



Fakulteten för teknik- och naturvetenskap

Daniel Hjalmarsson, Jonas Jonsson

# Modularisering

Modulbaserad arkitektur – flexibel motormodulline

Modularization

Module based architecture – flexible engine module line

Maskinteknik

Examensarbete Kandidatexamen

Datum/Termin: 10-06-24

Handledare: Lars Jacobsson

Examinator: Hans Johansson

# FÖRSÄKRAN

Denna rapport är en deluppfyllelse av kraven till högskoleingenjörsexamen på maskiningenjörsprogrammet på Karlstads universitet.

Allt material i denna rapport som inte är vårt eget arbete har identifierats och vi försäkrar härmed att rapporten inte innehåller material som använts i en tidigare examen.

Ort och datum

.....  
NN

.....  
NN

Godkänd  
Ort och datum

.....  
Handledare

.....  
Examinator

## Sammanfattning

Antalet varianter av anläggningsmaskiner som erbjuds till kund ökar. Detta ställer stora krav på tillverkningen eftersom fler och fler varianter måste kunna hanteras i samma produktionssystem. På Volvo CE i Arvika som tillverkar hjullastare sker tillverkningen på två olika lines. En för medium och en för large. Där bedrivs ett utvecklingsprojekt där ett av de främsta målen är att slå ihop M- och L-line för att på så vis kunna uppnå en högre flexibilitet i både produktmix och volym. För att kunna tillverka många olika varianter finns det behov av att titta på frågeställningar som: Hur uppnås samma arbetsinnehåll oavsett modell och storlek? Hur uppnås liknande tillverkningsmetod och monteringsupplägg oavsett modell? Hur skapas många olika varianter med få komponenter?

Modularisering av produkten är en metod med stor potential att bidra till att lösa dessa frågeställningar. Syftet är att analysera potentialen med moduler, och vid positivt resultat skapa ett intresse för moduler inom Operations Sweden för att få igång fortsatta aktiviteter. Målsättningen är att påvisa på vilket sätt införlivandet av modulbaserad produktion kan påverka en eller flera av följande faktorer; produktkostnad, andel gemensamma komponenter samt lageromsättningshastighet. För att modulindelningen vid ett positivt resultat skall kunna appliceras på hela produkten genomförs också metodstudier för att söka finna en metod med vilken en effektiv modulindelning kan genomföras. Därför redovisas i teoridelen befintliga dokumenterade modulindelningssätt.

Ett modulkoncept utvecklas för en avgränsad del av hjullastaren. Denna modul benämns i arbetet som motormodulen. Initialt har en undersökning av aktuella monteringsstationer för ingående komponenter genomförts. Samtidigt har benchmarking utförts på företag som ansetts intressanta i modulariseringssammanhang.

Resultatet innefattar en ett förslag på moduldefinition samt en konceptuell modulindelning av den avgränsade delen av hjullastaren. Ett konceptupplägg på en monteringsline samt dess bidrag till att sänka produktkostnad redovisas.

Metoder för modulindelning kan se mycket olika ut, det är dock av största vikt att metoden för modulindelning får förankring inom alla delar av organisationen. Slutsatser som kan dras av detta arbete är att det finns många fördelar av att införa modulbaserad produktion i form av kostnadsbesparingar, ökad flexibilitet samt ökat nyttjande av gemensamma resurser. Det bör dock tilläggas att för bästa genomslag bör ej modulkonceptet begränsas till en enskild produkt.

## Abstract

The number of variants of construction equipment being offered to customers increases. This in its turn increases the requirements on the manufacturing process since more variations needs to be dealt with in the same production system. Volvo CE in Arvika manufactures wheel loaders. They are assembled on two different lines, one for medium sized, and one for large size. A project is conducted where one of the main objectives is to merge the M-and L-line assembly to achieve a higher flexibility in both product mix and volume. To be able to produce many different variants, there is a need to questions things like: How do we achieve the same work content regardless of model and size? How do we achieve a similar method of manufacturing and assembly approach regardless of model? How do we create many different variants with fewer components?

Modularization of products is a method with great potential to resolve these issues. The aim is to analyze the potential of modules, and to create an interest of modularization within Operations Sweden in order to initiate further development. The goal is to demonstrate how the integration of modular production can affect one or more of the following factors: product cost, common units, and inventory turnover. A brief review of known methodology for modularization is reviewed and tested on a limited part of the product, thus making it possible to apply this method on the entire product if the modularization has a positive outcome.

A module concept of a distinct part of the wheel loader is developed. This module will be referred as the engine module. Within this module other sub-modules are developed. Initially an analysis of the involved assembly stations is made. At the same time benchmarking of companies whom have successfully applied a modular structure is made.

The result includes a proposal for module definition and a conceptual modularization of the distinct part of the wheel loader. A concept layout of an assembly line is developed, and its contribution to reducing product cost analyzed.

Methods of modularization may look very different, it is essential that the method of modularization can be anchored in all parts of the organization. What we may conclude in this work is that there are many benefits of the introduction of modular based production in the form of cost savings, increased flexibility and increased use of common resources. It should however be added that the best impact should not be limited to the modular concept of a single product.

# Innehåll

Sammanfattning .....	3
Abstract .....	4
1. Inledning.....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Frågeställningar .....	7
1.3 Syfte .....	8
1.4 Mål .....	8
1.5 Avgränsningar .....	8
2. Teori .....	9
2.1 Modulbaserad produktarkitektur .....	10
2.2 Fördelar med modulbaserad produktion .....	11
2.3 Nackdelar med modulbaserad produktion.....	15
2.4 Ergonomi och effektivitet.....	17
3. Metod .....	18
3.1 Dela upp produkten i moduler.....	18
3.2 Alternativ metod.....	24
3.3 Benchmarking .....	25
4. Nulägesanalys.....	29
4.1 Volvo CE Arvika.....	29
4.2 Tidigare modulprojekt.....	31
4.3 Översikt aktuella monteringsstationer.....	31
4.4 Föregångare inom Volvo CE.....	34
4.5 Befintliga moduler Volvo CE Arvika .....	36
4.7 Sammanställning benchmarking .....	38
5. Genomförande .....	41
5.1 Definition modul .....	41
5.2 Modulnivåer .....	42
5.3 Definition gränssnitt.....	43
5.4 Kravspecifikation .....	44
5.5 Monteringskoncept.....	45
5.6 Modulindelning .....	46
5.7 Funktionsanalys.....	48
5.8 MIM-Matris.....	49
5.9 Moduler .....	50
6. Resultat.....	51

6.1 Motormodulen - Systemmodul.....	51
6.2 Moduler .....	52
6.3 Modulkarta .....	53
6.4 Gränssnitt .....	54
6.5 Motormodulline.....	55
6.6 Beräkningar – Effekter på ledtid och yteffektivitet.....	56
6.7 Integrerade lyftpunkter .....	57
6.8 Exempel på hantering av variationer.....	58
7. Analys.....	59
7.1 Effekter av införande av motormodulen .....	59
7.2 Utvärdering av modulindelningmetod.....	60
8. Slutsats .....	61
9. Tackord.....	62
Referenslista .....	63
Bilaga 1: Monteringskoncept.....	B-1
Bilaga 2: Benchmarkingformulär.....	B-2

# 1. Inledning

Arbetet har syftat till att tillämpa ett modulkoncept i liten skala genom att undersöka modulariseringen av en hjullastare. För att göra utfallet mer konkret specialstuderas motorutrymmet och kringliggande komponenter samt på vilket sätt denna del av hjullastaren kan utgöra en modul. Denna modul nämns som motormodulen. Modulariseringen skall dock ej endast avgränsa sig till hjullastare, utan bör ske på ett sådant sätt att synergier kan skapas inom hela Volvo Construction Equipment. Arbetet med detta examensarbete har skett som en del av maskiningenjörsprogrammet på Karlstads universitet, fakulteten för teknik- och naturvetenskap, och är en examinerande rapport på kandidatnivå (B. Sc. mechanical engineering). Arbetets omfattning är 22,5 högskolepoäng, CES och är i huvudsak förlagt hos uppdragsgivaren Volvo Construction Equipment<sup>1</sup>, Operations Sweden, Arvika.

Handledare: Per Augustsson, Man. Dev. OP Sweden.  
Lars Jacobsson, Universitetsadjunkt, fakulteten för teknik- och naturvetenskap, Avdelningen för maskin- och materialteknik

Examinator: Hans Johansson, Universitetsadjunkt, fakulteten för teknik- och naturvetenskap, Avdelningen för maskin- och materialteknik.

## 1.1 Bakgrund

Antalet varianter av anläggningsmaskiner som erbjuds till kund ökar. Detta ställer stora krav på tillverkningen eftersom fler och fler varianter måste kunna hanteras i samma produktionssystem. På Volvo CE har detta nu blivit särskilt påtagligt då man nu kommer att tillverka två generationer samtidigt på samma line för att uppnå en större marknadssegmentering. Idag sker tillverkningen på två olika lines. En för medium och en för large. Ytterligare en specielline finns för Heavy. På Volvo CE Arvika bedrivs ett utvecklingsprojekt som går under namnet SELMA. Ett av de främsta målen i projektet är att ihop M- och L-line för att på så vis kunna uppnå en högre flexibilitet i både produktmix och volym.

## 1.2 Frågeställningar

För att kunna tillverka många olika varianter finns det behov av att titta på frågeställningar som:

Hur uppnås samma arbetsinnehåll oavsett modell och storlek?  
Hur uppnås liknande tillverkningsmetod och monteringsupplägg oavsett modell?  
Hur skapas många olika varianter med få komponenter?

Modulindelade produkter är en metod med stor potential att bidra till att lösa dessa frågeställningar.

---

<sup>1</sup> Benämns nedan som Volvo CE

### 1.3 Syfte

Analysera potentialen med moduler, och vid positivt resultat skapa ett intresse för moduler inom Operations Sweden för att få igång fortsatta aktiviteter.

För bästa genomslag bör potentialen konkretiseras på sådant sätt att man kan se eventuellt bidrag till Volvo CE´s strategiska mål.

De KPI: er som innefattas av Volvo CE´s strategi är:

- Produktkostnad -10 %
- Ökad andel gemensamma komponenter 20 %
- Raw material and WIP inventory turns of 20
- Reducera garantikostnader med 50 %

### 1.4 Mål

Att påvisa på vilket sätt införlivandet av modulbaserad produktion kan påverka en eller flera av följande faktorer:

- Produktkostnad
- Andel gemensamma komponenter
- Raw material and WIP inventory turns

För att modulindelningen vid ett positivt resultat skall kunna appliceras på hela produkten genomförs också metodstudier för att söka finna en metod med vilken en effektiv modulindelning kan genomföras.

### 1.5 Avgränsningar

- Urval av komponenter som ingår i den systemmodul som omnämns motormodul sker godtyckligt utan att bryta ner hela produkten i systemmoduler.
- Endast den del av monteringsflödet som kan knytas till ovan nämnda komponenter analyseras.
- Metoderna för modulindelning tillämpas endast på de komponenter som ingår i ovan nämnda del av monteringsflödet.
- Identifiering av submoduler i motormodulen identifieras och kategoriseras endast på funktionsnivå. Ytterligare nedbrytning av dessa är ej möjligt inom given tidsram för projektet.
- Motormodulen skall vara applicerbar på L60G – L220G men kommer i detta arbete i huvudsak utarbetas för L150G



## 2. Teori

Vad är egentligen modulbaserad produktion? En fråga som vi givetvis måste ställa oss inför denna uppgift. För att svara på detta måste vi först fråga oss vad konventionell produktion innebär. Det finns två sorters produktarkitekturer; integrerad och modulbaserad, där integrerad arkitektur ses som den konventionella. I en integrerad produkt är de ingående funktionella elementen anslutna med fysiska komponenter och/eller anslutna interface. Dessa kan vara anslutna med varandra på ett mycket komplext sätt, ej "en-till-en".<sup>2</sup>

En modulbaserad produkt å andra sidan har en "en-till-en" överensstämmelse mellan moduler och funktioner. Den är uppbyggd av sub-system eller moduler vilka kan monteras till varandra på ett på förhand bestämt sätt. Detta möjliggör att man kan ändra eller byta ut en modul utan att behöva ändra de andra för att produkten skall bibehålla sin funktion.<sup>3</sup>

Som exempel kan vi ta en stationär dator. En dator är uppbyggd av ett antal givna komponenter för att uppfylla en viss funktion. Dessa kan vara chassi, nätaggregat, moderkort, processor, minne, hårddisk, grafikkort mm. Alla dessa har sinsemellan förutbestämda gränssnitt dels rent mekaniskt för att kunna fästas, dels vad det gäller kommunikation och strömförsörjning. Med hjälp av dessa förutbestämda gränssnitt kan man kombinera olika komponenter för att skapa en otalig mängd kombinationer för att möta kundens krav. Ändå byggs de alla på samma sätt. En dyr dator tar inte längre tid att bygga än en billig. De olika tillverkarna av komponenter kan också utveckla sina produkter oberoende av varandra. Tillverkaren kan välja att tillverka komponenter själv eller köpa färdiga från underleverantörer. Service och underhåll underlättas genom att man enkelt kan byta ut en felaktig del. I det här exemplet är det mycket lätt att se fördelarna gentemot vad det skulle innebära att tillverka en integrerad produkt, vilket också var fallet innan PC-standarden lanserades.

Detta sätt att betrakta modularisering lägger tyngdpunkt på utbytbarhet. I vissa produkter kan det dock vara svårt att göra allt utbytbart. Exempelvis om det gäller en produkt där produktserien är av kraftigt varierande dimensioner. Man kan då istället fokusera på att försöka införliva en gemensam arkitektur, dvs. att samtliga komponenter är uppbyggda på samma vis men är ej utbytbara 1:1. Detta gör naturligtvis avkall på utbytbarhetsprincipen, men ger istället andra fördelar såsom att produktion och montering likriktas.

Modulbaserad produktion är inte så ovanligt förekommande som det kanske låter när vi omnämner integrerad produktion som det konventionella arbetssättet, utan praktiseras utav ett växande antal globala och lokala tillverkare vilka tillämpar modulbaserad produktion som ett led i deras strategiska utvecklingsprocesser för att nå konkurrensfördelar.<sup>4</sup> Erfarenheter visar att de företag som på ett systematiskt sätt använt sig av modulkoncept avsevärt kortat ner utvecklingstider, ökat antalet produktvarianter, gjort det möjligt att mycket snabbt införliva nya teknologier, samt reducerat kostnaden för utveckling och produktion.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> Ulrich, Karl, *The role of product architecture in the manufacturing firm*, Research Policy, 24 (1995), pp. 419-440.

<sup>3</sup> Eggen, Øystein, *Modular product development*, Department of Product Design, Norwegian University of Science and Technology, 2003

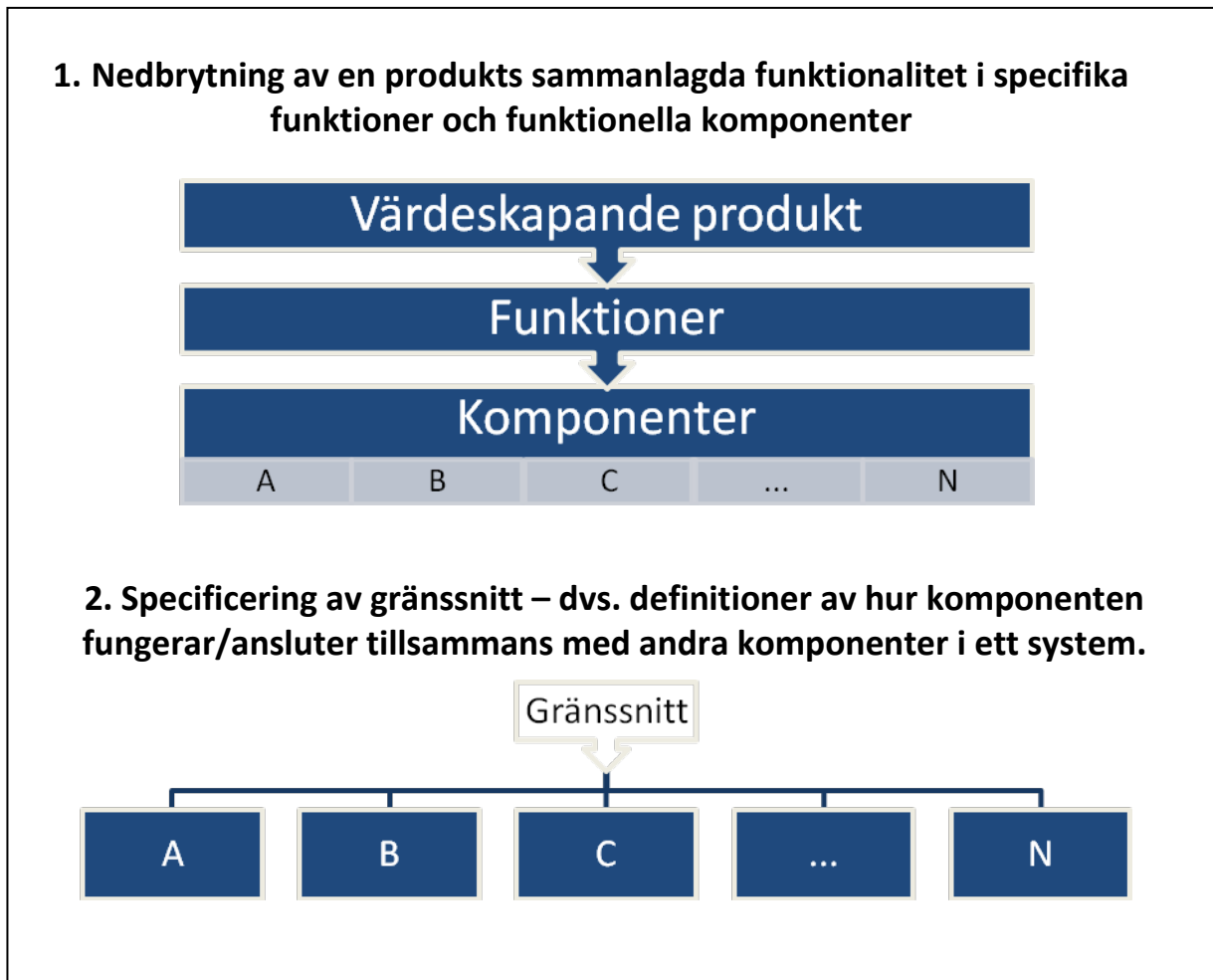
<sup>4</sup> Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.

<sup>5</sup> Ibid

## 2.1 Modulbaserad produktarkitektur

Modularisering är ett verktyg för att bryta ner produktstrukturer i mindre hanterbara enheter.<sup>6</sup> en arkitektur. Med produktens arkitektur menas:

1. På vilket sätt den sammansatta funktionen hos en produkt är uppdelad i ett antal funktionella komponenter.
2. På vilket sätt de funktionella komponenterna är menade att fungera tillsammans i produkten – dvs specifikationen av komponenternas gränssnitt.<sup>7</sup>



Figur 1 – Skapa moduler som anknyter till kundvärde och definiera dess gränssnitt

I mycket enkla produkter kan produkten brytas ner direkt till enskilda delar. I komplexa produkter däremot kan man först dela in produkten i system, vilka sedan kan brytas ner i sub-system, komponenter, och slutligtvis enskilda delar.

En modulbaserad produktarkitektur är en arkitektur som tillåter variation av olika ”plug and play” komponenter och på så vis skapar produktvarianter. För att tillåta denna konfigurerbarhet av produkten krävs att gränssnitten mellan komponenterna är definierade på

<sup>6</sup> Ericsson, Anna & Erixon, Gunnar, *Controlling design variants: Modular product platforms*, Asme Press, New York, 1999.

<sup>7</sup> Sanchez, Ron, & Joseph T. Mahoney, *Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design*, Strategic Management Journal, Vol. 17 (1996), pp. 63-76.

ett sådant sätt att man kan byta ut komponenter i produkten utan att behöva förändra andra komponenter i produktarkitekturen. För att kunna göra detta krävs det att man definierar ett antal gränssnitt. Dessa kan exempelvis delas upp på följande vis:

1. Monteringsinterface - Hur en komponent ansluts/fästs till en annan.
2. Volymetriskt interface – Utrymmet en given komponent upptar
3. Överföringsinterface – Vad som går in och/eller ut
4. Kontroll och kommunikationsinterface – Hur en komponent signalerar till en annan komponent och vad den kommunicerar.
5. Användarinterface – Hur användare interagerar med produkten eller komponenten
6. Miljöinterface – Hur komponenten interagerar med den omgivande miljön. Hur funktionen hos en komponent påverkar funktionen på andra komponenter på ett oavsiktligt sätt.<sup>8</sup>

Det är viktigt att poängtera att den här uppdelningen av gränssnitten skall ses som en generell översikt av hur gränssnittsdefinitionerna kan delas upp. För varje produkt bör de interface som är av intresse för just denna delas upp. Man kan dock se denna uppdelning som en vägledning.

