordi det fortrængte produkt i hver gentagelse er det bestemmende samprodukt for den fortrængte proces og derfor typisk vil have en højere værdi (og ofte også større mængde) end de afhængige samprodukter, som går videre til den næste gentagelse. Systemudvidelsen kan derfor afsluttes når den mængde samprodukt der går videre til næste gentagelse er mindre end usikkerheden på den oprindelige mængde samprodukt.

Eksempel 16: Fælles produktion af klor og natriumhydroxid III

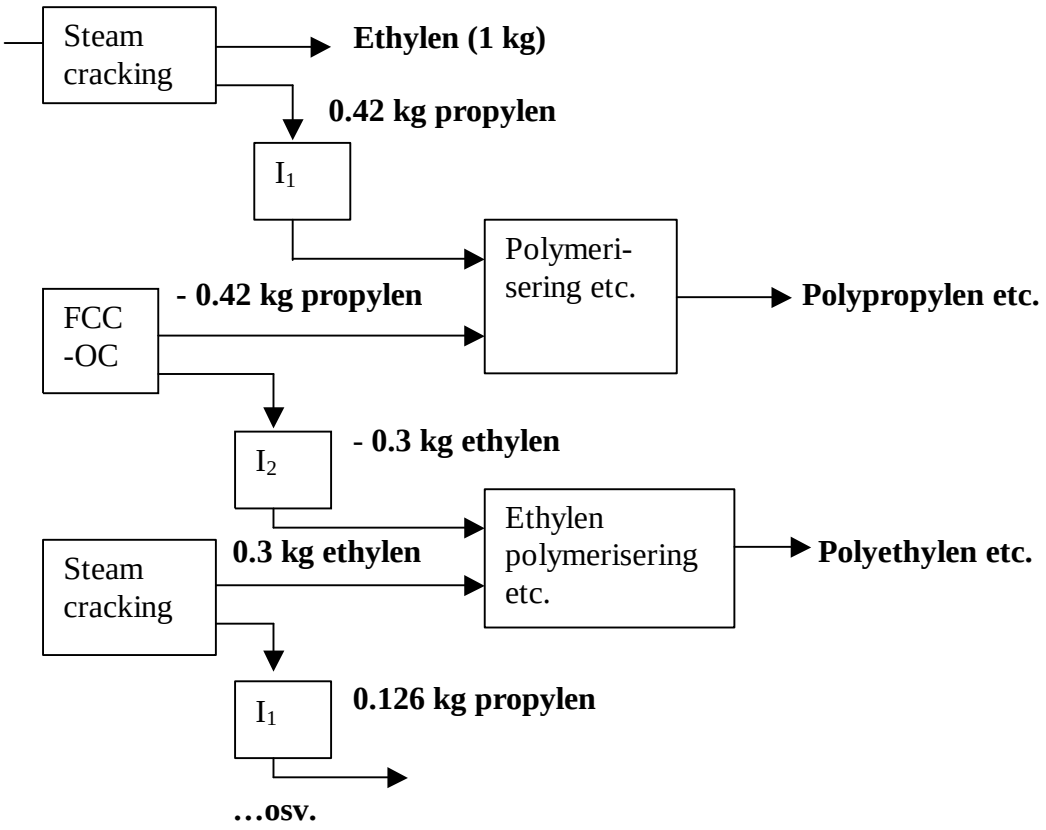
I Europa forventes den proces, der fortrænges for natriumhydroxid at være kombinationen af Solvay-processen: $2NaCl + CaCO_3$? $Na_2CO_3 + CaCl_2$ og kalk-soda processen: $Na_2CO_3 + Ca(OH)_2$? $2NaOH + CaCO_3$ med genbrug af kalciumkarbonat, hvilket giver nettoprocessen: $2NaCl + Ca(OH)_2$? $2NaOH + CaCl_2$. Den fortrængte produktionsrute har et samprodukt, kalciumklorid, som kan anvendes til afisning og støvkontrol på grund af dets hygroskopiske egenskaber. Det er imidlertid ikke noget værdifuldt produkt og en del af det deponeres. Jf. regel nr. 3 vil en fortrængning af den alternative produktionsvej for natriumhydroxid medføre en reduktion af mængden af kalciumklorid, der skal deponeres. Sammenfattende vil klor blive tilskrevet den fortrængte alternative produktionsvej for natriumhydroxyd og godskrevet for reduktionen i kalciumklorid deponering. Med nomenklaturen i figur 3.5, sker afskæringen efter proces F og W_2, da der ikke sker fortrængning af alternative leverandører til proces C (afisning og støvkontrol med kalciumklorid) sålænge der er tilstrækkelige mængder af uudnyttede forsyninger i W_2. Proces G påvirkes derfor ikke af ændringer i klor-alkali systemet og skal derfor ikke medtages i undersøgelsen.



