

Modularisering för cirkulär ekonomi

ALEXANDER SCHULTZ
MARKUS ROMEIS



**KTH Industriell teknik
och management**

MG100X Examensarbete inom Industriell Produktion

Stockholm, Sverige 2015

Modularisering för cirkulär ekonomi

av

Alexander Schultz
Markus Romeis



MG100X Examensarbete inom Industriell Produktion

KTH Industriell teknik och management
Industriell produktion
SE-100 44 STOCKHOLM

Sammanfattning

Med ett allt större fokus på hållbarhet från såväl samhället som från de enskilda företagen, ställs högre krav på hur framtidens produktion ska se ut. För att tillmötesgå de kraven måste lösningar som tillvaratar resurser göras på ett både effektivt och lönsamt sätt.

Ett ramverk som under de senaste åren lyfts fram som ett sätt för att lösa detta är cirkulär ekonomi. Cirkulär ekonomi går ut på att utvinna värde under hela produktens livscykel genom att produkter repareras, återanvändas, uppgraderas och återvinnas på lönsamma och hållbara sätt. Detta kräver både en viss typ av affärsmodell i kombination med rätt tekniska lösningar.

Idén modularisering, att använda standardiserade byggstenar för att komponera olika typer av produkter har funnits länge. Den har tillåtit företag att erbjuda en stor produktvariation med lågt antal artiklar. Framförallt är det dock under de senaste decennierna som metoden vuxit till att bli en väsentlig del hos många företag.

Syftet med arbetet är att utreda om modularisering kan användas som verktyg för att bidra till cirkulär ekonomi. Detta strävar rapporten efter att besvara med frågeställningen: kan en modulariserad produktdesign bidra till cirkulär ekonomi?

I arbetet används teori och tidigare studier i kombination med information hämtat från samtal med representanter från konsultbolagen SAM, Samarbetande Konsulter AB, Modular Management AB och industriföretaget Scania AB.

Arbetet visar att modularisering i teorin kan bidra till cirkulär ekonomi då många av de effekter som modularisering kan ge väl stämmer överens med flera aspekter av cirkulär ekonomi. Konsultföretagen Modular Management och SAM gav indikationer på modularisering för cirkulär ekonomi kan vara genomförbart praktiskt. De hade dock själva aldrig arbetat med modularisering för cirkulär ekonomi. Scania, som har en mycket väl utarbetad modulariseringsstrategi, uppvisade många likheter med de faktorer som eftersträvas i cirkulär ekonomi, både tekniska och ekonomiska.

För att modularisering ska bidra till cirkulär ekonomi har främst två förutsättningar identifierats. Modulariseringen måste från början sker med cirkulär ekonomi i åtanke. En affärsmodell som på rätt sätt utnyttjar cirkulär ekonomi måste implementeras.

Abstract

Today there is an increasing focus on sustainability from both end customers and governments. This means that production companies must adjust its production and business to be able to meet these demands. However, this must be done with not only sustainability but also profitability in mind. A framework that has emerged in the last years to be able to meet both sustainability and profitability is circular economy.

Circular economy is about extracting value from the whole product life cycle through reuse, repair, upgrade and recycle. To be able to achieve this, both technical solutions and business models must be taken in account.

Modularization has been around for many years and is about using standardized building blocks when developing products. This efficiently enables a large variety in product families and at the same time reduces the number of needed articles.

The purpose of this work is to evaluate if modularization can be used as a tool to contribute to circular economy. This will be done through answering the question: can modularization contribute to circular economy?

To answer the question theory and previous studies, in combination with interviews from the industry today, is compared and analysed. The interviews were done with representatives from the two consultancy firms SAM, Samarbetande Konsulter AB and Modular Management AB as well as the industry company Scania AB.

The result shows that modularization, in theory can contribute to circular economy. Many of the effects that modularization can give correlates with what is needed for circular economy. The consultancy firms Modular Management and SAM gave indications that modularization for circular economy would be possible. However, none of the companies themselves had worked with modularization for circular economy. Scania has in their work very deeply integrated modularization. They also showed many similarities, both in technical and economical aspects, with circular economy.

The prerequisites for modularization to contribute to circular economy is that circular economy must be present throughout the whole modularization process, along with a business model that in the right way utilize circular economy.

Förord

Denna rapport är skriven på temat resurseffektiv produktion inom tillverkande företag, som ett kandidatexamensarbete i industriell produktion på Kungliga Tekniska Högskolan.

Vi vill rikta ett stort tack till Mats Bejhem, vår handledare som både varit ett stöd och hjälpt oss komma i kontakt med relevant expertis.

Vi vill även tacka Farazee Mohammad Abdullah Asif, som inspirerade oss till att välja detta ämne samt gav många viktiga insikter i vårt arbete, Erik Mårtenson från SAM Samarbetande Konsulter för att ha svarat på frågor och hjälpt till med litteratur, Kent Johansson för att han tog sig tid att möta oss och ge insikter om Scania, samt Giorgia Pisano och Arne Erlandsson på Modular Management.

Stockholm, Maj 2015

Markus Romeis & Alexander Schultz

Nomenklatur

B2B Business-to-Business

B2C Business-to-Consumer

EOL End-of-Life

MFD Modular Function Deployment

Innehållsförteckning

Sammanfattning

Abstract

Förord

Nomenklatur

1. Introduktion	1
1.1. BAKGRUND.....	1
1.2. SYFTE.....	2
1.3. AVGRÄNSNINGAR.....	3
1.4. METOD.....	3
2. Vad är cirkulär ekonomi och vad är modularisering?.....	4
2.1. CIRKULÄR EKONOMI.....	4
2.1.1. <i>Ekonomi i en cirkulär ekonomi</i>	5
2.1.2. <i>Tekniska krav</i>	6
2.2. MODULER OCH MODULARISERING.....	7
2.2.1. <i>Modulära drivkrafter</i>	8
2.2.2. <i>MFD</i>	9
3. Modularisering för cirkulär ekonomi	10
3.1. LIVSCYKEL FÖR EN PRODUKT MODULARISERAD FÖR CIRKULÄR EKONOMI.....	10
3.2. EKONOMISKA UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER	11
3.3. RISKER MED MODULARISERING UR ETT CIRKULÄR EKONOMISKT PERSPEKTIV	13
4. Industrins syn.....	14
4.1. MODULAR MANAGEMENT.....	14
4.1.1. <i>Modularisering</i>	14
4.1.2. <i>Cirkulär ekonomi</i>	14
4.2. SAM	15
4.2.1. <i>Modularisering</i>	15
4.2.2. <i>Cirkulär ekonomi</i>	15

4.3. SCANIA.....	16
4.3.1. Modularisering.....	16
4.3.2. Cirkulär ekonomi.....	17
5. Analys.....	18
6. Diskussion och slutsats	21
6.1. SLUTSATSER	21
6.2. METODREFLEKTION.....	21
6.3. FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA STUDIER	22
7. Referenser	24
Appendix A - MFD	

Figurförteckning

Figur 1. Råvarupriser under perioden 1900-2014, index 1999=100, WEF 2014.	2
Figur 2. En produktlivscykel i en linjär ekonomi, från utvinning till avfall.	5
Figur 3. I en cirkulär ekonomi är alltid målet att varorna ska återvända och stanna kvar i cykeln.	5
Figur 4. En modell över en cirkulär ekonomi där olika produkter kräver olika åtgärder för att kunna stanna kvar i cykeln (fairphone.com).	6
Figur 5. I en cirkulär ekonomi bör biologiska och tekniska komponenter separeras i separata cykler (partnersforinnovation.com).	7
Figur 6. De fem stegen i MFD.	9
Figur 7. Livscykel för en modulariserad produkt med cirkulär ekonomi där de enskilda modulerna går igenom egna mindre cykler.	11

1. Introduktion

I det här kapitlet behandlas bakgrunden och syftet till den här rapporten. Det beskrivs varför rapporten är relevant samt vad som aspireras till att lösas. Vidare definieras här frågeställningen som ska besvaras samt hur det är tänkt att gå tillväga för att besvara denna.

1.1. Bakgrund

Den grundläggande idén bakom modularisering, att använda standardiserade moduler för att komponera produkter har funnits länge. Det är dock framförallt under de senaste decennierna som det vuxit till att bli en väsentlig del av många företags affärsstrategier. Detta som svar på marknadens efterfrågan av allt mer diversifierade produkter (Blackenfelt 2001). Modulariserad produktdesign har gjort det möjligt att ha produktfamiljer med en stor uppsättning av olika egenskaper och konfigurationer, med ett lågt antal artiklar på ett kostnadseffektivt sätt. Samtidigt har det öppnat upp större möjligheter för kunder att anpassa produkter efter sina egna behov och preferenser vilket har lett till nöjdare kunder och högre vinst (Johnson & Bröms 2000).

Vidare är hållbarhet ett ämne som diskuteras i allt högre utsträckning. Man har inom såväl industrin som samhället i stort mer och mer börjat förstå att hållbar produktion är en viktig bidragande faktor för ett hållbart samhälle. Idag läggs det på många håll ner mycket arbete för att resurseffektivisera produktionen. Resurseffektivisering bör dock, för ett hållbart samhälle, behandla hela produktlivscykeln. Detta skulle innebära ytterligare möjligheter till såväl kostnadseffektiviseringar som minskning av det ekologiska fotavtrycket.