## 2.2 Fördelar med modulbaserad produktion

### Större produktvariation

Historiskt sett har det funnits två sätt att se på tillverkning. Det ena är ”skräddarsydda” fåstycksprodukter. Det andra är standardiserad masstillverkning.<sup>9</sup> Man kan se på modulbaserad produktion som ett sätt att uppnå masstillverkning av ”skräddarsydda” produkter till en låg kostnad. Produkter som byggs på en modulbaserad arkitektur kan lättare varieras utan att lägga till mycket komplexitet i produktionssystemet.<sup>10</sup>

Inom modulbaserad konstruktionsstrategi delas produkten upp på ett strategiskt sätt för att uppnå en ett-till-ett förhållande mellan vilka fördelar den tillför kunden och produktens tekniska struktur. Som ett resultat av detta delas produkten upp på ett sådant sätt att varje produktfunktion vars variation kan tänkas vara av betydande skillnad för kunden utgör en separat komponent. Dessa komponenter eller subsystem kan sedan utgöra moduler i en modulbaserad arkitektur. Varianter av dessa funktionella moduler kan sedan utbytas i den modulära arkitekturen för att skapa varianter baserat på olika kombinationer av komponentbaserade funktioner och prestanda. På detta vis kan en modulbaserad produkt användas som en konfigurerbar plattform för att kunna erbjuda ett stort antal variationer av ett och samma grundläggande koncept.<sup>11</sup>

### Snabbare teknisk utveckling – snabbare möta kundkrav.

En modulbaserad produktarkitektur kan också utformas på sådant sätt att sådana komponenter som man tror kommer få en stor teknologisk utveckling utgör egna moduler. Om då arkitekturen är uppbyggd på så vis som en egen modul med ett definierat gränssnitt kan man

---

<sup>8</sup> Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.

<sup>9</sup> Duray, R., P.T. Ward, G.W. Milligan and W.L. Berry, *Approaches to mass customization: configurations and empirical validation*, Journal of Operations Management, Vol 18 (2000), pp 605-625.

<sup>10</sup> Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D., *Product Design and Development*, McGraw Hill, New York, 1995.

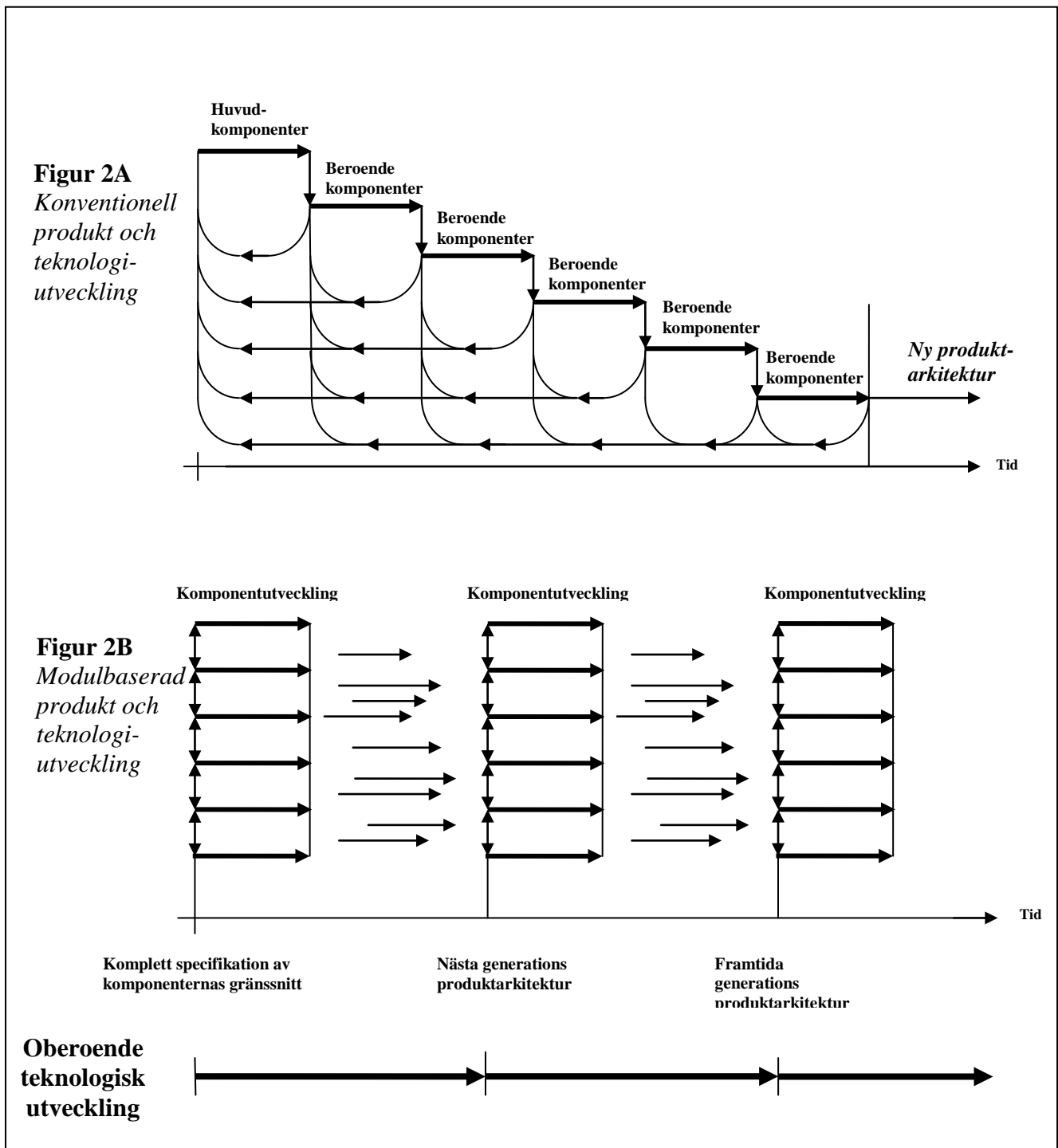
<sup>11</sup> Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.

enkelt införa nya teknologier så fort dessa finns tillgängliga. Om vi jämför med datorn som vi beskrev i det inledande kapitlet så kan man jämföra med att en datordistributör ersätter exempelvis grafikkortet i en dator med ett med nyare teknologi.

Nyckeln till en effektiv produktutveckling ligger i att vända bak och fram på konventionell produktutveckling. I produktutvecklingsprocessen utvecklas i regel huvudkomponenterna först, för att sedan försöka ta fram gränssnitt vilka möjliggör att alla komponenterna i produkten fungerar som ett system. Att arbeta på detta sätt, dvs att man låter komponentutvecklingen föregå komponenternas gränssnitt leder allt som oftast till att frekventa omkonstruktioner måste göras under utvecklingsprocessen, se figur 2a. Dessa omkonstruktioner kan uppta 50% eller mer av den totala utvecklingstiden.<sup>12</sup> I en modulbaserad arkitektur å andra sidan låter man gränssnitten mellan komponenterna fastslås först. Dessa gränssnitt betraktas sedan standardiserade, dvs man betraktar gränssnitten som ”heliga” och låter komponentutvecklingen anpassa sig efter dessa. Den här ”omvända” produktutvecklingsprioriteringen reducerar den totala utvecklingstiden och resurskraven genom att eliminera tidskrävande omkonstruktioner (figur 2b).

---

<sup>12</sup> Sanchez, Ron & Collins, Robert P., *Competing and Learning in Modular Markets*, Long Range Planning, Vol. 34 (2001), pp. 645-667.



Figur 2 – En helt definierad produktarkitektur skapar förutsättningar för helt oberoende utveckling

Vissa företag som försökt införa ”concurrent engineering”, dvs att samtidigt utveckla olika komponenter, utan att först standardisera gränssnitten får erfara att detta allt som oftast leder till ”concurrent chaos” istället.<sup>13</sup>

En annan fördel som är lätt att se är att effektiv DFMA kan utföras modul för modul när väl gränssnitten är fastslagna.

<sup>13</sup> Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.

### **Ekonomiska fördelar**

En modulbaserad produktstrategi reducerar generellt produktkostnader genom att dela in funktioner i en produktarkitektur till komponenter som sedan används gemensamt över flera produktmodeller och/eller återanvänds i framtida arkitekturer, i vissa fall även i andra produkter. Dessa gemensamma eller återanvändbara komponenter utgörs i regel av komponenter som är av grundläggande funktion dvs de är transparenta för kunden, de utgör ingen differentiering av produkten.

Att använda gemensamma komponenter i produktarkitekturen sänker utvecklingskostnader för nya produktvarianter. Produktionskostnaderna reduceras dels genom volymfördelar och dels utav att erfarenhetseffekter och dessutom större köpkraft vid eventuell outsourcing. Utökad användning av gemensamma och återanvändbara komponenter reducerar och antalet komponenter vilket i sin tur reducerar lagerhållningskostnader. Återanvända parter har också högre pålitlighet pga. att de successivt har förbättrats under lång tid, vilket på lång sikt också kan reducera servicekostnader samt kostnader som kan knytas till introduktionen av nya produkter.

Undersökningar har visat att strategiskt och systematiskt utnyttjande av modulbaserad arkitektur kan sänka kostnaden för produktframtagningskostnaden med 40% eller mer för många vanliga typer av produkter.<sup>14</sup>

### **Enklare underhåll reparationer och återvinning**

Med en modulbaserad produkt blir också underhåll, reparation och återvinning förenklat. Om vi tittar tillbaka på persondatorn så kan man exempelvis lätt byta ut en defekt DVD-ROM-enhet utan att påverka resten av systemet. Slutkunden har på samma sätt större möjligheter att på ett enkelt sätt påverka produktens variation efter att köpet gjorts. Detta ger naturligtvis också bättre möjligheter för eventuell eftermarknadsverksamhet.

De miljömässiga fördelarna är också påtagliga. Genom minimera antalet olika material i varje enskild modul kan återvinningen förenklas avsevärt. Man kan också se till att särskilt miljöfarliga material innefattas av en och samma modul för att förenkla sorteringen av detta.

### **Bättre integration**

Funktionsindelning gör det lättare att anknyta marknadsmässiga mål till specifika komponenter. Dvs. om man exempelvis på marknadssidan särskilt saluför en funktion i produkten kan denna knytas direkt till en specifik modul. Om vi tittar på integrationsaspekter i monteringen så kan med fördel arbetsgrupper ordnas på ett sådant sätt att de innehåller de tempon som behövs för samtliga delmontage, modul samt dess montering på en huvudline. På detta sätt ansvarar arbetsgruppen för ett tydligt avgränsat led i produktionen vilket med fördel kan målstyras.

### **Design**

Genom att låta komponenter som är känsliga för trender och stilförändringar i designvärlden utgöra egna moduler kan dessa med fördel lätt omdesignas utifrån de redan angivna gränssnitten. På så vis kan man enkelt modernisera en produkt på ett mycket enkelt sätt. Ett bra exempel på detta är Sony Walkman, vilken såldes som totalt 250 olika modeller under flera års tid, trots att innanmätet var i stort sett identiskt.

---

<sup>14</sup> Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.

## Kvalitet

Genom att införliva krav på separat testbarhet, dvs. att varje modul testas separat före de monteras ihop till en färdig produkt. Detta leder till att man kan arbeta enligt nollfelsprincipen och eliminera slutprovning av den färdiga produkten. Dessutom minskar risken för att man bygger in fel i produkten vilka leder till att man måste demontera stora delar av produkten för att åtgärda felet.

Om man dessutom kan minska artikelfloran genom modulariseringen kan man minimera kvalitetsbristkostnader genom de fördelar man får genom att tillverka färre komponenter men i större volym. Med större erfarenhet om processen tillsammans med färre komponenter att tillverka minskar i regel kvalitetsbrister.



Figur 3 - Funktionstest av Hytt Volvo, CE Hallsberg

## 2.3 Nackdelar med modulbaserad produktion

Man kan inte säga att modulbaserad produktion lämpar sig för alla företag. Omfattande konstruktionsarbete kan bli olönsamt om företaget producerar ett för litet antal enheter och/eller ej har så många varianter på dessa.<sup>15</sup> Ett annat problem kan uppstå när man försöker skapa olika prisnivåer som i exempelvis VW's plattformstänkande. Köpare börjar fundera på om varför de skall betala \$25000 för en Audi A6 när den är misstänkt lik en Volkswagen

---

<sup>15</sup> Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.

Passat för \$16000. Företaget verkar ha fokuserat för mycket på föreställelsen att ett bilköp är emotionellt och inte rationellt.<sup>16</sup>

I vissa fall kan också en integrerad produkt vara en bättre lösning. Ta exempelvis ljudnivån i en bilkupé. Konstruktörerna behöver ha en omfattande kunskap om hur chassi, motor, kaross och drivlina påverkar varandra. Om då de olika delarna tillverkats av olika konstruktörsgrupper eller underleverantörer med sina egna specialistkunskaper kan resultatet bli mycket bullrigt.

---

<sup>16</sup> Businessweek, Nov. 1999

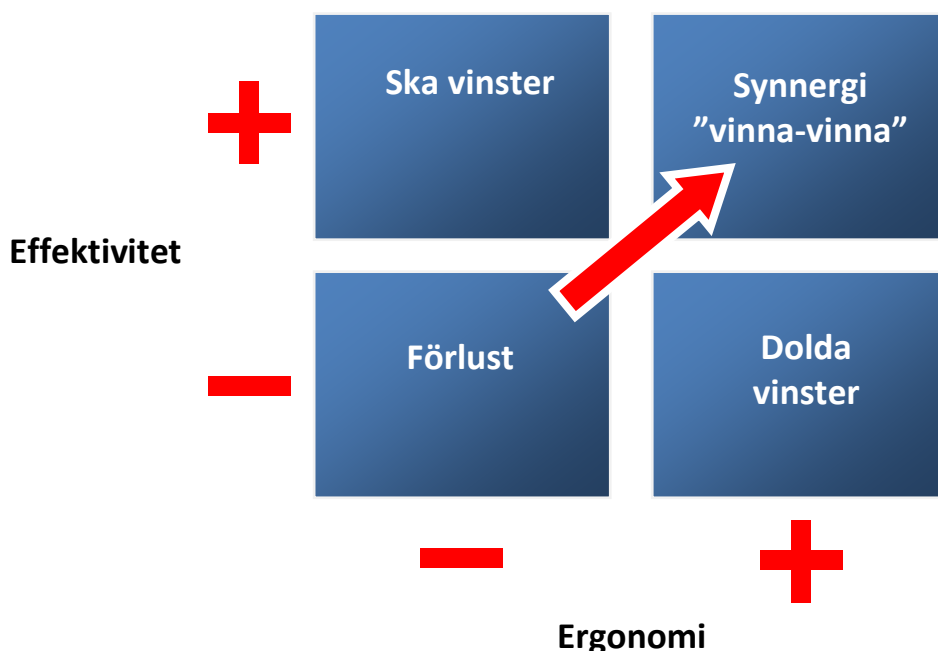


## 2.4 Ergonomi och effektivitet

Dessa två begrepp är starkt förbundna med varandra och det finns gott om praktiska erfarenheter som vilka visar på vilka produktionsfördelar som kan uppnås genom en förbättrad ergonomi. Det är därför av yttersta vikt att de ergonomiska aspekterna tas i beaktning vid varje form av produktutveckling, eller som i detta fall vid produktionsutveckling.

*"Bra ergonomi är en "färskvara" som alltid måste finnas på agendan som en integrerad del av det ständiga förändringsarbetet med effektivisering av produktionssystemet."*

Med begreppet "porositet" syftas man på den tid som går åt till icke värdeskapande arbete, vilket kan minimeras genom att förbättra ergonomi, både genom arbetsställning samt materialexponering för att minimera gångtid. Man kan beskriva sambandet mellan effektivitet och ergonomi på ett enkelt sätt i en tvådimensionell modell (figur 4).



Figur 4 – Ergonomi och effektivitet i synergi

*"Synergieffekter uppnås om både ergonomi- och produktionsaspekter optimeras gemensamt. En god ergonomi kan ge upphov till dolda vinster som inte omedelbart syns i produktivitetsstatistiken. En sämre utformad ergonomi kan försvaga förväntade produktivitetsvinster."*<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Neuman och Winkel, *Ergonomi och effektiva produktionssystem – från reaktiv till proaktiv insats*, Arbetlivsinstitutet, 2005

## 3. Metod

### 3.1 Dela upp produkten i moduler

En vanligt förekommande metod för modulindelning kallas *Modular function deployment – MFD<sup>TM</sup>*. Metoden är utarbetad under lång praktisk erfarenhet.<sup>18</sup> Med hjälp av denna metod kan enskilda företag anpassa sina utgångspunkter och sin modulindelning på det sätt som svarar mot dessa. Tanken är att modulindelning skall underbyggas av företagets strategi och skall kunna förankras i hela organisationen.

Arbetsgången i MFD<sup>TM</sup> beskrivs av fem olika steg.

- Steg 1: Quality Function Deployment – QFD
- Steg 2: Upprätta funktionsstruktur
- Steg 3: Modul-Indikations-Matris – MIM
- Steg 4: Utvärdera
- Steg 5: Förbättra på modulnivå



Figur 5 – MFD-metodens fem steg

#### Steg 1: QFD

QFD har visat sig varit ett oerhört utmärkt och lämpligt första steg vid produktions- och produktförändringsverksamhet. Användning av QFD kan ge företaget svar på frågan om de nuvarande produktfunktionerna motsvarar dagens och framtidens kund, samt deras användarkrav. I många fall införs modularisering på redan existerande produktlösningar och därmed är QFD inte ett nödvändigt steg.

QFD i korthet kan beskrivas som en metod att översätta kundkrav, kundbehov och förväntningar till tekniska specifikationer för konstruktion samt tillverkning.

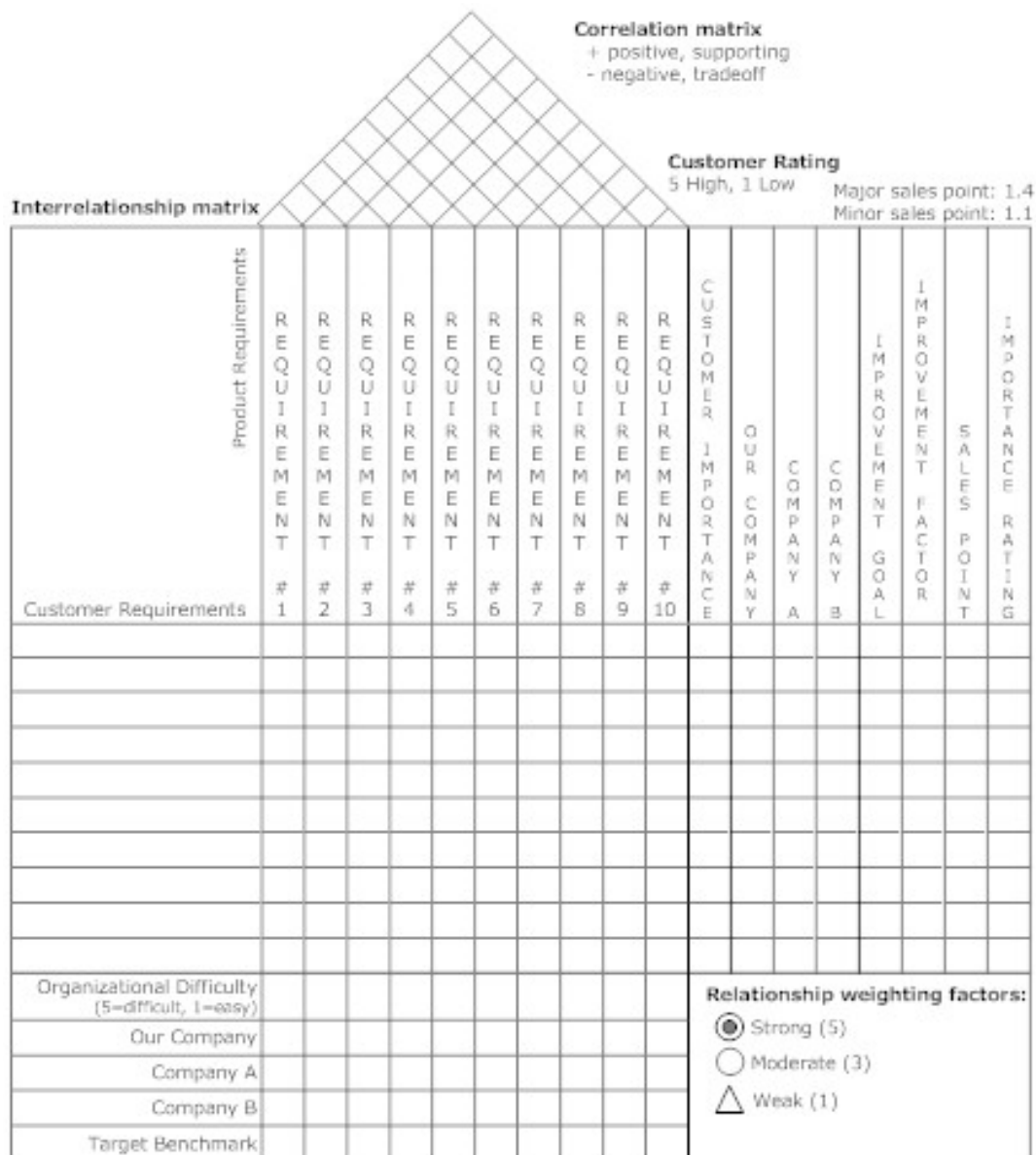
Sättet man genomför en QFD är att man först undersöker vad kunden/marknaden efterfrågar (via t.ex. marknadsundersökningar). Därefter analyserar man konkurrenterna för att se hur/om de har löst de olika efterfrågningarna från kund/marknad.

Slutligen försöker man översätta kundkraven till tekniska specifikationer med givna målvärden.

För att ordna detta på ett strukturerat sätt använder man sig oftast av en matris kallad "House of Quality" (figur 6) där man ställer kraven mot specifikationerna för att se vilken/vilka specifikationer som påverkar kraven. Man får även sig en bild av hur de olika specifikationerna påverkar varandra.