Figur 3.5 *Systemudvidelse og -afgrænsning når de fortrængte processer har flere samprodukter*

Eksempel 17: Ethylen og propylen

Den primære produktionsrute for ethylen er "steam-cracking", som giver en relativt stor mængde ethylen. For hvert råmateriale (ethan, LPG, naphta eller gasolie) er der et fast forhold mellem ethylen og bi-produktet propylen. Hvilken råvare, der vil berøres af en ændret efterspørgsel på ethylen, afhænger af det nuværende råvaremarked. I Europa vil det på nuværende tidspunkt være LPG, der er den berørte råvare (se tabel 2.2). I dette tilfælde vil der komme 0,42 kg propylen for hvert kg ethylen, der bliver produceret. Propylenen vil fortrænge en alternativ produktionsrute med et større relativt udbytte af propylen. Denne alternative produktionsrute anvender røggasser fra "fluid catalytic cracking" (FCC) og giver 0,3 kg ethylen per 0,42 kg propylen.



Ved iteration kan det beregnes at hvert kg ekstra ethylen der produceres, kræver følgende systemudvidelse:

?? En *reduktion* i mængden af fluid catalytic cracking røggas-rensning (FCC-OC) svarende til et udbytte på $0.3 + 0.3^2 + 0.3^3 + \ldots = 0.43$ kg ethylen, og

?? En *forøgelse* i steam cracking svarende til et udbytte på $1 + 0.3 + 0.3^2 + 0.3^3 + \ldots = 1.43$ kg ethylen.

De samme beregninger kan laves for ændringer i efterspørgsel efter propylen. I dette tilfælde vil proces A være FCC-OC ruten. I praksis har de to procesveje et stort antal andre samprodukter, som også skal medtages. Anvendelse af modeller til lineær regression i raffineringsindustrien gør disse beregninger lettere.

3.6 Traditionel samproduktfordeling som et specialtilfælde

I traditionel samproduktfordeling fordeles udvekslingerne fra den samproducerende proces over flere af samprodukterne, og der ses bort fra mellembehandling og fortrængte processer. Den traditionelle samproduktfordeling kan således betragtes som et specialtilfælde af proceduren i afsnit 3.2, som forekommer når:

?? flere af samprodukterne bestemmer størrelsen af den samproducerende proces i forskellige perioder inden for studiets tidshorisont, således at udvekslingerne fra den samproducerende proces kan fordeles over samprodukterne i forhold til den relative længde af disse perioder[9], og

?? samprodukterne kan lagres uden yderligere miljøbelastning i de perioder hvor de ikke er det bestemmende produkt, således at yderligere mellembehandling er unødvendig og der ikke sker nogen fortrængning.

3.7 Relation til proceduren i ISO 14041

Anvendelsen af proceduren i afsnit 3.2 vil give det samme resultat som anvendelse af den trinvise procedure i ISO 14041:

?? Trin 1 i ISO proceduren foreskriver at systemudvidelse skal anvendes når som helst det er muligt. Som vist ovenfor er systemudvidelse altid mulig i tilfælde af fælles produktion, ved at følge trin 2 til 4 i proceduren i afsnit 3.2.

?? Trin 2 i ISO proceduren foreskriver, at når ISO trin 1 ikke kan anvendes, så skal fordeling foretages i henhold til fysiske sammenhænge (kausaliteter). Dette svarer til trin 1 i proceduren i afsnit 3.2 og er relevant for tilfælde af forenet produktion.

?? Trin 3 i ISO (fordeling efter andre sammenhænge) er ikke relevant, da alle tænkelige eksempler kan dækkes af enten trin 1 eller 2.

