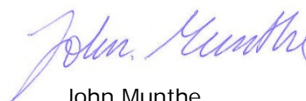


Robust LCA:
Typologi över LCA-metodik
– *två kompletterande
systemsyner*

Martin Erlandsson Tomas Ekvall
Lars-Gunnar Lindfors Kristian Jelse
B 2122
Januari 2014

Rapporten godkänd
2014-02-18



John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Robust bedömning av material, byggnader och konstruktioner med systemanalytiska verktyg Anslagsgivare för projektet SIVL, SBUF, Cementa, Skogsindustrierna, NCC Construction Sverige
Telefonnr 08-598 563 00	
Rapportförfattare Martin Erlandsson, Tomas Ekvall, Lars-Gunnar Lindfors, Kristian Jelse	
Rapporttitel och undertitel Typologi över LCA-metodik – två kompletterande systemsyner	
Sammanfattning <p>Användningen av livscykelanalys (LCA) kan delas in i utvärderingar av enskilda produkter och utvärderingar av sammansatta system med flera produkter. I det första fallet talar vi i detta projekt om en bokförings-LCA och i det andra fallet om en konsekvens-LCA. I båda fallen tillämpas ett livscykeltänkande. I en bokförings-LCA ingår bara direkta effekter inom den studerade produktens livscykel, medan en konsekvens-LCA även inkluderar effekter på angränsande produkter. Systemperspektiven kompletterar med andra ord varandra.</p> <p>Notera att i en LCA används begreppet produkt för alla nyttigheter som en process genererar oavsett om det är en tjänst, ett enskilt material, eller en komplex produkt såsom ett byggnadsverk.</p> <p>En bokförings-LCA kännetecknas av ambitionen att den beräknade miljöbelastningen för alla världens produkter ska kunna summeras och stämmer då med de globala utsläppen, det vill säga den så kallade 100 %-regeln. I en konsekvens-LCA gäller inte detta utan här ges en beskrivning av vad som händer vid en förändring och vilka konsekvenser detta har på ett bredare, mer sammansatt system och dess miljöbelastning.</p> <p>I projektet och tidigare vetenskapliga studier konstateras det att dessa två systemsyner svarar på olika frågor och därmed kan existera parallellt, givet att det är tydligt vilken systemsyn som använts. Följande rekommendationer om användningen av de två systemsynerna, baseras på det arbete som gjorts i projektet Robust LCA, och kan sammanfattas enligt nedan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bokförings-LCA lämpar sig för att utvärdera och jämföra produkter där det är viktigt att entydiga svar erhålls och att miljöbelastning som beskrivs stämmer med de utsläpp som beslutsfattarna kan relatera till. • Konsekvens-LCA inkluderar indirekta effekter och lämpar sig för att ge beslutsfattare insikt i hur deras beslut kan påverka samhällets miljöbelastning. <p>I den LCA-typologi som tagits fram delas bokförings-LCA in i tillämpningsfall som här benämns <i>Produkter</i> respektive <i>Material</i>. På motsvarande sätt delas konsekvens-LCA in i <i>Undvikna emissioner</i> och <i>Korg av funktioner</i>. Sedan kan dessa varianter, beroende på vilken typ av konsekvenser som analyseras, utföras med en <i>Antagen marginal</i>, <i>Driftsmarginal</i>, <i>Utbyggnadsmarginal</i> eller <i>Komplex marginal</i>.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Bokförings-LCA, entydig, ISO 14044, konsensus, konsekvens-LCA, livscykelanalys (LCA), metodval, produktjämförelse, robust, systemperspektiv.	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B 2122	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Viktiga begrepp

entydig

entydig, term använd inom semantiken om språkliga uttrycks mening som motsats till flertydig, det vill säga att språkliga uttryck har flera betydelser eller uttolkningar.

robust

robust, något som tål påfrestningar väl på grund av sin grova och föga förfinade konstruktion.

typologi

typologi, *typlära*, klassificering på vetenskaplig grund av ett material efter de ingående objektens typiska egenskaper; jämför typ och klassifikation.

LCA

livscykelanalys, sammanställning och utvärdering av inflöden, utflöden och potentiell miljöpåverkan för ett *produktsystem* under dess livscykel.

Produkt

produkt, alla varor eller tjänster, det vill säga allt från enskilda byggmaterial till byggnader eller samhällssystem.

Källor: ISO 14044:2006 och Nationalencyklopedin (www.ne.se)

Förord

Livscykelanalys (LCA) används i dag inom många branscher som ett verktyg för att beräkna och jämföra varor och tjänsters miljöprestanda. En LCA resulterar i en miljöprofil som beskriver bidraget till olika miljöpåverkanskategorier. Många känner en osäkerhet om vilka resultat som är jämförbara och vilka metodval som är mest lämpliga att göra för att besvara den fråga man vill belysa, vilket riskerar att skada förtroendet för LCA som metod.

IVL Svenska Miljöinstitutet har genomfört ett forskningsprojekt som samfinansierats av SBUF, Cementa, Skogsindustrierna och SIVL för att belysa problematiken och försöka definiera vad som kan utgöra en ”Robust LCA”. Som en del av projektet anordnades ett antal workshoppar under 2013 och 2014 för att ta emot synpunkter från intressenter.

Den första workshopen ägde rum den 23 januari 2013. Syftet med denna workshop var att presentera och diskutera två olika systemsyner inom LCA:

- *bokförings-LCA* som kartlägger den miljöpåverkan som direkt kan kopplas till livscykeln och
- *konsekvens-LCA* som ger ett bredare perspektiv och även tar med indirekta effekter.

Denna rapport baseras på ett PM¹ som användes som underlag till workshopen och innehåller nu även rekommendationer på val av systemsyn, baserat på resultatet av denna workshop. Författarna ansvarar för rapportens innehåll och den avspeglar således inte nödvändigtvis alla workshoppedeltagarnas uppfattning. Deltagarna på workshopen finns sammanställda i bilagan och temat för workshopen var om det är möjligt att nå konsensus kring följande frågeställning:

Går det att identifiera en gemensam systemsyn som alla kan acceptera för att göra en LCA för exempelvis ett byggnadsverk i jämförande syfte? Eller är frågan felställd och kan aldrig besvaras?

