



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

### **Masterthesis**

**Productvariëteit en productiecomplexiteit: beheersingsstrategieën en praktische toepassingen in de automobielsector**

#### **Willem Sleddens**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Inneke VAN NIEUWENHUYSE



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2018**  
**2019**



# Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

## ***Masterthesis***

***Productvariëteit en productiecomplexiteit: beheersingsstrategieën en praktische toepassingen in de automobielsector***

### **Willem Sleddens**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Inneke VAN NIEUWENHUYSE



# Productvariëteit en productiecomplexiteit: beheersingsstrategieën en praktische toepassingen in de automobielsector

Willem Sleddens

Handelswetenschappen

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen, UHasselt

Dit literatuuroverzicht beschrijft de verschillende oorzaken van complexiteit binnen de automobielsector. De complexiteit wordt hoofdzakelijk teweeggebracht door de veranderingen in consumentenbehoeften, waarbij ze verlangen naar een breed aanbod met de mogelijkheid tot personalisatie. Bovendien zorgen marktverschuivingen, strengere milieuwetgeving, de nood aan innovatie en het uitbesteden van verantwoordelijkheden ervoor dat de complexiteit in het productieproces en het productontwerp toeneemt. Om deze complexiteit te reduceren zijn er enkele beheersingsstrategieën, waarbij de industrie overgeschakeld is van massaproductie naar *mass customization*. Hierdoor is het mogelijk om de schaalvoordelen te behouden, maar zijn ze daarnaast ook in staat om beter in te spelen op de behoeften van de consument. Verder wordt het concept, de voor- en nadelen en de implementatie van de vijf meest gebruikte strategieën besproken, namelijk: *built to order strategy*, *postponement*, *option bundling*, *platform sharing* en modulariteit.

*Kernwoorden: productvariëteit, productiecomplexiteit, automobielsector, beheersingsstrategieën, mass customization, built to order, assemble to order, postponement, option bundling, modulariteit*

---

Willem Sleddens

Productvariëteit en productiecomplexiteit: beheersingsstrategieën en praktische toepassingen in de automobielsector

**Promotor:** Prof. Dr. Inneke Van Nieuwenhuysse

# 1 Inleiding

Steeds meer autoproducenten beschouwen het aanbieden van een breed productgamma waarbij de klant over steeds meer personalisatiemogelijkheden beschikt, als een manier om (nieuwe) klanten aan te trekken. Vanuit marketingperspectief is dit een interessante opportuniteit, echter vanuit operationeel standpunt is dit een ander verhaal. Zo neemt de complexiteit binnen het productieproces toe en bestaat de kans dat de kosten stijgen, zoals bijvoorbeeld voorraad- of productiekosten. Hierdoor ontstaat de kans dat de autoproducent genoodzaakt is om het volledig of een specifiek gedeelte van het proces of product opnieuw te ontwerpen.

Het doel van dit literatuuroverzicht is om de verschillende oorzaken die bijdragen aan de complexiteit in kaart te brengen, waarbij voornamelijk op externe variëteit gefocust wordt. Verder zijn de verschillende beheersingsstrategieën geclassificeerd die worden toegepast in de automobielsector om de negatieve invloeden te reduceren. Elke beheersingsstrategie bevat een korte toelichting van het concept, de voor- en nadelen en ten slotte de implementatiemogelijkheden.

In de huidige wetenschappelijke literatuur ligt de nadruk op hetzij de oorzaken van complexiteit in de automobielsector oftewel op een specifieke beheersingsstrategie. Zelden worden beide aspecten gedetailleerd of meerdere beheersingsstrategieën besproken. In tegenstelling tot de bestaande literatuur wordt er in dit literatuuroverzicht wel een volledig beeld gecreëerd door het in kaart brengen van de oorzaken alsook de verschillende beheersingsstrategieën. Echter, leveren de besproken beheersingsstrategieën minder diepgang dan de wetenschappelijke artikels waarbij de focus op een specifieke oplossingsstrategie gevestigd is.

Het literatuuroverzicht is opgesplitst in twee grote secties. De eerste sectie geeft de verschillende oorzaken van complexiteit weer en de tweede sectie bespreekt de verschillende beheersingsstrategieën. De tweede sectie is opgebouwd uit zes verschillende subsecties, waarbij de eerste subsectie het concept van *mass customization* beschrijft. In de vijf daaropvolgende subsecties worden de volgende beheersingsstrategieën in chronologische volgorde besproken: *build to order strategy*, *postponement*, *option bundling*, *platform sharing* en modulariteit.

## 2 Methodologie

Voor het zoeken naar bronnen heb ik voornamelijk de databank van de UHasselt geraadpleegd. Daarnaast heb ik Google Scholar en Google gebruikt voor bepaalde topics waarvoor er in de database van de UHasselt weinig relevante artikels beschikbaar waren. Dit waren vooral zoekopdrachten omtrent *option bundling* en *platform sharing*. Tevens heb ik na het lezen van een interessante alinea, in de literatuurlijst gezocht naar het gerefereerde wetenschappelijk artikel.

Tabel 1 geeft een opsomming weer van de gebruikte zoektermen en het aantal gevonden wetenschappelijke artikels. Hierbij ben ik begonnen met het selecteren van artikels op basis van de titel waarbij ik me beperkt heb tot artikels die na 1990 gepubliceerd zijn. In de tweede stap heb ik het aantal artikels beperkt door het abstract te lezen en te kijken naar de relevantie.

**Tabel 1: De gebruikte zoektermen en aantal gevonden wetenschappelijke artikels**

De gebruikte zoekterm	Het aantal gevonden wetenschappelijke artikels
Automobile complexity	14
Automotive complexity	3
Postponement automotive	17
Postponement automobile	4
Late configuration automotive	0
Late configuration automobile	0
Delayed differentiation automotive	3
Order-fulfillment strategies automotive	4
Mass customization automotive	5
Option bundling automotive	3
Mixed bundling automotive	2
Option bundling automobile	4
Mixed bundling automobile	0
Platform sharing automotive	5
Platform sharing automobile	2
Shared platform automotive	2
Modularity automotive	11
Modularity automobile	6

### 3 Oorzaken van complexiteit

Deze sectie bespreekt de verschillende oorzaken die bijdragen aan de complexiteit binnen de automobielsector. Het begin van deze sectie omvat de kernelementen en de verschillende vormen van complexiteit. Verder worden de verschillende oorzaken toegelicht. Sectie 3.1 focust op de complexiteit die veroorzaakt wordt door de behoeften van de consument. Daarnaast legt sectie 3.2 de nadruk op de complexiteit die teweeg wordt gebracht door de marktomstandigheden. Ten slotte wordt in sectie 3.3 de complexiteit, veroorzaakt door de interne werking van de organisatie, besproken. Het doel hiervan is dat duidelijk wordt waarom er verschillende beheersingsstrategieën ontwikkeld zijn.

Complexiteit wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van veel gevarieerde, onderling verbonden delen, patronen of elementen waardoor het moeilijk is om dit in zijn geheel te begrijpen (Miyazaki en Kijima, 2000). Evenzeer speelt complexiteit een belangrijke rol bij het productontwerp, het productieproces en het toezicht van assemblage- en productiesystemen. Er moet rekening gehouden worden met de assemblageplanning en de keuze voor het meest geschikte productieproces. Dit heeft een negatieve invloed op de kwaliteit, kosten, efficiëntie en productiviteit van de assemblagesystemen (MacDuffie, Sethunarman en Marshall, 1996; Rodriguez-Toro, Jared en Swift, 2004; Samy en Elmaraghy, 2012).

Daarnaast zijn maatwerk of personalisatiemogelijkheden en variëteit twee verschillende concepten die regelmatig terugkomen in dit literatuuroverzicht. Diverse auteurs hebben het onderscheid tussen deze twee begrippen gedefinieerd. Variëteit biedt klanten keuze, maar niet de mogelijkheid om het product volledig te specificeren. Een grote variëteit in het aanbod kan de meeste klanten tevredenstellen en dus als alternatief dienen voor maatwerk, terwijl maatwerk de onderneming de opportuniteit geeft om nog beter in te spelen op de behoeften van de klant (Duray, Ward, Milligan en Berry, 2000; Svensson en Barfod, 2002).