Trin 1 af proceduren i afsnit 3.2 omhandler forenet produktion (ISO trin 2), mens trinene 2 til 4 omhandler systemudvidelse (ISO trin 1), idet det virker mest logisk at behandle den simple situation først, hvor output af de andre samprodukter kan holdes konstant uden systemudvidelse, og først derefter behandle de mere komplicerede situationer, hvor output af de andre samprodukter kun kan holdes konstant ved at anvende systemudvidelse. I praksis er rækkefølgen ligegyldig: Hvis man anvender systemudvidelse på et tilfælde af forenet produktion, vil man få det samme resultat som ved at anvende den mere simple procedure i trin 1 (i afsnit 3.2).

Udover tre-trins proceduren fastsætter ISO 14041 (i afsnit 6.5.2) et fordelingsprincip, som er blevet kendt som “100% reglen”. Den siger at summen af de fordelte udvekslinger for en enhedsproces skal være lig med de ikke-fordelte udvekslinger for enhedsprocessen. Dvs. at alle udvekslinger skal fordeles og ingen udvekslinger må fordeles to gange. Selvom dette princip ifølge ISO kun er et krav til fordeling og ikke når fordeling undgås (som ved systemudvidelse), er det værd at bemærke at proceduren i afsnit 3.2 lever op til dette princip: De fire regler i boks 3 sikrer at alle processer (og dermed deres udvekslinger) tilskrives (fordeles til) enten det ene eller det andet samprodukt.

[9] Dette kan også udtrykkes som den relative indflydelse af samprodukterne på produktionsvolumenet for den samproducerende proces, hvilket kan repræsenteres af visse økonomiske allokeringsfaktorer.

4. Procedurer til fremskrivning

4.1 Introduktion

De foregående kapitler indeholder overvejelser om tidshorisonten for den undersøgte ændring, og det blev fremhævet, at når markedsforholdene ændrer sig over tid, kan dette også påvirke hvilke processer, der skal medtages i produktsystemerne. Der blev imidlertid ikke givet anbefalinger af bestemte procedurer til at undersøge og beskrive fremtidige processer. Emnet for dette kapitel er netop sådanne procedurer til fremskrivning.

4.2 Fastlæggelse af de dele af produktsystemerne, der skal fremskrives

Det er ikke nødvendigvis lige væsentligt at fremskrive alle dele af et produktsystem. Man kan endda forestille sig hele livscyklusvurderinger, hvor fremskrivning ikke er nødvendig. De faktorer, som skal overvejes er:

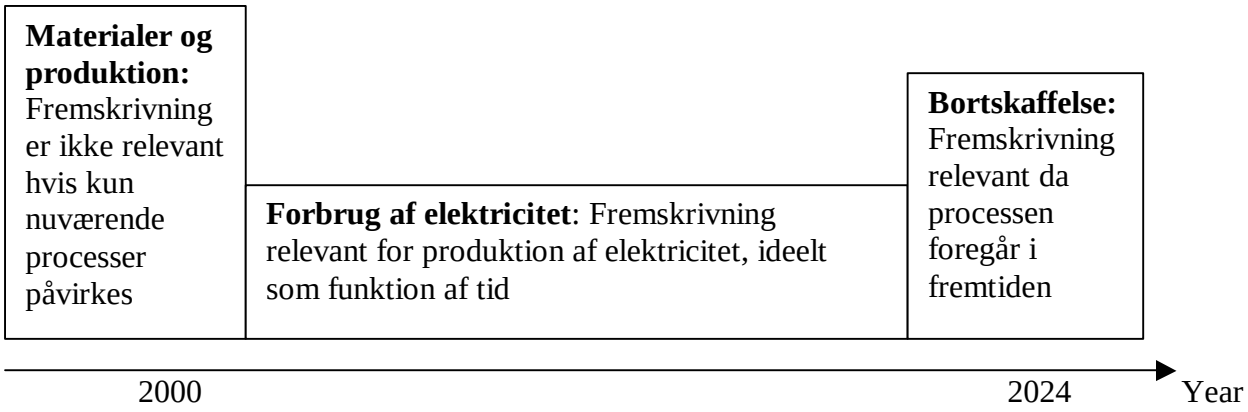
?? Udviklingshastigheden for relevante markeder, teknologier og udvekslinger
?? Forventninger om omfattende eller atypiske udviklinger
?? Studiets tidshorisont i forhold til den forventede udvikling
?? De specifikke processers placering i produktets livscyklus