Rapporten beskriver nomenklaturen som vi introducerar i projektet och en karta av olika möjliga sätt att göra en LCA enligt standarden ISO 14044, det vill säga en ISO-LCA-typologi. ISO 14044 är en ramverksstandard och styr upp förutsättningarna för hur en LCA kan genomföras, dokumenteras, valideras och kommuniceras. Rapporten beskriver en utvecklad typologi för LCA utförda på olika sätt, men ändå enligt ISO-standarderna.

¹ Martin Erlandsson, Tomas Ekvall, Lars-Gunnar Lindfors, Kristian Jelse: PM: Systemsyn för en Robust LCA. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport A1979, 2013-01-18.

Sammanfattning

Användningen av livscykelanalys (LCA) kan delas in i utvärderingar av enskilda produkter och utvärderingar av bredare system som inkluderar flera produkter. I det första fallet talar vi i detta projekt om en bokförings-LCA och i det andra fallet en konsekvens-LCA. I en LCA används begreppet *produkt* för alla nyttigheter som en process genererar oavsett om det är en tjänst, enskilt material, eller en komplex produkt såsom ett byggnadsverk. En bokförings-LCA kännetecknas av ambitionen att den beräknade miljöbelastningen för alla världens produkter ska kunna summeras och stämmer då med de globala utsläppen, det vill säga den så kallade 100 %-regeln.

I en konsekvens-LCA analyseras vad som händer vid en förändring och vilka konsekvenser detta har på ett bredare, mer sammansatt system och dess miljöpåverkan. 100 %-regeln gäller inte för en konsekvens-LCA. I projektet och i tidigare vetenskapliga studier konstateras att dessa två systemsyner svarar på olika frågor och därmed kan existera parallellt, givet att det är tydligt vilken systemsyn som har använts.

Utifrån dessa två olika systemsyner har projektet Robust LCA ritat en karta över olika underliggande LCA-metodiker. Vi kallar denna kartbild för en LCA-typologi och föreslår att den används för att förtydliga vilken systemsyn som använts i en specifik studie. För varje sådan specifik LCA-metodik så har projektet Robust LCA definierat och formulerat vilken specifik fråga som besvaras. Detta kan användas som ett stöd att välja systemsyn och specifik underliggande LCA-metodik.

Vid valet av systemsyn kan det konstateras att det råder konsensus om att bokförings-LCA lämpar sig bäst för de flesta frågor som hanterar produktperspektivet, det vill säga för att beskriva enskilda produkters miljöprestanda. I andra sammanhang ställs ibland frågan vilka konsekvenser en förändrad (ökad eller minskad) produktionsvolym kan ge i ett bredare systemperspektiv. I detta fall måste en konsekvens-LCA användas.

Resultatet av en konsekvens-LCA beror mycket på de effekter som antas uppstå genom en marginalförändring, vilka oftast är scenariobaserade. I många fall inkluderar en konsekvens-LCA framtida system och effekter på dessa. Det gör osäkerheterna större. Ett förslag för att göra en konsekvens-LCA mer robust är att tydligare visa variationen i resultaten genom att utföra utvärderingen för minst tre scenarion; det mest troliga alternativet, ett bra val och ett dåligt val. Sedan måste dessa scenarion motiveras och de tre resultaten redovisas på ett transparent sätt.

En bokförings-LCA har förutsättningar att bli robust i den meningen att oavsett vilken person som gör den så ger analysen samma svar. Detta kräver att metodiken (systemgränser, allokeringmetoder med mera) specificeras i detalj på ett sätt som blir allmänt accepterat för alla produkter. Detta kan uppnås genom en konsensusprocess. Resultatet från sådana konsensusprocesser kan dokumenteras exempelvis som internationella standarder, handböcker eller andra regelverk. Sedan kan det finnas behov att specificera dessa generella regler för specifika produkttyper eller tillämpningar.

Ett regelverk som styr upp metodvalen i detalj så att ett relativt entydigt LCA-resultat erhålls, oavsett vem som gör inventeringen, kallar vi en *entydig LCA* och ett exempel på sådana regler är *produktspecifika regler* enligt ISO 14025. Produktspecifika regler måste enligt ISO 14025 tas fram inom ramen för ett system för miljödeklarationer. Det förekommer också att sådana regler tas fram inom ramen för standardisering. Ett sådant exempel är EU-standarderna EN 15804 som är kopplad till byggproduktförordningen. Detta LCA-metodregelverk gäller för alla byggprodukter och andra resurser som används för byggnadsverk under dess livscykel. Detta betyder att även energianvändningens miljöpåverkan och hur avfall ska hanteras beskrivs. Grunden för att göra en LCA på ett harmoniserat sätt för alla slags byggnadsverk är därmed lagd i EN 15804.

Miljödeklarationer enligt EN 15804 är modulärt uppbyggda och baseras på ett konsensusarbete som bedrivits av standardiseringsorganisationen CEN (CEN TC 350). Detta arbete fortsätter nu på internationell nivå (ISO 21930). Projektet Robust LCA har tagit fram tolkningar och förtydligande hur dessa produktspecifika regler kan förbättras. Ambitionen är att resultaten från projektet ska bidra till denna internationella utveckling.

Vi kan sammanfatta utvecklingen att det idag finns en samsyn kring hur LCA ska göras för produkter. I projektet har konstaterats att det bland annat kvarstår ett arbete med hur en robust LCA ska tas fram för att hantera framtidsscenarion för alla slags byggnadsverk. IVL kommer vara aktivt i denna utveckling och deltar i de standardiseringsarbeten som pågår inom området.