Volgens Novak en Eppinger (2001) is productcomplexiteit opgebouwd uit drie hoofdelementen:

1. het aantal productcomponenten om te specificeren en produceren;
2. de mate van interactie tussen deze componenten;
3. de graad van productinnovatie.



In de wetenschappelijke literatuur worden er drie verschillende soorten complexiteit besproken:

1. *Statische of structurele complexiteit* verklaart de structuur van het systeem, de diversiteit van de componenten en de kracht van de onderlinge interacties in een supply chain (Samy en ElMaraghy, 2012; Serdarasan, 2013).
2. *Dynamische of operationele complexiteit* slaat op de operationele aspecten en de onvoorspelbaarheid van het systeem en zijn ruimere omgeving (Rodriguez-Toro et al., 2004; Samy en ElMaraghy, 2012; Serdarasan, 2013).
3. *Besluitvormingscomplexiteit* omvat zowel statische als dynamische aspecten van complexiteit. Deze vorm van complexiteit correleert met de hoeveelheid en de aard van informatie waar rekening mee gehouden moet worden bij het nemen van beslissingen (Serdarasan, 2013).

Gedurende de productontwikkeling is het belangrijk om de complexiteit binnen een assemblagesysteem te meten. Samy en ElMaraghy (2012) raden hiervoor 2 methodes aan. De *mapping method* wordt gebruikt in het beginstadium van het productieontwerp. Deze methode helpt productontwerpers bij de keuze tussen bepaalde onderdelen of productkenmerken om de complexiteit te beperken. De *code-based method* kan pas worden toegepast wanneer bepaald is welke activa gebruikt zal worden in het assemblagesysteem. Deze methode vereenvoudigt de vergelijking van alternatieve assemblagesystemen. Doordat deze twee methodes worden toegepast in verschillende stadia van het proces worden ze beschouwd als complementair. Door de toepassing van deze methode is het mogelijk om de assemblagekosten te reduceren. Tevens zorgt het voor een verbetering van de productiviteit en kwaliteit.

In het verleden werd complexiteit voornamelijk veroorzaakt door het mechanische gedeelte van de auto. Maar door de huidige veranderingen op de markt ligt de focus momenteel op de elektrische componenten en de integratie van software (Fujimoto en Park, 2012; Bartnik en Park, 2018). Fujimoto en Park (2012) beweren dat de vele componenten, functies en structuren complexiteit veroorzaken. Echter zijn de synchronisatie en integratie van mechanica, elektronica en software de voornaamste oorzaken van de toenemende complexiteit.

### **3.1 Complexiteit veroorzaakt door de behoeften van de consument**

Consumenten zijn op zoek naar personalisatiemogelijkheden en verwachten een hoger niveau van variëteit (Squire, Brown, Readman en Bessant, 2006). De waarde van het product voor de consument wordt bepaald door de producteigenschappen. Hierdoor is het vanuit marketingperspectief interessant om consumenten keuze te geven tussen verschillende producten zodat elke consument de optie vindt die het meest aansluit bij zijn behoeften en wensen (Pil en Holweg, 2004; Brabazon, MacCarthy, Woodcock en Hawkins, 2010; MacCarthy, 2013). Evenzeer heerst er heterogeniteit in klantpopulaties, sommige klanten zijn tevreden met een standaardconfiguratie terwijl de voorkeur van anderen gaat naar een auto die ze in detail kunnen personaliseren. De bereidheid tot een compromis is voor elke klant anders; sommigen zijn bereid om bepaalde specificaties achterwege te laten op voorwaarde dat de prijs daalt. Daarnaast zijn er ook klanten die bereid zijn om langer te wachten op de levering van hun auto op voorwaarde dat de auto beschikt over de gewenste specificaties, waarbij de prijs geen doorslaggevende factor is (MacCarthy, 2013).

Om in te spelen op de behoeften van de consument is het voor de producent zinvol om te weten welke beslissingen klanten nemen bij de aankoop van een auto. Barroso en Giarratana (2013) stellen dat consumenten verschillende regels gebruiken om knopen door te hakken: sommigen zoeken naar merknamen terwijl anderen alternatieven elimineren die niet voldoen aan een vooraf bepaald productkenmerk, zoals bijvoorbeeld prijs of aantal zitplaatsen (Hauser, Toubia, Evgeniou, Belfurt en Dzyabura, 2010). Verder onderscheiden Barrose en Giarratana (2013) twee types klanten: merkloyalisten en submarket-nicheloyalisten. Merkloyalisten kiezen een merk waar ze trouw aan zijn of zich toe aangetrokken voelen. Hierbij wordt de loyaliteit en identiteit van klanten meestal geassocieerd met het merk en niet met het moederbedrijf (zie het onderzoek van Barrose en Giarratana (2013) naar het belang van merkreclame in de automobielsector). Zo is gebleken dat klanten met een sterke merkloyaliteit ten aanzien van het merk Alfa Romeo, bijvoorbeeld geen auto's kopen die onder de merknaam Fiat verkocht worden. Daarentegen kiezen submarket-nicheloyalisten voor bepaalde producteigenschappen, zoals bijvoorbeeld een sportwagen of SUV. Het is voor de producent daarom belangrijk om zich met de juiste doelgroep te associëren.

Volgens Agrawal, Kumaresh en Mercer (2001) bieden steeds meer autoproducenten personalisatiemogelijkheden aan. Zo blijkt uit onderzoek van Svensson en Barfod (2002) dat 75 procent van de verkochte auto's op de Britse markt op een of andere manier gepersonaliseerd zijn. In de jaren '90 was dit nog maar 25 procent, en waren de personalisatiemogelijkheden ook beperkter (The Economist, 2001; Svensson en Barfod, 2002; Fredriksson en Gadde, 2005). Tenslotte zijn consumenten de afgelopen jaren een stuk veeleisender geworden. Dit komt vooral tot uiting op het vlak van kostenprestaties, veiligheid, milieu alsook andere factoren zoals een lager brandstofverbruik (Miyazaki en Kijima, 2000; Fujimoto en Park, 2012; Bartnik en Park, 2018).

### 3.1.1 Productvariëteit

Productvariëteit heeft invloed op meerdere aspecten binnen de supply chain. Het wordt beschouwd als een belangrijk raakvlak tussen marketing, productie en klanten. Daarnaast zal een vermindering van de variëteit of het punt van personalisatie uitstellen, leiden tot een vermindering van de productie-, ontwerp- en logistieke kosten. Een negatief gevolg hiervan is dat de inkomsten dalen door het beperkt aanbod (Pil en Holweg, 2004).

De bepaling van welk niveau van variëteit aan de klant wordt aangeboden, wordt gedefinieerd als externe variëteit (Pil en Holweg, 2004; Samy en ElMaraghy, 2012). Voor ondernemingen die produceren volgens het make-to-stock (MTS) principe heeft grote externe variëteit nadelige effecten. Namelijk, hoe groter het aanbod aan personalisatiemogelijkheden, hoe moeilijker het is om een stockvoertuig te vinden dat aansluit bij de vraag van een individuele klant. De producenten staan hierdoor voor een uitdaging, want variëteit zorgt voor het aantrekken van nieuwe klanten, terwijl variëteit aan de productiezijde extra complexiteit veroorzaakt (Pil en Holweg, 2004; Wadhwa, Bibhushan, Bhoon en Chan, 2008).