Udviklingshastighed
Markeder udvikler sig generelt langsommere, efterhånden som de modnes. Produktet bliver mere veldefineret med tiden og pligtegenskaberne tenderer til at blive mere omfattende. Markedets afgrænsning såvel som produktionsbegrænsninger bliver mindre variable og bestemmes i højere grad af naturlig geografi, som f.eks. klima og naturlige transport barrierer, end af administrative forskelle. Tilsvarende udvikler *produktionsomkostninger og teknologier* sig langsommere jo tættere man kommer på de ultimative fysiske begrænsninger for hvert materiale, proces eller teknologi. Der har været flere forsøg på at klassificere forskellige industrielle sektorer med hensyn til udviklingshastighed, men ingen af dem er helt tilfredsstillende. For en given teknologi vil de fleste *udvekslinger* blive reduceret med tiden i takt med generelle effektivitetsforbedringer. For udvekslinger som er i fokus på grund af deres økonomiske værdi eller deres kendte miljømæssige påvirkninger, kan udviklingshastigheden være over middel (som eksempel kan nævnes udfasningen af CFC'er).

Omfattende eller atypiske udviklinger
De generelle overvejelser i det foregående afsnit kan tilsidesættes af specifik viden i konkrete situationer. Selv traditionelle sektorer kan opleve pludselige, omfattende ændringer affødt af større forandringer i andre sektorer eller i de generelle teknologiske eller socioøkonomiske betingelser. For eksempel har automobilindustrien de sidste 10 år haft en accelereret udvikling som følge af udmeldinger om kommende offentlig regulering af emissioner. Et andet eksempel er anvendelse af genteknologi, der kan forårsage pludselige radikale ændringer i den ellers teknologisk set modne fødevare-sektor.

Studiets tidshorisont
Det generelle behov for fremskrivning afhænger af forholdet mellem studiets tidshorisont og den generelle udviklings-hastighed, hvor der også skal tages hensyn til evt. atypiske udviklinger. Studiets tidshorisont bestemmes af den periode, som konklusionerne af livscyklusvurderingen skal gælde for, plus levetiden for det berørte kapitalapparat. Denne periode er typisk meget længere end levetiden for det enkelte produkt. Den periode, som konklusionerne skal gælde for afhænger af anvendelsesområdet for studiet (jf. tabel 1.1). Fremskrivning er typisk relevant hvis studiets tidshorisont er længere end 5 år. Desuden er fremskrivning relevant i sektorer med hurtig udvikling eller hvis omfattende eller atypiske udviklinger kan forventes.

De specifikke processers placering i produktets livscyklus
Selv når studiets tidshorisont er længere end 5 år er det ikke alle processer i livscyklus, der påvirkes af den fremtidige udvikling i en grad der gør fremskrivning relevant. Figur 4.1 illustrerer dette.



Figur 4.1 *Miljøbelastning (arbitrære værdier) for et elektricitetsforbrugende produkt som funktion af levetid, med udpegning af de dele af livscyklus hvor fremskrivning er relevant, er vist.*

4.3 Fastlæggelse af den nødvendige detaljeringsgrad af fremskrivningen

I lighed med alle andre dele af en livscyklusvurdering kan fremskrivning laves mere eller mindre detaljeret. For de væsentligste processer i livsforløbet kan fremskrivningen indeholde (nævnt i stigende detaljeringsgrad):

?? Den generelle *retning for udviklingen*, udtrykt ved teknologier og udvekslinger,
?? Den *relative hastighed af udviklingen* for de relevante processer,
?? Situationen på *specifikke tidspunkter* svarende til tidshorisonten for studiet,
?? Den *specifikke teknologi og dens udvekslinger* på et specifikt tidspunkt

Hvis den generelle retning for udviklingen bekræfter eller forstærker den nuværende situation, kan denne kvalitative information være et tilstrækkeligt supplement til en livscyklusvurdering baseret på nuværende eller historiske data. For eksempel, for at kunne konkludere at en alternativ energikilde, som for øjeblikket er konkurrencedygtig i forhold fossile brændsler, også fortsat vil være konkurrencedygtig i fremtiden, er det tilstrækkeligt at have den generelle viden, at prisen for fossile brændsler på langt sigt vil stige langsomt (i takt med at reserverne udtømmes), og at

omkostningerne for den alternative energikilde vil fortsætte med at falde (følgende en almindelig erfaringskurve).