Innehållsförteckning

LCA inget entydigt verktyg.....	6
ISO-LCA	7
ISO-LCA:ns kärna i ett nötskal.....	8
LCA-typologin.....	9
Två olika slags övergripande LCA-perspektiv	9
Bokförings-LCA.....	10
Konsekvens-LCA	11
Bokförings-LCA metodiker.....	13
Produkt.....	13
Material.....	13
Konsekvens-LCA metodiker.....	14
Korg av funktioner	14
Undvikna emissioner.....	14
Alternativa marginaler.....	16
Antagen marginal.....	16
Driftsmarginal	16
Utbyggnadsmarginal.....	17
Komplex marginal	17
Slutsatser.....	18
Bilaga: Workshopsdeltagare.....	19

LCA inget entydigt verktyg

LCA är inte ett entydigt verktyg eftersom det kan användas på flera sätt och då givetvis ger olika resultat. Skiftande resultat i olika studier beror på olika grundläggande antaganden i beräkningsmetoden och studier med olika antaganden svarar därför normalt sett inte på samma fråga. Det ena resultatet är inte mer rätt eller fel än ett annat – om de baseras på olika systemantagande. Om den som gör en LCA vet vilken fråga som ska svaras på, det vill säga vilken/-a problembeskrivning/-ar som är intressanta, så är det vår övertygelse att det går att definiera en specifik metodansats som bäst avspeglar den frågeställning som efterfrågas. Vi kallar detta en **konsekvent** tillämpning av LCA eller om man så vill mer **rättvisande metodansats** i förhållande till den fråga som ska besvaras.

Alla systemanalytiska modeller måste göra en modelluppbyggnad på vilket sätt man vill beskriva verkligheten, det vill säga ett antal metodantaganden som sammantaget beskriver en given **systemsyn** för varje metodansats. Eftersom metodantaganden inte baseras på samma systemsyn och svarar på olika frågeställningar borde man kunna dela in dessa olika varianter i karakteristiska fack eller typer. Vi säger här att vi delar in LCA-tillämpningar i olika typer som har olika systemsyn. Med andra ord: för en viss typ av fråga och problemställning är det mer korrekt att välja en viss definierad systemsyn som ger ett svar på den frågan som ställs. Är man osäker på hur frågan ska ställas eller om man vill ställa den på olika sätt är det rätt att använda flera slags systemsyn och man får då ett mer omfattande beslutsunderlag. Å andra sidan, om LCA-utövaren vet den exakta frågan, så väljs bara den systemsyn som svarar på den utvalda frågan och problemställningen.

Även om det finns olika systemsyner så går dessa att grupperas med avseende på en **generell övergripande fråga** som de svarar på. Denna generella fråga kan sedan i varje enskild fallstudie specificeras ytterligare med hänsyn till de specifika antaganden som gjorts. Sedan finns det antaganden som vi här betraktar som sådana aspekter som inte behöver kopplas till systemsynen, såsom om man vill använda historiska data eller framtidsdata eller val av miljöpåverkansmodell för att bedöma inventeringsresultatet från en LCA (midpoint eller endpoint och så vidare). Det finns således en förutsättning att beskriva de olika grupperna av systemsyn som tillämpas i en LCA. Denna gruppering och definition kallar vi för en **LCA-typologi**.

Den LCA-typologi som beskrivs här utgår ifrån den internationella LCA-standarden ISO 14044. Syftet med typologin är att förenkla valet av systemsyn genom att analysera vilken generell fråga som matchar det problem som LCA-utövaren vill bedöma. Vår vision är att det inom respektive systemsyn går, och finns förutsättningar, att beskriva hur denna systemsyn bäst bör tillämpas. Vid en given frågeställning finns det också en mer korrekt systemsyn som svarar på den aktuella frågan. I projektet kommer fokus i resterande moment att ligga på den systemsyn som är bäst tillämplig för att på ett robust sätt användas i jämförande syfte.

ISO-LCA

LCA är ett systemanalytiskt verktyg och kan strikt vetenskapligt utformas på många sätt. För att styra upp hur en LCA ska genomföras, kommuniceras och tolkas på ett gemensamt sätt, så har standarder tagits fram, som man brukar hänvisa till som ISO14040-serien då det är flera standarder². ISO 14040 beskriver LCA-metodiken och dess tillämpning på en övergripande nivå. ISO 14044 är en metodinriktad procedurstandard för alla slags LCA:er. Standarden beskriver på så sätt ett gemensamt ramverk för en viss typ av vetenskapligt accepterat sätt att genomföra en systemanalys, som vi här kallar **ISO-LCA**. Ibland säger man att utvärderingar som följer ISO-LCA är *objektiva*, men mer korrekt är kanske att säga att de baseras på ett **internationellt konsensusarbete** och på så sätt beskriver ”best common practice”, det vill säga snarare bygger på allmänt vetenskapligt accepterade metoder.

Även om det finns regelverk för en viss LCA-systemtyp så finns det ändå metodfrågor som det saknas allmän acceptans för hur dessa ska hanteras. De konkreta metodförslagen som beskrivs längre fram i projektet är att dessa valmöjligheter måste analyseras och kommuniceras till slutanvändaren. Om detta görs vid en utvärdering kallar vi den här för en **validerad LCA**. Valideringen ger då LCA-resultatet ett spann eller spridning som illustrerar resultatet för de olika valmöjligheter som finns.

Vi har nu kokat ner frågeställningarna till en robust LCA som att den minst ska,

- **valideras** och tillämpa en systemsyn
- vara **konsekvent** och att LCA-utövaren måste motivera samt kommunicera vilken systemsyn som valts
- innehålla en **generell fråga** som studien svarar på (och vilka alternativ som finns?)

Även andra aspekter som finns kopplade till begreppet robust ingår. I projektet har också en separat PCR-guide utvecklats som ger anvisningar för hur en robust LCA ska uppnås för betydande metodval. PCR-guiden är ett resultat av en workshopserie och en öppen konsensusprocess och den ger förslag på utvecklingsmöjligheter som stärker robusthetstänkandet.