En teori som ytterligare indikerar att traditionell produktion måste revideras är det som många ekonomer kallar paradigmskiftet i råvaruprissättningar (Ecorys 2012; World Economic Forum 2014). Under de senaste 100 åren har råvaror kontinuerligt sjunkit i pris till följd av effektiviseringar i produktion, se Figur 1. Det här innebär att materialkostnaderna i produktionen fram till idag minskat för varje produktgeneration. Enligt prognosen ser dock den nedåtgående trenden ut att vända. Till följd av en växande global ekonomi under det kommande århundradet, förväntas råvarupriserna öka. En sådan ökning kommer leda till att kostnaden av produktion ökar om inte denna resurs effektiviseras (World Economic Forum 2014).



Figur 1. Råvarupriser under perioden 1900-2014, index 1999=100, WEF 2014.

Vidare drivs idag globalt en starkt hållbarhetsfokuserad politik vilket medför ekonomiska styrmedel som gynnar hållbarhet. Redan idag finns för fordonsindustrin direktiv från Europeiska kommissionen, 2005/64/EC (EU & Council 2005), som ställer krav på andelen återanvändbara material, komponenter, utsläpp, etc. Till exempel krävs att minst 85 % av fordonets massa skall vara återanvändnings- eller återvinningsbar. Europeiska Kommissionen har även rapporterat att man avser, att inom EU, uppmana till åtgärder för att kraftigt effektivisera resurs- och råvaruanvändningen till 2020 (European Commission 2011). Det innebär högre beskattning på sådant som önskas minska, såsom användandet av fossila bränslen och råvaror, samt skattelättnader på förnyelsebara resurser. Till följd av detta kommer konkurrenskraften hos företag som tillämpar en mer resurseffektiv modell öka markant (Stahel 2010).

Ett ramverk som under de senaste åren lyfts fram som ett hjälpmedel för att kunna möta dessa utmaningar är cirkulär ekonomi, som beskriver vikten av att både producera hållbart och lönsamt.

1.2. Syfte

Syftet med den här rapporten är att utreda om och hur modularisering kan användas som verktyg för att bidra till cirkulär ekonomi. Detta kommer rapporten söka besvara genom frågeställningen:

Kan modulariserad produktdesign bidra till cirkulär ekonomi?

Utöver huvudfrågeställningen har dessa tre underfrågor formulerats:

- I. Vilka effekter kan modularisering ge?
- II. Vilka är kraven för att uppnå cirkulär ekonomi?
- III. Vad kräver industrin för att implementera cirkulär ekonomi?

Genom att besvara frågeställningen kan det utredas vilka åtgärder och omställningar som kan behöva göras av industrin i framtiden.

1.3. Avgränsningar

I arbetet läggs fokus på att besvara frågeställningen ur ett makroperspektiv. Dessutom avgränsas arbetet till att behandla företag inom den tillverkande industrin.

Studien kommer även fokusera på de drivkrafter för modularisering som korrelerar med faktorer som också krävs av en cirkulär ekonomi för tillverkande företag.

Empirin avgränsas till en kvalitativ undersökning genom samtal med tre företag.

1.4. Metod

Arbetets metod bestod av en teoretisk och en empirisk del.

I den teoretiska delen har tidigare studier, rapporter, artiklar och annan litteratur analyserats. Från dessa jämförs de effekter som modularisering ger med de krav som cirkulär ekonomi har.

För att få en så bred bild som möjligt av hur industrin arbetar med modularisering och vilka prioriteringar som finns, bestod en del av empirin av samtal med två konsultbolag. De har lång erfarenhet inom området och täcker en stor del av det svenska modulariseringsarbetet. Dessa två var SAM, Samarbetande Konsulter AB¹ och Modular Management AB². Dessutom fördes samtal med ett företag som arbetat länge och varit framstående i sitt arbete med modularisering Scania AB³ för att få inblick i deras syn på, och arbete med, modularisering och cirkulär ekonomi.

Företagens arbete med modularisering och syn på cirkulär ekonomi har sedan analyserats utifrån de teoretiska möjligheter och risker som identifierats. Dessa har gett upphov till förslag på hur modularisering kan bidra till cirkulär ekonomi från både ett teoretiskt och praktiskt perspektiv.

¹ Benämns framöver som SAM

² Benämns framöver som Modular Management

³ Benämns framöver som Scania

2. Vad är cirkulär ekonomi och vad är modularisering?

I det här kapitlet presenteras teorin bakom modularisering och cirkulär ekonomi. En sammanställning görs av både primär- och sekundärkällor som behandlar de två begreppen.

2.1. Cirkulär ekonomi

I grunden ersätter en cirkulär ekonomi ett grundläggande antagande i samhället, nämligen engångsanvändandet (Nguyen et al. 2014). Utgångspunkten är att minimera avfall. Detta uppnås genom att, på olika sätt, effektivt utnyttja återanvändning och/eller återvinning och på så sätt bilda en stängd produktlivscykel.

En helt stängd produktlivscykel, där alla resurser återanvänds, är förstuds i praktiken termodynamiskt omöjligt. Varje åtgärd eller process förbrukar energi som inte kan återanvändas (Clift & Allwood 2011). Cirkulär ekonomi är därför en utopi att sträva efter, men som aldrig helt kan uppnås. Detta innebär också att cirkulär ekonomi inte kan ses som något binärt, utan istället något som kan uppfyllas till olika grader.

Enligt Ellen Macarthur Foundation (2013) är cirkulär ekonomi grundat på fem grundprinciper:

- Slöseri ska konstrueras bort.

Det huvudsakliga målet med cirkulär ekonomi är att eliminera all form av resursslöseri. Denna princip kan tolkas som en liknande grundprincip som lean-metoden lever efter. Till skillnad från lean, som fokuserar på att minimera slöseri i tillverkningsprocessen, handlar denna grundprincip om att konstruera bort slöseri från hela produktlivscykeln (Nguyen et al. 2014).

- Resiliens skapas genom mångfald.

Varor i en cirkulär ekonomi måste ha möjlighet att fortsätta användas även om enskilda komponenter slitits ut, blivit omoderna eller gått sönder. Genom att inspireras av hur naturliga system använder resiliens (förmågan att återhämta sig och motstå störningar), strävas det efter i en cirkulär ekonomi, att konstruera produkter med komponenter som är delar av diversifierade produktionssystem, anpassade för fler aspekter än produktionseffektivitet. Dessa system har en bättre förmåga att återhämta sig. Ur ett industriellt perspektiv innebär detta en bättre förmåga till reparation och uppgradering.

- Förnybara resurser används vid produktion.

För att nå cirkulär ekonomi räcker det inte att produkterna i sig är återvinnings- och återanvändningsbara. Även de resurser som används vid produktion och återvinning ska strävas efter att vara förnybara. Enligt Stahel (2010) bör, i förnybara resurser, också mänskligt arbete ingå.

- Ha ett systemtänk.

Att ha ett systemtänk under utvecklingsprocessen innebär att produkten ses som en del av ett större system och tar hänsyn till både hur produkten påverkar omvärlden och hur omvärlden påverkar produkten. Systemtänket medför en större kontroll för vad som händer med produkten genom hela produktlivscykeln. Detta behövs för att kunna avgöra hur, när och vilka komponenter i produkten som behöver repareras, uppgraderas, återvinnas och återanvändas.

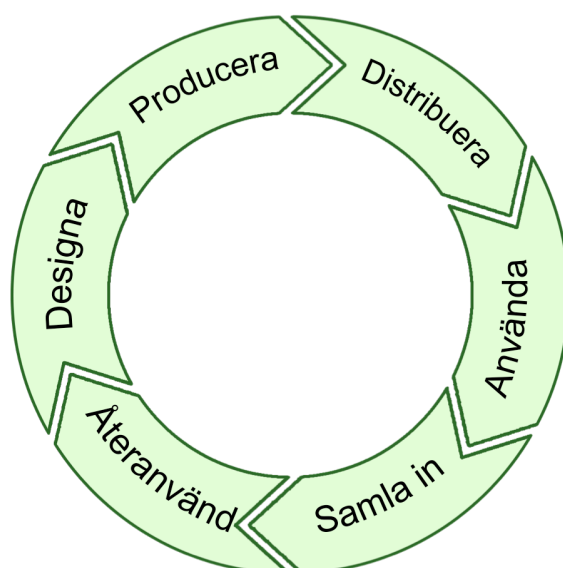
- Avfall är resurser.

Slutligen, den viktigaste och mest utmärkande principen för cirkulär ekonomi. För att nå målet med en cirkulär ekonomi måste tankesättet kring avfall ändras. Traditionellt har avfall setts som något att göra sig av med, och är det sista steget i produktlivscykeln för den linjära ekonomin, Figur 2.



Figur 2. En produktlivscykel i en linjär ekonomi, från utvinning till avfall.