Den relative udviklingshastighed for forskellige processer må tages i betragtning, hvis retningen af udviklingen ikke i sig selv giver en klar indikation, og hvis udviklingshastigheden ikke er ensartet for alle de involverede processer. Denne information, som stadig er kvalitativ, kan nogle gange være tilstrækkelig basis for en konklusion. For eksempel, hvis priserne for alle fossile brændsler forventes at stige på langt sigt, må man for at kunne vurdere hvilken type fossilt brændsel der vil være mest konkurrencedygtig i fremtiden, blot behøve viden om den relative hastighed for prisudviklingen for kul, olie og naturgas.

Ved at kombinere viden om retningen og hastigheden for udviklingen med mere kvantitativ information, kan man lave fremskrivning for markedssituationen og de involverede teknologier på specifikke tidspunkter. For eksempel kan man forudsige hvorvidt vind- eller kul-kraft vil være den mest konkurrencedygtige teknologi på et givet tidspunkt, hvis man har information om de nuværende omkostninger ved de to teknologier samt den faktiske hastighed for udviklingen i omkostningerne, f.eks. udtrykt som den gennemsnitlige procentuelle ændring i råvareomkostninger og effektivitet per år og/eller som en koefficient for en erfaringskurve.

Hvis det er nødvendigt, kan de relevante teknologier yderligere kvantificeres, også med hensyn til udvekslinger, ved at kombinere specifik teknisk information med generelle fremskrivninger af teknisk effektivitet og kontrolforanstaltninger for emissioner.

4.4 Valg af den relevante fremskrivningsmetode

Der er mange metoder til fremskrivning. Til vores formål, kan metoderne grupperes under seks overskrifter:

?? *Ekstrapolation*, som bygger på en forlængelse af historiske eller nuværende trends ind i fremtiden. Dette kan være tilstrækkeligt for fremskrivning på kort- eller mellemlangt sigt for specifikke processer, hvor der ikke forventes nogen omfattende eller atypiske udviklinger.

?? *Modellering*, som søger at identificere de bestemmende mekanismer og modellere hvorledes de kombinerede effekter af forskellige mekanismer vil påvirke fremtiden.

?? *Deltagerbaserede metoder*, som anvender eksperters og interessenters indsigter og meninger.

?? *Udforskende metoder*, som søger at strukturere alle de fremtidige muligheder ved at kombinere analyseteknikker som giver en udtømmende kvalitativ beskrivelse af området, og kreative teknikker som sigter mod at udfylde hullerne i den analytiske struktur. Det er altså snarere muligheder end sandsynligheder som er målet. Dette kan være nyttigt i produktudvikling, for så vidt angår de processer hvor beslutningstageren har en stor potentiel indflydelse.

?? *Normative (eller mål-orienterede) metoder*, som starter med at beskrive den ønskede fremtid og derefter går baglæns i tiden for at identificere de skridt der er nødvendige for at nå målet. Ud over dette særkende, kan enhver af ovennævnte metoder også anvendes som led i en normativ fremskrivning. Ligesom udforskende metoder er normative metoder nyttige i produktudvikling, for så vidt angår de processer hvor beslutningstageren har en stor potentiel indflydelse.

?? *Scenario metoder*, som kombinerer aspekter af de øvrige metoder, specielt modellering og deltagerbaserede samt udforskende metoder. Til langsigtede fremskrivninger i komplekse situationer, hvor der er mange forskellige drivkræfter, er det usandsynligt at én bestemt fremskrivning kan identificeres som den "mest sandsynlige" beskrivelse af fremtiden. I stedet

sigter scenarier mod at præsentere en bred vifte af troværdige muligheder (scenarier), som kan tjene som grundlag for holdbare konklusioner, som tager højde for en række mulige udviklinger for fremtiden.

Den fremskrivningsmetode, som skal anvendes i en konkret situation, afhænger af tidshorisonten for fremskrivningen og forudsigeligheden og kompleksiteten af det system, der skal fremskrives (se tabel 4.1). Valget afhænger *ikke* af den krævede detaljeringsgrad.

Tabel 4.1 *Relevans af fremskrivningsmetoder afhængig af tidshorisont og kompleksitet*

	Fremskrivning for specifikke processer, hvor ingen omfattende eller atypiske udviklinger forventes, eller hvor sådanne udviklinger er under beslutningstagerens kontrol	Fremskrivning for mindre forudsigelige processer og mere komplekse systemer
Langt sigt (5-25 år)	Modellering, udforskende og normative metoder	Scenario metoder
Kort-mellemlangt sigt (1-5 år)	Ekstrapolation	Modellering og deltagerbaserede metoder

Opdelingerne i tabel 4.1 skal kun ses som en rettesnor. I praksis er der ikke noget skarp skel mellem de forskellige situationer og relevante metoder, og mere end en metode kan være relevant i en konkret situation. En kombination af forskellige metoder kan ofte give en mere pålidelig fremskrivning.