---

<sup>18</sup> Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.



Figur 6 – House of quality

**Steg 2: Upprätta funktionsstruktur**

Med hjälp av QFD eller befintliga lösningar har man sedan ett antal produkttegenskaper fastställda. För att uppfylla dessa önskade egenskaper krävs ett antal lösningar. Vissa egenskaper kommer efter kreativa sessioner att ha flera olika lösningsförslag. Dessa förslag måste utvärderas var för sig för att kunna göra ett urval. Av erfarenhet har man kommit fram till att matriser (tabell 1) är ett bra och kraftigt verktyg för att representera valmetoder.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.

Tillverkningsmål						
Lösning A	+	=	-	-	1+	2-
Lösning B	+	=	=	=	1+	
Lösning C	-	+	+	+	3+	1-
Lösning D	+	+	-	-	2+	2-
...						
Nuvarande	R	E	F	E	R	E
					N	S

Tabell 1 – Bedömningsmatris lösningsförslag

Med hjälp av en referens, där nuvarande lösning är enklast, gör man bedömningen om de nya lösningarna är bättre, sämre eller likvärdiga referenslösningen.

Vilka kriterier man skall jämföra mot är upp till varje företag, i boken<sup>1</sup> dock finns det bra starka kriterier som är bra att nämna:

- Kortare ledtid
- Mindre lagerhållning
- Lägre direkt lön
- Lägre direkt material
- Förenklade inköp och förenklad planering
- Bättre inköp
- Ökad arbetstillfredsställelse
- Enklare balansering
- Enklare offerter
- Minskad logistikkostnad

Efter utvärdering har gjorts mot dessa kriterier summerar man antalet plus med antalet minus. Förslaget med mest plus kvar är det ”bästa” förslaget. Men man bör ha i åtanke att inte enbart plocka ut ett alternativ till nästa steg utan gärna två eller tre. Detta på grund av att metoden har en ganska relativt ”grov” omdömesskala.

### Steg 3: MIM

Under detta steg gäller det att utforma en så kallad *Modul-Indikations-Matris – MIM*. Detta är en QFD-liknande matris där man ställer lösningsförslagen mot så kallade moduldrivare.

Nedan följer ett par generella moduldrivare, men självklart behöver inte just dessa användas och det är även fritt att ta bort eller lägga till mer företagsspecifika moduldrivare.

#### Utveckling och Konstruktion:

- Carry-over
- Teknikutveckling
- Produktplan

#### Variantframställning:

- Olika specifikation styling

#### Tillverkning:

- Gemensam enhet
- Process- och/eller organisationsutnyttjande

#### Kvalitet:

- Separat testbara moduler

#### Inköp:

- Leverantör finns

#### Eftermarknad:

- Underhåll och service
- Uppgradering
- Återvinning

**Carry-over:** Komponenter vilka ej troligen kommer att utsättas för förändring inom snar framtid och därmed kan återanvändas på kommande generationer bör samlas i en modul.

**Teknikutveckling:** Komponenter vilka troligen kommer att genomgå förändringar pga. ständigt nya marknadsbehov bör samlas i en modul.

**Produktplanering:** Komponenter vilka det egna företaget medvetet kommer att förändra bör samlas i en modul.

**Olika specifikation:** Komponenter vilka skapar olika specifikationer för slutprodukten bör samlas i en modul.

**Styling:** Komponenter vilka skapar virtuell varians på slutprodukten bör samlas i en modul.

**Gemensam enhet:** Komponenter vilka kan användas över flera produkter inom produktfamiljen bör samlas i en modul.

**Process- och/eller organisationsutnyttjande:** Komponenter vilka har liknande tillverkning/monteringssätt bör ingå i samma modul.

**Separat testbara moduler:** Komponenter/subsystem vilka har potential att genomgå separat funktionskontroll bör samlas i en modul.

**Leverantör finns:** Komponenter/subsystem som finns att köpa från leverantör bör samlas i en modul.

**Underhåll och service:** Komponenter vilka kräver regelbundet underhåll bör samlas i en modul.

**Uppgradering:** Komponenter vilka kan uppgraderas på eftermarknad för att skapa nya specifikationer bör samlas i en modul.

**Återvinning:** Komponenter vilka kan återvinnas på ett lättvindigt sätt bör samlas i en modul.

Genom att pröva de tänkta lösningarna mot de så kallade moduldrivarna på ett QFD-liknande sätt en och en får man sig en bild av vilka lösningar som har potential att bilda moduler. Detta har i tidigare fall visat sig vara ett oerhört kraftfull metod i utvecklingsarbetet för modularisering då nya synsätt på problemet tillkommit vilket leder till uppmuntran av nya kreativa lösningar.<sup>20</sup> (Tabell 2)

		Lösningar		
		Lösning A	Lösning C	Lösning D
Utveckling & Konstruktion	"Carry-over"		1	
	Teknikutveckling			
	Produktplan			
Varians	Olika specifikation			1
	"Styling"			
Tillverkning	Gemensam enhet	1		2
	Process/organisation		1	1
Kvalitet	Testbar	3	3	
Inköp	Leverantör finns	2		
Eftermarknad	Underhåll/service	2	1	
	Uppgradering			
	Återvinning			3

Tabell 2 – MIM-matris

Genom att utdela olika poäng beroende på hur väl lösningen uppfyller kravet i en graderad skala, i tabellen (tabell 3) kan man se vilka lösningar som har gemensamma starka moduldrivare. Detta kan vara anledning att slå ihop dessa till en modul.

		Lösningar		
		Lösning A	Lösning C	Lösning D
Utveckling & Konstruktion	"Carry-over"		1	
	Teknikutveckling			
	Produktplan			
Varians	Olika specifikation			1
	"Styling"			
Tillverkning	Gemensam enhet	1		2
	Process/organisation		1	1
Kvalitet	Testbar	3	3	
Inköp	Leverantör finns	2		
Eftermarknad	Underhåll/service	2	1	
	Uppgradering			
	Återvinning			3

Lösning A och C möjlig modul?

Tabell 3 – Modulförslag från MIM-matris

<sup>20</sup> Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.



#### **Steg 4: Utvärdera**

Vid planerade förändringar inom ett företag är det viktigt att kunna skaffa sig en uppfattning om de planerade förändringarna leder till det positiva. Under detta steg måste man försöka uppskatta vad sin tänkta modulindelning kommer att leda till. Hur kommer t.ex. monteringsstider, kostnad för modulmontering, ledtider, antal artiklar, produktvariation m.m. att påverkas av modulindelningen?

Utifrån erfarenhet har man kommit fram till ett antal punkter som bör diskuteras inom gruppen:<sup>21</sup>

- Antalet moduler i slutprodukten bör vara ca kvadratroten ur antalet förväntat artiklar i den aktuella slutprodukten
- Försök att modulindela så att modulen kan användas i varierad produktflora
- Utarbeta gränssnitt mellan modulerna så att monteringsstiden blir så liten som möjlig. Ett målvärde här är 10 sekunder per gränssnitt
- Ha i åtanke att utveckla moduler som är separat testbara
- Andelen "Carry over"-moduler bör vara så många som möjligt
- Vilka moduler kan vi köpa av återförsäljare?
- Ur miljösynpunkt bör inte materialet i modulen varieras för mycket
- Ha inte en funktion i olika moduler

Utvärdering av sina modulindelningar är ett krävande jobb och kräver engagemang från olika nivåer inom företaget då det krävs mycket insikt om de olika funktionerna/processerna i den egna fabriken.

#### **Steg 5: Förbättringsförslag på modulnivå**

När ens modul är "färdig" skall man undersöka om förbättringar kan göras på den. T.ex. om modulen är anpassad för underhåll, se då till att den konstrueras optimalt för demontering. Vill vi sänka monteringsstider för den se då till att den är enkel att handskas med, DFA(Design For Assembly)-utvecklad o.s.v.

Det man gör under detta steg är med andra ord tittar på specifika moduler, hur används de, Vilka personer arbetar med dem o.s.v. Ett viktigt steg för att optimera sin användning av moduler som absolut inte får glömmas bort.

### **3.2 Alternativ metod**

Ett annat alternativ kan vara att göra modulindelningen på ett mindre komplext sätt. På slutmonteringen på Volvo CE's hyttfabrik i Hallsberg började man bryta ut delmontage dels för att höja kapaciteten samt dels för att förbättra ergonomin. I förlängningen valde man också att standardisera gränssnitten, vilket medförde en helt modulariserad struktur.

---

<sup>21</sup> Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.



### 3.3 Benchmarking

Begreppet benchmarking kan definieras som:

*”Benchmarking är konsten att vara tillräckligt ödmjuk för att erkänna att någon är bättre än du och samtidigt vara vis nog att lära sig att bli lika bra eller bättre”.*<sup>22</sup>

Syftet med att genomföra en benchmark är att se hur andra företag bearbetar likartade processer och förstå framgången av deras bearbetningsätt. Efter en genomförd benchmark har man förhoppningsvis fått sig kunskap eller inspiration hur man kan förbättra sin egen process. Benchmarking bör ses som ett komplement till andra förbättringsmetoder samt att det bör vara en kontinuerlig process inom det egna företaget. För att kunna implementera benchmarking i företaget krävs god kunskap, goda resurser, vilja från ledningen samt bra partners att samarbeta med. Lyckas man använda sig utav benchmarking på rätt sätt kan prestationerna inom företaget ökas signifikant.

#### Tillvägagångssätt

Innan man tänkt genomföra benchmarking bör företaget försäkra sig om att de är villiga att satsa på detta då det är resurskrävande. Företaget bör även vara överens om vad som skall benchmarkas, t.ex. en process, funktion, produkt och se till att god kunskap om det finns bland projektgruppen.

Dessa kriterie bör uppfyllas innan en påtänkt benchmarking är tänkt att genomföras:<sup>23</sup>

- Finansiella resurser
- Tid
- Kompetens
- Konkurrensförmåga och utvecklingspotential
- Dokumentation av centrala funktioner i företaget
- Internationell strävan
- Förändringsvilja
- Viljan att dela med sig information(internt samt externt)
- Ledningsengagemang
- Anställdas medverkan

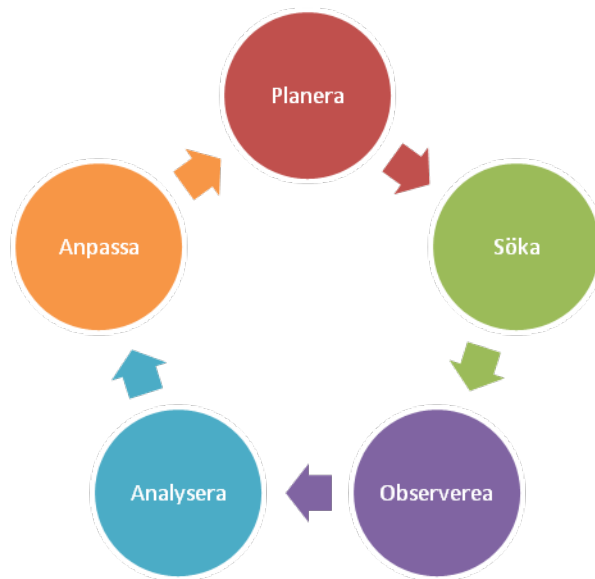
Att vara beredd på att lämna ut information är viktigt att tänka på. Varför ska du få ta del av information men inte din partner få något i utbyte? Ett genomförande av en benchmarking kan delas in i fem olika faser, planering, söka, observera, analysera, anpassa (se figur 7).

Uppskattad tid som bör läggas på de olika delarna är 50% planering, 30% genomförande och 20% analys.

---

<sup>22</sup> Andersen, Bjørn & Pettersen, Per-Gaute, *Benchmarking en praktisk handbok*, Studentlitteratur, Lund, 1995.

<sup>23</sup> ibid



Figur 7 – Benchmarkingmetodens fem steg

### Planering

Detta är den dominerande fasen ur ett tidsperspektiv under benchmarking. Vid fasens avslut skall beslut om vad som skall benchmarkas vara taget. En projektgrupp skall vara skapad samt dokumentation samt förståelse för den valda processen skall finnas.

### Jämföra med vad?

- Prestationsbenchmarking: Ofta jämförelse av prestationsmått(ekonomi, tid, kvalitet) med syfte att avgöra hur bra företaget är gentemot andra företag
- Processbenchmarking: Är jämförelse av metoder och praxis vid utförande av processer, med syfte att lära av de bästa för att själv bli bättre
- Strategisk Benchmarking: Jämförelse av strategiska val och dispositioner som andra företag gör, med syfte att inhämta information för egen strategisk planering och positionering

## Jämföra med vem?

- Intern Benchmarking: Används inom stora koncerner och jämför avdelningar, dotterbolag eller fabriker. Fördelen med detta är att information oftast finns lättillgängligt om processer m.m.
- Konkurrentbenchmarking: Här jämför man mot konkurrerande företag i samma bransch/teknikområde. Kan vara svårt att få rätt information och leder oftast till väldigt nyckeltalsbaserad jämförelse
- Funktionell benchmarking: Med denna metod jämför man processer eller funktioner med företag man ej konkurrerar med, dock tillhör samma bransch/teknikområde
- Generisk benchmarking: Här jämför man sin egna process/funktion mot den bästa processen/funktionen oavsett bransch.

Skapa en matris (tabell 4) för att överskådligt värdera hur man vill genomföra sin benchmarking. Värdera de olika alternativen med t.ex. 1,2,3 eller låg, mellan, hög för att kunna avgöra hur benchmarkingen skall genomföras. Beroende av kapacitet väljs lämpligt antal.

	Inter bench- marking	Konkurrent- benchmarking	Funktionell benchmarking	Generisk benchmarking
Prestations- benchmarking	3	1	3	2
Process- benchmarking	3	2	1	1
Strategisk benchmarking	2	1	3	2

Tabell 4 – Utvärdering av vilken typ av benchmarking som är lämplig

Vid skapande av team skall en projektledare/ansvarig utses. Denne bör se till att gruppen är motiverad för uppgiften, de med mest kunskap inom den aktuella processen deltar samt att deltagarna är medvetna om målen med benchmarkingen samt vad de skall användas till.

## Söka

Under denna fas skall man ha bestämt vilken/vilka partners man tänkt benchmarka emot samt kontaktat och fått deras godkännande om medverkan i studien.

Det första man bör göra är att skapa en lista med kriterier som de tänkta företagen bör uppfylla. Försök sedan identifiera företag som utför den aktuella processen på ett bättre sätt än oss själva. Jämför möjliga kandidater och välj en/flera möjliga och avgör om dessa kan vara lämpliga för benchmarkingen. Slutligen tag kontakt med de valda företagen och be om godkännande för medverkan i studien. Denna fas kan även ses som en stor möjlighet att knyta kontakter samt bilda värdefulla nätverk för framtida aktiviteter.

## Observera

Vid observationsfasen skall besök hos partnern göras. Innan besöket sker bör man vara förberedd på vissa saker:

Vilken information är vi ute efter? Vem/vilka hos partnern kan ge oss denna? Hur ska vi samla samt lagra informationen vi får?

Under besöket är det oerhört viktigt att veta vad man skall titta/fråga efter. Att enbart få reda

på hur bra partners process är hjälper oss inte i utvecklingsarbetet. Varför levererar deras process den prestandan? Varför uppnår de den prestandan men inte vi? Vilka förutsättningar krävs för att uppnå den prestandan?

### **Analysera**

Efter genomförd observationsfas är det dags för analys av insamlad information. Jämför skillnader mellan egna samt partners prestationsnivå. Försök identifiera de grundläggande orsakerna till varför det råder skillnad på prestationer. Vilka specifika faktorer bidrar till skillnaderna?

Att ordna och sortera information i föregående fas är oerhört viktigt för att kunna genomföra denna fas. En slarvigt genomförd dokumentation kan leda till motivationsänkningar och därmed blir slutresultatet därefter.

### **Anpassa**

Målet för hela studien är att skapa förändringar samt förbättringar i det egna företaget. Viktigt är att i denna fas kunna anpassa resultatet från analysfasen så att de passar med vårt egna företag samt förhållanden. Etablera funktionella mål på förbättringar grundat av analysen inom företaget och därefter skapa en handlingsplan för att kunna uppfylla dessa mål.

Ha regelbunden uppföljning av förbättringsplanen och gör eventuella avvikelser.

Slutligen skriv en rapport.

### **Fortsättningsvis**

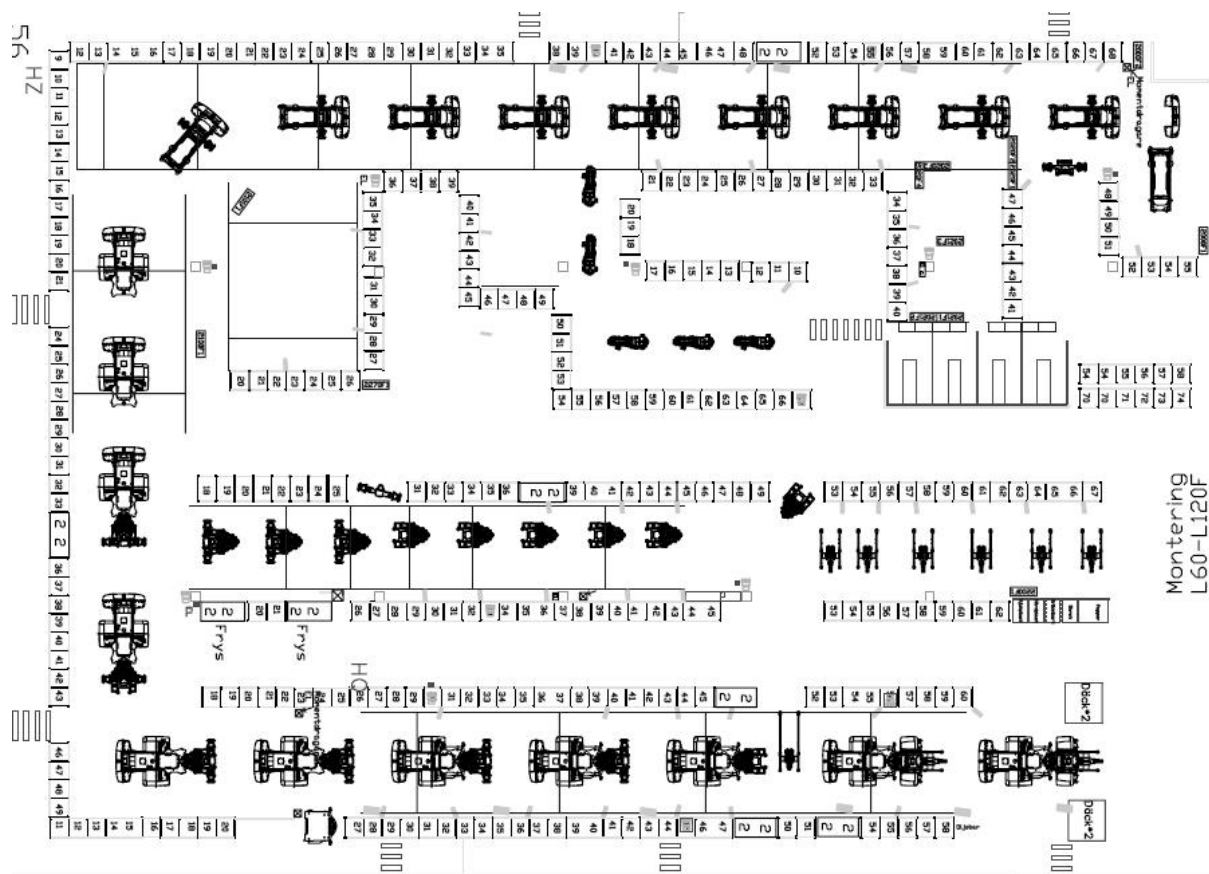
Redan vid projektets start bör man ha i åtanke att benchmarkingen inte är någon engångsföreteelse utan en kontinuerlig process för att ständigt finna förbättringar inom företaget. Vid en avslutad benchmarking bör man kalibrera om sin metod med hjälp av erfarenheter från föregående projekt. Ett korrekt genomförande av benchmarking är ett kraftfullt kompletterande verktyg av förbättringsarbete inom företaget.

## 4. Nulägesanalys

### 4.1 Volvo CE Arvika

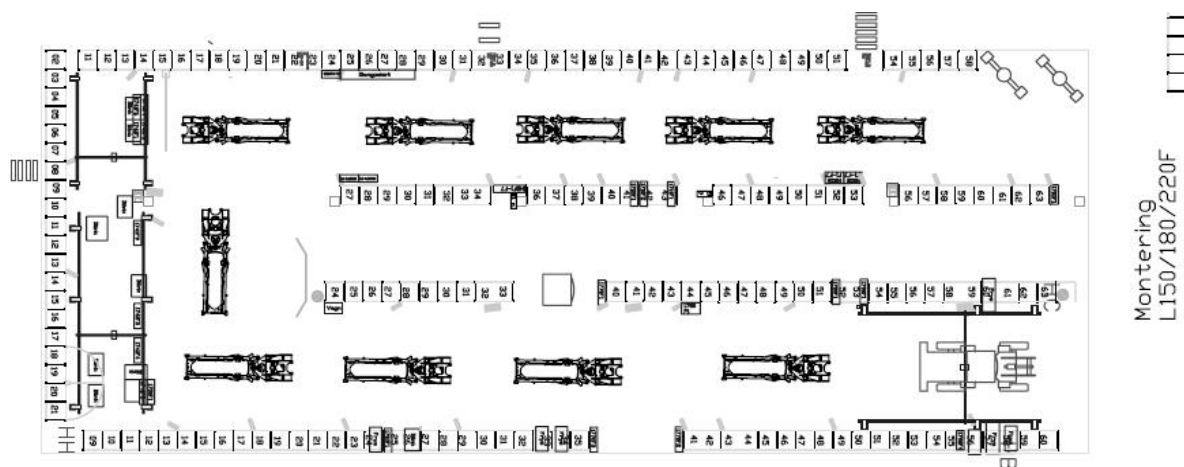
Volvo Construction Equipment är det äldsta industriföretaget i världen som fortfarande är aktivt i anläggningsbranschen. Idag är Volvos produkter marknadsledande på många världsmarknader. Verksamheten i Arvika producerar hjullastare. Hjullastarna monteras på två monteringslinor där man delat upp hjullastarna i Medium och Large. Ytterligare en line finns för den allra största modellen, heavy line, denna line har en betydligt lägre volymkapacitet.