Lancaster en Ratchford (1990) beweren dat externe variëteit een stijging van de verkoop en de productiekosten met zich meebrengt. Child, Diederichs, Sanders en Wisniowski (1991) gaan hier nog verder in en stellen dat bij sommige bedrijven extra variëteit leidt tot drie procent extra verkoop alsook een stijging van de kosten met 30 procent. Verder blijkt uit cijfers van drie van de tien grootste Europese autoproducenten in 2000 dat 80 procent van de verkopen gegenereerd werd door 2 tot 14 procent van de aangeboden varianten (Pil en Holweg, 2004). Hieruit kan geconcludeerd worden dat meer variëteit en een stijging van het aantal verkochte voertuigen niet noodzakelijk zorgt voor meer winst. Het aanbieden van meer variëteit kan leiden tot een daling van de winst door de hogere productiekosten en complexiteit (Child et al., 1991; Pil en Holweg, 2004; Samy en ElMaraghy, 2012). Verder blijkt uit een casestudy uitgevoerd door Corbett en Crookall (1986) bij Rolls Royce en General Motors dat 70 tot 80 procent van de uiteindelijke productiekosten bepaald wordt door het productontwerp (Ernst en Kamrad, 2000).

Uit het onderzoek van Pil en Holweg (2004) (als vervolg op het onderzoek van Fisher en Ittner, 1999) kwam naar voren dat het aantal varianten in de automobielsector begon vanaf enkele honderden bij een Peugeot 206 en dit kon oplopen tot extreem grote getallen (met 25 nullen) bij de Duitse premiumwagens van BMW of Mercedes. Verder bleek dat het aantal aangeboden opties de belangrijkste factor is voor externe variëteit. Tevens was er geen significante correlatie tussen het verkoopvolume en de totaal aangeboden variëteit. Uit bovenstaande onderzoeken en bevindingen van andere onderzoekers komt wel een gemeenschappelijke conclusie naar voren, namelijk dat vanuit het oogpunt van de klant elke auto uniek is, hoewel in werkelijkheid bijna elke auto over veel gemeenschappelijke componenten beschikt (Fisher en Ittner, 1999; Pil en Holweg, 2004; Turner en Williams, 2005; Samy en ElMaraghy, 2012). Holweg en Pil hadden in 2001 al ondervonden dat in de meeste gevallen, het aantal aangeboden mogelijkheden meer dan één miljoen keer het werkelijk aantal geproduceerde voertuigen is. Daarom is het cruciaal om te bepalen welke opties voor de klant waarde bieden. Salomon, Simon en Muniz (2016) stellen dat de grote verscheidenheid aan opties zorgt voor keuzeproblemen. Hierdoor stijgt de kans op uitstel of annulatie van hun bestelling.

Hoe meer verschillende productgeneraties een onderneming aanbiedt, hoe effectiever de aangeboden variëteit aan zijn klanten. Verder blijkt dat in de automobielsector de gemiddelde levensduur vanaf introductie tot vervanging of een grote facelift van het model gestaag is afgenomen (Pil en Holweg, 2004; Wadhwa, Bhoon en Chan 2006; Wadhwa et al., 2008; Samy en ElMaraghy, 2012). Fujimoto en Park (2012) stellen dat sinds het jaar 2000 de gemiddelde ontwikkelingstijd is toegenomen. Evenzeer blijft volgens Wadhwa et al. (2006, 2008) de productvariëteit stijgen.

Een onderneming werkt meestal volgens een *forecast driven system* of via een *order driven system*. Bij een *forecast driven system* heeft externe variëteit invloed op de prognosefout en bepaalt het de hoeveelheid voorraad die nodig is om de klant tevreden te stellen. Hierbij stijgt het risico op stockveroudering en is er een toename van de voorraadkosten. Bij een *order driven system* wordt de mate van externe variëteit bepaald door de inkomende klantorders (Pil en Holweg, 2004).

## **3.2 Complexiteit veroorzaakt door marktomstandigheden**

Naast de behoeften van de consument zijn er nog een aantal factoren die de complexiteit vergroten. Als eerste wordt de invloed van strengere milieuwetgeving besproken. Daarna komt aan bod hoe de veranderingen op de globale markt en innovatie de complexiteit verhogen.

### **3.2.1 De invloed van strengere milieuwetgeving**

De strengere eisen omtrent emissie en brandstofefficiëntie alsook de milieuwetgeving veroorzaken extra complexiteit in het productieproces, waarbij het doel is om de traditionele brandstof te vervangen door andere energiebronnen (Miyazaki en Kijima, 2000; Bartnik en Park, 2018). Er heerst grote onzekerheid bij de ontwikkeling van voertuigen die gebruik maken van een alternatieve energiebron. De voornaamste alternatieven zijn: elektrische, hybride en aardgasvoertuigen. Het is praktisch onmogelijk om in alle opties te investeren waardoor autoproducenten moeten beslissen op welk domein ze zich willen focussen (Miyazaki en Kijima, 2000).

Door de strengere wetgeving omtrent milieunormen, de hoge olieprijs en een gunstig fiscaal beleid zal de populariteit van voertuigen die gebruik maken van alternatieve energie in de toekomst alleen maar verder toenemen. Verder blijkt dat de ontwikkeling en opkomst van elektrische voertuigen een co-evolutie is van meerdere factoren. Het gaat om de afstemming van meerdere elementen zoals producttechnologie, consumentengedrag, infrastructuur, marktontwikkeling en economische factoren (Dijk, Orsato en Kemp, 2013). Hieruit kan geconcludeerd worden dat de ontwikkeling van een nieuwe auto moet aansluiten bij de wensen van de consument en moet voldoen aan de wettelijke normen. De combinatie van deze twee factoren zorgt voor extra complexiteit in het proces.

### **3.2.2 Globale markt**

Door de lagere loonkosten en het toenemend aantal gestandaardiseerde componenten hebben de meeste autoproducenten beslist om hun productie te verhuizen naar ontwikkelingslanden in Azië en Oost-Europa. Dit vergroot de complexiteit in de supply chain en het logistiek proces omdat er meer nood aan transport is, zodat de producten op tijd aan de klant afgeleverd kunnen worden (Choi, Narasimhan en Soo Wook, 2012). Verder neemt de complexiteit voor autofabrikanten toe doordat de groei in de westerse landen in de periode van 2002 tot 2012 gestagneerd is, terwijl in China het aantal auto's in deze periode vervijfvoudigd is. Gedurende de crisisperiode 2008-2010 was er in de Westerse landen een flinke daling te merken van het aantal verkochte wagens, terwijl in China gedurende deze periode de grootste stijging heeft plaatsgevonden. Het is van belang om ook op de opkomende markten te focussen, omdat hier nog marktaandeel te veroveren valt (Kito en Ueda, 2014). Daarentegen stellen Bartnik en Park (2018) dat er binnen de opkomende markten veel onzekerheid en dubbelzinnigheid heerst.

### 3.2.3 Outsourcing

Door de stijging van de technologische complexiteit en de ontwikkelingskosten hebben autoproducenten niet langer de mogelijkheid om alle gerelateerde componenten intern te produceren (Miyazaki en Kijima, 2000). Outsourcing vergroot echter de kans op communicatieproblemen, ondanks het feit dat er afspraken vastgelegd worden. Het grootste probleem ontstaat bij fouten, omdat geen van beide partijen de verantwoordelijkheid op zich wil nemen (Novak en Stern, 2008). Daarnaast leveren leveranciers over het algemeen minder coördinatie-inspanningen dan interne teams (Cabigiosu, Zirpoli, en Camuffo, 2013). Volgens Ulrich (1995) kan dit komen door het ontbreken van een gemeenschappelijke taal en achtergrond. Novak en Stern (2008) beweren dat dit zou kunnen komen door de verschillende motivatiestimulansen. Het zou ook veroorzaakt kunnen worden doordat interne teams gefocust zijn op een project, terwijl leveranciers meestal aan meerdere projecten tegelijkertijd werken (Novak en Eppinger, 2001).