Kun ekstrapolation beskrives detaljeret i denne vejledning (se afsnit 4.5), idet det er den enkleste form for fremskrivning, og derfor kan være relevant at udføre som et integreret led i en livscyklusvurdering. De øvrige fremskrivningsmetoder må forventes fortrinsvist at blive anvendt til andre formål end livscyklusvurdering, om end deres resultater senere kan blive anvendt i en livscyklusvurdering. Disse metoder er mere udførligt beskrevet i LCA Rapport no. 1.

Det skal bemærkes at i livscyklusvurderinger med en lang tidshorisont, stammer den dominerende usikkerhed fra fremskrivning, specielt mht. fastlæggelse af produktionsbegrænsninger og markedstrends, men også af selve teknologiudviklingen.

4.5 Fremskrivning ved ekstrapolation

Ekstrapolation er den simple (lineære eller ikke-lineære) forlængelse af historiske forhold ud i fremtiden (se f.eks. figur 4.3).

Om end alle tidsserier af data kan ekstrapoleres, er det ikke alle data som det er meningsfuldt at ekstrapolere. Pålideligheden kan forbedres ved at:

?? Basere ekstrapolationen på den bestemmende faktor for den forventede udvikling og trenden i denne faktor.

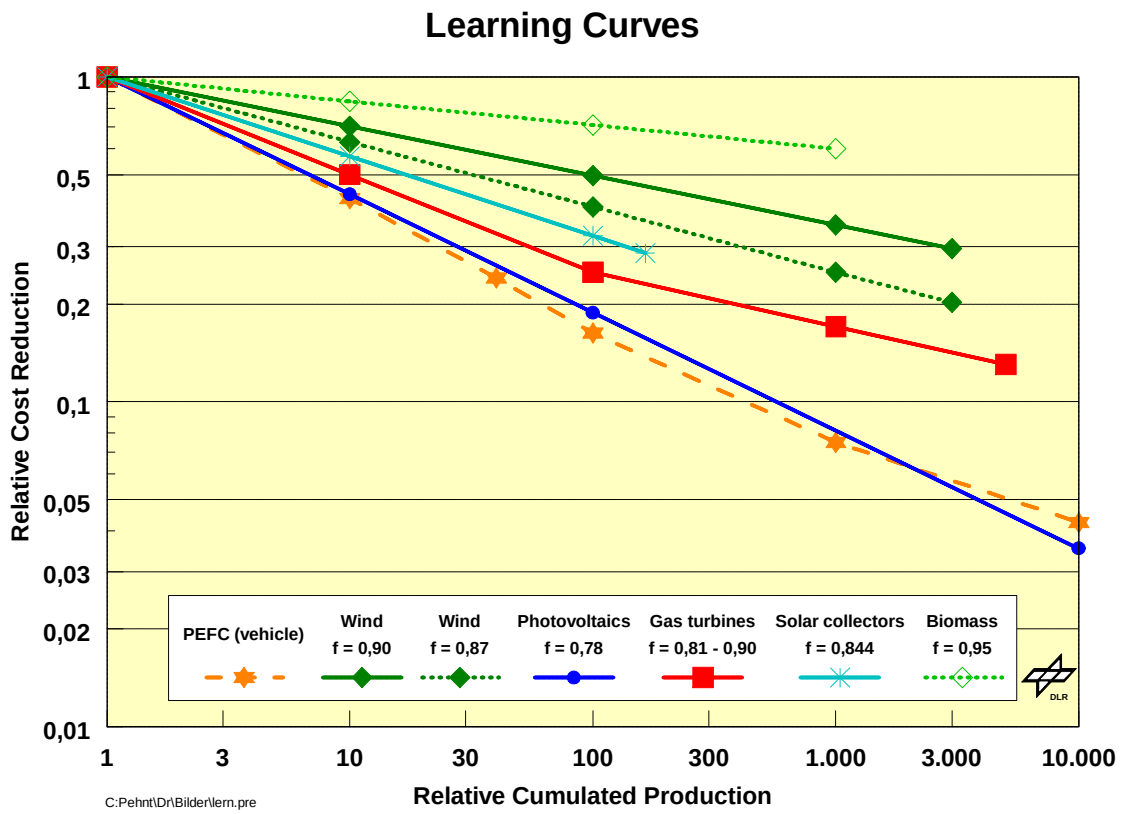
?? Lade data for ekstrapolationen gå mindst 5 og helst 10 år tilbage i tiden. Dog giver det ikke mening at medtage data fra før omfattende ændringer, som har forandret eller grundlæggende påvirket de bestemmende faktorer.