I cirkulär ekonomi är principen i stället att råvaror och avfall ses som resurser med ett värde och användningsområde. Detta innebär att produktlivscykeln går från att vara linjär till att bli cirkulär, vilket illustreras i Figur 3.



- **Designa**
Produktdesign med cirkulär ekonomi i åtanke.
- **Producera**
Produktion med endast förnybara resurser.
- **Distribuera**
Lokal distribuering.
- **Använda**
Återkopplande användning.
- **Samla in**
Insamling lokalt.
- **Återanvänd**
Återanvändning av varor.

Figur 3. I en cirkulär ekonomi är alltid målet att varorna ska återvända och stanna kvar i cykeln.

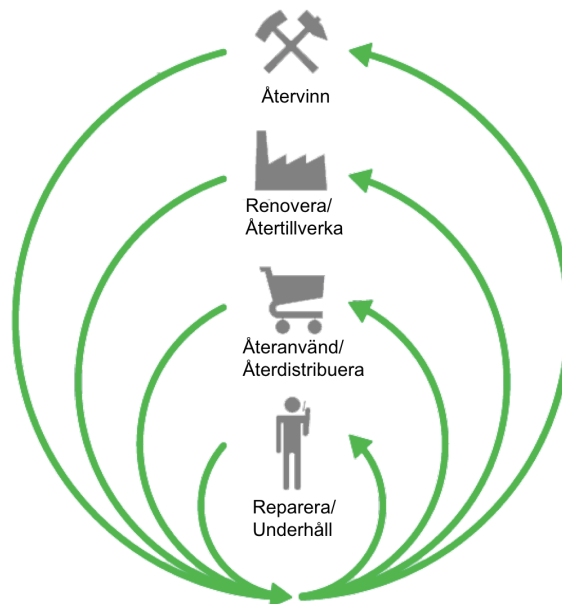
2.1.1. Ekonomin i en cirkulär ekonomi

Cirkulär ekonomi handlar både om resurseffektivisering och vinstmaximering. För att uppnå detta strävas det efter både att maximera antalet cykler en produkt går igenom, samt göra varje cykel så liten som möjligt (Nguyen et al. 2014). Detta ur både ett

tekniskt och geografiskt perspektiv. Det innebär att, genom att följa stegen i den stängda produktlivscykeln, kan vinsttillfällena skapas för varje cykel och på så vis öka lönsamheten för varje produkt (Stahel 2010).

Vidare kan en effektiv cirkulär ekonomi minska konsekvenserna som risken för ökade råvarupriser och materialkostnader medför. Istället kan det betraktas som att "dagens varor är morgondagens råvaror till gårdagens råvarupriser" (Stahel 2010).

I Figur 4 illustreras hur olika produkter och komponenter går igenom olika stora cykler beroende på vilka typer av underhåll och åtgärder som krävs.



Figur 4. En modell över en cirkulär ekonomi där olika produkter kräver olika åtgärder för att kunna stanna kvar i cykeln (fairphone.com).

Ytterligare en aspekt till ökad lönsamhet som cirkulär ekonomi möjliggör är minskandet av transportkostnader. I dagsläget är återvinningsindustrin utformad på ett globalt sätt. Det innebär att varor och resurser behöver transporteras långa sträckor för att kunna brytas ner och återvinnas för att sedan transporteras tillbaka till produktionsenheten. Dessa transporter kostar både mycket pengar och är dåliga för miljön. En cirkulär ekonomi däremot baseras på återanvändning lokalt och regionalt, således effektiviseras dubbla transportkostnader bort (Stahel 2010).

2.1.2. Tekniska krav

För att möjliggöra cirkulär ekonomi och att produkterna kan passera var och en av de cykler som presenteras i Figur 4, tas ett antal tekniska krav upp:

- Långvarig teknisk livslängd.

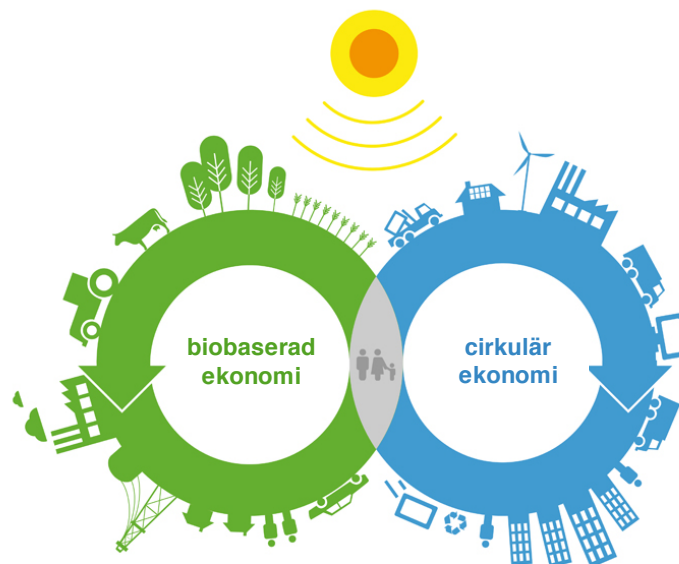
Genom att tillverka komponenter i material som håller över en längre tid kan man höja antalet produktlivscyklar. Varje åtgärd för att få produkten att stanna i cykeln kostar energi. Det är därmed mer lönsamt om produkten återanvändas med så få åtgärder som möjligt (Nguyen et al. 2014).

- Uppdelning av komponenter som förbrukas och som håller.

I en produkt där förbrukningskomponenter och varaktiga komponenter blandas skapas mer avfall vid hantering i EOL. En produkt där komponenterna är tydligt uppdelade underlättar vid EOL sortering och återvinning, eftersom förbrukningskomponenter och varaktiga komponenter vanligtvis behandlas och tillvaratas på olika sätt (Nguyen et al. 2014).

- Uppdelning av biologiska och tekniska komponenter för separata cykler.

På samma sätt som för förbrukningskomponenter och varaktiga komponenter måste de biologiska och tekniska komponenterna särskiljas. Produkter bör vara designade för att möjliggöra att de biologiska och tekniska komponenterna kan återgå till naturen respektive industrin på ett så effektivt och hållbart sätt som möjligt. Detta ger upphov till separata cykler som illustreras i Figur 5 (Clift & Allwood 2011).



Figur 5. I en cirkulär ekonomi bör biologiska och tekniska komponenter separeras i separata cykler (partnersforinnovation.com).

- Produktion av varor med hållbara materialval.

För att återanvända produkter och komponenter samt återvinna de material som används i dessa måste material som tillåter detta på ett hållbart sätt användas (Bakker et al. 2014).

2.2. Moduler och Modularisering

En modul definieras som en gruppering av komponenter som tillsammans har specifika gränssnitt, standardiserade mått och funktioner (Eggen 2002). Modulerna utgör sedan byggstenar för en produkt eller produktfamilj. Modularisering är processen som leder fram till vilka moduler som ska användas och hur dessa ska utformas. När sedan en hel produktfamilj delar flera gemensamma moduler kan detta göra både produktionen och utvecklingen av nya produkter mer effektiv (Hata et al. 2001).

2.2.1. Modulära drivkrafter

Modulära drivkrafter är de faktorer till vad som motiverar själva modulariseringen. Många författare har definierat olika omfattande listor på modulära drivkrafter, vissa mer specifika, andra mer generaliserande.

I Tabell 1 visas en samling av vilka de huvudsakliga modulära drivkrafterna är, enligt Blackenfelt (2001). Enligt Erixon (1998) kan dessa kompletteras med ett företags mer specifika krav såsom strategi, finansiella begränsningar, lagar och regleringar.

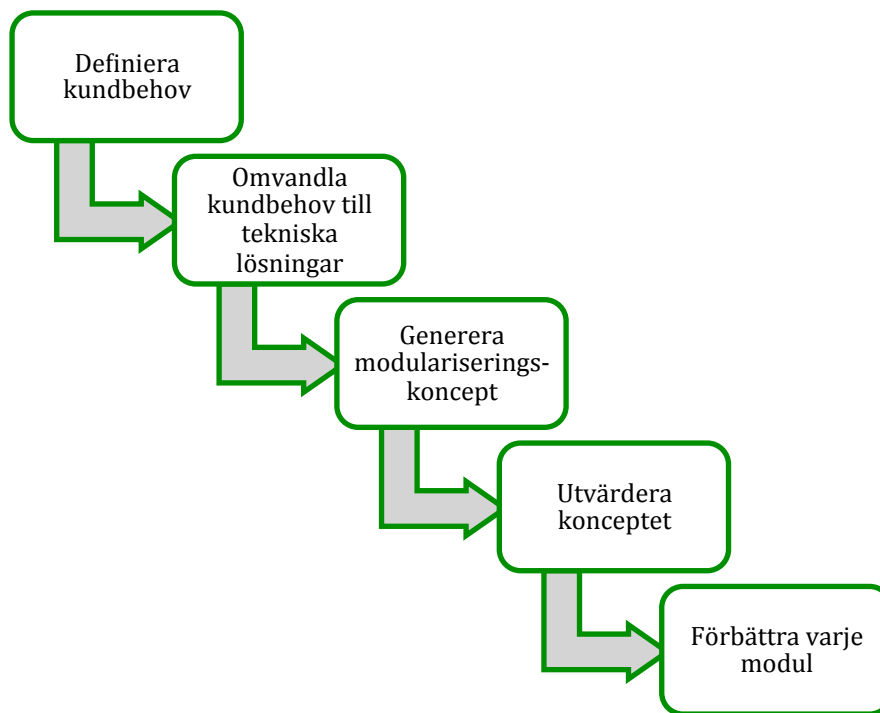
Tabell 1. Modulära drivkrafter (Blackenfelt 2001).