Takeishi (2002) stelt dat het uitbesteden van productieactiviteiten ervoor zal zorgen dat de onderneming onderhandelingsmacht verliest en dat de technologische capaciteiten afnemen. Zirpoli en Becker (2011) voegen hieraan toe dat extreme outsourcing het vermogen om de verschillende componenten te begrijpen kan verzwakken. Ook ontstaat de kans dat ze de productprestaties minder goed onder controle kunnen houden. Tevens zou de concurrentie ontwerpen kunnen overnemen door *reverse engineering* of wegens het (onbewust) blootleggen van vertrouwelijke bedrijfsgeheimen door de leverancier (Novak en Stern, 2008).

Naast de negatieve punten zijn er ook een aantal voordelen verbonden aan outsourcing. Ten eerste worden de vaste kosten verlaagd, en neemt de flexibiliteit toe. Daarnaast kan er geprofiteerd worden van de expertise van gespecialiseerde leveranciers. De voordelen van outsourcing zullen zwaarder doorwegen dan de nadelen, want zowel het uitbesteden van ontwerp als productie hebben aan populariteit gewonnen (Takeishi, 2002; Zirpoli en Becker, 2011). Verder stellen Novak en Eppinger (2001) dat voor makkelijk te integreren componenten, die weinig complexiteit bevatten, de voorkeur zal uitgaan naar het uitbesteden van productie.

Bedrijven prefereren interne productie echter boven outsourcing wanneer de productcomplexiteit hoog is. De achterliggende redenering is dat ze substantiële kennis en vaardigheden in huis willen houden voor het beheer, de coördinatie en de ontwikkeling van onderling afhankelijke componenten, om uiteindelijk systeemintegratie te bereiken (Novak en Eppinger, 2001; Bartnik en Park, 2018). Daarnaast beweren Kito en Ueda (2014) dat complexe goederen meestal geproduceerd worden door dochterondernemingen, omdat ze nood hebben aan dure installaties en/of technische kennis en vaardigheden. Hierbij gaat het over een langdurige relatie met financiële afhankelijkheid tussen beide partijen, en is het voor de autoproducent gemakkelijker om belangrijke informatie en vaardigheden te delen met de leverancier.

### **3.3 Complexiteit veroorzaakt door de interne werking van de organisatie**

Interne complexiteit verwijst naar complexiteit die geassocieerd wordt met de interne structuur van de organisatie. Indien het moeilijk is om de oorzakelijke relatie en/of onderlinge afhankelijkheid tussen factoren en betrokken partijen te verklaren, is er sprake van hoge interne complexiteit (Miyazaki en Kijima, 2000).

In de eerste subsectie wordt besproken hoe het gebrek aan communicatie en coördinatie de complexiteit vergroot. Daarna wordt ook nog de link gelegd tussen innovatie en complexiteit.

#### **3.3.1 Communicatie en coördinatie**

Het gebrek aan coördinatie tussen de verschillende afdelingen heeft ernstige consequenties voor het productieproces. Hierdoor ontstaat de kans dat de componenten, ontwikkeld door de verschillende afdelingen, niet op elkaar aansluiten, of dat de software niet juist afgestemd is. Een doorlopende uitwisseling van informatie zorgt voor directe coördinatie tussen de verschillende afdelingen. In complexe situaties komen de problemen meestal pas aan het licht na een langdurige periode (meestal net voor een commerciële introductie omdat dan pas elke afdeling zijn werk deelt met andere afdelingen). De problematiek wordt nog vergroot wanneer de verschillende afdelingen elkaar de schuld geven van het gebrek aan coördinatie (Novak en Stern, 2009; Fujimoto en Park; 2012). Daarnaast kan pas vijf jaar na de start van de productontwikkeling de prestaties van elk systeem worden waargenomen. Door de integratie van de verschillende componenten en systemen is het moeilijk om een fout te achterhalen, waardoor de complexiteit toeneemt (Novak en Stern, 2009).

#### **3.3.2 Innovatie**

De graad van innovatie in de automobielsector hangt niet enkel af van de bereidheid van bedrijven om nieuwe technologieën te ontwikkelen, maar komt ook voort uit de interactie tussen autoproducenten, beleidsmakers, automobilisten en de publieke opinie (Dijk en Yarime, 2010; Zapata en Nieuwenhuis, 2010; Dijk et al., 2013). Om in te spelen op de behoeften en wensen van de klant is er nood aan innovatie. Zapata en Nieuwenhuis (2010) omschrijven *duurzame innovatie* als een vorm van innovatie waarbij de verbetering van technologie en de prestaties van bestaande producten geoptimaliseerd worden. Deze vorm van innovatie wordt vooral door het groot publiek uit de belangrijke markten gewaardeerd.

Bedrijven staan hierdoor voor een dilemma: ze moeten beslissen om de focus te leggen op de verbetering van traditionele technologie, of het risico nemen om te investeren in nieuwe technologieën die mogelijk een verstorend effecten hebben (Zapata en Nieuwenhuis, 2010). Zo heeft Ford besloten om 11 miljard te investeren in de productie van elektrische en hybride wagens. Het doel van deze investering is om hun marktpositie te beschermen, zonder actief in te zetten op het winnen van marktaandeel (Engle, 2018).

## 4 Beheersingsstrategieën

Zoals aangehaald bij de oorzaken van complexiteit zijn de aankoopbeslissingen gebaseerd op een reeks van factoren. Volgens MacCarthy (2013) is het daarom belangrijk dat het productassortiment diversiteit biedt om aan de essentiële vereisten van de klant te voldoen; de klant moet de opportuniteit krijgen om ten minste enkele productkenmerken te personaliseren (Westbrook en Williamson, 1993; Alford, Sackett en Nelder, 2000; MacCarthy, 2013).

Uit een steekproef afgenomen door Squire et al. (2006) bij meer dan 1.000 Britse producenten blijkt dat bedrijven een afweging maken tussen de mate van personalisatiemogelijkheden, productiekosten en levertermijn. Daarnaast stellen MacDuffie et al. (1996) dat autoproducenten een afweging moeten maken tussen de toegenomen inkomsten die resulteren uit het aanbieden van meer variëteit en de toegenomen kosten die ontstaan door het verlies van schaalvoordelen. De producent kan twee verschillende strategieën volgen, namelijk:

1. Het aanbieden van lage variëteit en focus op de kostprijs van de productie.
2. Het aanbieden van hoge variëteit in combinatie met een flexibele productie.

In de praktijk zijn er verschillende strategieën die het mogelijk maken om de complexiteit in het productieproces te verminderen. De focus van dit literatuuroverzicht ligt op de tweede strategie. Evenzeer zijn de geschikte beheersingsstrategieën gebaseerd op het principe van *mass customization* (MC), wat gedetailleerd besproken wordt in onderstaande subsectie. In de vijf daaropvolgende subsecties worden de volgende beheersingsstrategieën in chronologische volgorde besproken: *build to order strategy*, *postponement*, *option bundling*, *platform sharing* en modulariteit.

### 4.1 Mass customization

Sinds de jaren '90 zijn meer en meer bedrijven op zoek naar de gecombineerde voordelen van massaproductie en het aanbieden van een breed productgamma (Ro, Liker en Fixson, 2007): fabrikanten proberen zoveel mogelijk personalisatie toe te laten, maar tegelijkertijd ook de productie zo efficiënt mogelijk te organiseren (i.e., met zo laag mogelijke kosten). Het combineren van deze doelstellingen is een grote uitdaging voor veel producenten (MacCarthy, 2013). De wereldwijde concurrentiedruk in de sector is toegenomen, en de productlevenscycli volgen elkaar steeds sneller op (Squire et al., 2006). Mass customization (MC) is een productiestrategie die een oplossing kan bieden (Van Hoek, 2001).



De term *mass* verwijst naar het behalen van schaalvoordelen zowel bij aankoop, productie als in het logistieke proces, waardoor aanzienlijke extra kosten vermeden worden en het mogelijk is om een hoge responsiviteit en kwaliteit te garanderen (MacCarthy, 2013).