?? Tage højde for begrænsninger for ekstrapolationen, f.eks. fysiske eller politiske grænser for udviklingen af den ekstrapolerede faktor. I nærheden af en sådan grænse, vil en ekstrapolation ikke længere give en pålidelig fremskrivning.

Nogle generelle konklusioner fra empiriske observationer kan anvendes:

?? Introduktion af ny teknologi har en tendens til at følge en S-kurve, dvs. at udbredelsen i starten er langsom men med en logaritmisk forøgelse, fulgt af en lineær vækst afsluttet af en logaritmisk aftagen af den akkumulerede udbredelse indtil markedet er mættet.

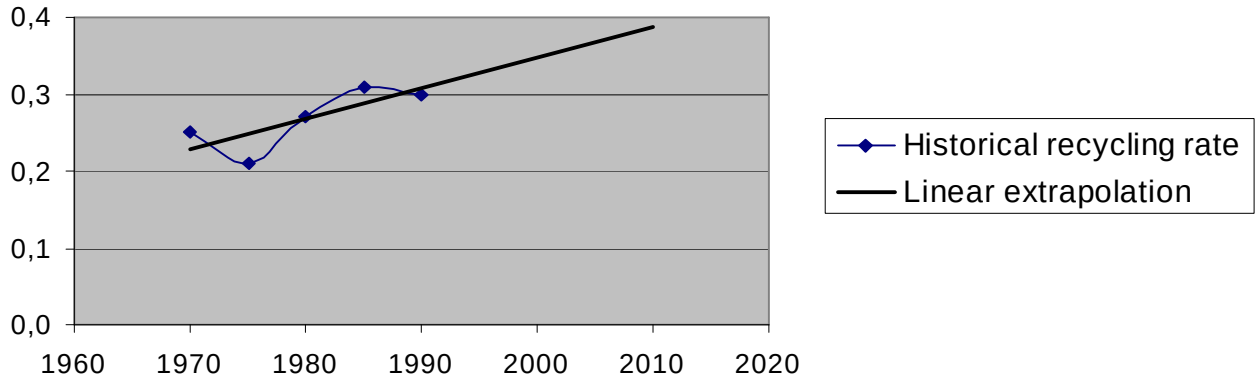
?? Produktionsomkostninger har en tendens til at aftage med den akkumulerede produktions-kapacitet og følge en såkaldt *erfaringskurve*, en logaritmisk kurve, som typisk beskrives med en *erfaringsfaktor*, som er den reduktionen i omkostninger som opnås ved en fordobling af den akkumulerede produktion. Erfaringsfaktoren, som er ret stabil for hver enkelt teknologi (se figur 4.2), ligger typisk mellem 0,9 og 0,75 hvilket betyder en omkostningsreduktion på 10-25% når den akkumulerede produktion fordobles. De mest innovative teknologier har de laveste erfaringsfaktorer (største reduktion af omkostninger) sammenlignet med mere etablerede teknologier (jf. også figur 4.2). Dette betyder at erfaringsfaktoren faktisk ændres, set over en meget lang tidshorisont. Erfaringskurverne for omkostningsreduktioner afspejler primært besparelser i arbejdskraft, men forbedringer af den fysiske effektivitet spiller også en rolle. For de fysiske strømme i en livscyklusvurdering kan man derfor anvende konservative erfaringsfaktorer (dvs. 0,85-0,95) til at estimere forbedringer i den fysiske effektivitet i disse strømme, når sådanne oplysninger ikke kendes fra andre kilder.