Orsak	Förklaring (Gruppera komponenter för att...)
Gemensamhet	de kommer vara lika för samtliga produkter
Variation	de kommer variera för samtliga produkter
Planerad designändring internt	designen omarbetas för samtliga produkter
Förflyttning	designen kommer vara oförändrad för samtliga produkter
Risikkoncentrering	de påverkas av riskfylld utveckling och om den misslyckas, existerande modul kan användas
Uppgraderingsmöjligheter	uppgradering underlättas om de samlas som en modul när nya komponenter utvecklas
Påbyggnadsmöjligheter	tillägg underlättas av att ha dem som en modul får säkerställa att systemet kan utökas
Omkonfigureringsmöjligheter	omkonfigureringsmöjligheter underlättar för en modul för att då lätt kunna flyttas runt eller bytas ut i systemet
Separat/enskild produktutveckling	som en modul kan de utvecklas av olika team med ytterst litet behov av informationsutbyte sinsemellan
Parallell produktutveckling	de kan, som en modul, utvecklas simultant med andra moduler
Stegvis utveckling	som moduler kan de utvecklas och släppas en åt gången
Förmontering	de borde monteras tillsammans, modulvis, parallellt med monteringen av andra moduler, innan slutmontering äger rum
Separata tester	moduler kan testas separat innan slutmonteringen
Möjlighet till se differentiering	möjligt att sent i processen ändra och differentiera produkterna
Out-sourcing	de borde alla köpas av leverantör
In-sourcing	de borde alla utvecklas och/eller tillverkas av företaget
Reparation	de borde alla repareras tillsammans som en modul
Återfyllning	de ska alla fyllas på tillsammans som en modul
Återanvändning av komponenter	de borde alla vara återanvända tillsammans i en senare produkt
Återvinning av material	de består alla av samma material, som är återvinningsbart
Förbränning	de kommer alla förbrännas i samma process efter användning
Deponi	de kommer alla att grävas ner i samma process efter användning

2.2.2. MFD

MFD är en modell för modularisering som tagits fram av Gunnar Erixon, PhD. Syftet med modellen är att vara en generell metod som går att applicera på ett brett spektrum av produkter. Målet är att hitta en optimal modulär produktdesign som uppfyller företagets behov och strategier. Detta nås med en strukturerad process i fem huvudsteg. För vart och ett av stegen finns utarbetade modeller och matriser för hur olika parametrar ska mätas och kvantifieras (Erixon 1998).

I Figur 6 visas en kortare överblick över vilka dessa steg är. För en mer detaljerad beskrivning av hur MFD går till, se Appendix A.



Figur 6. De fem stegen i MFD.

3. Modularisering för cirkulär ekonomi

I det här avsnittet utreds vad tillgängliga rapporter och avhandlingar nämnt om hur modularisering kan användas för att bidra till cirkulär ekonomi samt vad som krävs för att det ska gå att implementera. Det fokuseras på vilka möjligheter och utmaningar som kan uppstå.

3.1. Livscykel för en produkt modulariserad för cirkulär ekonomi

Hur en produkts livscykel ser ut i en cirkulär ekonomi visas i Figur 4. Modellen bygger på att produkten kan repareras, återanvändas, uppgraderas och återvinnas under hela livscykeln och att företaget för varje cykel kan utvinna något värde ur detta. Mer exakt hur detta ska möjliggöras specificeras inte.

Dock visar flera rapporter som behandlar modularisering att flera av cirkulär ekonomins aspekter kan uppfyllas med just modularisering. Enligt Hata et al. (2001) är målet med livscykelhanteringen att förbättra energieffektivitet och materialkonsumtion, samt minimera inverkan på miljön, vilket går i enlighet med de principer som cirkulär ekonomi grundar sig på. Gu & Sosale (1999) menar att många av dessa mål uppnås genom en modulär produktdesign. Framför allt om modularisering sker efter följande sju modulära drivkrafter:

- Parallell produktutveckling,
- Produktions- och tillverkningsförbättring,
- Standardisering,
- Service/underhåll,
- Uppgradering, omkonfigurering,
- Återvinning, återanvändning och avyttring,
- Produktvariation och anpassning.

Enligt Kimura et al. (2001) blir det svårt att modularisera efter alla dessa drivkrafter samtidigt, då flera av drivkrafterna ger motstridiga effekter, särskilt när drivkraften återanvändning inkluderas. För att öka möjligheten till återanvändning måste ytterligare egenskaper för modulerna tas i beaktande:

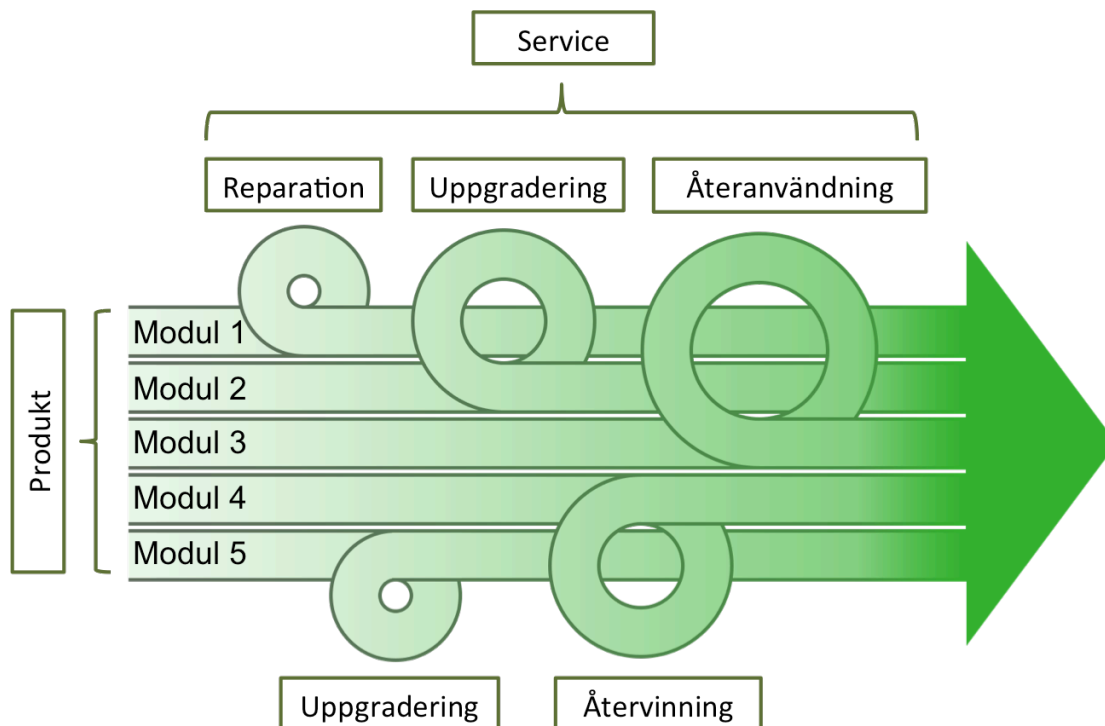
- Teknologisk stabilitet,
- Funktionell uppgraderbarhet,
- Livslängd,
- Underlättande för kvalitetssäkring,
- Underlättande av rening,

För underlättande av återvinning, återanvändning, uppgradering och reparation föreslår Hata et al. (2001) att modulariseringen även ske utefter följande principer:

- Kombinera inte komponenter av olika material i samma modul,
- Kombinera inte komponenter med olika livslängd i samma modul,
- Kombinera inte komponenter med olika tidsintervall för underhåll och uppgradering,

Modulariseras produkter utefter dessa punkter kan även en ökning av utnyttjandegraden hos både produkterna och modulerna i sig möjliggöras. Detta genom att olika typer av servicesystem för underhåll och uppgraderingar lättare och billigare kan byggas upp kring modulära produkter (G Seliger & Zettl 2008).

En modular produkt har potentialen att realisera både underlättande av reparation, uppgradering, återanvändning och återvinning. Utbytbara moduler resulterar även i att olika åtgärdsbehov, vid olika tidpunkter, kan fyllas under produktens liv och därmed få maximerad livstid. Hur detta kan se ut illustreras i Figur 7.



Figur 7. Livscykel för en modulariserad produkt med cirkulär ekonomi där de enskilda modulerna går igenom egna mindre cykler.

I Figur 7 visas en produktlivscykel för en produkt med komponenter som är uppdelade i fem moduler. Dessa tillåts, oberoende av varandra genomföra olika åtgärder för att förlänga livslängden på produkten. På så sätt kan moduler kontinuerligt underhållas för att möjliggöra att maximal livslängd på varje enskild modul kan uppnås.