*Customization* beschrijft en categoriseert de producteigenschappen die gepersonaliseerd kunnen worden. Deze kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën: (1) prestaties en functionaliteit, (2) ontwerp en personalisatie en (3) prijs, levering en aftersales diensten. Het is onmogelijk om alle aspecten te benaderen, waardoor de onderneming een afweging moet maken waar ze zich op gaan focussen (MacCarthy, 2013).

*Mass customization* kan als volledige term omschreven worden als de productie van op maat gemaakte producten die op een grote schaal geproduceerd worden, waarbij er gestreefd wordt naar hetzelfde niveau van kwaliteit, efficiëntie, snelheid en responsiviteit als bij traditionele massaproductie (MacCarthy, Brabazon en Bramham, 2003; Tu, Vonderembse, Ragu-Nathan, T. en Ragu-Nathan, B., 2004; Caux, David en Pierreval, 2006; MacCarthy, 2013). Volgens Van Hoek (2001) is MC in principe een combinatie tussen *agile customization* en *lean production*. Hierdoor moet de producent niet langer een keuze maken tussen een laag volume in combinatie met hoge variëteit en een hoog volume met lage variëteit.

Da Silveira, Borenstein en Fogliatto (2001) stellen dat MC gebaseerd is op drie hoofdideeën:

1. Nieuwe flexibele productie- en informatietechnologieën maken het mogelijk voor productiesystemen om een hoger niveau van variëteit te bieden tegen een lagere kostprijs.
2. Er heerst een stijgende vraag naar productvariëteit en personalisatiemogelijkheden.
3. De kortere productlevenscycli en de stijgende concurrentie hebben geleid tot het uiteenvallen van massaproductie, waardoor de vraag naar productiestrategieën die gericht zijn op individuele klanten is toegenomen.

Tu et al. (2004) beweren dat MC is opgebouwd uit onderstaande drie basiscomponenten:

1. De mogelijkheid om producten te personaliseren zonder de productiekosten te verhogen.
2. Het toevoegen van productvariëteit zonder het productievolume te benadelen.
3. De gelegenheid om het productieproces sneller aan te passen aan individuele klantvereisten.

Uit bovenstaande definities en beschrijvingen blijkt MC in de wetenschappelijke literatuur op verschillende manieren geïnterpreteerd wordt, waarbij volgende aspecten steeds terugkomen: het aanbieden van hoge variëteit via personalisatiemogelijkheden, en het genereren van schaalvoordelen.

Het doel van MC is om hoge voorraadkosten te vermijden en het garanderen van hoge productkwaliteit en snelle levertermijnen. Door een breder aanbod zal elke klant een product vinden dat aansluit bij zijn wens tegen een prijs die ze zich kunnen veroorloven, en binnen aanvaardbare levertermijn (Ro et al., 2007; Alford et al., 2000; Brabazon et al., 2010). Hierbij is het belangrijk om te focussen op eigenschappen die het merendeel van de klanten wenst te personaliseren (MacCarthy, 2013): door economische en technische factoren is het immers onmogelijk om onbeperkt maatwerk te voorzien (Brabazon en MacCarthy, 2006; MacCarthy, 2013).

#### 4.1.1 Voor- en nadelen

Volgens MacCarthy (2013) leidt MC tot een hogere klanttevredenheid, door het vergroten van de reikwijdte of het aanspreken van nichemarkten. Verder moet de klant minder vaak een compromis sluiten wegens de personalisatiemogelijkheden. Evenzeer kan de onderneming grotere marges hanteren bij op maat gemaakte producten. Daarnaast zal massaproductie in combinatie met klantbetrokkenheid leiden tot een efficiëntere productie, waarbij er een hogere kwaliteit gehanteerd kan worden door het gebruik van gestandaardiseerde componenten en modules. Bovendien zijn er kortere productie- en doorlooptijden waardoor de klant sneller beschikt over zijn gewenste product tegen aantrekkelijke prijzen (Ro, Liker en Fixson, 2007). Tevens zorgt de combinatie van klantbetrokkenheid en op maat gemaakte producten ervoor dat de voorraad afgewerkte producten geminimaliseerd kan worden (Holweg en Pil, 2001; Ro et al., 2007; MacCarthy, 2013).

Naast de voordelen, zijn er ook nog nadelen verbonden aan MC. Zo ontstaan de meeste problemen bij de interactie met de klant. Dit gaat over uiteenlopende zaken, zoals: een onmogelijke wens tot personalisatie, een te lange levertermijn of te hoge kosten voor een bepaalde upgrade. Tevens laat de leveringskwaliteit vaak te wensen over (MacCarthy, 2013). Tabel 2 bevat een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen van MC.

**Tabel 2: Een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen van MC**

Voordelen	Nadelen
Hogere klanttevredenheid door personalisatiemogelijkheden, snellere levering en het hanteren van aantrekkelijke prijzen	Ontstaan bij interactie met klant: hoge kosten of onmogelijke personalisatiewensen
Minder voorraad afgewerkte goederen	Geen onmiddellijke levering mogelijk

#### **4.1.2 Implementatie**

Wanneer een onderneming kiest voor een bepaalde MC-strategie zal dit het ontwerp, de productie, de assemblage en het logistieke netwerk beïnvloeden (MacCarthy, 2013). De invloed op de volledige supply chain is afhankelijk van de aangeboden personalisatiemogelijkheden en het punt waarop dit plaatsvindt (Alford et al., 2000). Om dit in goede banen te leiden is er nood aan een goed supply chain management zodat de processen flexibel, responsief en efficiënt georganiseerd kunnen worden (MacCarthy, 2013).

Om MC te implementeren is er nood een reorganisatie van de productie- en distributiecultuur om de procesflexibiliteit te vergroten (Da Silveira et al., 2001; Duray et al., 2000; Fredriksson en Gadde, 2005; Brabazon et al., 2010). Om flexibiliteit in het proces te integreren is zowel interne als externe integratie belangrijk (Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Wadhwa et al., 2006). Interne integratie omvat het herontwerp van het productieproces en de componenten. Hierbij hebben cross-functionele teams aan populariteit gewonnen omdat dit de integratie van afzonderlijke taken tot een cross-functioneel proces bevordert. Externe integratie omvat de integratie van de volledige supply chain (Wadhwa et al., 2008).

## 4.2 Build to order strategy

*Build to order* (BTO), *make to order* (MTO) oftewel *build to customer order* (BTCO) is de enige strategie binnen het oorspronkelijk *order-fulfillment framework* waarbij er personalisatiemogelijkheden zijn (Pil en Holweg, 2004). BTO tracht om de maximale responsiviteit en flexibiliteit in het proces te bereiken (MacCarthy, 2013). De andere strategie binnen dit framework, MTS of *build to forecast* (BTF) is gebaseerd op het push principe en het genereren van schaalvoordelen, waarbij het productieproces wordt bepaald op basis van (lange termijn) verkoopprognoses. Echter, deze strategie werkt niet in een omgeving waarbij er gestreefd wordt naar het aanbieden van personalisatiemogelijkheden (MacCarthy, 2013).

Een aantal onderzoekers zijn ervan overtuigd dat producenten moeten overschakelen van een BTF-benadering naar een BTO-benadering om *agile* in te spelen op de vraag van de klant (Lampel en Mintzberg, 1996; Van Hoek, 2001; Pil en Holweg, 2004; Caux et al., 2006; MacCarthy, 2013). Wadhwa et al. (2008) stellen dat de omschakeling van een *push* naar een *pull principe* noodzakelijk is om de doorlooptijden te verminderen en een hoger serviceniveau te bereiken.

De Amerikaanse investeringsbank Goldman Sachs schat dat een autoproducent 1.200 dollar per auto kan besparen, wanneer er overgeschakeld wordt naar een BTO-omgeving (Holweg en Pil, 2001). Wanneer alle autoproducenten zouden overschakelen zou er 65 tot 80 miljard dollar per jaar bespaard kunnen worden (Agrawal et al., 2001). Daarnaast zou 74 procent van de Amerikaanse consumenten bereid zijn om te wachten op een gepersonaliseerde auto in plaats van het onmiddellijk ontvangen van een stockvoertuig (Howard et al., 2005).