För att beskriva konsensusnivån har externa parter inom akademien, myndigheter och inom näringslivet fått möjlighet att lämna synpunkter på PCR-guidens förslag. I projektet har styrgruppen för projektet Robust LCA tagit fram en policy med ett antal punkter som beskriver denna partssammansatta grupps samsyn på hur en robust LCA ska uppnås.

² Dvs ISO 14040 som ger en introduktion till LCA och ISO14044 som riktar sig till de sakkompetenta som ska göra en LCA.

ISO-LCA:ns kärna i ett nötskal

I denna rapport diskuteras inte LCA-metodik i allmänhet, men eftersom ISO:s tolkning av regler för allokering är väsentlig för att hantera systemsyn enligt ”ISO-LCA”, behandlas detta kort nedan. För att renodla diskussionen så handlar all inventering i en LCA om allokering, det vill säga fördelning av miljöbelastning. Vad LCA införde i förhållande till de systemanalyser som därtills genomförts var att man genom denna allokering fördelade miljöbelastningen från olika delprocesser mellan de produktflöden som varje delprocess genererar. Allokeringen resulterar i att man för alla produkter och dessas delprocesser får en produktrelaterad miljöprestanda som är adderbar.

Den produktallokerade miljöbelastning kan användas för att enkelt beskriva en produkts miljöryggsäck från ”vaggan till graven” eller någon annan lämplig informationsmodul som exempelvis från ”vaggan till grind”. LCA-data som omfattar ”vagg-grind” är den informationsmodul som utgör grunden för att göra miljövarudeklarationer (EPD) adderbara. Därför ska denna delmängd särredovisas i förhållande till andra delar i produktens livscykel. Vid en produktjämförelse med en LCA ska analysen normalt sett omfatta hel livscykel. Möjligheten att jämför olika produkter vid en ”vaggan till grind”-LCA är oftast begränsad, men lämpar sig väl för att jämföra samma produkt från olika leverantörer.

På så sätt får alla LCA:er ett produktperspektiv som blir beroende av vald allokeringmetod. Normalt sett ska samma allokeringmetod tillämpas konsekvent i hela studien enligt ISO 14044. Eftersom det är tidskrävande att samla data till en LCA-fallstudie, så finns det ett stort behov av att styra upp hur dessa allokeringmetoder ska tillämpas, vilket då underlättar utbyte av data. Då det inte fanns ett enda heltäckande sätt att göra detta så introducerades i ISO istället en turordning mellan olika allokeringmetoder.

ISO 14044 anger en tågordning för val av allokeringmetoder i tre steg, där steg 1 formellt sett anger sätt att undvika behovet av att tillämpa en ”allokeringsmetod”. Steg 1 innefattar två alternativ, i) dela upp processen i flera delsteg och ii) det som kommit att kallas systemexpansion. Det senare beskrivs i ISO 14044 som:

”utvidga produktsystemet till att omfatta ytterligare funktioner relaterade till biprodukterna, med hänsyn tagen till kraven i”

I samband med att standarden togs fram i mitten av 1990-talet så var det exakt detta som avsågs, det vill säga multifunktionella system som då självklart inte behöver allokeras inom sig. Det har emellertid misstolkats av många författare. Metoden ”undvikna³ emissioner”, där en antagen alternativ produktion av biprodukten subtraheras från det totala systemet, anges ofta som högst prioriterad av ISO. Detta är snarast en allokeringmetod och inte en metod för att undvika allokeringproblem. Enligt intentionerna i förarbetet till standarden

³ Ganska vanligt är att översätta engelskans ”avoided emission” till slupna emissioner men vi har här valt begreppet undvikna.

så är detta inte ”att utvidga systemet” och det finns ej heller något i standardens text som stödjer en sådan tolkning. Man skulle kunna säga att vad vi menar med allokering i LCA är fördelning under någon form av okunskap, det vill säga mer eller mindre godtyckligt. Systemexpansion är fördelning med full kunskap (det ISO avsåg).

LCA-typologin

I det följande stycket beskrivs LCA-typologin med sina två övergripande LCA-perspektiv samt dessas olika renodlade varianter som har identifierats. Det betyder att det i praktiken förekommer fler alternativ som kan härledas från dem som beskrivs i bild 1.

Två olika slags övergripande LCA-perspektiv

En karta av olika (renodlade) möjligheter att göra en LCA enligt standarden ISO 14044 har utvecklats i projektet, det vill säga en ISO-LCA-typologi. Denna typologi delar in LCA-världen i två värdsdelar nämligen Bokförings-LCA och Konsekvens-LCA, se bild 1.

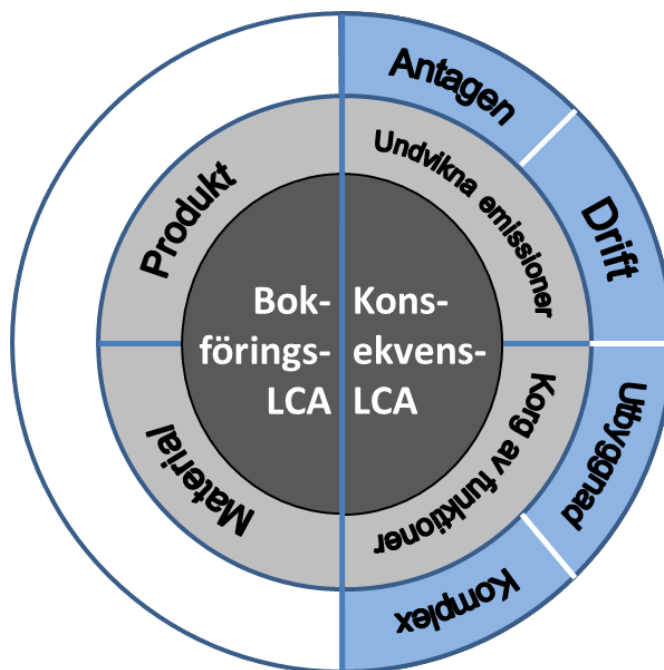


Bild 1 Två olika renodlade systemsyner tillämpliga inom ramen för ISO 14044. Notera att varianterna ”Antagen”, ”Drift”, ”Utbyggnad” och ”Komplex” är varianter som kan användas för alla slags konsekvens-LCA:er.