3.2. Ekonomiska utmaningar och möjligheter

För att applicera cirkulär ekonomi räcker det inte att enbart lösa de tekniska utmaningarna, det kräver även att det finns en omarbetad affärsmodell. Utan att implementera en affärsmodell som effektivt drar nytta av modularisering för cirkulär ekonomi riskerar implementeringen bli kostsam och olönsam (Kimura et al. 2001).

Idag använder sig många företag av en transaktionsbaserad affärsmodell. Principen går ut på att en produkt säljs i en transaktion och gör då endast en stor intäkt. Denna typ av affärsmodell leder till en linjär ekonomi. Efter att produkten är såld förlorar företaget ägarskapet och kontrollen av produkten.

En annan affärsmodell som används för mer kostsamma och komplexa produkter, såsom exempelvis bilar, är leasing. Detta innebär vanligtvis att det tillverkande företaget säljer sin produkt till ett leasingföretag som i sin tur hyr ut produkten till slutkunden genom finansiell eller operationell leasing. Finansiell leasing innebär att slutkunden betalar en fast månadskostnad men samtidigt ansvarar för reparationer, underhåll, försäkring, etc. Vid operationell leasing behåller leasingföretaget ägarskapet av produkten och därmed står för allt underhåll, reparationer och försäkringar.

I framförallt den transaktionsbaserade affärsmodellen försvinner det tillverkande företaget snabbt ut ur bilden och har liten/obefintlig kontroll på vad som händer med produkten efter att den lämnat fabriken. Detta är något som också kan ske med en affärsmodell baserad på finansiell leasing. I en cirkulär ekonomi måste företaget upprätthålla kontakt och kontroll över produkten under hela produktlivscykeln. Det innebär tätare kontakt med både slutkunder, återförsäljare och servicestationer. De måste alla vara integrerade i en gemensam infrastruktur som möjliggör en sluten cykel.

Accenture Strategy har genom att studera 120 företag i främst Europa och Nordamerika verksamma inom teknologi-, textil-, fordons- och konsumentproduktsindustrin, identifierat fem lönsamma affärsmodeller som baserar sig på cirkulär ekonomi. Tre av dessa är direkt kopplade till produktmodularisering (Lacy et al. 2014).

- Förlängning av en produkts livscykel.

Idén går, likt det som illustreras i Figur 7, ut på att generera intäkter på att reparera, återanvända, uppgradera och återvinna, produkten under hela dess livscykel. Som även diskuteras i kapitel 3.1 underlättas detta av modularisering.

Detta är en modell mest lämplig för företag verksamma inom B2B segment med stort kapitalflöde (till exempel industriverktyg), samt företag inom B2C där nya produktsläpp vanligtvis bara tillför mindre förbättringar, exempelvis nya versioner av mobiltelefoner.

- Resursåtervinning.

Denna affärsmodell handlar främst om att ta vara på det kvarvarande värde som finns i en produkt vid EOL genom återanvändning. Detta menar Lacy et al. (2014), omvandlar avfall till något av värde. För att maximera värde behövs så mycket som möjligt dock tas till vara på, vilket i sin tur kräver smarta och innovativa återvinningslösningar. Även här spelar modulariseringen en viktig roll. Enligt G. Seliger & Zettl (2008) bidrar modularisering till en bättre materialåtervinning.

- Produkten som tjänst.

I denna affärsmodell är tanken att produkterna säljs som en tjänst. Produkten kan därmed leasas till kunden, alternativt betalas efter användning och återlämning. Detta är en modell som främjar att produkten har lång livslängd, möjlighet till återanvändning och uppgraderbarhet som enligt Kimura et al. (2001) kan underlättas av modularisering.

Utöver att modularisera produkten kräver dessa affärsmodeller också olika typer av spårningssystem, dataanalyser och andra digitala hjälpmedel. Ur ett rent produktperspektiv är dock modulariseringen essentiell för samtliga tre affärsmodeller.

3.3. Risker med modularisering ur ett cirkulär ekonomiskt perspektiv

Trots att modularisering för cirkulär ekonomi kan medföra många fördelar finns risker, såväl ekonomiska som ekologiska. En av de ekologiska riskerna är att utvecklingen av nya moduler, och uppgraderingen av befintliga produkter, blir för lätt. En allt för frekvent uppgradering av modulerna resulterar i en kortare livscykel för produkterna genom att produkterna på grund av detta måste uppgraderas oftare (G Seliger & Zettl 2008). Detta resulterar i en ökad resursanvändning.

De ekonomiska riskerna med modularisering är främst kopplade till den kostnad och tid det tar att utveckla hela den modulära produktstrukturen (G Seliger & Zettl 2008). Dessutom kräver en omställning till en cirkulär ekonomisk affärsmodell att det inledningsvis görs stora investeringar. Beroende på komplexitet och antal befintliga produkter kan implementeringen bli mer eller mindre kostsam. Det finns en stor risk att om företagen inte gör en tillräcklig satsning kommer det endast resultera i en ökad kostnad. Dock måste det såklart tas i beaktning att när väl struktur utvecklats sjunker framtida utvecklingskostnader medan möjligheterna till utökat sortiment ökar, vilket i sin tur kan bidra till ökad konkurrenskraft.

4. Industrins syn

I detta kapitel presenteras den information som kunnat fås fram från de samtal som gjorts med representanter från SAM, Modular Management och Scania.

4.1. Modular Management

Modular Management är ett konsultföretag som funnits sedan 1996 och arbetar med att hjälpa företag med modularisering. Diskussioner har hållits med Arne Erlandsson, som har 25 års erfarenhet inom modularisering och även arbetat på Modular Management sedan det grundades.

4.1.1. Modularisering

Det viktigaste att tänka på när steget till en modulär produktstruktur ska tas är kunderna. Ett företags produkter används troligen av ett mer eller mindre brett spektrum av kunder med olika preferenser och behov. Det är därför viktigt att utreda hur en modulär struktur ger mervärde åt ens kunder.

I de flesta fall är orsaken till att företag vill modularisera att underlätta hantering av komplexitet, det vill säga reducera antalet artiklar hos dess produktfamilj.

Ett av problemen som ibland uppstår är det Modular Management kallar ostrukturerad modularisering, det vill säga modularisering utan orsak. Företag modulariserar utan att egentligen veta varför de gör det, detta resulterar vanligtvis i att modulariseringen inte tillför något annat än en kostnad för företaget.

Modularisering, menar Arne, kan aldrig appliceras för en enskild produkt, utan kan endast ha någon nytta på ett sortiment av produkter, eller en produktfamilj. Det är även svårt att direkt identifiera vilka moduler, om sådana finns, en viss produkt har. Detta går först att se när de olika produkterna i en produktfamilj läggs bredvid varandra. Genom att till exempel endast titta på en Scania-lastbil går det inte att identifiera vilka olika moduler som använts, det är först när olika modeller och storlekar jämförs som de kan identifieras.

En av grundarna till Modular Management var Gunnar Erixon som utvecklade MFD-metoden (Erixon 1998). Detta är den metod som Modular Management idag använder när de utreder modularisering för sina kunder. Processen är dock inte vedertagen och generellt använd. Företag som väljer att modularisera använder många olika tillvägagångssätt som, i många fall, är hemliga för externa intressenter.

4.1.2. Cirkulär ekonomi

Under de år som Arne arbetat på Modular Management har han inte arbetat med något företag som efterfrågat modularisering med syftet att implementera cirkulär ekonomi, eller motsvarande. De företag som han vet om implementerat cirkulär ekonomi internt har inte informerat sina kunder om detta, om det är bra eller dåligt menar han är svårt att få klarhet i. Det är något som varje företag själv får ta ställning till.

När det gäller att introducera cirkulär ekonomi tror Arne är det viktigt att ha affärsmodellen klar innan arbetet med detta börjar och att tydligt utreda hur cirkulär ekonomi kan bli ekonomiskt hållbart.

Orsaker till varför cirkulär ekonomi inte efterfrågas kan vara är rädslan, eller oviljan, att köpa nya produkter innehållandes gamla delar eller okunskap. Idag är det få inom industrin som vet vad cirkulär ekonomi innebär, inte heller modularisering är allmänt känt. Modular Management har dock tagit hjälp av en master-student som ska utreda hur cirkulär ekonomi kan appliceras på deras modeller.

4.2. SAM

SAM är ett konsultbolag som funnits sedan 1977. De arbetar idag med att hjälpa sina kunder att definiera, applicera och implementera modularisering i sina produktlinjer. I sitt konsulteringsarbete utgår de från filosofin som ges i boken "Profit beyond measure" (Johnson & Bröms 2000). För att få en inblick i vad deras kunder ställer för krav samt strävar efter vid implementeringen av modularisering har en diskussion förts med Erik Mårtensson, konsult på företaget, kring detta.