Figur 4.2 *Erfaringskurver for udvalgte energi-teknologier. Fra M. Pehnt: Life Cycle Assessment of Fuel Cells in the Energy and Transportation Sector. Dissertation to be published in summer 2001, Institute for Technical Thermodynamics, German Aerospace Center, Stuttgart*

Kilder til tidsserier kan være:
?? Teknisk litteratur og tekniske eksperter mht. den aktuelle proces
?? Statistik fra brancheforeninger
?? Generelle statistiske publikationer

Figur 4.3 viser en simpel lineær ekstrapolation for en tidsserie over genvindingsgraden af aluminium. Genvindingsgraden ekstrapoleres ved at dividere den sekundære produktion af metal med den primære produktion. Da genvindingsgraden påvirkes af mange forskellige faktorer, såvel tekniske som politiske, kan dette være et eksempel på et område, hvor simple ekstrapolationer ikke er pålidelige mere end få år ud i fremtiden.



Figur 4.3 *Simpel lineær ekstrapolation af genvindingsgraden af aluminium.*

Som vist i eksempel 18 er en ekstrapolation ikke nødvendigvis kvantitativ, men kan f.eks. være en tekst-beskrivelse af konsekvenserne ved at fortsætte de eksisterende trends ud i fremtiden.

Eksempel 18: Kvalitativ ekstrapolation for det Europæiske electricitetsmarked
De nuværende tendenser til harmonisering og liberalisering vil fortsætte. Transmissionskapaciteten vil fortsætte med at vokse i takt med markedets efterspørgsel. Resultatet er, at de nuværende grænser mellem elektricitetsmarkeder i Europa vil ophøre med at eksistere, så der kun vil være et Europæisk marked. Den nuværende situation, hvor bygning af anlæg til kernekraft og vandkraft er politisk begrænset, vil fortsætte. Emissionskvoter vil fortsat findes og kan endog forventes at blive strammet. Disse forhold kan derfor lægges til grund ved systemafgrænsningen.

Begrænsninger i metoden
Da ekstrapolation alene er baseret på historiske data og ikke medtager kombinerede effekter af forskellige udviklinger, kan metoden kun anvendes til fremskrivning på kort eller mellemlangt sigt for mindre, specifikke områder, hvor der ikke forventes omfattende eller atypiske ændringer.

På trods af dette, er det bedre at foretage en ekstrapolation end at anvende status-quo. Selv når der ikke er tid eller ressourcer til at involvere tekniske eksperter, kan det derfor retfærdiggøres at en ikke-ekspert foretager en simpel ekstrapolation som en første approksimation.

Bilag 1. Vigtige udtryk anvendt i dette dokument

En produktsubstitution er en udskiftning af et produkt eller en produktgruppe med et andet produkt eller produktgruppe. En produktsubstitution kan defineres som lille, marginal eller stor, i henhold til følgende definitioner:

En produktsubstitution defineres som *lille* eller *marginal*, når den ikke påvirker de bestemmende parametre for den generelle markedssituation, dvs. retningen af markedsvolumenets udvikling og begrænsningerne i og produktionsomkostningerne ved de pågældende produkter og teknologier. Konsekvenserne af en lille substitution kan således antages at være lineært relateret til størrelsen af substitutionen.

En produktsubstitution defineres som *stor*, når den påvirker de bestemmende parametre for den generelle markedssituation, dvs. retningen af markedsvolumenets udvikling og begrænsningerne i og produktionsomkostningerne ved de pågældende produkter og teknologier.

En funktionel enhed er en kvantitativ beskrivelse af produktsystemernes ydelse, til brug som referenceenhed.

En referencestrøm er en kvantificeret mængde produkt(er), herunder delprodukter, der er nødvendig, for at et konkret produktsystem kan levere den ydelse, der beskrives af den funktionelle enhed.

Et samprodukt er et produkt fra en enhedsproces, der har to eller flere produkter.

En systemudvidelse er en ændring af et produktsystems afgrænsning, således at systemet kommer til at omfatte alle processer, der i væsentlig grad påvirkes af den undersøgte produktsubstitution.

Miljøet er de omgivelser, som en organisation opererer i.

En *miljøpåvirkning* er enhver ændring i miljøet, negativ eller positiv, der er et resultat af en organisations aktiviteter eller produkter.

Udvekslinger med miljøet er input fra miljøet til et produktsystem (ressourcer), output til miljøet fra et produktionssystem (udledninger til luft, vand og jord) samt miljøsammenhænge i et produktsystem, der ikke er direkte knyttet til dets inputs og outputs (f.eks. arealanvendelse, fysisk påvirkning, ikke-kemiske aspekter af arbejdsmiljøet, velfærd for arbejdere og hus- og forsøgs-dyr).