De två olika systemsynerna inom LCA kan kortfattat beskrivas enligt nedan:

- **bokförings-LCA** som kartlägger den miljöbelastning som direkt kan kopplas till livscykeln och
- **konsekvens-LCA** som ger ett bredare perspektiv och även tar med indirekta effekter.

Bokförings-LCA

En bokförings-LCA beskriver på ett entydigt sätt miljöbelastningen från en produkt. Detta entydiga eller strikta miljöansvar beskriver en modell av verkligheten där den fördelade miljöbelastningen från alla produkter idealt sett stämmer med det utsläpp som sker i verkligheten. Med andra ord, varje enskild produkt får sin logiska andel av miljöpåverkan från en process där även andra produkter är inblandade i enlighet med de allokeringssprinciper som tillämpas. Dessa allokeringssprinciper förväntas sedan tillämpas på ett likartat sätt oavsett vilken process som avses. Den miljöprestanda som följdriktigt uppstår med denna ”bokföringsprincip” ger varje produkt ett allokerat miljöansvar – sin del av den orsakade miljöbelastning.

Detta strikta miljöansvar går att verifiera för dagens produktion eller med historiska data och kan på många sätt liknas med olika länders bokföring av olika utsläpp och resursanvändning för att erhålla nationell utsläppsstatistik. Denna statistik, där de globala utsläppen kan delas in i de olika ländernas bidrag, överensstämmer med hur en produkt-LCA, som följer vedertagna normer hur allokeringen ska gå till, så att all miljöpåverkan från alla processer idealt sett stämmer med vad som globalt släpps ut, eller alla länders utsläpp stämmer med det globala utsläppet och så vidare. Ett strikt miljöansvar kännetecknas av:

- **Adderbarhet**, det vill säga enskilda allokerade processer som bygger på samma allokeringssprincip och kan användas för att bygga en produkts eller ett större systems miljöbelastning.
- Miljöbelastningen (utsläpp och resursanvändning) överensstämmer med det som faktiskt uppstår i verkligheten – den så kallade **100 %-regeln**.
- Produktens miljöbelastning begränsas till det analyserade systemets delprocesser och beskriver således produktens **direkta effekter**.

I praktiken kan en bokförings-LCA överskatta miljöbelastningen genom dubbel bokföring. Den kan exempelvis uppstå när man bortser från mindre mängder biprodukter som en process levererar, utan all miljöpåverkan allokeras på den analyserade huvudprodukten. Detta anses korrekt om det är ett konservativt antagande som missgynnar den egna produkten. Motsatsen kan också i praktiken förekomma, exempelvis orsakad av att olika allokeringssprinciper tillämpas som gör att ”ingen får miljöbelastningen”; detta kan vara aktuellt om olika allokeringssprinciper tillämpas samtidigt för till exempel spillvärme eller avfall.

Konsekvens-LCA

Konsekvens-LCA omfattar mer än ett produktsystem. På så sätt blir LCA-modellen multifunktionell och hanterar kopplingar mellan olika produktsystem. Detta möjliggör en analys av hur indirekta effekter uppstår. En konsekvens-LCA kännetecknas som den definieras här, av att:

- det analyserade systemet är **multifunktionellt**, det vill säga systemet beskriver mer än en funktion
- miljöbelastningen från systemet bestäms inte bara av vald allokeringsprincip utan även av belastningen från de **indirekta system** som är kopplade till huvudprocessen
- produktens belastning beror inte bara på det egna produktsystemet utan även på hur det påverkar andra system och beskriver därför **indirekta effekter**.

Problemet med dubbelbokföring som nämns för bokförings-LCA är inte relevant för en konsekvens-LCA, eftersom syftet med denna metodansats inte är att följa 100 %-regeln. En konsekvens-LCA inkluderar ofta ett marginalperspektiv. En sådan beräkning ger inget svar som kan adderas för olika produkter för att på så sätt beskriva exempelvis den globala miljöpåverkan. En konsekvens-LCA med ett marginalperspektiv beskriver miljöbelastningen orsakad av en,

”förändring hos ett givet sammansatt produktsystem och med de förutsättningar som ställts upp”.

Förändringar kan vara reella marginaleffekter om analysen omfattar ett historiskt perspektiv och ett orsak-verkans-samband identifierats, eller teoretiska marginaleffekter om framtida förändringar analyseras, något som måste bygga på olika scenarioantaganden. Förändringen kan också beskriva ett hypotetiskt antagande, det vill säga vad händer om ... (”what if”).

I teorin är en marginaleffekt resultatet av en infinitesimal (det vill säga oändligt liten) förändring eller störning. I praktiken kan marginaleffekter beteckna effekterna av störningar som är tillräckligt små för att approximeras som infinitesimal. Denna approximation är giltig så länge som effekterna är ungefär proportionella mot storleken av störningen.

Marginaleffekter kan användas i en LCA för att beskriva miljöbelastningen från ett produktionssystem som påverkas av en liten ändring i produktionsvolymen. De modelleras med hjälp av marginaldata som per definition återspeglar miljöprestandan hos den teknik där produktionen förväntas bli påverkad av en liten förändring i efterfrågan.⁴ Marginaldata brukar ofta anses vara relevanta i en konsekvens-LCA där syftet är att modellera effekterna av förändringar.⁵ Anledningen är att de flesta förändringar förväntas ha marginella effekter på produktion av elenergi, bränslen, bulkmaterial och annat som produceras i mycket stora

⁴ Ekvall, T., Weidema, B.P., 2004. System Boundaries and Input Data in Consequential Life Cycle Inventory Analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment* 9(3):161-171.