På M-line (L60F – L120F) monteras framramen och bakramen separat för att sedan dockas efter halva huvudlinen. Huvudlinen förflyttas med hjälp av en konvejer som löper längs hela linan och som förflyttas vid intervallen för aktuell taktid. En del av monteringen sker genom off-line assembly dvs delmontage som sker i förväg och placeras sedan i kanbanrutor vid aktuell monteringsstation. På slutet av linan hissas hjullastaren upp med hjälp av en lyft för att kunna montera hjulen.



Figur 8 – Monteringslayout medium line

L-line (L150F – L220F) har betydligt lägre volymkapacitet än M-line och har därför också färre monteringsstationer. På L-line monteras framram och bakram ihop i början av linan.



Figur 9 – Monteringslayout large line

Ramen placeras sedan på två stativ som förflyttas med hjälp av luftkuddar på stativens botten. Dessa stativ är byggda så att man skall kunna montera hjulen medans hjullastaren står på endast stativen, vilket leder till att de är mycket höga. Detta tillsammans med hjullastarnas storlek leder till att det blir en del klättrande på maskinerna.



Figur 10 – Monteringsarbete på large line

Heavy Line heter den line som L350F monteras på. Denna produkt skiljer sig en del mot hur de övriga produkterna är uppbyggda. Det är också en betydlig storleksskillnad mot den näst största produkten (L220F). Dessutom är efterfrågan betydligt lägre vilket gör att man valt att montera denna på en egen line.

## 4.2 Tidigare modulprojekt

De senaste åren har ett antal modulinriktade projekt bedrivits på inom Volvo CE. Dessa har till största del genererat teoretiska utfall om vad en modulindelad produkt kan medföra för koncernen. Det man främst har kommit fram till att en modulindelad produkt ger större produktvariation med färre antal artiklar samt sänker produktionskostnader. Detta i sin tur ger bättre konkurrenskraftighet och större marknadsandelar. Införandet av moduler måste enligt projekten ske genom att först definiera begreppet modul samt definiera standardiserade gränssnitt.

Förslag på definition av modul som framkommit är:

*"A module is a component of a product with a defined function and is potentially interchangeable to other modules"*

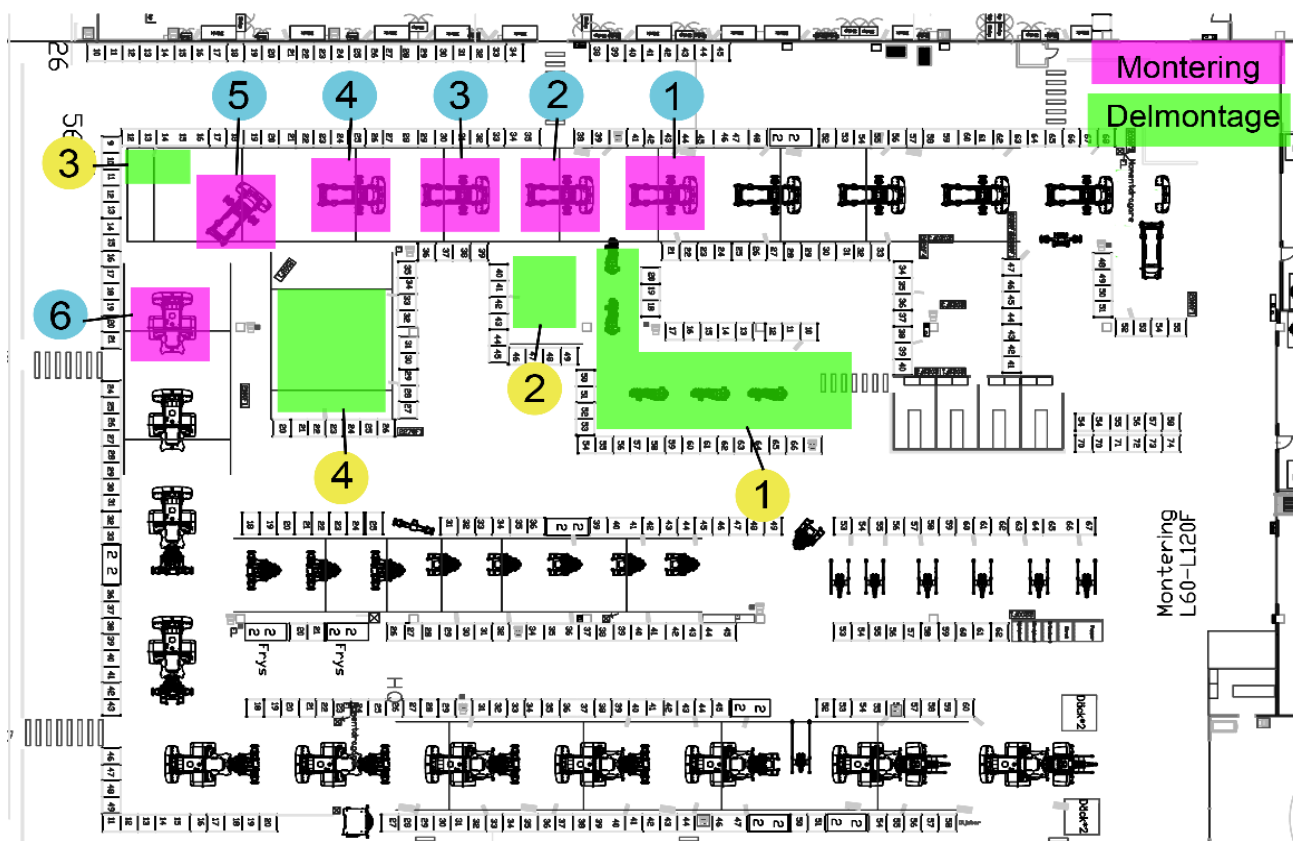
*"Within certain limits, defined by the module interfaces, the function of the module can be changed"*

*"The selection of a module is driven by a clear business purpose"*

Metoden de tänkt använda för framtagning av moduler är densamma som beskrivits i kap 3.1 men det nämns även att metoden är väldigt komplex att använda sig av. Ett långsiktigt mål med modulindelning de satt är att utveckla moduler som kan användas inom många av de olika produktfamiljerna som finns inom Volvo CE.

## 4.3 Översikt aktuella monteringsstationer

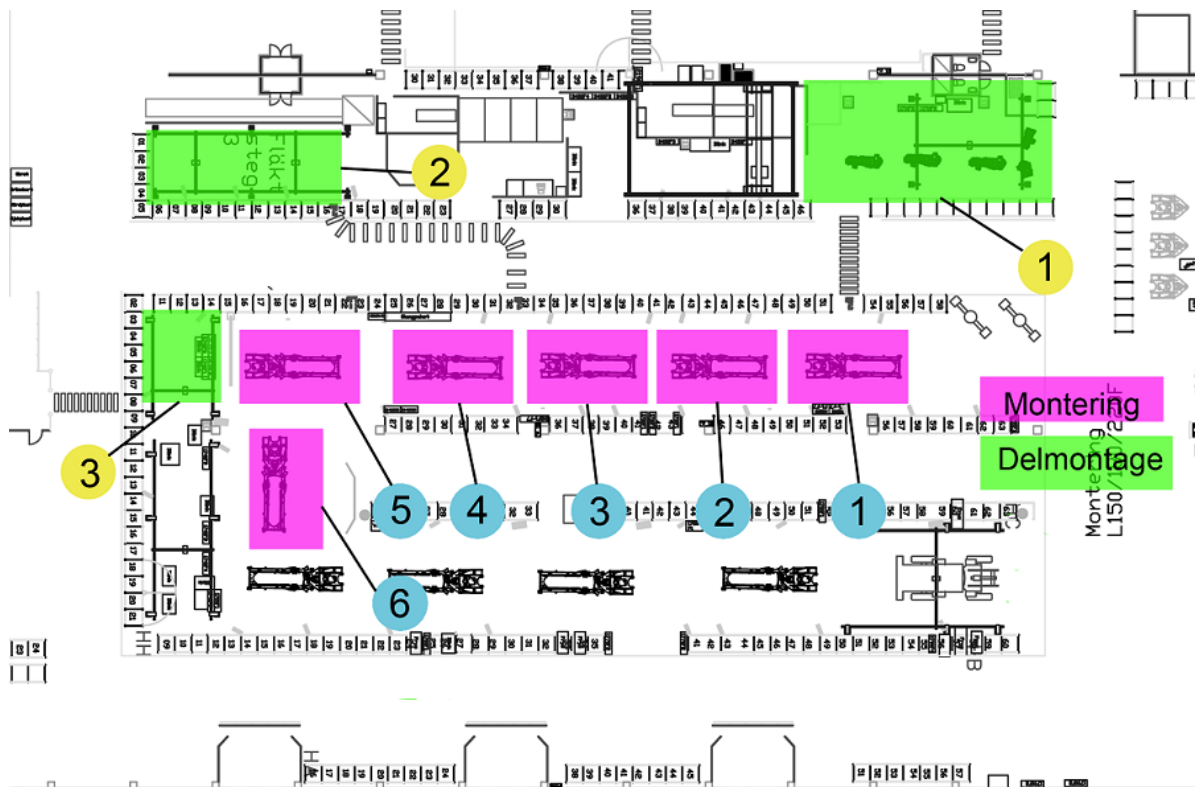
Då vi valt att avgränsa arbetet till att enbart ta fram ett modulförslag för motorn samt närliggande komponenter har dessa arbetsstationer analyserats mer noggrant. Nedan följer en kortfattad beskrivning av vad som sker vid varje aktuell monteringsstation som kan tänkas påverka vårt modularbete.



Figur 11 – Aktuella monteringsstationer medium line

M-line	
Station	Aktivitet
Montering 1	Här förbereds inlyftning av motorpaketet i form av rättläggning av slangar och kablage
Montering 2	Vid denna station lyfter man i samt skruvar fast motorpaketet som levereras från delmontage 1. Man ansluter även kablar och slangar till motor samt hydraulpumpar.
Montering 3	Här lyfter man i hydraultanken med tillbehör som hämtas från delmontage 2 samt kopplar i slangar och skruvar fast detta på karossen.
Montering 4	Man monterar fast bakre skiljevägg vid denna station som separerar motorutrymmet med kylarutrymmet.
Montering 5	Man skruvar fast och kopplar in radiatoren med tillbehör som förmonterats vid delmontage 3
Montering 6	Denna station är den sista innan dockningen av framvagn sker. Här monterar man på huven som förmonterats vid delmontage 4.
Delmontage 1	Motor, transmission, oljepump etc. monteras ihop till ett slags "motorpaket" som är redo att monteras i ramverket på huvudlinan. Denna operation är linjemontage i 5 steg.
Delmontage 2	Hydraultank, stativ och diverse elektronik monteras ihop för att underlätta montage på huvudlinan.
Delmontage 3	Här monterar man ihop radiatoren samt radiatorfläkten på dess stativ
Delmontage 4	Vid denna station byggs motorhuven, diverse filter samt avgasrör innan det monteras på huvudlinan





Figur 12 – Aktuella monteringsstationer large line

<b>L-line</b>	
<b>Station</b>	<b>Aktivitet</b>
Montering 1	När hjullastaren anländer till denna station har framvagn samt bakvagn precis dockat samt hjulaxlarna har kommit på plats. Mycket förebyggande kabel/slang-dragning har gjorts. Det som sedan sker är att motorpaketet från delmontage 1 monteras i hjullastaren samt ikoppling av slang och kablar
Montering 2	Skiljeväggen som hydraultanken skall sitta på monteras här. Man sätter även dit filter, förbereder kablage och ledningar samt monterar batterier.
Montering 3	Vid denna station monteras hydraultanken fast samt kopplas in. Även en hel del ackumulatörer monteras samt slangdragning och kabeldragning.
Montering 4	Radiatorn är det som i huvudsak monteras vid denna station. Man förbered även en hel del för nästa station där radiatorfläkten monteras.
Montering 5	En radiatorfläkt monteras och kopplas in. Fläkten kommer från delmontage 2.
Montering 6	Här monteras motorhuven över motorn. Motorhuven hämtas från delmontage 3.
Delmontage 1	Motor, transmission, oljepump etc. monteras ihop till ett slags "motorpaket" som är redo att monteras i ramverket på huvudlinan. Denna operation är linjemontage i 2 steg.
Delmontage 2	Här förbereds radiatorfläkten för montering på hjullastaren. Man monterar bland annat fast fläkten på ett stativ och förbereder kablage.
Delmontage 3	Vid denna station byggs motorhuven, diverse filter samt avgasrör innan det monteras på huvudlinan

Som synes är arbetssättet ganska likartat i dagsläget. Monteringssättet påminner väldigt mycket av varandra oavsett M-linan eller L-linan. Dock finns tidsskillnader vid montering av motsvarande komponenter. Men en väsentlig skillnad är att delmontering på M-linan är betydligt mer genomtänkt samt utarbetad än L-linan. L-linan har lite sämre med plats och därför har man svårare för att skapa optimerade delmonteringsstationer i anslutning till huvudlinan.

Båda linerna är idag max-balanserade. Eftersom utrustningsnivåerna på hjullastarna skiljer sig ganska mycket kan också arbetsinnehållet för varje tempo variera i samma omfattning. För att motverka att en station på linan inte hinner med det aktuella tempot måste man max-balansera linan, dvs. att man balanserar den på ett "worst case" scenario. Härav uppstår vissa balanseringsförluster.

Trots att monteringen av medium samt large-hjullastare är tämligen snarlik skiljer det ändå mycket i hur lång tid de tar att bygga. Om vi räknar den tid som går åt för att montera extrautrustning, vilken ständigt skiljer sig åt, så kan man via dokumenterade mätningar se att byggtiden för en large-hjullastare tar så mycket som ca 30% längre tid. Det kan naturligtvis till viss del förklaras av att komponenterna är större och tyngre men till största delen pga. sämre ergonomi eftersom man har mycket färre delmontage.

	M-Line					L-Line		
	L60F	L70F	L90F	L110F	L120F	L150F	L180F	L220F
Standardutrustad maskin	100%	100%	100%	104%	104%	154%	154%	154%
Maximitid exkl utrustartid	104%	102%	100%	102%	102%	126%	131%	126%
Median exkl utrustartid	106%	108%	103%	108%	100%	136%	133%	136%
Median inkl utrustartid	113%	108%	108%	113%	100%	145%	129%	139%

Tabell 5 - Jämförelse byggtid procentuellt per modell. Baserad på byggtidshistorik

#### 4.4 Föregångare inom Volvo CE

Som inspirationskälla för den modul som kommer att utformas under examensarbetets genomförande står den numera nedlagda produktionen av volvo graders (väghyvlar) i Goderich. Denna produktion är numera flyttad till Volvos anläggning i Shippensburg, Pennsylvania. Vad man gjorde i på verksamheten i Asheville var att man monterade motor, hydraultank, avgassystem, toppkåpa samt alla de komponenter som skall monteras i motorutrymmet. Denna montering skedde då som en egen delmontering parallellt med huvudlinen.



*Figur 13 – Motormodul på volvos väghyllar*

Hela motorpaketet lyftes sedan på bakramen för att fästas i endast fyra fästpunkter vilka, som ses på bilden figur 13, är lättåtkomliga för montören. På samma vis skedde delmontering av det kylpaketet vi ser placerat på bakramen bakom motorpaketet.

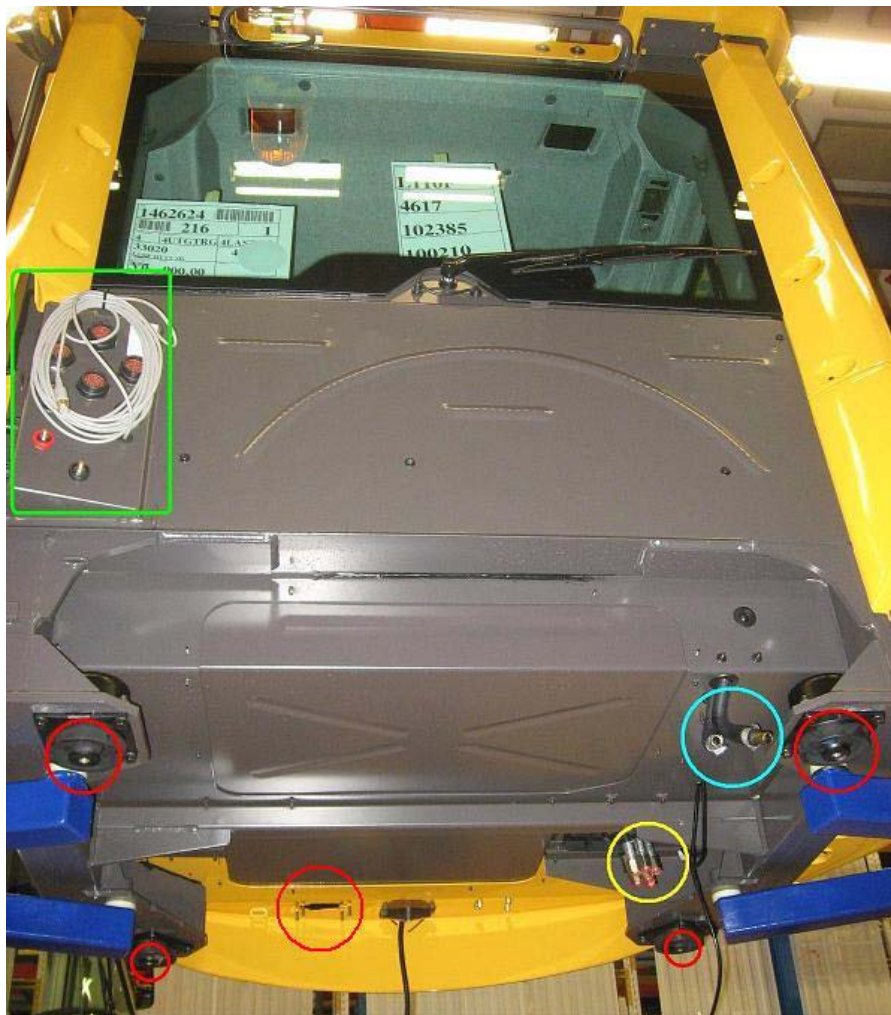


*Figur 14 – Motormodul monterad på väghyvel*



#### 4.5 Befintliga moduler Volvo CE Arvika

Kan vi identifiera befintliga moduler i produktionen på Volvo CE Arvika? En komponent som kan vara värt att titta på är hytten. Hytten i sig tillverkas som en modulbaserad produkt på Volvos anläggning i Hallsberg. Hytterna levereras nyckelfärdiga med beställda tillval till Volvo CE Arvika och placeras i en Kanbanruta vid de stationer där monteringen sker. Det finns tre olika storlekar på hytterna och varje storlekstyp har olika mått på hålbilden för hyttens infästning. Däremot används samma fästelement på samma antal punkter. Vi skulle kunna betrakta detta som ett geometriskt gränssnitt där de tre storlekarna uppfyller kravet på gemensam arkitektur. Alla andra anslutningar, dvs. vatten, hydraulik, el-försörjning, samt kommunikation är standardiserade och ansluts därmed på samma sätt oavsett modell. Hytten kan därför betraktas som en modul.



- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| ■ Infästningar     | ■ Hydraulik |
| ■ Kommunikation/EL | ■ Vatten    |

Figur 15 – Hjullastarhytt och dess gränssnitt

Hytten i sig är intressant att titta närmare på eftersom den i sin tur är uppbyggd av moduler. Vilka vi då kan betrakta som submoduler i den färdiga produkten. Vid uppdelandet av hytten i moduler har man placerat ut alla komponenter som är variantskapande på ett antal olika

moduler. Dessa förmonteras bredvid linan där hytten monteras. Genom att låta arbetsgruppen dela ansvaret för dessa delmontage kan man därför balansera ut alla variationer i delmontage på ett prognostiserat snitt i utrustningsnivå och därmed också minimera balanseringsförluster.



*Figur 16 - Montering hytt Volvo CE Hallsberg - Variansskapande delmontering till vänster, hyttline till höger*

#### **4.7 Sammanställning benchmarking**

Under arbetets gång har tre Benchmarks genomförts, en intern samt två externa. Syftet med dessa benchmarks har varit att ta lärdom av andra företag där modulindelning har genomförts samt givit framgångsrika resultat. De två externa företagen, där benchmark genomförts, tillverkar produkter vars arkitektur inte är helt och hållet främmande från hjullastare och därmed har de ansetts lämpliga. Ett av de externa företagen ville dock ej att någon information om deras modularisering skulle publiceras, så nedan redovisas endast sammanställning från en extern och en intern benchmark. Ett formulär (se bilaga 2) har skapats med ett antal frågor som berörda kontaktpersoner svarat på i största möjliga mån de kunnat.