Deze sectie behelst een aantal subsecties. De eerste subsectie bevat de voor-en nadelen van BTO. De implementatie van deze strategie wordt besproken in de tweede subsectie. De daaropvolgende subsectie bevat een variant op BTO die in de automobielsector wordt toegepast, namelijk *assemble to order*. Deze subsectie wordt opgevolgd door uitleg omtrent een open systeem. De voorlaatste subsectie bevat het continuüm of strategies model en deze sectie wordt afgesloten met drie verschillende personalisatiestrategieën in de automobielsector.

#### 4.2.1 Voor- en nadelen

BTO is gebaseerd op het *pull principe* waarbij het proces start op het moment dat het klantorder binnenkomt, zodat er sneller gereageerd kan worden op veranderde klantbehoeften. Daarnaast resulteert deze aanpak in een kleinere voorraad afgewerkte producten (Pil en Holweg, 2001, 2004; Howard, Powell en Vidgen, 2005). Over het algemeen zal het product snel geleverd kunnen worden, maar wanneer bepaalde componenten niet in voorraad zijn, leidt dit tot een langere levertermijn. Verder zullen fluctuaties in de klantvraag leiden tot fluctuaties in de bezettingsgraad (Pil en Holweg, 2004). Holweg en Pil (2001) stellen dat fluctuaties opgevangen kunnen worden door het proactief opvolgen van de vraag. Volgens Wadhwa et al. (2008) kan de producent extra componenten in voorraad houden om sneller aan de klantvraag te voldoen. Om de nadelen te beperken, kan een BTO-strategie gecombineerd met een modulair ontwerp een oplossing bieden. Tabel 3 bevat een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen van een BTO-benadering.

**Tabel 3: Een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen van een BTO-benadering**

Voordelen	Nadelen
Snel inspelen op vraag van de klant	Fluctuaties in de bezettingsgraad
Lagere voorraadkosten	Geen onmiddellijke levering mogelijk
Snellere levering bij producten op maat	

#### 4.2.2 Implementatie

Holweg en Pil (2001) hebben drie dimensies gedefinieerd om een succesvolle BTO-strategie te implementeren. De eerste dimensie, *procesflexibiliteit* beschrijft hoe snel de producent kan voldoen aan een inkomend order. Hierbij wordt de vraag van klanten direct gelinkt aan de productie zodat beslissingen op basis van de werkelijke klantenvraag genomen kunnen worden. Om dit te realiseren is er nood aan leveranciersintegratie.

*Product-flexibiliteit* probeert de personalisatie in het proces meer stroomopwaarts te laten plaatsvinden zodat er nauwkeuriger op de klantvraag geanticipeerd kan worden. Hierdoor neemt de voorraad afgewerkte producten af.

Bij *volume flexibiliteit* is het de bedoeling om de capaciteit te optimaliseren door te onderhandelen met werknemers en leveranciers. In een optimale situatie wordt er gewerkt met flexibele arbeidsuren, afhankelijk van piek- en dal-momenten. BMW gebruikt een variant op deze manier van tewerkstelling door werknemers op te leiden voor verscheidende taken, zodat ze op meerdere afdelingen inzetbaar zijn.

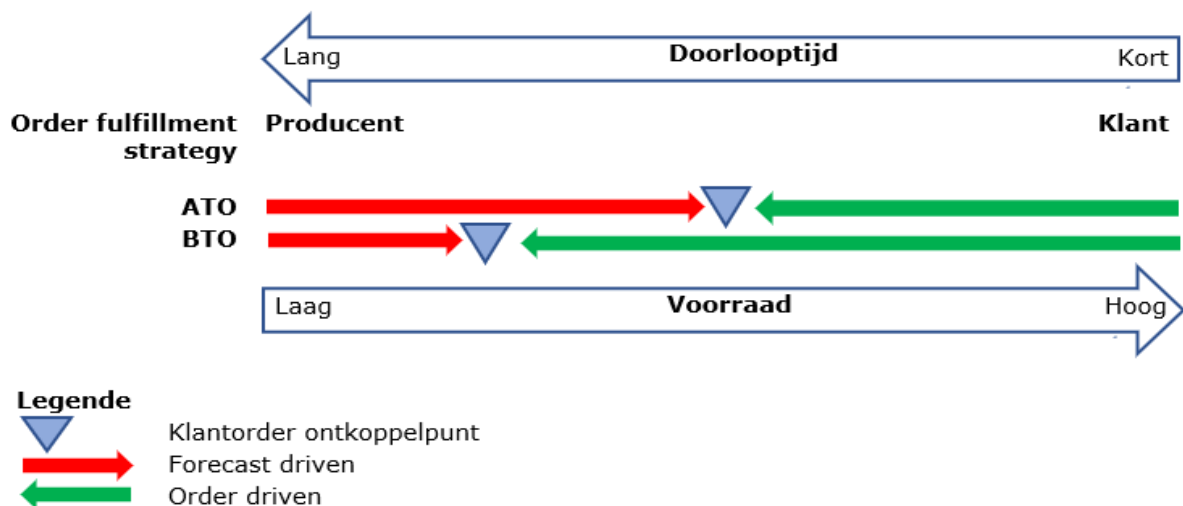
Echter, een pure BTO-strategie is niet de beste keuze voor autoproducenten. De volgende subsectie bespreekt de oorzaak hiervan en de strategie die wordt toegepast in de automobielsector, namelijk *assemble to order*.

### 4.2.3 Assemble to order

Verschillende auteurs hebben het belang van de omschakeling naar BTO-omgeving onderstreept (Lampel en Mintzberg, 1996; Van Hoek, 2001; Pil en Holweg, 2004; Caux et al., 2006; Wadhwa et al., 2008; MacCarthy, 2013). Echter, heeft de BTF-benadering nog steeds een grote impact op de productie, omdat het belangrijk is om continu te produceren zodat de assemblagekosten gedrukt kunnen worden (Fredriksson en Gadde, 2005; MacCarthy, 2013). Hieruit kan geconcludeerd worden dat de automobielsector nood heeft aan het aanbieden van personalisatiemogelijkheden, alsook het doorlopend kunnen produceren. In de wetenschappelijke literatuur is er een variant op BTO, namelijk *assemble to order* (ATO) ontstaan die het mogelijk maakt om deze vereisten te combineren (Pil en Holweg, 2004; MacCarthy, 2013).

Figuur 1 verduidelijkt het verschil tussen een BTO- en een ATO-strategie. Hierbij heeft het klantorderontkoppelpunt (KOOP) of ook gedefinieerd als het orderpenetratiepunt een belangrijke functie. Alle activiteiten uitgevoerd voor het ontkoppelpunt zijn gestandaardiseerd en op basis van voorspellingen. Na het bereiken van dit punt wordt het product afgewerkt op basis van een specifiek klantorder (Lampel en Mintzberg, 1996; Van Hoek, 2001; MacCarthy, 2013). Bij een BTO-benadering bevindt het KOOP zich meer stroomopwaarts. Dit heeft tot gevolg dat er meer flexibiliteit heerst in het proces, zodat er beter op de vraag van de klant ingespeeld kan worden. Echter, zijn er hogere voorraadkosten en langere doorlooptijd dan bij ATO. ATO werkt langer met gestandaardiseerde producten waardoor de productie van componenten en een gedeelte van de subassemblage gebeuren op basis van voorspellingen. Maar de finale assemblage gebeurt op basis van een inkomend order, zoals bij een BTO-benadering. Verder gelden bij een ATO-benadering dezelfde inzichten als bij een BTO-benadering (MacCarthy, 2013).