⁵ Tillman A-M., 2000. Significance of decision-making for LCA methodology. *Environmental Impact Assessment Review* 20:113-123.

mängder.⁶ Det är vanligast att marginaldata används för att modellera effekter på elproduktionen. Det beror på att skillnaden kan vara dramatisk mellan miljöpåverkan från marginalproduktion och genomsnittlig produktion. I tidigare LCA:er har det ofta antagits att marginalproduktionen av svensk elenergi är importerad, dansk kolkraft, medan genomsnittlig svensk elenergi är till hälften vattenkraft och till hälften kärnkraft.

I praktiken kan det vara svårt att bestämma olika scenarion samtidigt som dessa scenarioantaganden styr resultatet vid en konsekvens-LCA. En sådan LCA kan därför lätt manipuleras.

Idealt sett bör marginaldata användas i alla delar av en konsekvens-LCA där produktionsvolymen påverkas med några procent eller mindre. Det gäller oftast alla de system som påverkas indirekt, exempelvis av huvudprocessens biprodukter. Det gäller också oftast de processer som ligger uppströms jämfört med huvudprocessen. I praktiken förekommer dock starka förenklingar i enskilda fallstudier där exempelvis bara den analyserade produktens energianvändning är marginaldata (exempelvis marginaldata för elen till en värmepump). Detta ska då ses som en förenklad tillämpning av denna systemsyn, det är alltså ingen renodlad tillämpning, men det kan i det enskilda fallet ses som en acceptabel approximation på en mer konsekvent tillämpad systemsyn.

Bokförings-LCA har i typologin delats upp i systemsynerna ”Produkt” och ”Material”. Dessa beskrivs nedan. Därefter följer en uppdelning av konsekvens-LCA i ”Antagen marginal”, ”Driftsmarginal”, ”Utbyggnadsmarginal” och ”Komplex marginal”.

⁶ Ekvall, T., 1999. System Expansion and Allocation in Life Cycle Assessment. Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola.

Bokförings-LCA metodiker

Produkt

Bakgrund: Systemsynen har som ambition att, så långt det är möjligt, undvika direkta val som blir beroende av osäkra scenarioantaganden. Metodansatsen bygger på att beskriva det analyserade systemet så fysiskt korrekt som möjligt.

Fråga: Vad är den faktiska miljöbelastningen för en produkt, givet en viss processallokeringsprincip som är fysikaliskt*, geografiskt samt tidsmässigt korrekt? (*d.v.s. ger adderbara resultat i enlighet med den så kallade 100 %-regeln)

Syftet är att beskriva miljöstatusen för en enskild produkt med ambitionen att beskriva verkligheten, det vill säga entydigt beskriva situationen som den är och det tekniska systemets prestanda (jämför med statistik).

Material

Bakgrund: Utgår ifrån samma systemsyn som ”Produkt” men justerar miljöbelastningen kopplad till kaskadåtervinning utifrån ett mer ”rättvist” sätt än vad den renodlat fysikaliska beskrivningen ger. En kaskadåtervinning beskriver en följd av återvinningscykler.

Fråga: Vad är miljöbelastningen för en produkt med hänsyn tagen till kaskadåtervinning, givet en viss processallokeringsprincip som är fysikaliskt korrekt*⁷ och där de processer som delas mellan flera produkter som använder samma material fördelas enligt en given allokeringsprincip för återvinning?

Syftet är att beskriva miljöstatusen för en enskild produkt enligt samma principer som för systemsynen ”Produkt”, men där en fördelning av den högre miljöbelastningen från utvinning av det primära materialet och en följd av återvinningscykler görs för att avspegla ett mer moraliskt korrekt sätt vad avser miljöansvaret. Denna systemsyn ger således en alternativ syn på hur materialåtervinning (open loop recycling) kan hanteras i en LCA.

⁷ Tidsmässigt och geografiskt korrekt bortfaller här då denna miljöbelastning har flyttats från där den tidsmässigt och geografiskt sker till det produktsystem som bär miljöansvaret enligt uppställd allokeringsprincip för återvinning)

Konsekvens-LCA metodiker

Konsekvens-LCA har i typologin delats upp i systemsynerna ”Korg av funktioner” samt ”Undvikna emissioner” som beskrivs här.

Korg av funktioner

Bakgrund: Utgår ifrån en systemsyn där man vill studera sammanlänkade produktsystem, det vill säga inkluderar indirekta effekter. Genom att jämföra alternativa produktsystem eller förändringar uppnås möjligheten att jämföra alternativen. De analyserade systemen blir därmed multifunktionella, det vill säga innehåller mer än en funktion.

Fråga: Vad är den faktiska miljöbelastningen för ett system som levererar mer än en funktion, givet en viss processallokeringsprincip som antingen kan följa systemsyn enligt ”Produkt” eller ”Material”?

Notera att multifunktionella system antingen kan byggas upp så att de är direkt jämförbara eller med en marginalansats (före/efter). Syftet med ett sådant sammanlänkat produkt- eller samhällssystem är att möjliggöra,

- 1) jämförelse av alternativa multifunktionella produktsystem eller
- 2) förändringar inom ett system som då normalt sett genererar olika funktioner (före, efter).

Med andra ord, om alternativa system ska analyseras ska också funktionerna som systemet levererar vara den samma. Om förändringar och konsekvenserna av dem analyseras kommer den levererade funktionaliteten ut från systemet att variera.

Det första alternativet är det vanligaste. Ett exempel på tillämpning av det andra fallet, av en korg av funktioner, är en analys av ett företag och dess produkter; jämför med ”Greenhouse gas protocol”⁸. Problemet som uppstår är att de levererade funktionerna varierar, vilket ökar tolkningssvårigheten (jämför med koncept som Eco-Efficiency⁹). Notera att man även skulle kunna hantera en persons konsumtion som en korg av funktioner (jämför med Resource Efficiency Roadmap¹⁰).