4.2.1. Modularisering

Modularisering ses mer som ett tankesätt än en metod. Det innebär att man inte följer en utstakad modell vid implementeringsarbetet. Istället måste man utgå specifikt från varje företags unika förutsättningar med produkter, företagskultur, organisation, marknad samt företagets kunder, och utifrån detta välja de metoder som skapar en bestående förändring i företagets kultur och produkten gällande modularisering. Man anser att det inte räcker att bara modularisera en produkt utan arbetet med modularisering måste vara en del i varje aspekt av produktutvecklingen. Med detta som utgångspunkt skräddarsys en metod för implementering av modularisering för varje kund. SAM menar att man inte kan applicera en standardiserad modell i sitt arbete då kundernas behov skiljer sig allt för mycket från varandra.

Vidare finns inget egensyfte med att modularisera en produkt utan det ska ske för att uppnå något annat. Således ser inte Erik behovet av en metod som kvantifierar nivån av modularitet. Istället bör man kvantifiera till vilken grad man uppnått målet för att sedan utifrån det utvärdera modulariseringen. Erik berättar att det finns exempel på Scania där modulariseringen endast utgått från målet att spara ner på antalet artiklar och komponenter, utan att ta hänsyn till kundbehoven, vilket snabbt gav sämre lönsamhet och kundnöjdhet. Erik menar därmed att målet med modulariseringen starkt påverkar hur modulariseringen går till och sedermera dess slutgiltiga effekter.

Det från företag vanligast efterfrågade syftet till modulariseringen är enligt Erik att modularisera för att skapa lönsamhet med stor produktvariation. Något som annars kan vara svårt då en stor produktvariation riskerar att ge upphov till stora kostnader.

4.2.2. Cirkulär ekonomi

Idag tittar inte SAM på att implementera modularisering för cirkulär ekonomi. Detta eftersom man säger att det inte efterfrågas av kunderna. Han berättar att deras arbete alltid utgår från att tillgodose kundens behov och lösa deras problem. Det som skulle få

SAM att arbeta med cirkulär ekonomi är därmed om deras kunder efterfrågar det explicit. En faktor som skulle kunna göra att deras kunder efterfrågar modularisering för cirkulär ekonomi är om det införs regleringar som kräver det.

4.3. Scania

Scania är en svensk tillverkare av lastbilar, bussar och motorer. De var ett av de första företagen som implementerade en modulariserad produktstruktur och klarar idag av att erbjuda en mycket högre diversitet i sitt utbud än sina konkurrenter, trots att de är en i jämförelsevis liten aktör på marknaden. Då Scania ligger i framkant med användandet av modularisering och mycket av deras tankesätt anammats av övrig industri är det intressant att få deras perspektiv på den teori som studerats. Samtidigt som det kan ge en bild av hur den övriga industrin arbetar eller strävar efter att arbeta. På Scania träffade vi Kent Johansson som idag arbetar som Senior Technical Advisor i produktsimulering och modelleringsmetoder för att samtala kring modularisering och cirkulär ekonomi.

4.3.1. Modularisering

Modularisering på Scania, menar Kent Johansson, är något som sitter i väggarna. Det innebär att i varje beslut som tas ligger modularisering i grunden. I praktiken har för Scania detta inneburit ett mycket välutvecklat modulsystem som täcker hela deras produktfamilj.

Modulariteten på Scania är så pass integrerad att de egentligen bara erbjuder en produkt. Denna produkt kan sedan anpassas i en extremt hög grad till kundens preferenser. Det möjliggörs bland annat av att den minsta icke-varierbara beståndsdel i en produkt är väldigt liten.

I sitt arbete med modularisering drivs de av att uppfylla kundens önskemål om stor variation, valmöjlighet och konfigureringsmöjlighet. Man vill dessutom öka den egna produktiviteten. Genom att modularisera på rätt sätt kan Scania kraftigt minska antalet artiklar och samtidigt uppfylla alla dessa aspekter. Detta innebär, i sin tur, att de kan använda mindre lokaler och ha färre medarbetare. Det ger dem dessutom möjligheten att bibehålla hög kvalitet i stor variation.

Modularisering ger Scania även möjlighet till parallell produktutveckling. Olika moduler kan då utvecklas parallellt utan att hänsyn behöver tas till hur de andra modulerna utvecklas. Detta tillåter större flexibilitet, till exempel blir en produktlansering inte lika beroende av att alla moduler är helt färdigutvecklade. Man kan istället, om det skulle behövas, släppa det som gjorts klart och släppa resterande moduler i efterhand.

Modulariseringsarbetet på Scania är dock ett ständigt pågående arbete. Stora resurser läggs på att fortsätta utveckla och se över den modularisering som gjorts samt hitta nya möjligheter. En viktig aspekt i Scantias utvecklingsarbete är att aldrig göra för stora förändringar på en gång. Detta medför att nya moduler som utvecklas och introduceras i hög grad kan användas på äldre modeller.

4.3.2. Cirkulär ekonomi

Scanias nuvarande affärsidé går, enligt Kent Johansson, ut på att sälja tjänster. De fokuserar på att sälja en lösning på problemet transport av människor och varor, istället för att sälja produkten lastbil eller buss. Detta gör de bland annat genom olika typer av finansieringsmodeller, bland annat leasing. Scania äger även samtliga av deras servicestationer där underhåll sker av produkterna.

De har då ett återkopplingssystem som ger dem information om vilket underhåll som behöver göras på de produkter som används. Det innebär att Scania tjänar på att deras produkter har en så lång livslängd som möjligt.

För varje ny produktgeneration som släpps är en stor andel av komponenterna desamma som den tidigare generationen.

Det finns idag möjligheter för en kund som köpt en produkt att uppgradera komponenter och ändra vissa attribut efter att den lämnat fabriken. Vidare kan en produkt ha flera (ca 2-3) livscyklar där den har olika syften för var och en av dessa. För varje ny livscykel behöver det då göras vissa ändringar. Scania brukar dock förlora kontakten med produkten någon gång mellan den andra eller tredje ägaren. Det finns idag heller inget etablerat system hos Scania som tar till vara på EOL-värden.

Något som Scanias kunder också efterfrågar är en ökad möjlighet till att modifiera en befintlig produkt efter att den köpts. Exempel på detta är att elektrifiera en produkt som är byggd med förbränningsmotor, eller sätta dit en utbyggd tank när behov av längre körsträckor finns.

5. Analys

I detta avsnitt görs en analys där den teori som tagits fram kopplas till den respons som inhämtats från industrin.

I flertalet rapporter som studerats ges exempel där modularisering utgör en central beståndsdel i de affärsmodeller som utgår ifrån ett cirkulär ekonomiskt tänk, se kapitel 3.2. De är utformade för att skapa lönsamhet genom cirkulär ekonomi och uppfyller således det krav som SAM, Modular Management och Scania uppger är nödvändigt.

Utifrån studierna väntas affärsmodeller för cirkulär ekonomi gynnas av modularisering på följande sätt:

- Lönsamhet genom resursåtervinning.

Med en affärsmodell där företaget skapar lönsamhet genom resursåtervinning gynnas företaget av att implementera en cirkulär ekonomi eftersom att varje cykel genererar vinst och det strävas efter att maximera antalet och längden på produktlivscyklerna. För att möjliggöra en sådan affärsmodell finns tekniska krav som korrelerar med de krav som finns för att uppnå en cirkulär ekonomi. Ett krav som ställs är att komponenterna delas upp i förbrukningskomponenter och varaktiga komponenter, se kapitel 2.1.2. En modularitet skapad med de modulära drivkrafterna för uppgradering/omkonfigurering och återanvändning kommer då krävas för att göra detta lönsamt. Ur den aspekten kommer alltså modularisering vara en bidragande åtgärd för att uppnå cirkulär ekonomi.

- Lönsamhet genom förlängning av livscykeln.

En affärsmodell som utnyttjar förlängningar av produktens livscykel utnyttjar varje varv i cykel som en produkt eller komponent tar, se kapitel 3.2. Således kräver den att produkten är långvarigt tekniskt hållbar för att kunna genomföra så många cykler som möjligt samt att dessa cykler är så små som möjligt då det är billigare. Med dessa gemensamma krav är denna affärsmodell mycket fördelaktig i strävan efter en cirkulär ekonomi då incitamenten driver företagen till att effektivisera på ett sätt som gynnar den cirkulära ekonomin. För att uppnå detta är en produkt som modulariserats med de modulära drivkrafterna livslängd, underhåll och uppgradering gynnsam. En sådan affärsmodell gynnas då av modularisering för cirkulär ekonomi.

- Produkt som tjänst.

Vidare kan företag använda sig av en affärsmodell där de säljer produkter som tjänst, se kapitel 3.2. En sådan affärsmodell kräver likt en cirkulär ekonomi en långvarig teknisk hållbarhet för att kunna bli lönsam. Med en produkt som modulariserats med livslängd som modulär drivkraft kan detta möjliggöras. Således är även detta ett exempel där modularisering kan bidra till cirkulär ekonomi.

Var för sig bidrar affärsmodellerna ovan till olika aspekter av cirkulär ekonomi. För att dock nå så långt som möjligt i strävan efter cirkulär ekonomi bör de tre kombineras.

Eftersom att det är en stor ekonomisk risk att anamma cirkulär ekonomi i sin affärsmodell krävs det också att lönsamheten måste vara väldigt god för att väga upp riskerna. Tidigare nämnda affärsmodeller visar dock att denna lönsamhet teoretiskt går att nå med en väl utvecklad modularisering.