**Figuur 1: Het verschil tussen een ATO- en een BTO-benadering**



#### 4.2.4 Open systeem

In de wetenschappelijke literatuur komt naar voren dat een traditioneel *order-fulfillment system* in principe een gesloten pijplijn is (Brabazon et al., 2010; MacCarthy, 2013). Waarbij een pure BTF- of BTO-benadering als onaantrekkelijk wordt beschouwd wegens de hoge kosten of de lange reactietijden. Vanuit dit idee zijn open systemen ontstaan waarbij er een combinatie gevormd wordt tussen beide. Bij een open systeem kan de producent op elk moment een klantorder in het productieproces plaatsen, omdat ze niet meer afhankelijk zijn van één ontkoppelpunt. Het doel hiervan is om de klant zo snel mogelijk te bedienen (MacCarthy, 2013).

Er zijn drie varianten die toegepast kunnen worden in een open systeem. *Locate-to-order* (LTO) is een uitbreiding van de BTF-benadering waardoor deze niet geschikt is voor omgevingen met veel variëteit (Brabazon et al., 2010; MacCarthy, 2013).

Bij *available-to-Promise* (ATP) worden geplande producten in de hoofdproductie dynamisch toegewezen aan klanten. Dit leidt tot een hogere betrouwbaarheid en een nauwkeurigere inschatting van de leveringsdatum (MacCarthy, 2013).

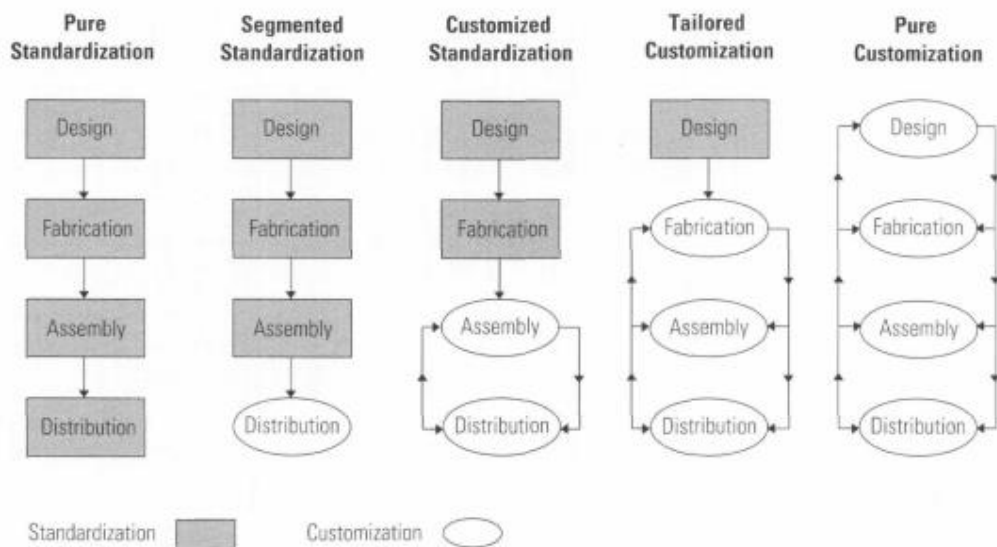
*Virtual-Build-to-Order* (VBTO) is een combinatie gevormd tussen een LTO-, ATP- en een BTO-benadering. Bij ontvangst van een klantorder wordt gekeken of er een afgewerkt voertuig beschikbaar is met de juiste specificaties. Wanneer dit niet het geval is, zal er gezocht worden naar een half afgewerkt product of een in productie genomen voertuig wat nog aangepast kan worden aan de wens van de klant. Indien dit ook niet mogelijk is, zal het voertuig opgenomen worden in de productie volgens het BTO-principe. De beschikbaarheid van alle producten en de mogelijkheid tot herconfiguratie geeft de producent meer flexibiliteit en de kans om aan een groter gedeelte van de klantenvraag te voldoen (Brabazon en MacCarthy, 2006; Brabazon et al., 2010; MacCarthy, 2013).

Brabazon et al. (2010) stellen dat er twee soorten flexibiliteit overwogen kunnen worden in een VBTO-omgeving. *Reconfiguration flexibility* is het eerste soort waarbij het mogelijk is om specificaties in de planningspijplijn of productie aan te passen. Bij *interdealer trading* is het de taak van de dealer om een voertuig in de eindvoorraad of geplande productie te vinden dat aansluit bij de wensen van de klant. Beide strategieën vergroten de flexibiliteit waardoor het eenvoudiger is om de gewenste voertuigvariant op een acceptabele levertermijn af te leveren. Bovendien kunnen ze afzonderlijk ingezet worden om MC te bereiken. Echter, wanneer beide geïmplementeerd worden, neigt *reconfiguration flexibility* te domineren.

#### 4.2.5 Het continuum of strategies model

Het *continuum of strategies model* van Lampel en Mintzberg (1996) beschrijft het vermogen van de klant om producten te specificeren en het punt waarop dit plaatsvindt in de supply chain. Op dat moment verandert het proces van een *push* naar een *pull* benadering. Uit figuur 2 blijkt dat er vijf verschillende strategieën zijn, waarbij ze onderscheiden worden op basis van de mate van personalisatie.

**Figuur 2: Het continuum of strategies model (figuur overgenomen van Lampel en Mintzberg (1996))**



*Pure standardization* wordt beschouwd als traditionele massaproductie. Hierbij worden de producten naar de markt geduwd zonder een mogelijkheid tot personalisatie. *Segmented standardization* biedt gestandaardiseerde eindproducten voor verschillende klantsegmenten waarbij er geen personalisatiemogelijkheden zijn. Bij *customized standardization* of ook wel modulariteit genoemd, worden producten gemaakt op basis van een bestelling. Deze strategie geeft de klant keuze uit een reeks van gestandaardiseerde componenten, waarbij er niets veranderd kan worden aan het basisonwerp. Voor verdere details, zie sectie 4.6 omtrent modulariteit. *Tailored customization* vertrekt vanuit een prototype waarbij de klant bijna alles naar wens kan specificeren. De laatste vorm, *pure customization* ontwikkelt het volledige product op maat van de klant.

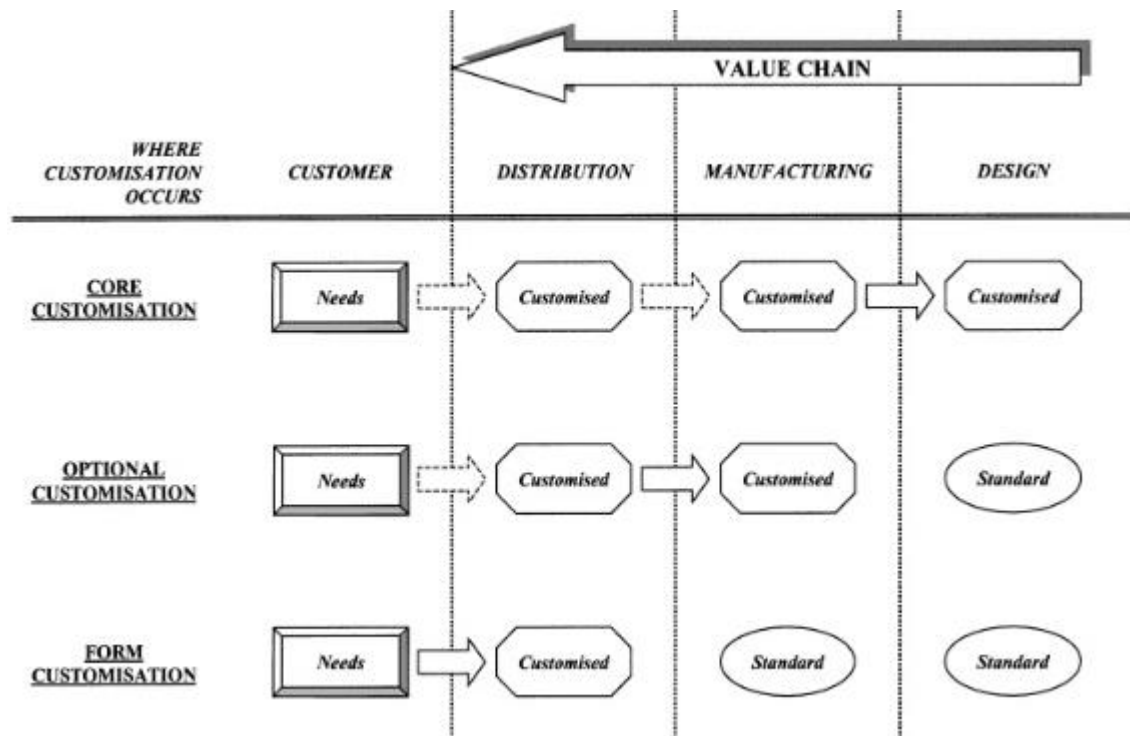
De eerste twee vormen focussen op massaproductie, terwijl de laatste drie vormen gebaseerd zijn op het BTO-principe (Svensson en Barfod, 2002). De huidige automobielsector gebruikt voornamelijk *customized standardization* waarbij er een evenwicht wordt gezocht tussen kostenefficiëntie en het aanbieden van personalisatiemogelijkheden (Lampel en Mintzberg, 1996).