#### **Volvo Construction Equipment, Hallsberg 31/3-10**

Intervju har skett med Robert Posse.

**Observationer vid besök:** På fabriken i Hallsberg producerar man främst hytter till hjullastare, dumprar samt grävmaskiner. Trots de olika specifikationerna på hytter så kan man producera dem i samma produktionssystem. Detta tack att man har delat in hytten i en front, bak, höger, vänster, tak och golv. Med hjälp av fixturer fäster man respektive del i en fixtur, varefter alla fixturer förs samman i en giftes-station där alla delar punktsvetsas ihop. Fixturerna borttages och hytt-stommen fortsätter sin resa i produktionssystemet via robotsvets för att sedan komma till monteringslinan. På monteringslinan är hytterna placerade på ett band som har kontinuerlig framfart. När all montering är avklarad görs en fullständig kontroll av hytten.

**Modularisering:** Den största anledningen till att Volvo CE i Hallsberg införde modulbaserad produktion var för att förbättra ergonomin för montörerna. Bättre ergonomi leder till attraktivare arbetsmiljöer samt kortare monteringsstider. På Volvo CE i Hallsberg finns ingen riktig definition på en modul utan man betraktar en modul snarare som ett delmontage. Vid modulindelningen har ingen särskild metod använts utan man har snarare försökt skapat så många delmontage som möjligt där ergonomi varit den främsta drivaren.

**Gränssnitt:** Företaget har inga riktiga definitioner på sina gränssnitt men de är dock standardiserade för att underlätta monteringsarbetet.

**Effekter av modulariseringen:** Tack vare modulindelningen har lägre monteringsstider uppnåtts, främst pga. bättre ergonomi. De har även reducerat balanseringsförluster samt uppnått en större volymkapacitet tack vare större andel parallella delmontage av moduler.

**Övrigt:** Då hytten innehåller mycket elektronik har man valt att lyfta ut dessa delar till separata delmontage där funktionstest kan genomföras direkt efter delmontaget. Detta för att säkerställa kvalitén i ett tidigt skede vid monteringen. Robert Posse anser att om man skall lyckas med att genomföra en modularisering inom företaget på sin produkt krävs ett gott samarbete mellan de olika involverade avdelningarna, vilket de på Volvo CE i Hallsberg hade när projektet genomfördes.



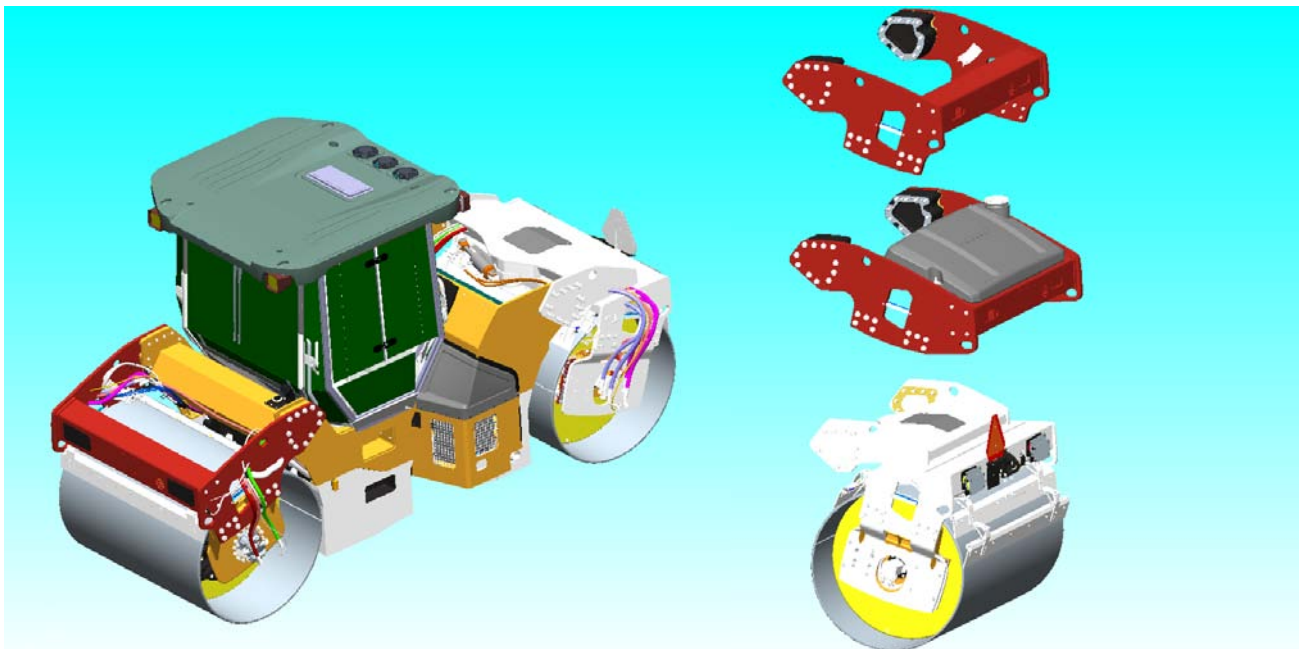
## Dynapac, Karlskrona 4/5-10

Intervju har gjorts med Johan Fridström

**Observationer vid besök:** På Dynapac i Karlskrona tillverkar man kompaktorer. Dessa monteras i tre separata avdelningar inom fabriken. Två av dem är uppbyggda som lines medans den tredje är uppbyggd av stationsmonteringar. Planer finns på att även den sistnämnda skall bli en linemontering. Vid det aktuella besöket hade man enbart modulariserat CC-rangens line (tandemasfaltvältar) men att modularisera hela produktionen var ett långsiktigt mål. På Dynapac köper man mestadels in komponenter från underleverantörer för montering men man hade även viss del egentillverkning av komponenter.

**Modularisering:** Ett beslut från ledningen låg som grund till modulariseringen av produkten. Mål som sattes upp innan modulindelningen var bl.a. art.nr reduktion, strukturreduktion, kortare produktframtagningstider, förbättrad kvalitet, volymökning på artiklar, öka antalet varianter, enklare produktunderhåll. Vid framtagandet av modulerna gjordes en nedbrytning av hela produkten utifrån kundkrav till funktioner. Utifrån dessa funktioner skapades tekniska lösningar vilka utgjorde modulerna. Utifrån detta började man skissa på olika förslag på hur de tekniska lösningarna skulle se ut. I denna process var anställda från alla delar av företaget var med och föreslog möjliga tekniska lösningar. Dynapacs definition på modul lyder:

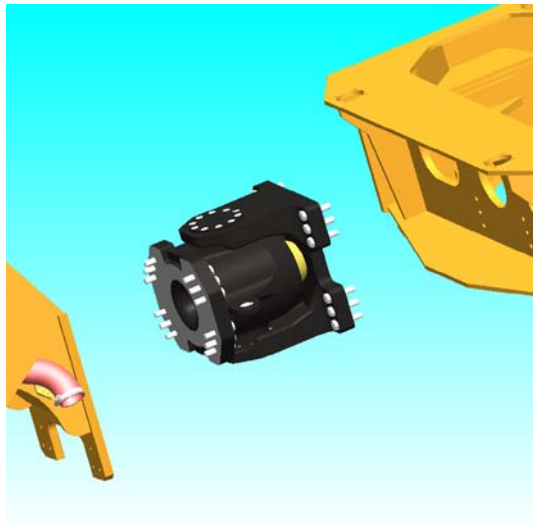
*”Med modularisering menas en nedbrytning av en viss produkt i flera mindre byggblock (moduler) där varje modul har ett eller flera klart definierade gränssnitt som inte ändras även om samma modul också används i en annan produkt - Bakom varje val av en sådan modul skall det finnas ett klart fastställt syfte”.*



Figur 17 - Modulariserad kompaktor från Dynapacs CC-sortiment

**Gränssnitt:** De gränssnitt man använder sig utav är Fastsättning, överföring av energi, styrning och kommunikation, fysisk utbredning (storlek), fältpåverkan (radio, magnetism etc),

miljöpåverkan (buller, avgaser etc.). I många av Dynapacs moduler ingick fästelement (exempelvis bult), detta gjordes för att säkerställa sig om att gränssnitten i den anslutande modulen ej blev förändrade.



*Figur 18 - Fästelementen ingår i modulen*

**Effekter av modularisering:** Med hjälp av först och främst överdimensionering lyckades Dynapac reducera antalet artiklar. De lyckades även med att skapa fler varianter (tack vare variansskapande moduler) trots det reducerade antalet artiklar. På eftermarknadssidan har man upplevt en del positiva effekter då de kan byta ut en hel modul för att uppgradera produkten.

**Övrigt:** Om de hade modulindelad i dagens läge hade de troligen delat in produkten i nivåer (moduler, submoduler) för att underlätta gränssnittshantering. De hade även velat försöka ha mer separat testbarhet för att förflytta mer funktionstester till ett tidigare skede i flödet. Man önskar också att gränssnittens utformning hade varit hårdare hållna, och endast kunde förändras genom beslut på högsta nivå för att undvika onödiga omkonstruktioner.



## 5. Genomförande

Under genomförandekapitlet första fas tas en definition av begreppet modul fram. Vi definierar därefter de olika nivåer av moduler i vilka produkten kan delas upp. Detta följs av en definition av gränssnitt.

### 5.1 Definition modul

*En modul är ett delmontage eller en komponent med ett definierat gränssnitt och som ingår i en gemensam produktarkitektur.*

#### **Gränssnitt:**

*Infästningar, anslutningar samt spatiala villkor vilka utgör modulens interaktion med anslutande moduler*

#### **Gemensam arkitektur:**

*En arkitektur vilken medgör; samma tillverkningsprocess, monteringsföljd samt monteringsätt igenom hela produktfamiljen eller produktfamiljerna.*

### **Module definition:**

*An assembly of components or a component with a defined interface and that is contained by a common product architecture.*

#### **Interface:**

*Attachments, connections and spatial preconditions which defines the module's interaction with acceding modules*

#### **Common architecture:**

*An architecture that grants; same manufacturing process, assembly order and assembly approach.*

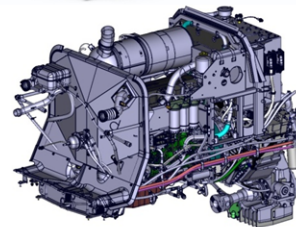
## 5.2 Modulnivåer

Den modulära arkitekturen kan delas in i en hierarki av nivåer vilka alla är underställda produkten. På en sådan här komplex produkt kan det vara nödvändigt för att modulerna skall bli hanterbara.

- Produktnivå



- Systemmodulnivå



- Modulnivå

Standardmodul

Variansmodul

Optionmodul

Samlar standardkomponenter, varierande komponenter och tilläggskomponenter i "byggblock"

Figur 19 – Modulernas hierarki

## 5.3 Definition gränssnitt

### Gränssnitt:

Gränssnittet beskriver hur en modul ansluts och interagerar med övriga moduler i produkten.

#### 1. Geometriskt

- Fästpunkter
- Kraftöverföring

#### 2. Spatiale

- Fysiska volymen

#### 3. Fluidöverförande

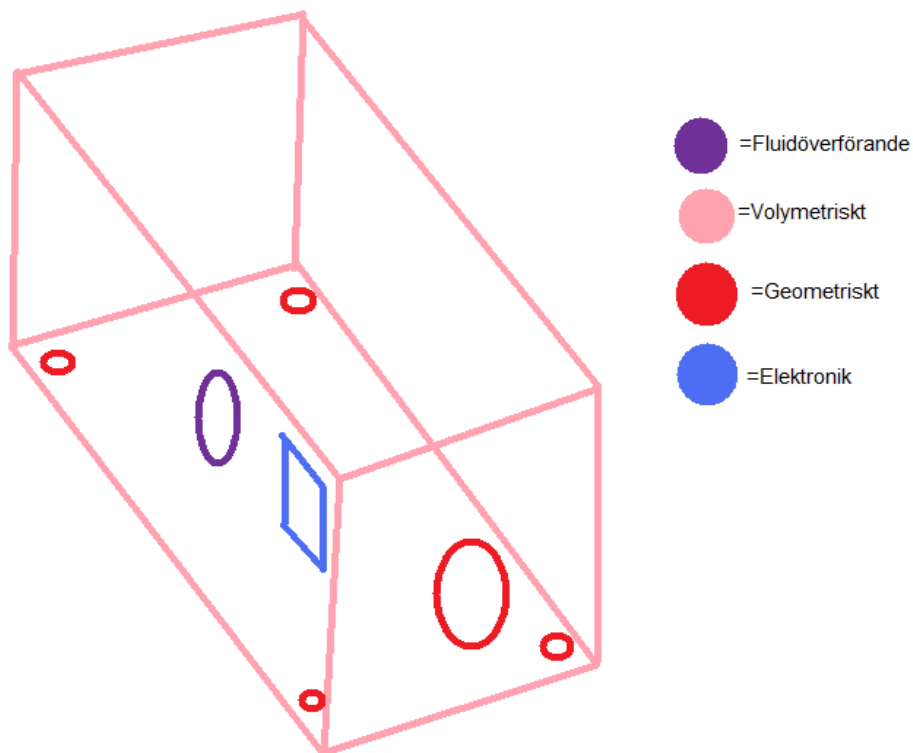
- Hydraulik
- Vatten

#### 4. Elektronik

- Strömförsörjning
- Datakommunikation

#### 5. Miljöinterface

- Hur modulen påverkar/påverkas av omgivningen



Figur 20 – Typer av gränssnitt

## 5.4 Kravspecifikation

För att tydliggöra vad motormodulen bör ha för egenskaper har en kravspecifikation utarbetats. Denna innehåller också önskemål angående utformningen av modulen. Tillvägagångssättet som använts vid framtagningen av kravspecifikationen började med en workshop där diverse anställda från Volvo CE med olika erfarenheter och ansvarsområden inom företaget deltog. Under workshopen diskuterades problem med dagsläget, utformningen av motormodulen samt vilka krav den bör uppfylla. Workshopen gav ett underlag ur vilket kravspecifikationen nedan kunde framtas.

Volvo CE		Kravspecifikation: Motormodul samt de submoduler som tillsammans utgör motormodulen	2010-04-01	Utförd av: Daniel Hjalmarsson och Jonas Jonsson	
#	Skall		K/Ö	Vikt (1-5)	Förklaring
<b>1 Prestanda/produktkostnad</b>					
	1.1	Vara tillämpbar över hela M och L sortimentet	K		För att underlätta sammanslagning M & L
	1.2	Erbjuda specificerade gränssnitt internt och externt	K		Förutsättning för modulbaserad produktion
	1.3	Vara konstruerad för offlinemontering i serie med parallella delmontage	K		Förutsättning för motormodulline
	1.4	Vara möjlig att montera i ett tempo på 18 min	K		För att underlätta sammanslagning M & L
	1.5	Erbjuda variantskapande moduler	K		För att öka produktflexibiliteten
	1.6	Erbjuda reducerat antal komponenter	K		
	1.7	Vara tillämpbar i andra produkter inom Volvo CE	Ö	2	För att öka synergieffekter
	1.8	Erbjuda högre yteffektivitet	Ö	4	
	1.9	Minska monteringsstid	Ö	5	
	1.10	Minska PIA	Ö	2	
<b>2 Konstruktion</b>					
	2.1	Ej vara känslig för miljövariabler, temperatur, vibration	K		För bibehållen funktion
	2.2	Ej innehålla medier vilka ej är anslutna till aktuell modul. (gäller även submoduler)	K		För färre kopplingspunkter och enklare montering
	2.3	Erbjuda samlade medieöverförande/el/kommunikations gränssnitt	K		
	2.4	Erbjuda lyftpunkter i bärande konstruktion	K		
	2.5	Förflytta variantskapande komponentmontering till delmontage	Ö	5	För att minimera balanseringsförluster
	2.6	Erbjuda lättåtkomliga infästningspunkter mot motorbärande struktur	Ö	5	
<b>3 Montering och ergonomi</b>					
	3.4	Erbjuda samma tillvägagångssätt vid montering oavsett modell	K		För att underlätta sammanslagning M & L
	3.1	Erbjuda bättre ergonomi för montörer	K		
	3.2	Minska andelen tunga lyft vid montering	Ö	4	
<b>4 Vikt/geometri</b>					
	4.1	Vara Hanterbar för montering på ram	K		Vikt, volym, möjlig att sänka ner i ramen.
	4.2	Vara utformad för transport på konveyer/vagn	K		För montering på motormodulline
<b>5 Kvalitet</b>					
	5.1	Vara separat testbar	Ö	1	För att minska risken att bygga in fel i produkten
<b>6 Eftermarknad</b>					
	6.1	Erbjuda lättåtkomliga servicepunkter	K		
	6.2	Erbjuda samlade servicepunkter	Ö	4	
	6.3	Erbjuda enkel demontering	Ö	3	
	6.3	Erbjuda enkel montering av tillval/uppgraderingar	Ö	3	

Tabell 6 - Kravspecifikation

## 5.5 Monteringskoncept

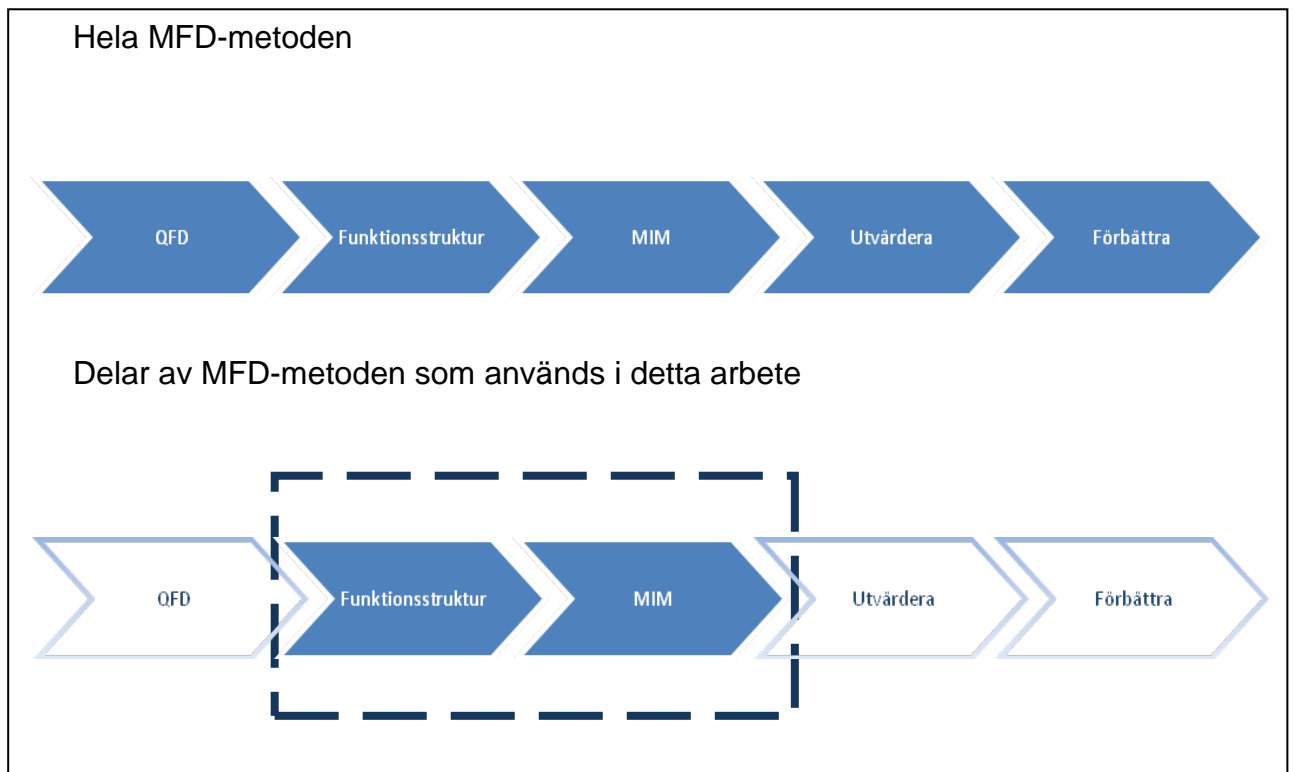
För att göra en så bra modulindelning som möjligt kan det vara bra att beakta hur monteringen skulle se ut på särskild motormodulline. Detta monteringskoncept sätter sedan tillsammans med kravspecifikationen ramarna för hur modulindelningen kan ske. Vi väljer att utvärdera ett antal monteringskoncept (Monteringskoncept – Bilaga 1)

		Lätt att fästa/lossa från fixtur Erbjuder samma monteringsätt oavsett modell Ej vara i vägen vid montering Säkerhet Ej öka antal lyft Minimera fixturingsarbete Lätt att anpassa/Få anpassningar Erbjuder ergonomiskt montage Erbjuder få konstruktionsförändringar Tekniskt genomförbart Ej tillföra icke värdeskapande komponenter										Resultat	
Konceptkategori	Koncept												
Bärande struktur	Koncept 2	4	5	4	4	4	5	4	4	2	1	2	39
	Koncept 3	4	5	1	3	5	5	4	4	1	1	5	38
	Koncept 4	2	5	3	2	5	3	3	4	1	1	5	34
	Koncept 5	4	5	4	5	4	5	4	5	2	1	2	41
	Koncept 6	4	5	4	5	4	5	4	4	2	1	2	40
	Motor + transmission bärande	Koncept 10	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	2
	Koncept 11	4	5	4	4	4	5	4	5	3	4	2	44
Fixturerande lyftverktyg	Koncept 8	2	5	3	3	4	3	4	5	2	3	5	39
	Koncept 12	3	5	3	3	4	3	4	5	2	3	5	40
	Koncept 13	1	5	3	2	4	1	4	5	2	3	5	35
	Koncept 14	4	5	3	3	4	2	4	5	4	3	5	42
	Koncept 15	3	5	3	3	4	3	4	5	3	3	5	41
Kombinerat lyftverktyg/fixtur	Koncept 9	4	5	3	4	4	5	5	5	4	2	5	46
	Koncept 16	4	5	2	4	4	5	5	5	4	2	5	45

Tabell 7 – Utvärdering monteringskoncept

## 5.6 Modulindelning

Vid framtagandet av en helt ny produkt modulbaserad produkt kan det vara bra att nyttja MFD-metoden från steg ett. Om modulariseringen skall göras på en befintlig produkt börjar man många gånger i steg två.