Undvikna emissioner

Bakgrund: Ansatsen utgår ifrån en systemsyn där man vill studera förändringar kopplade till en produkt eller ett större system, det vill säga en systemsyn som inkluderar indirekta effekter. Dessa indirekta effekter kvantifieras genom att modellera vilket eller vilka substitut som påverkas av den eller de biprodukter som genereras tillsammans med den studerade huvudprodukten. Förändringen kan vara marginell, det vill säga infinitesimal, men den kan också innebära en betydande omställning av större samhällssystem, tillverkningsprocesser, odlingsmetoder och så vidare.

⁸ <http://www.ghgprotocol.org/>

⁹ http://www.wbcsd.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value.pdf

¹⁰ http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm

Fråga: Hur påverkas miljöbelastningen från livscykel och dess omgivning av att produktionen förändras, där ett biproduktflöde ut från den egna livscykel ersätter ett eller flera substitut?

Modelleringen av denna förändring kan baseras på antaganden eller på någon form av definierade orsakssamband.

Syftet är att beskriva förändringen för ett sammanlänkat produkt- eller samhällssystem och på så sätt möjliggörs jämförelse av förändringar inom systemet. Resultatet styrs av vilka substitut som väljs och därmed av vilka samband och antaganden som gjorts för att analysera mest troliga substitut. Då det är svårt att förutspå substituten så förekommer även ett alternativ att välja en mix av produkter som substitut.

Det enklaste fallet av ”undvikna” emissioner är att analysera ett system som i slutändan genererar en huvudprodukt och en eller flera biprodukter. Man kan då med ”undvikna” emissioner analysera konsekvenser kopplade till biprodukternas substitut. Med andra ord, med denna systemsyn beaktas att biprodukterna gör att man slipper producera och konsekvenserna av denna ”undvikna”/substituerade produktion. Detta är alltså en sekundär effekt som påverkar *marginalproduktionen* av biprodukterna.

Lite annorlunda blir det att göra en miljöbedömning av en biprodukt, exempelvis grenar och toppar (GROT) från skogsbruket eller spån från sågverk. Produktionen av biprodukter bestäms inte av deras efterfrågan, utan av efterfrågan på huvudprodukterna timmer och sågat virke. Om det råder konkurrens om biprodukten, som med spån från sågverk, är de undvikna emissionerna kopplade till den alternativa användningen av biprodukten. Detta är en sekundär effekt som påverkar *marginalanvändningen* av biprodukterna. Om en del av biproduktflödet är utnyttjat, som med GROT, är de undvikna emissionerna kopplade till den *avfallshantering* som undviks när mer av biprodukten används. I just fallet GROT handlar det dock inte om avfallshantering i egentlig mening, utan om att avverkningsresterna får ligga kvar i skogen.

En mer utbyggd variant är att inte bara beräkna de ”undvikna” emissionerna kopplade till huvudprodukter och deras biprodukter, utan att tillämpa samma systemutvidgningsmetod för processer som använder begränsade resurser (jmf Gustavsson¹¹). De ”undvikna” emissionerna är då kopplade till den alternativa användningen av dessa resurser. Den sekundära effekten är alltså en påverkan på marginalanvändningen av resurserna.

Analysen kan i princip också inkludera tertiära effekter. De system som ingår i marginalproduktionen och marginalanvändningen av olika biprodukter och resurser inkluderar i regel även dem, liksom processer med flera olika produkter. Analysen kan därför utvidgas alltmer tills den, teoretiskt, omfattar hela världens produktion. Notera att

¹¹ Gustavsson, L., A. Joelsson, R. Sathre (2010). "Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building." *Energy and Buildings* 42(2): 230-242.

denna typ av beräkning är iterativ men konvergerar ganska snabbt¹². Om det är problem att validera sekundära effekter så kan det vara ännu svårare att validera tertiära effekter.

Alternativa marginaler

De substitut som kopplar till det studerade huvudscenariot kan definieras på flera sätt och vi delar här in dem i antagen marginal, driftsmarginal, utbyggnadsmarginal och komplex marginal. Som nämnts ovan, kan man som en approximation på marginalen ange att denna består av en mix av tillgängliga substitut, alternativt skapa ett ”medelvärde” om det är osäkert eller svårt att bestämma substitutet. Detta sätt att definiera marginalen betraktas här som en förenkling av något av nedanstående fall och inte som en egen metod (och återfinns därför inte i bild 1 som ett eget alternativ).

Antagen marginal

Bakgrund: Ibland är det oklart vad biprodukterna från livscykeln konkurrerar med. Den osäkerheten kan hanteras genom att man räknar med olika alternativ: två eller tre enkla antaganden om vad som finns i det utvidgade systemet. Denna metod kan användas både i en ”Korg av funktioner” och när man beräknar ”Undvikna emissioner”.

Fråga: Vad kan de indirekta effekterna på miljöbelastningen bli?

Syftet kan vara att undersöka hur stor betydelse osäkerheten i de indirekta effekterna är för de totala LCA-resultaten. Metoden kan ge information om hur känsligt livscykelanalysens resultat och slutsatser är i förhållande till de realistiska substitut som identifierats. Syftet kan också vara att analysera indirekta effekter av möjliga förändringar (what if?).

Driftsmarginal

Bakgrund: De flesta beslut och handlingar påverkar produktionen av energibärare (elenergi och bränslen) och bulkmaterial (stål, papper m.m.) på marginalen. Driftsmarginalen beskriver det analyserade systemets marginaleffekt på kort sikt. Innan investeringar hunnit göras för att anpassa produktionskapaciteten till en ändrad efterfrågan, är det bara utnyttjandegraden av den existerande produktionskapaciteten som kan påverkas. Denna metod kan användas både inom produktens livscykel, i en ”Korg av funktioner”, och när man beräknar ”Undvikna emissioner”.

Fråga: För vilken typ av teknik påverkas användningen av existerande produktionskapacitet av en ändrad efterfrågan och vilken miljöbelastning uppstår då?