Vidare gäller dock att det med endast de empiriska undersökningarna som utgångspunkt är det svårt att verifiera eller dementera huruvida modularisering faktiskt kan bidra till cirkulär ekonomi i praktiken. Eftersom varken SAM eller Modular Management arbetat med modularisering i syftet att uppnå cirkulär ekonomi och därmed heller inte utvärderat något sådant arbete. Det kan också konstateras att det idag finns väldigt få företag som uttalat arbetar mot cirkulär ekonomi.

Modulariseringsarbetet på Scania idag strävar inte heller specifikt efter cirkulär ekonomi. Det finns dock indikationer på stora möjligheter för fortsatt arbete i en sådan riktning, där modulariseringsarbetet utgör en viktig del. Idag arbetar Scania mycket med att sälja sina produkter som tjänster, vilket är en av affärsmodellerna som förespråkas i kombination med modularisering för att gå mot cirkulär ekonomi. För att vidare närma sig cirkulär ekonomi bör Scania således behålla kontrollen av sina produkter längre i produktlivscykeln samt utöka arbetet med underhåll och reparation av sina produkter.

Industrin idag efterfrågar i hög grad modularisering för att hantera en bred variation och komplexitet hos sina produktfamiljer. Dessa är faktorer (produktvariation och anpassning) som enligt Gu & Sosale (1999) bidrar till att förbättra energieffektiviteten och materialkonsumtion, samt minimerar inverkan på miljön, vilket även är ett av stegen mot cirkulär ekonomi. Där med finns tecken på att modularisering i industrin har möjlighet att gå mot cirkulär ekonomi utifrån det modulariseringsarbete som görs idag.

SAM, Modular Management och Scania är eniga om att det inte är tillräckligt med ekologisk hållbarhet som argument för att arbeta för en cirkulär ekonomi, lönsamhet måste alltid ligga till grund vid alla beslut. Som Modular Management understryker är ett företags affärsmodell en vital del för att också modulariseringen ska kunna vara framgångsrik. Då flertalet affärsmodeller tagits fram från studier av en mängd olika företag finns tecken på att modularisering för cirkulär ekonomi är möjligt.

Ett tecken på att det ändå finns intresse för att skaffa sig kunskap om cirkulär ekonomi är att Modular Management tagit hjälp av en master-student som i dagsläget utreder hur de kan applicera cirkulär ekonomi i sina tjänster för att se om det ytterligare kan skapa värde för deras produkt. Det är därför även intressant att i framtiden utvärdera vilka slutsatser som dragits, om cirkulär ekonomi är något som Modular Managements kunder vill ha, eller vill sträva efter.

Erik från SAM nämner även att något som skulle kunna få fart på företags vilja att implementera cirkulär ekonomi är regleringar och lagar som skulle göra det fördelaktigt, eller tvingande att införa detta. För motordrivna fordon har bestämmelser kring återvinning och återanvändning funnits sedan 2005 (EU & Council 2005). Att ha lika specifika direktiv och krav för samtliga tillverkade varor är troligtvis orealistiskt då det skulle krävas att varje produktkategori utreds, i detalj vilket skulle ta mycket tid och resurser.

Med den risk som finns för ökade materialkostnader i framtiden är det tydligt att företag som Scania kommer behöva implementera en cirkulär ekonomisk affärsmodell för att vara fortsatt konkurrenskraftig. Att det dessutom ges nya möjligheter för intäkter innebär att det eventuellt är av stort intresse i alla fall. De tre affärsmodeller som ges som exempel bevisar också att det är tydligt att modularitet behövs för att skapa en tillräckligt stor lönsamhet i en övergång till cirkulär ekonomi. I Scantias fall kan det helt enkelt vara ett naturligt nästa steg.

6. Diskussion och slutsats

I detta avsnitt presenteras de slutsatser som kan dras från rapporten. Dessutom diskuteras sådant i metoden som kan påverka resultatet på något sätt samt vad som kan göras i framtida arbeten för att bygga vidare på ämnet.

6.1. Slutsatser

Modulariserad produktdesign kan bidra till cirkulär ekonomi genom att modulariseringen drivs av de rätta modulära drivkrafterna. Det är alltså av stor vikt att modulariseringen genomförs med de modulära drivkrafter som redovisats ge de efterfrågade effekterna. Det innebär att den cirkulära ekonomin måste tas i beaktning redan under modulariseringen. En produkt modulariserad med andra modulära drivkrafter ger alltså sällan de effekter som krävs för att bidra till den cirkulära ekonomin.

Vidare finns indikationer på att modularisering utgör en viktig grundsten för att affärsmodeller för cirkulär ekonomi ska vara lönsamma. Detta innebär också att företag som länge och framgångsrikt arbetat med modularisering har ett kortare steg till att nå cirkulär ekonomi.

I linje med vad både SAM och Scania benämner som fundamentalt för modularisering, att modulariseringsarbetet genomsyrar hela företaget, bör detta också vara fundamentalt för att lyckas implementera cirkulär ekonomi. Det kan alltså krävas att en helhetsomvandling görs inom företaget, så att varje beslut som tas har cirkulär ekonomi i åtanke. Detta gäller även företagets affärsmodell, framtida affärsmodeller som används måste vara utformade för att kunna dra nytta av alla aspekter av en cirkulär ekonomi för att göra det lönsamt. Detta gör omvandlingen kostsam och långdragen men är troligtvis nödvändig för att kunna genomföras på rätt sätt. I detta ingår att använda passande affärsmodeller som bättre skapar lönsamhet med flera produktlivscyklar.

Mycket visar på att resurstillgången i framtiden kommer minska, dess priser öka, samtidigt som ökade regleringar kring resurseffektivitet väntas. De i sig kan vara starkt drivande faktorer för att få företag att övergå till cirkulär ekonomi. En annan fundamental drivkraft för förändring är kundernas efterfrågan, eller förväntade efterfrågan.

Slutligen kan cirkulär ekonomi vara en lösning på de framtida ekonomiska utmaningar som industrin kommer möta på bland annat knapphet på resursknapphet. Det visas dock att modularisering kan göra cirkulär ekonomi lönsamt redan i dagsläget.

6.2. Metodreflektion

För det här arbetet har tre företag intervjuats, varav två är konsultbolag. Samtliga av dessa bolag arbetar med modularisering, men inget arbetar idag uttalat med cirkulär ekonomi. Då cirkulär ekonomi inte idag är något som är väl etablerat begrepp inom industrin så innebär det att väldigt få, om någon alls, idag jobbar med det. För att få en bättre bild av hur industrins eventuella arbete med cirkulär ekonomi eller liknande ser ut kan det ha varit en fördel att ha kontakt med en större mängd företag.

En orsak till att det saknas exempel från Modular Management och SAM där modularisering använts för cirkulär ekonomi, kan också vara bristande kunskap om ämnet cirkulär ekonomi. Båda företag nämner att de inte är särskilt bekantade med termen cirkulär ekonomi eller vad den innebär. Att inte cirkulär ekonomi efterfrågas kan också handla om okunskap i fler led än konsultbolagen. Skulle slutkunder efterfråga produkter med detta tänk, skulle även de tillverkande företagen börja utvärdera hur de skulle kunna möta efterfrågan. De skulle i sin tur då antingen utreda saken internt, eller vända sig till företag som Modular Management och SAM, som då skulle behöva kunskap i ämnet för att kunna sälja in en lösning på problemet.

Det ska också tas i beaktning att begreppet cirkulär ekonomi är relativt nytt. Detta ger upphov till definitionsskillnader i litteratur vilket försvårar möjligheten att diskutera vad som kan hjälpa som bidragande metoder.

Vidare kan det också ifrågasättas hur pass objektiva de rapporter som skrivits av Ellen MacArthur Foundation, Accenture Strategi och McKinsey är.

Ellen MacArthur Foundation grundades med syftet att just sprida filosofin kring cirkulär ekonomi. Därför kan det argumenteras för att den rapport som kommit ut i ämnet är mer eller mindre vinklad till dess fördel. Dock ska det ha i åtanke att EU 2012 gick ut med ett manifest som sade att cirkulär ekonomi är den enda vägen att gå för att skapa ett resurseffektivt samhälle.

Rapporten "Towards the circular economy" är framtagen i samarbete med McKinsey & Company som även tagit fram "Remaking the industrial economy". Då McKinsey & Company har en affärsmodell där det är involverat att presentera idéer som sedan företag kan anlita dem för att implementera. Med det i åtanke finns det incitament från McKinseys sida att vinkla sina resultat till det positiva. På liknande sätt har Accenture Strategy tagit fram rapporten "Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth". Liksom McKinsey vill Accenture självklart sälja idén om cirkulär ekonomi för att själva generera intäkter vid arbete att implementera denna.