Figur 21 – Delar av MFD metoden som används

Eftersom modulindelningen görs som ett koncept kommer vi i detta fall inte heller i praktiken kunna utvärdera konceptet, även om en teoretisk utvärdering görs.

Vid framtagandet av modulerna som skall ingå i motormodulen har MFD-metoden varit utgångspunkt. På grund av MFD-metoden i viss mån ej tar hänsyn till geometriska begränsningar huruvida komponenter kan anslutas till varandra på ett praktiskt sätt har en modifierad metod tagits fram där de geometriska gränssnitten har en betydande roll vid indelningen. En gränssnittsmatris har skapats där de ingående huvudkomponenternas olika typer av anslutningar ställs mot varandra för att se om det finns någon koppling mellan dem. Alla ingående komponenter har sedan viktats mot moduldrivarna Carry Over, Common Unit, Olika specifikation, Teknikutveckling, Service och Underhåll samt uppgradering (se Kap 3.1 för förklaringar). Dessa moduldrivare har prioriterats då de ansetts mest aktuella och betydelsefulla inom företaget. Vidare har sedan alla ingående komponenter jämförts mot varandra i en ny matris för att se om någon likhet mellan dem finns med avseende på moduldrivarna. Slutligen har de båda matriserna analyserats för att finna komponenter med gemensamma moduldrivare samt gränssnitt. Denna analys genererade 8 moduler (tabell 8).

## Standard MIM-matris

Drivare \ Teknisk lös.	Tekn. lös. 1	Tekn. lös. 2	Tekn. Lös. 3
Moduldrivare 1	1	1	3
Moduldrivare 2	9	1	3
Moduldrivare 3	1	9	3

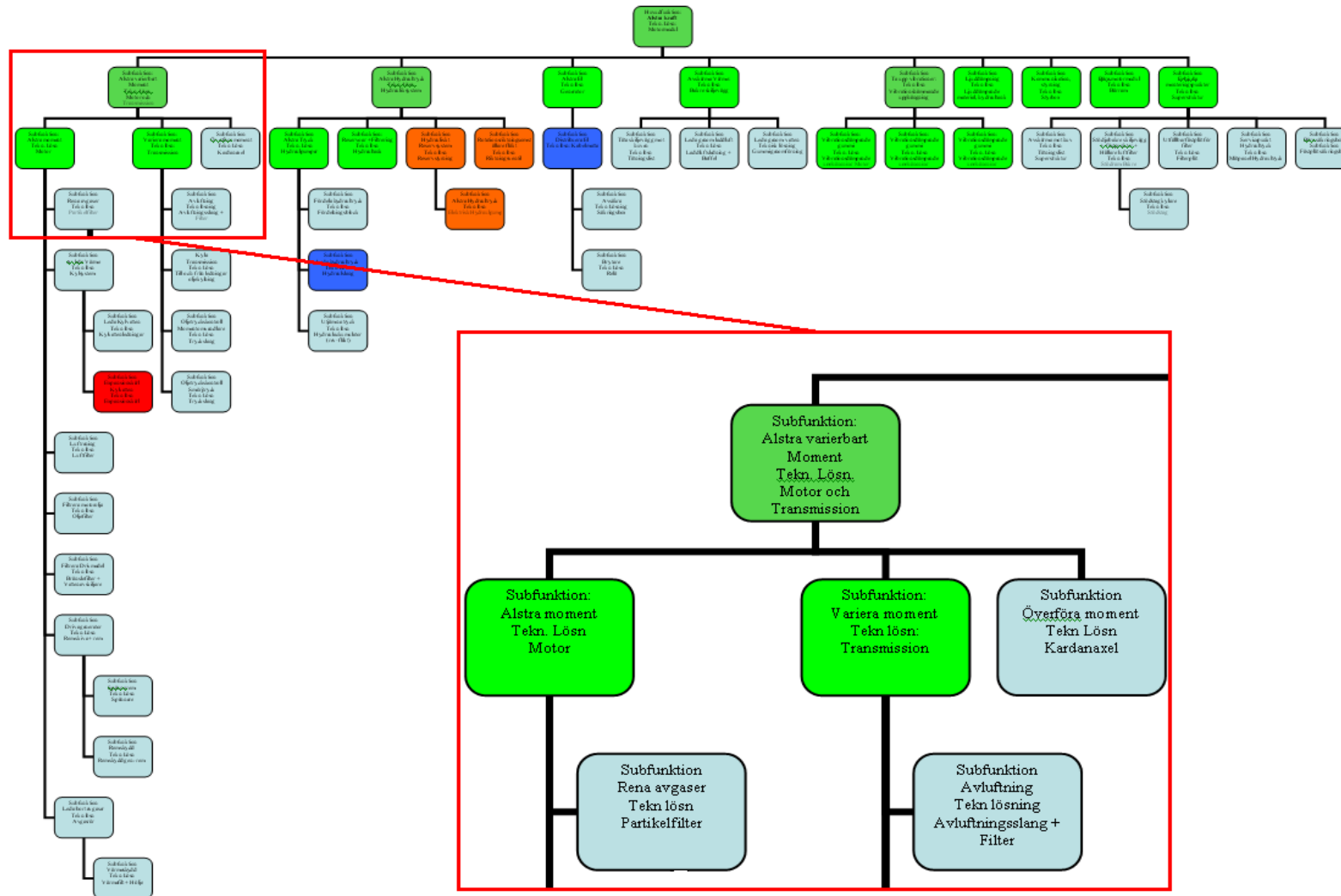
## Modifierad MIM-matris med nödvändiga anslutningar som en faktor

Ansl. Tekn. lös. / Tekn. Lös.	Tekn. lös. 1	Tekn. lös. 2	Tekn. Lös. 3	Moduldrivare	Tekn. lös. 1	Tekn. lös. 2	Tekn. lös. 3
Teknisk lösning 1		G	H	Moduldrivare 1			
Teknisk lösning 2			E	Moduldrivare 2	Korrelation drivare		
Teknisk lösning 3				Moduldrivare 3	Korrelation drivare	Korrelation drivare	
					Sammanvägd modulpoäng	Sammanvägd modulpoäng	

G=Geometrisk  
H=Hydraulisk  
E=Elektronisk

Figur 22 – Tillämpning av modulmatris

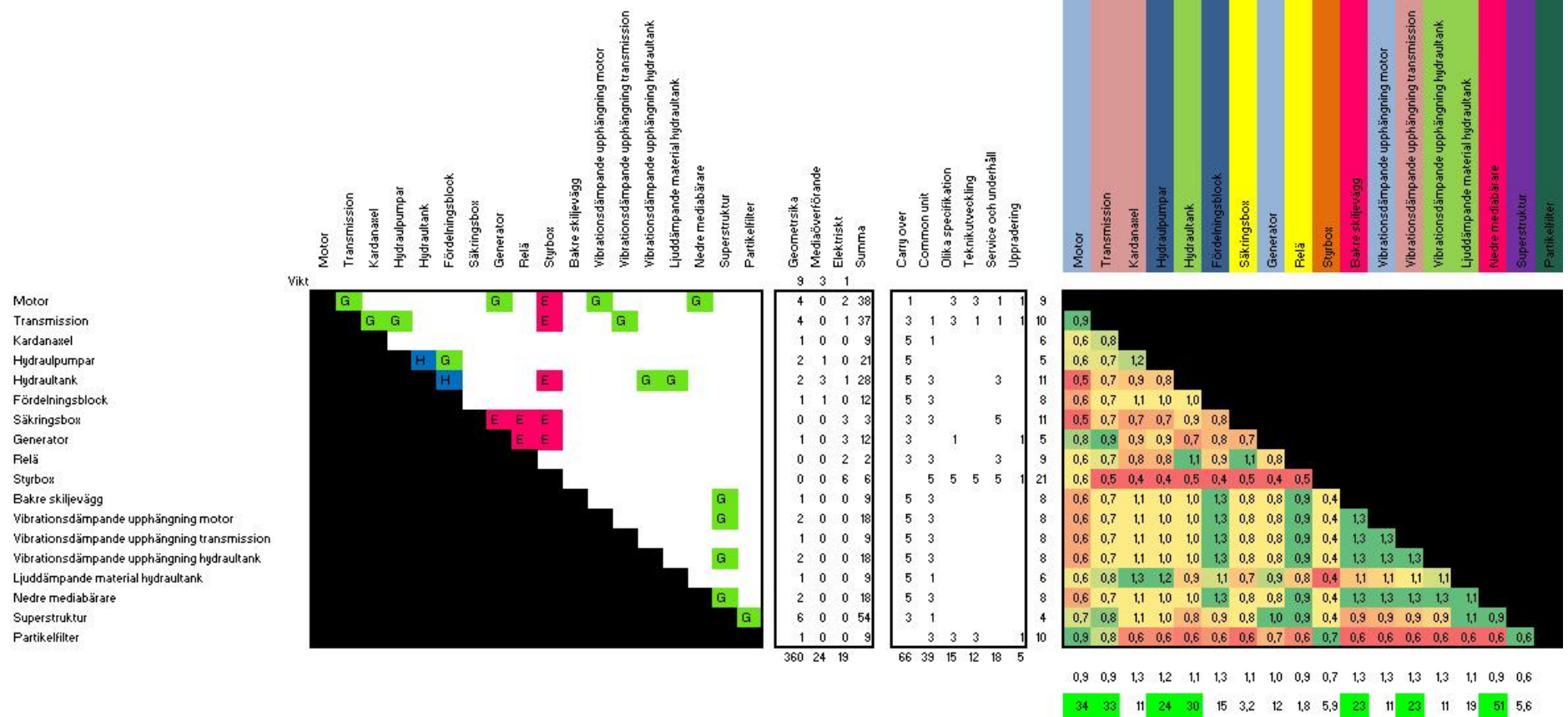
## 5.7 Funktionsanalys



Figur 23 - Funktionsanalys



### 5.8 MIM-Matris



Figur 24 – Modifierad MIM-matris med geometriska faktorer

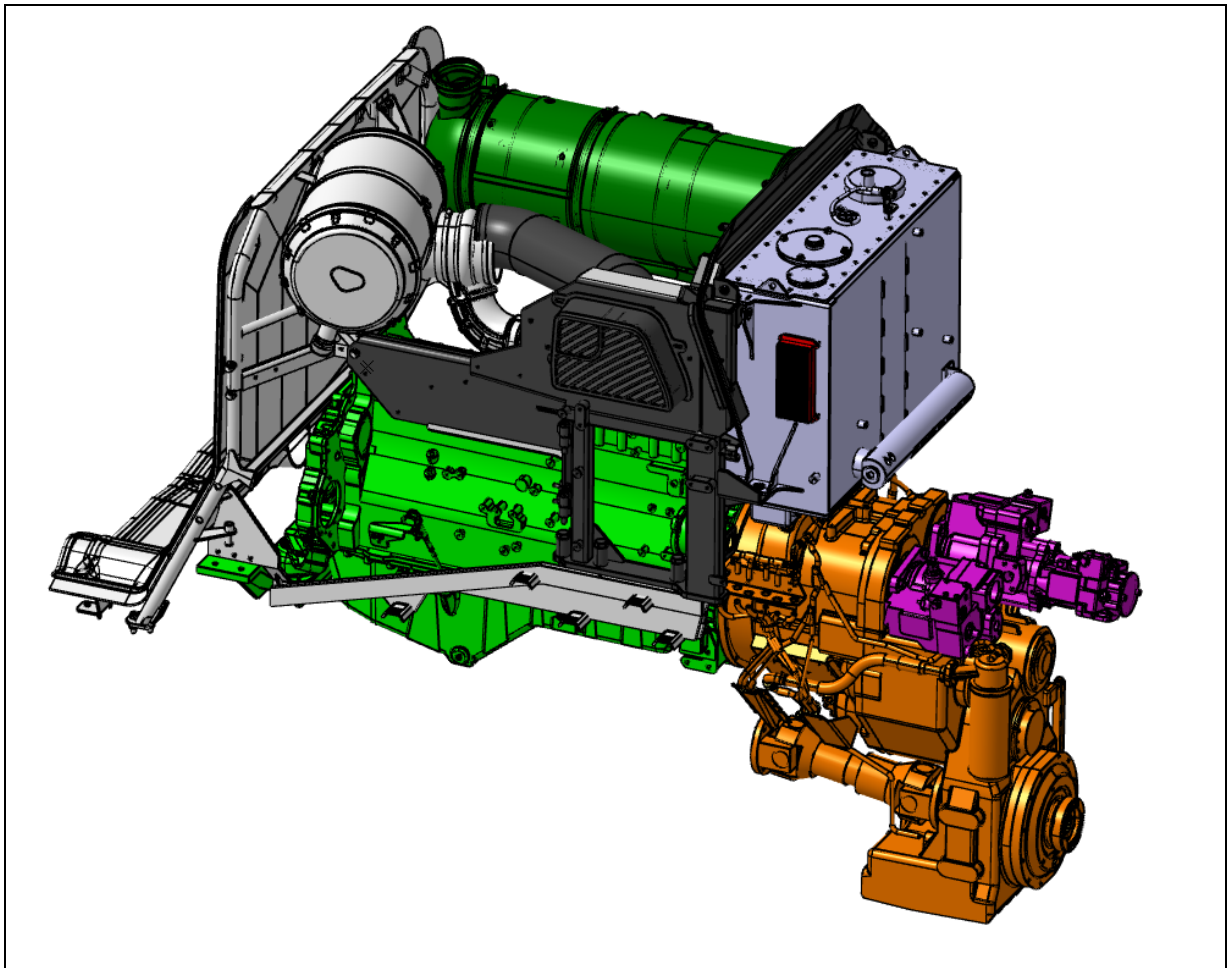
## 5.9 Moduler

Modul	Ingående komponenter	Moduldrivare
<b>M1</b>	Motor, generator, motorfäste	Olika specifikation, Teknikutveckling
<b>M2</b>	Transmission, kardanaxel, upphängning	Carry over, common unit
<b>M3</b>	Hydraulpumpar, Fördelningsblock	Carry over, olika specifikation
<b>M4</b>	Hydraultank, vibrationsdämpning, ljudisolering	Carry over, common unit
<b>M5</b>	Partikelfilter	Olika specifikation, teknikutveckling
<b>M6</b>	Styrbox	Olika specifikation, teknikutveckling, Service och underhåll
<b>M7</b>	Bakre skiljevägg, Nedre mediabärare	Carry over, common unit
<b>M8</b>	Superstruktur	Common unit

Tabell 8 – Resultat modulindelning, samt aktuella drivare

## 6. Resultat

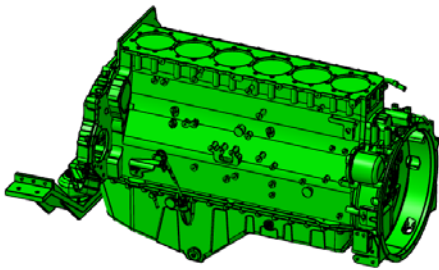
### 6.1 Motormodulen - Systemmodul



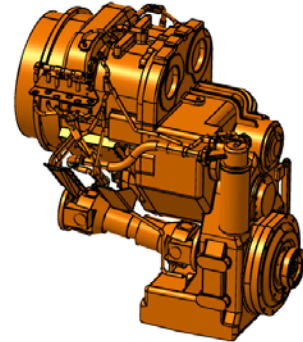
*Figur 25 - Motormodulen – Systemmodulnivå*

## 6.2 Moduler

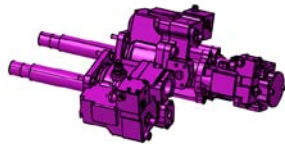
*Motor*



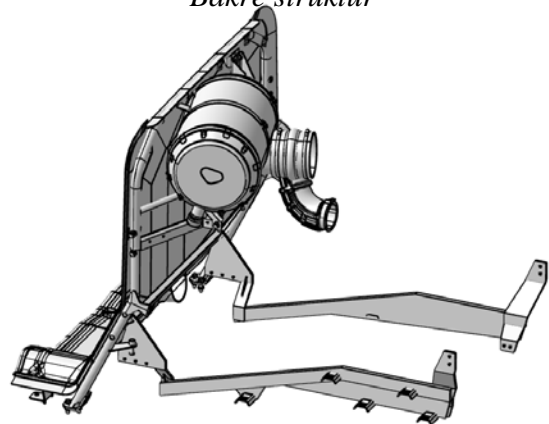
*Transmission*



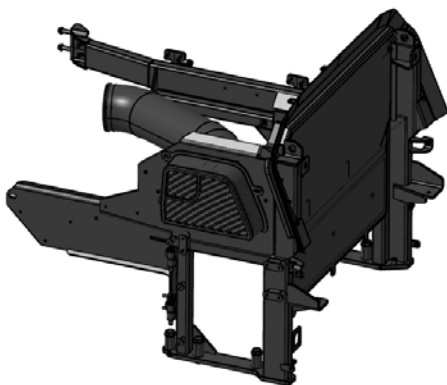
*Pumpar*



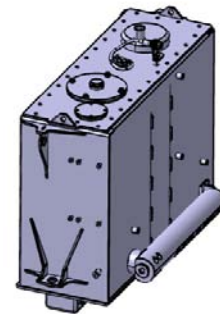
*Bakre struktur*



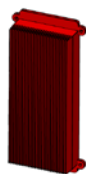
*Främre struktur*



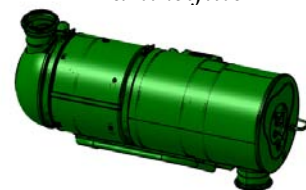
*Hydraultank*



*Styrbox*

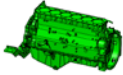









*Partikelfilter*



Figur 26 – Samtliga moduler inom motormodulen

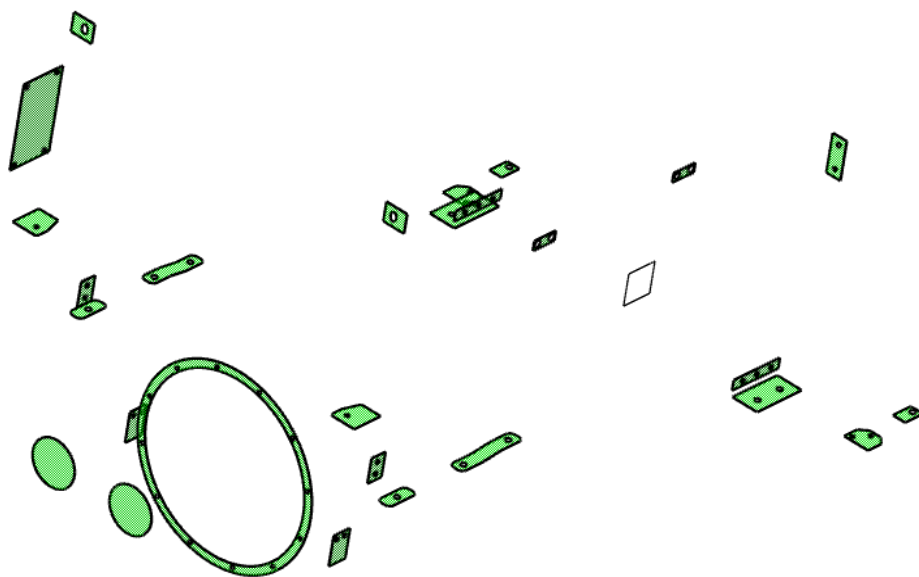
### 6.3 Modulkarta

Moduler	L60	L70	L90	L110	L120	L150	L180	L220
								
								
								
								
								
								
								
								

Figur 27 – Modulkarta, beskriver systemmodulens uppbyggnad av moduler för olika modeller

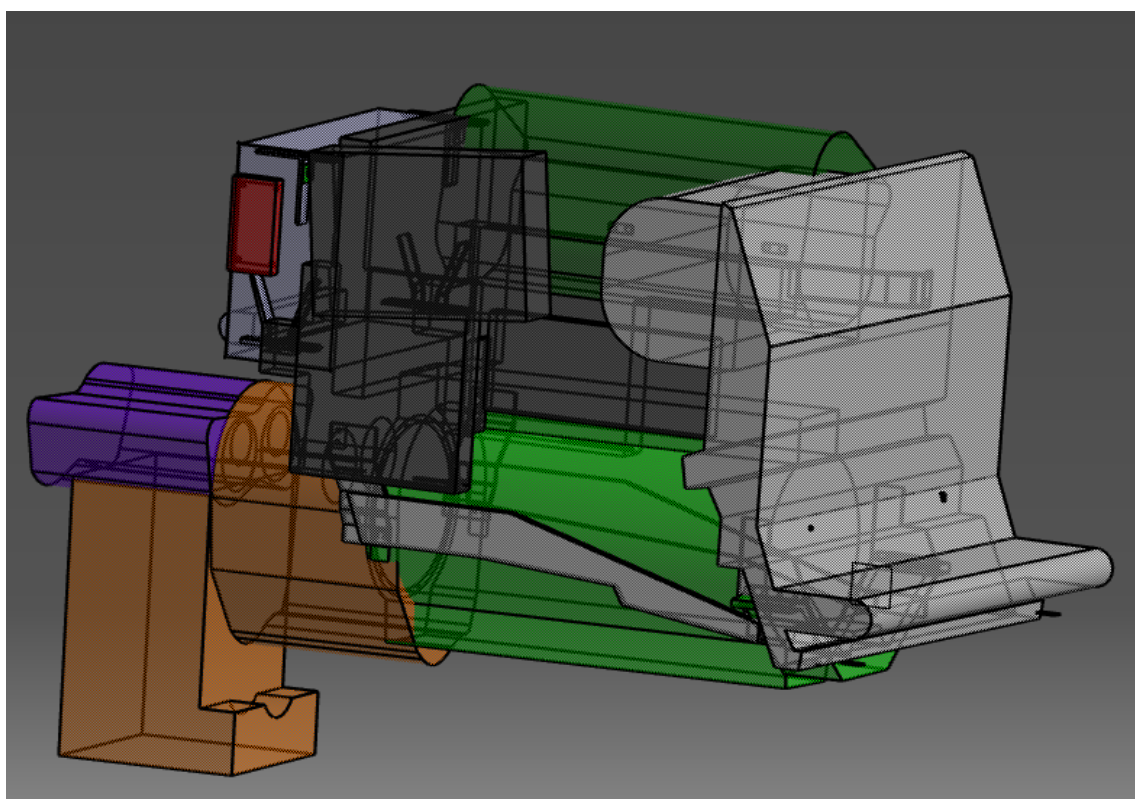
Modulkartan är en översiktlig beskrivning av motormodulens arkitektur. Oavsett modell eller utrustningsgrad måste alltid motormodulen byggas upp av ovanstående moduler. Genom att arbeta horisontellt i modulkartan kan man finna fler gemensamma komponenter inom varje modul.