¹² The environmental impact of pork production from a life cycle perspective
Ph.D. Thesis

Lundshøj Dalgaard R: The environmental impact of pork production from a life cycle perspective. PhD thesis, Aalborg University. Värdefull information ges även i Weidema B: Chapter for CALCAS deliverable D18, 2009 published in: “Guidelines for applications of deepened and broadened LCA”.

Syftet är att uppskatta marginaleffekter som uppstår strax efter ett beslut eller en förändring.

Utbyggnadsmarginal

Bakgrund: De flesta beslut och handlingar påverkar produktionen av energibärare (elenergi och bränslen) och bulkmaterial (stål, papper m.m.) på marginalen. Utbyggnadsmarginalen beskriver en marginaleffekt på lång sikt, när produktionskapaciteten helt har hunnit anpassas till en ändrad efterfrågan och tillgång till råvaror och teknik. Denna metod kan användas både inom produktens livscykel i en ”Korg av funktioner” och när man beräknar ”Undvikna emissioner”.

Fråga: Vilken typ av produktionskapacitet byggs/tillkommer eller läggs ner/försvinner när efterfrågan ändras och vilken miljöbelastning uppstår då?

Syftet är att uppskatta marginaleffekter som uppstår långt efter ett beslut eller en förändring.

Komplex marginal

Bakgrund: De flesta beslut och handlingar påverkar produktionen av energibärare (elenergi och bränslen) och bulkmaterial (stål, papper m.m.) på marginalen både på kort och lång sikt. Komplex marginal är ett begrepp som inkluderar effekter på både drifts- och utbyggnadsmarginalen. Denna metod kan användas både inom produktens livscykel, i en ”Korg av funktioner” och när man beräknar ”Undvikna emissioner”.

Fråga: Vilken typ av produktionskapacitet påverkas med hänsyn tagen till både ett kortsiktigt och långsiktigt tidsperspektiv när efterfrågan ändras och vilken miljöbelastning uppstår då?

Syftet är att uppskatta de samlade marginaleffekter som uppstår som följd av ett beslut eller en förändring.

Slutsatser

De slutsatser som arbetet med systemsyn och LCA-typologin resulterat i redovisas nedan i punktform:

- # LCA delas upp i två slags systemsyner, där den ena svarar på frågor om enskilda produkters miljöbelastning, medan den andra svarar på frågor om förändringar i sammansatta produktsystem.
- # Oavsett systemsyn inkluderar en LCA metodval som kan påverka resultaten kraftigt. För att en LCA ska bli robust och ge entydiga resultat behöver dessa metodval styras upp i detalj.
- # Exempel på ett sådant kravdokument som styr upp LCA-metodiken för att göra dem entydiga är standarden för byggprodukter EN 15804 som kopplar till miljödeklarationer och byggproduktdirektivet. Generellt sett är detta syftet med alla så kallade produktspecifika regler (PCR), det vill säga enligt standarden för alla LCA-baserade miljödeklarationer ISO 14025.
- # I den systemsyn som tillämpas för sammansatta produktsystem, det vill säga konsekvens-LCA, beror resultatet till stor del på vilka antaganden som görs kopplade till det externa systemet. Ett sätt att göra dessa LCA:er mer robusta är att utvärderingen bör omfatta minst tre scenarion, det vill säga det mest troliga alternativet samt två ytterlighetsfall.
- # Systemsynen för produkter kallar vi bokförings-LCA och den svarar på frågan:
– *vilken miljöbelastning kan kopplas till en produkt och dess livscykel?*
- # Systemsynen för sammansatta produktsystem kallar vi för konsekvens-LCA och den svarar på frågan:
– *hur kan miljöbelastningen från ett givet sammansatt produktsystem påverkas av ett beslut eller en beslutsfattare?*
- # De två systemsynerna kompletterar varandra där bokförings-LCA bara har med de *direkta* effekterna och konsekvens-LCA även inkluderar *indirekta* effekter.
- # ISO 14044 ger ingen inbördes prioriterad ordning mellan dessa systemsyner (se sid 8).#
Bokförings-LCA lämpar sig för att utvärdera eller jämföra produkter där det är viktigt att entydiga svar erhålls och att miljöpåverkan som beskrivs stämmer med de utsläpp som beslutsfattarna kan relatera till.
- # Konsekvens-LCA lämpar sig för att ge beslutsfattare insikt om hur deras beslut påverkar samhällets miljöbelastning.
- # I den LCA-typologi som tagits fram delas bokförings-LCA in i analyser av produkter respektive material, medan konsekvens-LCA delas in beroende på vilken typ av konsekvenser som analyseras: antagen marginal, driftmarginal, utbyggnadsmarginal eller komplex marginal.

Bilaga: Workshoppedeltagare

Följande personer deltog på workshopen den 23 januari 2013:

Anders Ejlertsson	Färg och Form hantverkarna
Bodil Hökfors	Heidelberg Cement
Diego Fernando Peñaloza	SP Trä
Karin Comstedt	Heidelberg Cement IVL Svenska Miljöinstitutet
Kristian Jelse	(numera Miljöstyrningsrådet)
Larissa Strömberg	NCC
Lars-Eric Sjölander	GreenIT
Lars-Gunnar Lindfors	IVL Svenska Miljöinstitutet
Malin Löfsjögård	Svensk Betong
Maria Franzén	Peab
Martin Erlandsson	IVL Svenska Miljöinstitutet
Mats Öberg	NCC
Mikael Eliasson	Svenskt Trä
Monica Björk	Byggmaterialindustrierna
Nadja Lundgren	Tyréns
Otto Daring	CBI Betonginstitutet
Per-Erik Eriksson	SP Trä
Rickard Nygren	White Arkitekter
Stefan Sandelin	Heidelberg Cement
Susanna Toller	Trafikverket
Tomas Ekvall	IVL Svenska Miljöinstitutet
Åse Togerö	Skanska