Samtidigt ska hänsyn tas till att både McKinsey och Accenture är två världsledande konsultbolag som både har resurser och kunskap för att utreda koncept och gå till grunden med vad som är realiserbart. Trots att rapporterna kan vara något positivt vinklade kan även sägas att de inte presenterat rapporten om det inte fanns något verkligt värde i den. Det kan vidare argumenteras att trots att det finns risk för att innehåll i rapporterna till viss nivå kan vara positivt vinklat är det samtidigt i både McKinseys och Accentures intresse att publiceringen har verklighetsförankrade resultat. Både därför att motsatsen skulle skada deras anseende som konsultbyrå men även då de inte själva har intresse för att bli anlitate att genomföra projekt som inte fungerar i praktiken.

6.3. Förslag på framtida studier

Eftersom detta fortfarande är relativt nya och utforskade områden där det fortfarande händer mycket kommer det antagligen framöver att finnas mycket information tillgänglig som inte finns idag. Det finns idag många vetenskapliga akademiska rapporter kring modularisering men inte så många om cirkulär ekonomi. Då mycket av det arbete

som görs i industrin idag är i utvecklingsfasen är det mycket som hålls hemligt. Detta ger upphov till ett stort mörkertal för hur det ser ut på marknaden.

Framöver kommer ämnesområdet produktion behöva behandla inte bara skapandet av en produkt, utan även upprätthållandet och underhållet av produkten. Det behöver hittas effektiva sätt för att underhålla hela produktsystemet. Detta kommer involvera att förutse vilka moduler som kommer efterfrågas baserat på livscykel- och livslängdsanalyser för att vara beredd på att tillhandahålla dessa vid kritiskt läge. Vidare kommer det behöva skapas såväl distribution- som redistributionssystem för att få tillgång till information om de produkter som är i användning och hur man rent logistiskt kan tillhandahålla det som är nödvändigt.

Vidare behövs mer forskning och utredning göras för att ta reda på och specificera vilka vinstmöjligheter modularisering för cirkulär ekonomi öppnar upp för. Det kan dock också vara så att det som krävs för att mer arbete ska ske i riktning mot cirkulär ekonomi helt enkelt är att någon bara börjar.

7. Referenser

- Bakker, C. et al., 2014. Products that go round: Exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, pp.10–16.
- Blackenfelt, M., 2001. *Managing complexity by product modularisation*.
- Clift, R. & Allwood, J., 2011. Rethinking the economy. *Chemical Engineer*, (837), pp.30–31.
- Ecorys, 2012. *Mapping resource prices : the past and the future*,
- Eggen, O., 2002. *Modular product development*. Norwegian University of Science and Technology.
- Ellen Macarthur Foundation, 2013. Towards the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), pp.4–8.
- Erixon, G., 1998. *Modular Function Deployment - a method for product modularisation*. Royal Institute of Technology.
- EU & Council, 2005. *DIRECTIVE 2005/64/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL*,
- European Commission, 2011. *A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*,
- Hata, T., Kato, S. & Kimura, F., 2001. *Design of product modularity for life cycle management*. The University of Tokyo.
- Johnson, H.T. & Bröms, A., 2000. *Profit Beyond Measure* 1st ed.,
- Kimura, F. et al., 2001. Product Modularization for Parts Reuse in Inverse Manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 50(1), pp.89–92.
- Lacy, P. et al., 2014. *Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*,
- Nguyen, H., Stuchtey, M. & Zils, M., 2014. *Remaking the industrial economy*,
- Seliger, G. & Zettl, M., 2008. CIRP Annals - Manufacturing Technology Modularization as an enabler for cycle economy. , 57, pp.133–136.
- Seliger, G. & Zettl, M., 2008. Modularization as an enabler for cycle economy. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57(1), pp.133–136.
- Stahel, W., 2010. *The Performance Economy* 2nd ed., The Free Press.

World Economic Forum, 2014. *The Future Availability of Natural Resources A New Paradigm for Global Resource Availability*,

Intervjuer

Johansson, K., Scania AB, 2015-05-04.

Erlandsson, A., Modular Management AB, 2015-04-24.

Mårtensson, E., SAM, Samarbetande Konsulter AB, 2015-04-11.

Figurer

Omslagsbild, <http://www.thewastesolution.co.uk/2014/08/zero-waste-europe-moving-towards-a-circular-economy/>, 2015-04-10

Figur 4, <http://www.fairphone.com/projects/circular-economy/>, 2015-04-13

Figur 5, <http://www.partnersforinnovation.com/en/vision/>, 2015-04-13

Appendix A – MFD

MFD (modular function deployment) är en modell för modularisering som tagits fram av Gunnar Ericson, PhD och presenteras i hans doktorsavhandling "Modular Function Deployment - a method for product modularisation", 1998. Syftet med modellen är att vara en generell metod som går att applicera på ett brett spektrum av produkter. Målet är att hitta en optimal modulär produktdesign som uppfyller företagets behov och strategier. Detta nås med en strukturerad process i fem huvudsteg.

Steg 1: Definiera kundbehov

För att säkerställa att både nutida och framtida kundbehov tillfredsställs när produkten utvecklas behöver man i det första steget definiera vad det är för behov som modulariseringen är tänkt att tillgodose. Detta görs via en QFD (quality function deployment) analys, utvecklad av Professor Yoji Akao. I Figur A.1 redovisas hur en sådan kan se ut. QFD analysen resulterar i ett antal parametrar för produktgenskaper och kundbehov som sedan måste eftersträvas i nästkommande steg av utvecklingen.

QFD matrix

		Customer Segments Weight				Trend	Q, OW or D	Product Properties						
		A	B	C	\bar{X}			PP1	PP2	PP3	PP4	PP5		
								L < 10/20mm	M = 1 kg	C = Red / Blue	Shape 3	A > 10W		
												Variance		
												Product Development		
												Goal Value		
Customer Demand	CD1	→	2	5	5	4	Q	○		●		○		
	CD2	↑	5	4	4	4	OW		●		⊗	●		
	CD3	→	1	3	2	2	Q	⊗		●				
	CD4	→	1	1	3	2	Q	●			⊗	○		
												Connection Matrix		
		Customer Segments Product sum.						A	14	45	27		18	48
								B	23	36	72		15	42
								C	38	36	63		21	44
								Mean value	25	39	54	18	45	
								(Max – Min) value	24	9	45	6	6	

Figur A.1. Exempel på QFD matrix.

Steg 2: Omvandla kundbehov till designspecifikation med val av tekniska lösningar.

Med utgångspunkt i resultatet från steg 1 bestäms vilka tekniska lösningar som skall användas. En kartläggning av vilka, av den stora mängd lösningar som finns, som ska väljas kan bland annat göras med "Pugh selection matrix" som anses vara ett lätt och strukturerat hjälpmedel för ändamålet. Detta är en metod där de tillgängliga koncepten för tekniska lösningar vägs, graderas och betygssätts gentemot ett referenskoncept.

Steg 3: Generera ett koncept för modularisering.

De tekniska lösningar som valts från steg 2 är här analyserade och utvärderade för deras orsaker till att vara i separata moduler. Finns lösningar med samma modulära drivkrafter grupperas dessa ihop i MIM (modular indication matrix). Utifrån denna kan sedan ett utkast av vilka de olika möjliga modulerna är tas fram.

Med hjälp av MIM analyseras en produkts olika tekniska lösningar. Dessa betygssätts med en siffra (1,3,9) för hur viktig en modulär drivkraft är för en viss teknisk lösning. Siffrorna summeras sedan vertikalt, de med högst summa blir då modulkandidaterna, vilket visas i Figur A.2.

Module drivers		Technical solutions					
		Technical solution 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 5	TS 6
Development	Carry-over	3					3
	Technology push		9				
	Planned product change			3	9	9	
Product variants	Technical specification	9	3				
	Styling						9
Production	Common unit			9			
	Process/organisation				9	3	
Quality	Separate testing						
Purchasing	Supplier available	3		9			
After sales	Service/maintenance			3			3
	Upgrading				3		1
	Recycling	1					
Sum of drivers		16	12	24	21	12	16
Module candidates				*	*		

Figur A.2. Exempel på Module indication matrix.

Steg 4: Utvärdera koncept.

Efter att ha utvecklat ett antal koncept utifrån de fyra tidigare stegen måste flertalet frågor ställas och utredas. Vilka av koncepten ska väljas? Är de nyframtagna koncepten signifikant bättre än de gamla/befintliga lösningar? Vilka effekter på verksamheten kommer dessa koncept generera?

En central aspekt vid modularisering är hur modulerna samspelar med varandra. Hur modulerna samspelar med varandra har stor inverkan på både den slutgiltiga produkten och hur pass flexibel man kan vara med modulerna.

I detta steg måste även hänsyn tas till ekonomiska faktorer, ledtid, produktionskostnader, utvecklingskostnader, återvinningsbarhet, möjlighet till service och uppgraderbarhet.

Steg 5: Förbättra och optimera varje modul

I detta steg ska varje modul som tagits fram tidigare i processen optimeras utifrån vilket syfte moduler fyller. Vad som är viktigt för varje modul har tidigare i steg 3 specificerats i MIM och fungerar därför som en riktlinje för vad som just är viktigt för respektive modul. Är till exempel service en huvudorsak för en modul enligt MIM (motsvarande 9 i MIM matrisen). Borde denne utformas för att lätt kunna demonteras.