## 6.4 Gränssnitt



Figur 28 - Samtliga modulers geometriska infästninggränssnitt inom systemmodulen.

Genom att definiera samtliga modulers geometriska infästningsgränssnitt och dess spatiala volymer i PDM-systemet ges goda förutsättningar för "concurrent engineering".



Figur 29 – De spatiala gränssnitten bestämmer modulernas utbredning



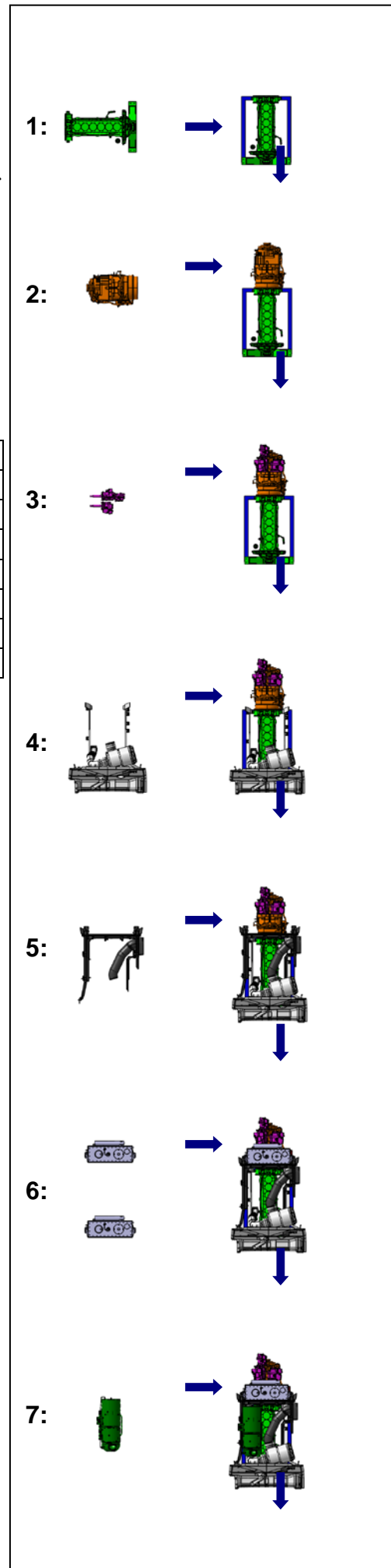
## 6.5 Motormodulline

En motormodulline har utarbetats för att försörja huvudlinen med motormoduler. Linens vänstra del består av förmontage av de olika modulerna. Under förmontagen förbereds modulen för montering på linan (den högra delen) i form av slang/kabeldragning, montering av komponenter m.m. Framförallt bör påpekas att varianser tas i så stor omfattning som möjligt upp under förmontagen.

Monteringsyta 31,5m x 7m.

Station	Aktivitet
1	Förmont. motor
2	Förmont. transmission
3	Förmont. hydraulpumpar
4	Förmont. bakre struktur
5	Förmont. främre struktur
6	Förmont. hydraultank samt styrbox
7	Förmont. partikelfilter

Tabell 9 – Beskrivning av motormodullinens olika moment



## 6.6 Beräkningar – Effekter på ledtid och yteffektivitet

Jämförelse hur förflyttning av montering till delmontage påverkar ledtider samt yteffektivitet. Jämförelsen av yteffektivitet är endast jämförd med den nyttjade arean vilken innefattar de komponenter som monteras på den tänkta motormodulen. Jämförelse ledtid gäller dock hela monteringen

LARGE												
HUVUDLINE						DELMONTAGE						
Station	Tid	Andel	Andel/station	Area station	Area nyttjad	Station	Tid	Andel	Andel/station	Area station	Area nyttjad	
1700	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1711:1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
1705:1 Montör 1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1711:2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
1705:2 Montör 2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1705 11	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
1710	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1741:1 Montör 1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
1720:1 Montör 1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	1741:2 Montör 2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
1720:2 Montör 2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx							
1730-40	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx							
1730	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx							
<b>SUMMA:</b>	<b>6 stationer</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>4 stationer</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	

MEDIUM												
HUVUDLINE						DELMONTAGE						
Station	Tid	Andel	Andel/station	Area station	Area nyttjad	Station	Tid	Andel	Andel/station	Area station	Area nyttjad	
2020	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	2061:1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
2060, montör 1	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	2061:2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
2060, montör 2	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	2061:3	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
2070	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	2071	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
2080	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	2101	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	
2090	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx							
<b>SUMMA:</b>	<b>5 stationer</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>5 stationer</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	<b>xxx</b>	

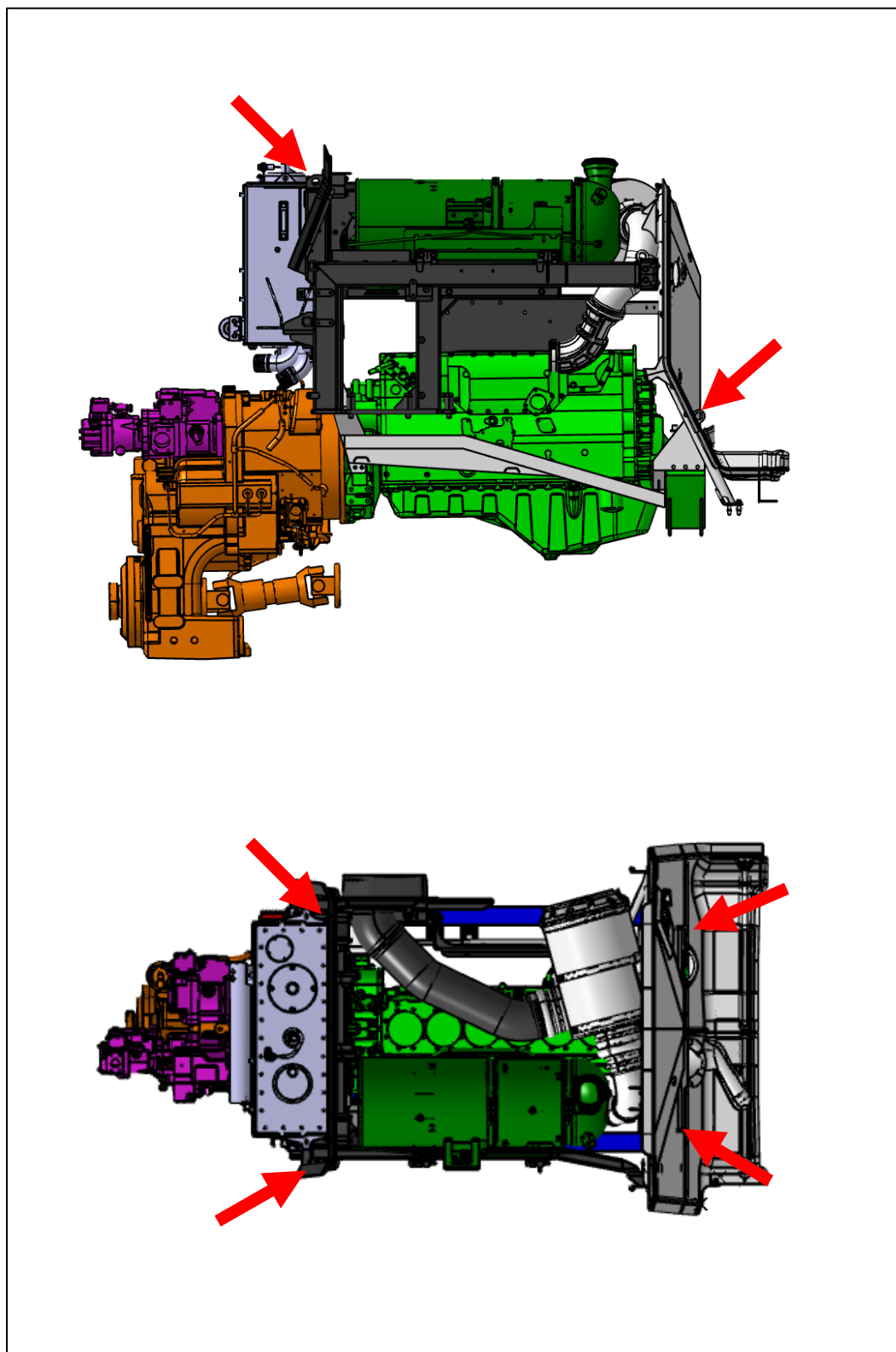
  

<b>Total area nyttjad Medium samt Large line (berörda delar)</b>	<b>311,99</b>	
<b>Motormodulline</b>	<b>220,50</b>	
<b>Förbättring yteffektivitet (%)</b>	<b>29,33</b>	<b>Observera, gäller endast berörda stationer, ej hela monteringen!</b>
<b>Ledtidsförbättring Large line (%)</b>	<b>19,02</b>	
<b>Ledtidsförbättring Medium line (%)</b>	<b>12,48</b>	

Tabell 10 – Yteffektivitet och ledtid som funktion av utökat delmontage i form av moduler

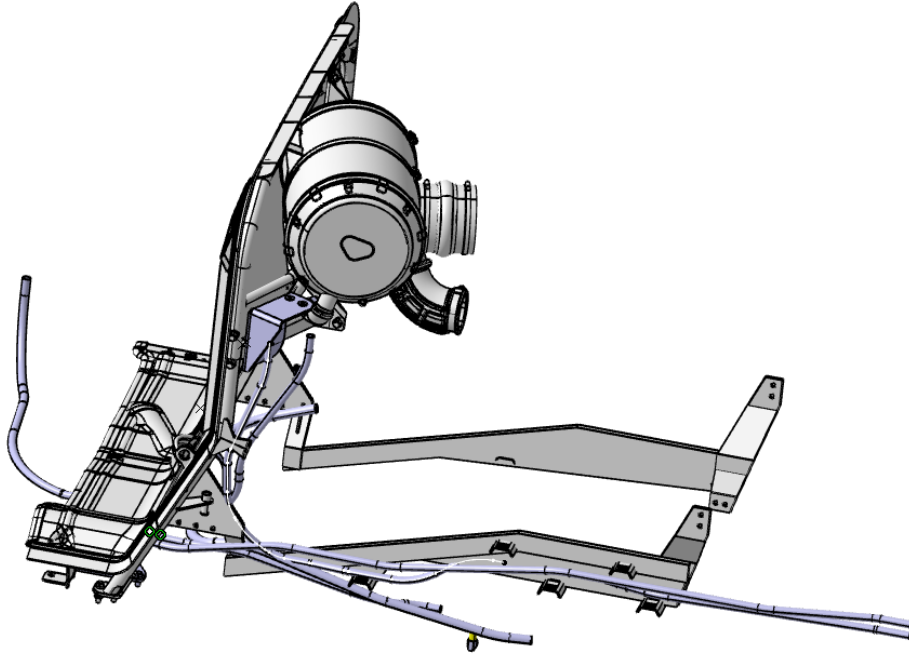


## 6.7 Integrerade lyftpunkter

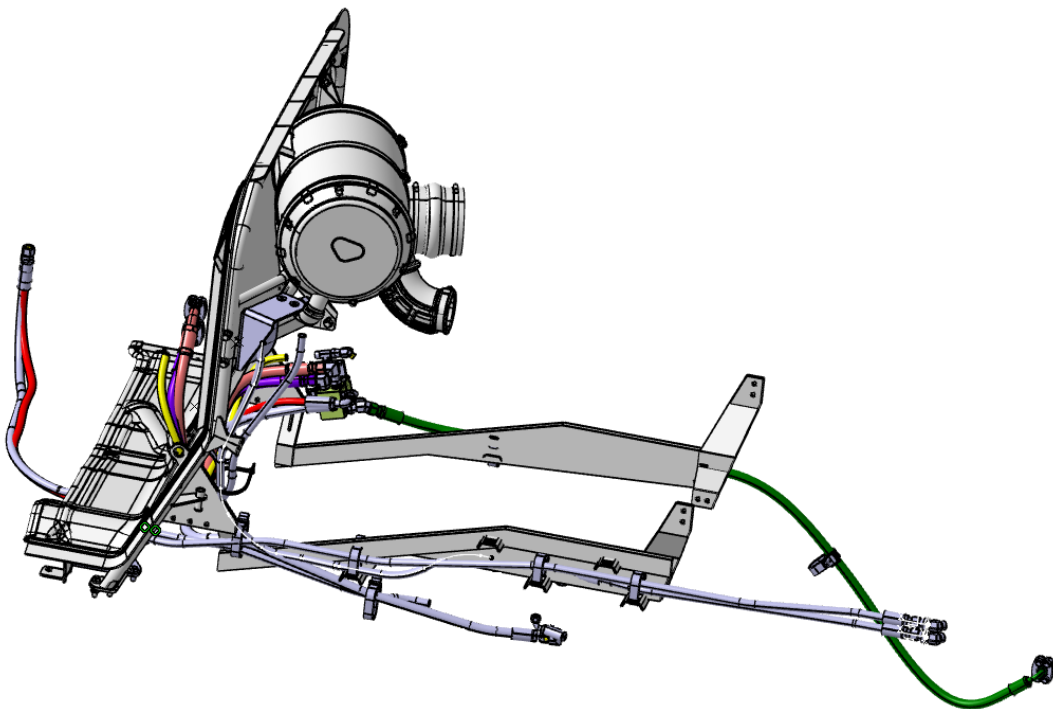


Figur 31 – Integrerade lyftpunkter i systemmodulen

## 6.8 Exempel på hantering av variationer



*Figur 32 - Bakre struktur med standardutrustning.*



*Figur 33 - Bakre struktur med reversibel fläkt.*

Genom att utforma monterings-kit vilka i sin tur utgör modulernas varianter, kan utrustningsgraden varieras helt och hållet av submodulerna.

## 7. Analys

### 7.1 Effekter av införande av motormodulen

#### Ökad tolerans mot varianser i arbetsinnehåll

Vi förflyttar varianser till ett så tidigt skede som möjligt i processen. Detta uppnås genom att utföra modulindelningen på ett sådant sätt att modulerna utgör produktens varianser och sedan i så stor omfattning som möjligt likriktad monteringen av dessa moduler. Eftersom dessa delmontage sker parallellt finns möjlighet att balansera montagen på ett prognostiserat snitt och använda sig av microbuffertar för att utjämna varianserna. På detta sätt är det möjligt att i stort sett eliminera balanseringsförluster, och att varianser i arbetsinnehåll kan bli nästintill helt transparenta.

#### Monteringstid

Genom större andel parallella delmontage kan också arbetsstationer anpassas bättre både gällande ergonomi och materialexponering. Dessa förbättringar skall naturligtvis inte endast tillskrivas modulariseringen eftersom denna utökning av delmontage naturligtvis kan ske utan att modulindelning har skett. I detta fall har dock modulariseringen varit den struktur som sedan utgjort delmontagen. Oavsett moduler eller ej så bör indelningen av dessa stödja en förflyttning av variantskapande komponenter till början av flödet. Hur gränssnitten utformas kan också vara av avgörande betydelse för monterings tiden. Genom att utforma dessa med fästelement som kräver färre verktygsbyten kan monterings tiden minskas. På samma sätt kan man inom varje modul minska antalet typer av fästelement.

#### Ledtid

Utökad andel parallella delmontage medför också en förkortad ledtid. Vi kan ej göra en jämförelse för hur motormodullinen och dess delmontage skulle förkorta en tänkt gemensam line, eftersom det ej är klart hur en sådan line skulle se ut. Om vi ändå gör en jämförelse med hur ledtiderna för nuvarande M och L-line skulle förändras om de försörjdes av en gemensam motormodulline, skulle de förkortas 12% respektive 19%.

#### Yteffektivitet

En jämförelse mellan den yta som de nuvarande montagen, av de parter som utgör motormodulen på linerna M och L, med den yta en gemensam motormodulline skulle utgöra, visar på en betydande ökning av yteffektivitet. Uppskattningsvis kan vi spara 90 m<sup>2</sup> vilket motsvarar en 29% -ig förbättring av yteffektivitet.

#### Gemensamma komponenter

I den modulindelning vi gjort har vi ej kunna påvisa en ökning av gemensamma komponenter. Det är dock möjligt att tänka sig en utökning av gemensamma komponenter som en indirekt följd av modulindelningen. När varje modul har ett definierat gränssnitt förenklas en utveckling mot större andel gemensamma komponenter genom att dessa kan utvecklas modul för modul över hela produktrangen. Man kan med fördel arbeta horisontellt i modulkartan för att reducera antalet komponenter.

#### Teknisk utveckling

En modulariserad produktarkitektur stödjer helt oberoende teknisk utveckling inom varje modul. Så länge modulen anpassas till gränssnittet är den ej beroende av övriga förändringar.

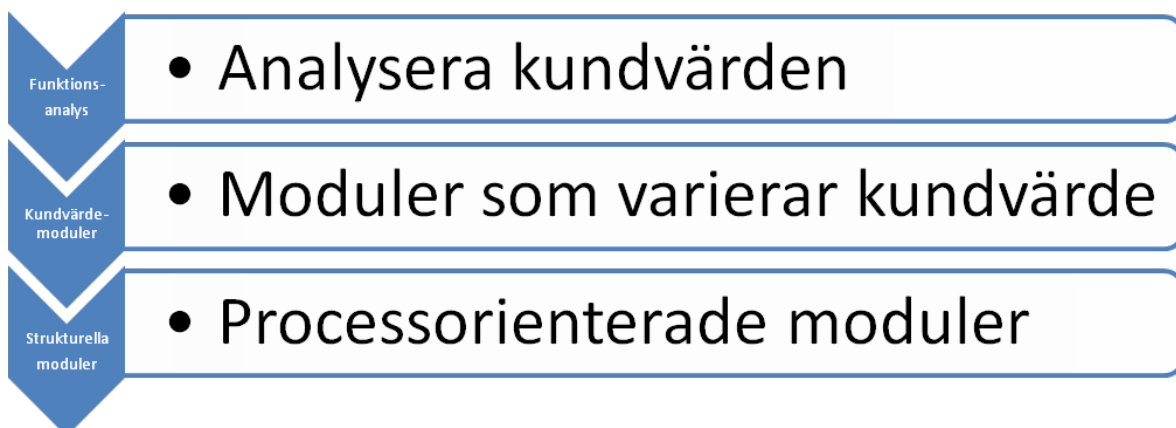
På detta sätt kan teknisk utveckling, och införande av nya funktioner ske utan att starta den ändringskedja en traditionell produktarkitektur ofta orsakar. (Se figur teorikap.)

## 7.2 Utvärdering av modulindelningsmetod

Det bör nämnas att den delen av hjullastaren som vi avgränsat till en systemmodul är relativt godtycklig. Även om motormodulen utgör ett tydligt avgränsat system där motormodulens funktion är att alstra kraft i form av moment, elektricitet och hydraultryck så bör man ha som regel att bryta ner hela produkten i en funktionsanalys som föregår modulindelning. Vår avgränsning att endast modularisera denna del av hjullastaren kan ha medfört att vi stirrat oss blinda på delfunktioner utan att tänka på produktens totala funktionalitet.

Under arbetet med Mim-matrisen framgår det att denna bör tas bokstavligen med avseende på ordet indikation. Många av de komponenter som indikerades att de skulle kunna utgöra en modul var praktiskt taget helt otänkbara att utforma. Vi lade därför till olika anslutningstyper sinsemellan komponenterna som en faktor i modulindelningsmatrisen. Detta gav en någorlunda vettig indikation om man laborerade med hur de olika moduldrivarna och fysiska anslutningarna viktades. Men trots dessa förändringar framstod endast vissa indikationer som något att ta tillvara på. Med anledning av detta tror vi ej att modulindelningsmatrisen är ett effektivt redskap att använda för modulindelningen. Under teoridelen beskrivs visserligen att mim matrisen bör tas just som en indikation, men i det här fallet var det svårt att finna några rimliga indikationer. Man kan dock tänka sig att MFD-metoden är bra på så sätt att man kan finna vissa samband mellan komponenter vilka man annars ej skulle komma att tänka på och hjälpa till att tänka "outside the box".

Funktionsanalysen som föregick mim-matrisen utgjorde dock ett viktigt redskap, vår uppfattning är att man kan nå väldigt långt med denna. Genom att utgå från ett kundperspektiv och bryta ner produktens funktioner till delfunktioner vilka motsvaras av respektive tekniska lösningar vilka utgör produktens variationer kan man på ett ganska överskådligt sätt se vad som ska utgöra grunden för modulindelningen. Dessa tekniska lösningar kan sedan utgöras av moduler eller en kombination av moduler. På så vis skapas ett "ett till ett" förhållande mellan kundvärdet och dess tekniska lösning. De komponenter som inte har ett direkt kundvärde är oftast av strukturell art, t.ex. en bärram. En sådan modul är dock mycket lämpad för att vara en processororienterad. Den processororienterade modulen kan ha en gemensam arkitektur, innehålla fästpunkter för att ta upp skillnader i variationer av utrustning, ha gränssnitt som är standardiserade över flera produktplattformar och möjliggöra gemensam monteringssekvens över produktplattformerna. Detta ger två typer av moduler samt ett konkret tillvägagångssätt.



Figur 34 – Alternativ modulindelningsmetod

## 8. Slutsats

Målsättningen med arbetet var att på ett konceptstadium påvisa hur vissa nyckeltal kunde påverkas av en modulariserad arkitektur. Vi kan uppskatta att vi kan påverka nyckeltalet produktkostnad genom parametrarna ledtid och yteffektivitet. Vad det gäller andelen gemensamma komponenter så kan vi ej säga att vi har uppnått detta i vårt koncept. Detta är till stor del av anledningen att vi tvingats avgränsa oss till att bryta ner produkten i funktionella delar och ej ner till komponentnivå. Vi har dock goda skäl att anta att en modulariserad produktarkitektur skapar goda möjligheter för att finna och utveckla en större andel gemensamma komponenter. En arbetsmetod för att finna fler gemensamma komponenter kan vara att arbeta horisontellt i det som vi kallar modulkarta (Fig. 27). Genom att finna fler gemensamma komponenter ökar också nyckeltalet "inventory turnover".

Som ett sekundärt mål i arbetet har vi sökt finna en arbetsmetod som är tillämpbar för modularisering. Den enda tidigare väldokumenterade metod som stod till hands var MFD-metoden. Under arbetets gång har denna dock visat sig vara ett trubbigt instrument. Med största sannolikhet kan en välgjord funktionsanalys samt en smula sunt förnuft medföra en nedbrytning av produkten på ett sådant sätt att man kan knyta specifika kundkrav och variationer i utrustning till specifika moduler.

Man kan också tänka sig fler positiva effekter på lång sikt. Med en väldefinierad arkitektur blir det lättare att införa fler varianter, lättare att implementera nya tekniker i befintliga arkitekturer samt kortare utvecklingstider. Att skapa en arkitektur som ger utrymme för att implementera nya tekniker är dock något som kräver noggrann eftertanke i ett tidigt stadie vid utformandet av en produktarkitektur.

Hur kan detta arbete fortskrida? För största möjliga utvecklingspotential och möjligt genomslag är det viktigt att titta på andra produkter inom Volvo CE och undersöka ifall det är möjligt att konstruera en motormodul med en gemensam arkitektur för fler produkter än just hjullastare. Eftersom en sådan här modul har en mycket snarlik funktion och till stor del samma ingående komponenter inom flera produktranger finns potential för stora synergieffekter. Genom att genomföra en funktionsanalys på flera produkter kan vi finna gemensamma funktioner vilka var och en svarar mot sitt specifika kundkrav. Dessa funktioner motsvaras av en teknisk lösning vilken genom variationer ger olika prestanda. Dessa bör utgöra de olika submodulerna. Om man sedan utvecklar en arkitektur vilken stödjer en gemensam monteringssekvens av dessa submoduler över alla dessa produkter finns en oerhört mycket större potential för nyttjande av resurser både inom produktion och utveckling. Möjligheten att öka andelen gemensamma komponenter inom Volvo CE blir också avsevärt mycket större om vi tittar på flera typer av produkter. Eftersom potentialen blir större blir det också lättare att motivera större konstruktionsförändringar som exempelvis att ta fram en gemensam subframe för ett flertal produkter. Om sammansättningen av dessa moduler kan likriktas gällande gränssnitten samt arbetsinnehåll så är det också möjligt att tillverka mer än en sorts produkt i samma produktionssystem.

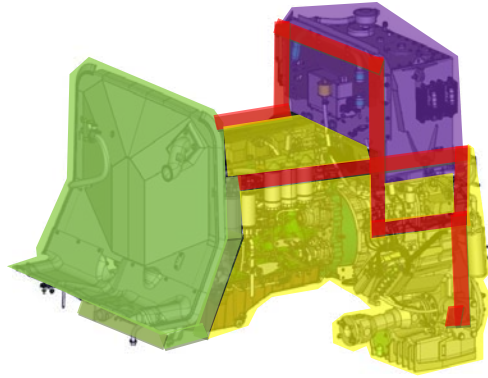
## 9. Tackord

Vi vill tacka vår handledare på Karlstads Universitet, Lars Jacobsson för hans entusiasm och goda råd. Vi vill även tacka vår handledare på Volvo CE Arvika, Per Augustsson för att vi gavs denna möjlighet samt för all tid och energi han hjälpt oss med vårt arbete. Ett stort tack går också till övrig personal på Volvo CE Arvika som varit hjälpsamma under arbetets gång. Vi vill Sist men inte minst vill vi tacka de personer som tagit emot oss på studiebesök, Johan Fridström – Dynapac Karlskrona samt Robert Posse – Volvo CE Hallsberg.

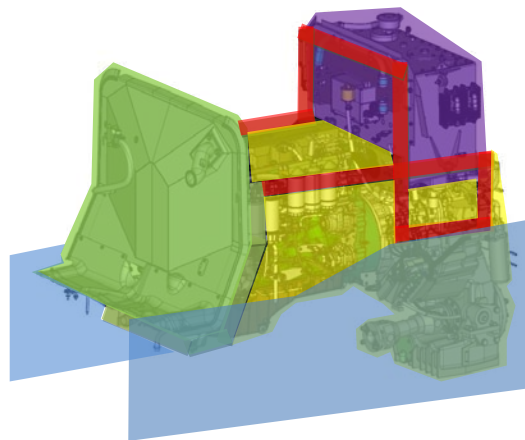
## Referenslista

1. Andersen, Bjørn & Pettersen, Per-Gaute, *Benchmarking en praktisk handbok*, Studentlitteratur, Lund, 1995.
2. Eggen, Øystein, *Modular product development*, Department of Product Design, Norwegian University of Science and Technology, 2003,  
[http://www.ivt.ntnu.no/ipd/docs/pd9\\_2003/Eggen.pdf](http://www.ivt.ntnu.no/ipd/docs/pd9_2003/Eggen.pdf)
3. Ericsson, Anna & Erixon, Gunnar, *Controlling design variants: Modular product platforms*, Asme Press, New York, 1999.
4. Erixon, Gunnar, Erlander, Arne, von Yxkull, Alex, Östgren, Björn Mo, *Modulindela Produkten – Halverade ledtider och offensiv marknadsorientering*, Förlagets AB Industrilitteratur, Stockholm, 1994.
5. Neuman och Winkel, *Ergonomi och effektiva produktionssystem – från reaktiv till proaktiv insats*, Arbetlivsinstitutet, 2005.
7. Sanchez, Ron, *Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design*, Design Management Journal, Vol. 2 (2002), pp. 8-19.
8. Sanchez, Ron & Collins, Robert P., *Competing and Learning in Modular Markets*, Long Range Planning, Vol. 34 (2001), pp. 645-667.
9. Sanchez, Ron, & Joseph T. Mahoney , *Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design*, Strategic Management Journal, Vol. 17 (1996), pp. 63-76.
10. Ulrich, Karl, *The role of product architecture in the manufacturing firm*, Research Policy, 24 (1995), pp. 419-440.
11. Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D., *Product Design and Development*, McGraw Hill, New York, 1995.
12. Duray, R., P.T. Ward, G.W. Milligan and W.L. Berry, *Approaches to mass customization: configurations and empirical validation*, Journal of Operations Management, Vol 18 (2000), pp 605-625.
13. [http://www.volvo.com/constructionequipment/corporate/en-gb/quality/our\\_quality\\_commitment/our\\_quality\\_vision.htm](http://www.volvo.com/constructionequipment/corporate/en-gb/quality/our_quality_commitment/our_quality_vision.htm) , 2010-06-07

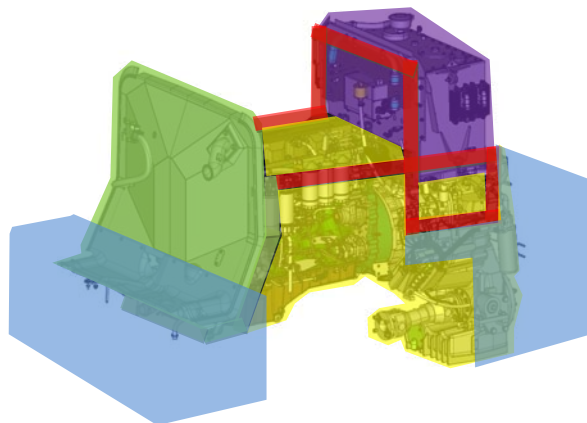
## Bilaga 1 - Monteringskoncept



**Koncept 2:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt ett extra fäste har tillförts till transmissionen.



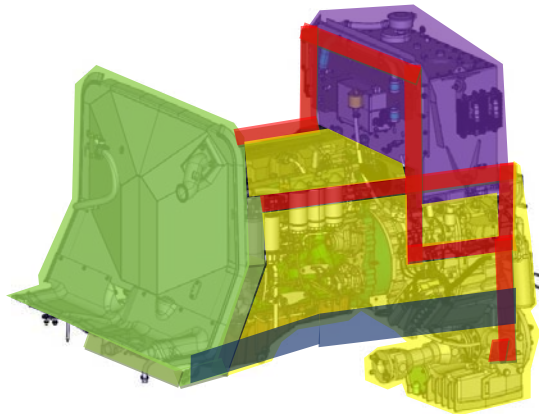
**Koncept 3:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Bakramens sidor utgör en grundstomme. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt på bakramens sidor.



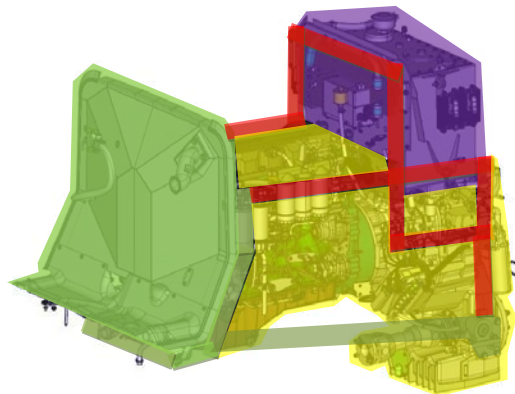
**Koncept 4:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Motorbärande strukturens frändel/bakdel utgör en grundstomme. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt på bakramens front.



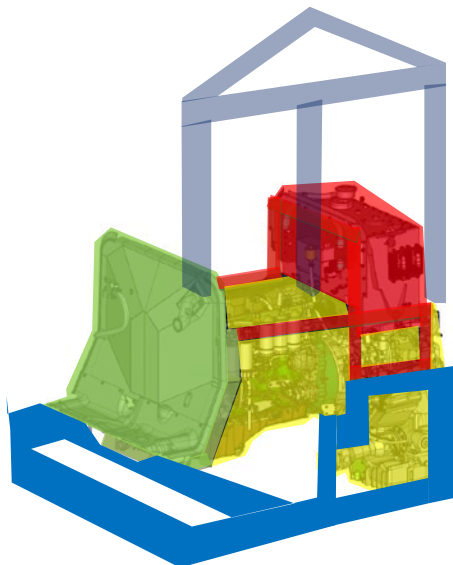
## Bilaga 1 - Monteringskoncept



**Koncept 5:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt ett extra fäste har tillförts till transmissionen. En balk med kablage samt hydraulslang monteras mellan bakre skiljevägg till det extra fästet

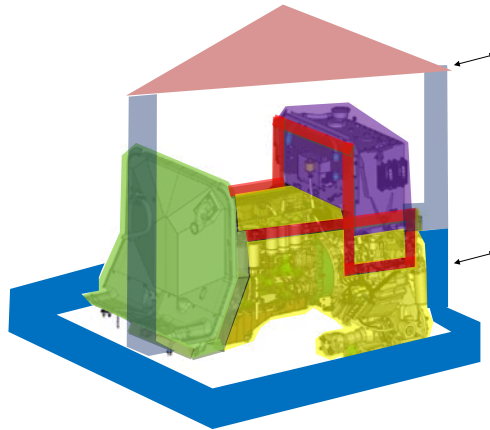


**Koncept 6:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt ett extra fäste har tillförts till transmissionen. En balk med kablage samt hydraulslang monteras mellan bakre skiljevägg och infästningspunkten på transmissionen.

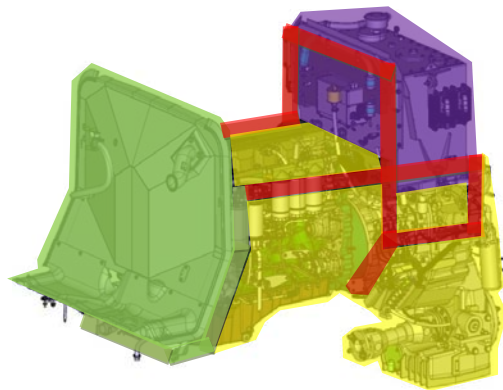


**Koncept 8:** Montering av de olika delarna sker på en fixtur för att sedan lyftas med ett lyftverktyg vilket håller samtliga komponenter i rätt läge

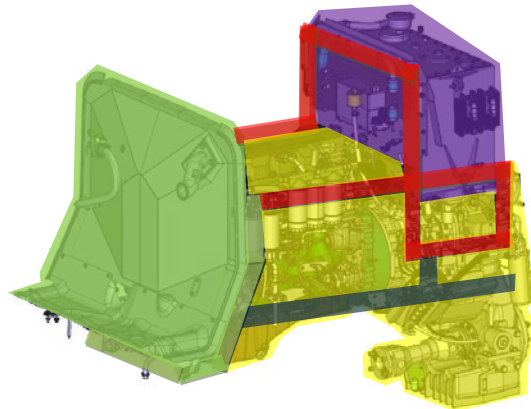
## Bilaga 1 - Monteringskoncept



**Koncept 9:** Monteringen sker på en vagn som även fungerar som ett lyftverktyg.

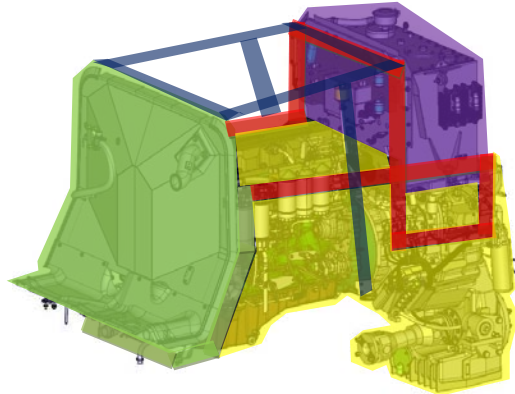


**Koncept 10:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen samt ett extra fäste har tillförts till motorn.

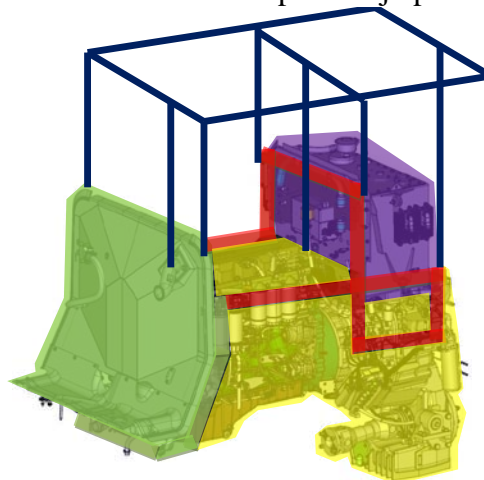


**Koncept 11:** En monterbar motorbrygga sitter på motorn. Superstrukturen sitter fast i bakre skiljeväggen. En balk med kablage samt hydraulslang monteras som har infästningspunkter i bakre skiljevägg samt främre motorfäste.

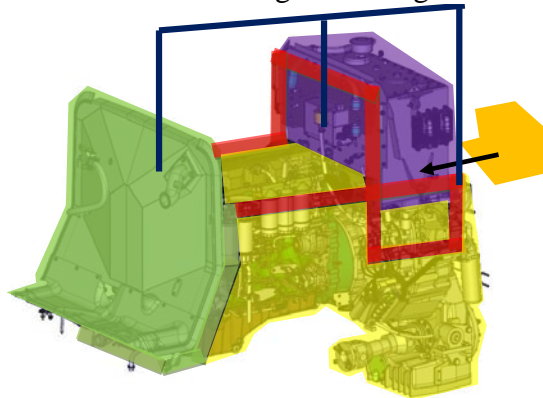
## Bilaga 1 - Monteringskoncept



**Koncept 12:** Motormodulen monteras ihop med hjälp av ett fixurerande lyftverktyg.

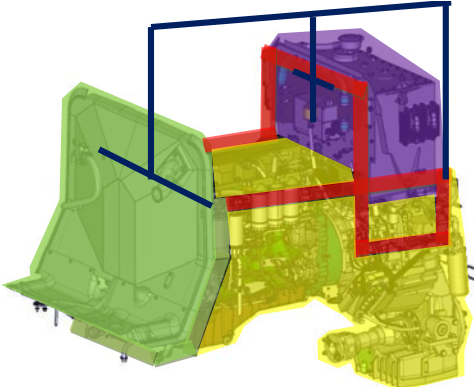


**Koncept 13:** Alla moduler hänger i kättingar vid monteringen.

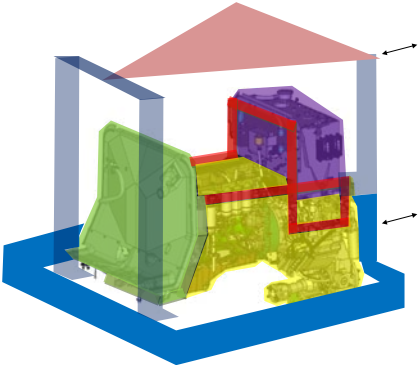


**Koncept 14:** Kättingar lyfter i motor och transmission. Vid lyftet tillförs en fixtur mellan transmissionen och hydraultanken.

**Bilaga 1 - Monteringskoncept**



**Koncept 15:** Alternativ till koncept 13.



**Koncept 16:** Alternativ till koncept 9.

## Bilaga 2 - Benchmarkingformulär

### Benchmarkingformulär

Utförd av: _____	Kontaktpersson: _____
På företag: _____	e-post: _____
Utfördes den: _____	tele: _____
Produkt: _____	
Årlig volym: _____	
	Intern/extern: _____
	Plats: _____

### Modulkoncept

1.1 Varför har ni valt att börja arbeta med moduler?

1.2 Hur definieras en modul?

1.3 Hur har modulindelning gjorts, vad har den baserats på?

1.4 Övrigt/Vad kan vi lära oss?

# Bilaga 2 - Benchmarkingformulär

## Montering

2.1	I hur stor omfattning används samma arbetssätt oavsett produktvariant?	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
2.2	Hur uppnås samma arbetssätt på olika produkter i monteringen?											
2.3	Hur många produktvarianter tillverkas på samma line?											
2.4	Hur stor andel av monteringen sker med hjälp av delmontage? (med avseende på monterings tid)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
2.5	Hur har ni kommit fram till just vad som skall delmonteras?											
2.6	Hur stor del av monteringen sker mot standardiserade gränssnitt (dimension, form samt övr spec)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
2.7	Vilka gränssnitt finns definierade och hur har de valts ut?											
2.8	Om modulbaserat: Hur stor andel av modulerna är utbytbara/variansskapande?	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%



## Bilaga 2 - Benchmarkingformulär

3.6 Om separat testbarhet: Varför testas just dessa komponenter/system

3.7 Vilka referenspunkter finns?

3.8 Övrigt/Vad kan vi lära oss?

### Övrigt

4.1 Kan man se några trender vad det gäller garantikostnader som kan knytas till användandet av moduler?

4.2 Kan ni se ev. fördelar av modulbaserade produkter för eftermarknad/service?



## Bilaga 2 - Benchmarkingformulär

4.3

Övrigt/Vad kan vi lära oss?

--