#### 4.2.6 Personalisatiestrategieën in de automobielsector

Alford et al. (2000) onderscheiden drie verschillende personalisatiestrategieën in de automobielsector: *form-*, *optional-* en *core customisation*. Deze zijn opgenomen in figuur 3.

**Figuur 3: Personalisatiestrategieën in de automobielsector (figuur overgenomen van Alford et al. (2000))**



*Core customisation* betreft de klant in het ontwerpproces en geeft ze de mogelijkheid om een beperkt aantal wijzigingen aan te brengen in het kernontwerp. Deze strategie wordt voornamelijk gebruikt bij voertuigen die in kleine volumes geproduceerd worden. Hieronder vallen luxe bolides en 'specifieke voertuigen' zoals een Land Rover Defender.

*Optional customisation* is de meest gebruikte strategie door autoproducenten. Hierbij ontwikkelt de autoproducent een standaardconfiguratie. De klant kan deze personaliseren door te kiezen uit een vooraf vastgesteld, beperkt aantal opties. Daarnaast kan het kernconcept niet meer gewijzigd worden.

Bij *form customisation* voert de distributeur de wijzigingen uit aan het standaardproduct. Door het huidig productontwerp en assemblageproces is het niet mogelijk om veel aanpassingen bij de distributeur door te voeren.

### 4.3 Postponement

*Postponement* (PP) wordt beschouwd als een van de belangrijkste strategieën om *mass customisation* in de praktijk te implementeren (Van Hoek, 2001; Shao en Ji, 2008; Choi et al., 2012). MacCarthy (2013) ziet PP als de belangrijkste strategie om personalisatie op grote schaal te realiseren. In de wetenschappelijke literatuur wordt PP ook gebruikt onder de term *delayed differentiation*, *late configuration*, *late point differentiation* of *delayed product differentiation* (Pil en Holweg, 2004; Caux et al., 2006; MacCarthy, 2013).

PP is een supply chain strategie die probeert om personalisatie of fysieke aanpassingen aan een product zo lang mogelijk uit te stellen tot een punt zo dicht mogelijk bij de reële vraag van de klant, idealiter tot op het moment van de reële vraag (Pagh en Cooper, 1998; Van Hoek, 2001; Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Pil en Holweg, 2004; Wadhwa et al., 2006, 2008; MacCarthy, 2013). Het is belangrijk om het product zolang mogelijk in een niet-gepersonaliseerde vorm te houden, enerzijds om de productflexibiliteit te behouden (Pagh en Cooper, 1998; Wadhwa et al., 2006, 2008), en anderzijds om de kostefficiëntie te behouden (Wadhwa et al., 2006, 2008; MacCarthy, 2013).

Pagh en Cooper (1998) omschrijven vier verschillende soorten *postponement*. Enkel de *manufacturing postponement strategy* en de *logistics postponement strategy* worden toegepast in de automobielsector. Bij de eerste strategie wordt de afwerking van het eindproduct uitgesteld tot het moment dat het klantorder binnenkomt, dit komt dus overeen met de algemene definitie van PP. De *logistics postponement strategy* geeft de verantwoordelijkheid aan het distributiecentrum (DC) om een aantal personalisatiewensen uit te voeren. Turner en Williams (2005) zien deze strategie als een oplossing voor afzetmarkten waarbij het assemblageproces zich ver van de klant bevindt. Zo is het DC van Toyota in Newark (VS) verantwoordelijk voor de installatie van GPS-systemen, het plaatsen van deurmatten et cetera. In tegenstelling tot Toyota worden de meeste BMW's geproduceerd volgens het BTO-principe waardoor er in hun DC bijna geen waardetoevoegende activiteiten worden uitgevoerd (Belson, 2011). Het DC van Honda heeft een dubbele functie, het fungeert namelijk als voorraadbuffer en voert de laatste aanpassingen uit (Pil en Holweg, 2004).

Ten slotte kan PP ook bekeken worden vanuit het standpunt van het klantorderontkoppelingpunt. Voor dit punt wordt er gewerkt op basis van prognoses, dit zal leiden tot meer stabiliteit in het productieproces. Na het bereiken van het KOOP heeft de klant mogelijkheid tot personalisatie waarbij het product wordt afgewerkt op basis van het inkomende klantorder (MacCarthy, 2013).

#### 4.3.1 Voor- en nadelen

Tabel 4 geeft een overzicht van de voordelen van *postponement*. PP biedt de klant een hoger serviceniveau, door ze een aantal personalisatiemogelijkheden aan te bieden. Daarnaast blijft het proces in staat om schaalvoordelen te genereren. Bovendien maakt deze strategie het mogelijk om de (veiligheids-)voorraad en doorlooptijden te minimaliseren.

**Tabel 4: De voordelen van een *postponement* strategie**

Voordeel	Auteur(s)
Het genereren van schaalvoordelen	Ernst en Kamrad, 2000; Wadhwa et al., 2006, 2008; MacCarthy, 2013; Cheng en Gek-Woo, 2001
Risicospreiding	Lee en Tang, 1997; Caux et al., 2006; Shao en Ji, 2008; Choi et al., 2012; Cheng en Gek-Woo, 2001
Kortere doorlooptijden	Van Hoek, 2001; Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Caux et al., 2006; Wadhwa et al., 2006, 2008
Een daling van de veiligheidsvoorraad	Lee en Tang, 1997; Caux et al., 2006
Het aanbieden van een hoger serviceniveau	Lee en Tang, 1997; Caux et al., 2006; Wadhwa et al., 2006, 2008; Choi et al., 2012
Vermindering van de complexiteit	Lee en Tang, 1997; Van Hoek, 2001; Shao en Ji, 2008
Het garanderen van meer personalisatiemogelijkheden	Ernst en Kamrad, 2000; Van Hoek, 2001; Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003
Hogere klanttevredenheid door het aanbieden van personalisatiemogelijkheden	Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003
Het reduceren van de voorraadkosten	Lee en Tang, 1997; Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Wadhwa et al., 2006, 2008; Fournier en Agard, 2007; Stäblein, Holweg en Miemczyk, 2011; Choi et al., 2012; Cheng en Gek-Woo, 2001
Een vermindering van de productiekosten	Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003
Een daling van de transportkosten	Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Cheng en Gek-Woo, 2001

Naast de voordelen zijn er ook enkele nadelen verbonden aan PP. In tegenstelling tot een aantal auteurs die beweren dat de voorraadkosten afnemen, stellen Cheng en Gek-Woo (2001) dat de voorraadkosten en de productietijden stijgen. Verder zijn er zware investeringskosten verbonden aan de implementatie van *postponement* (Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; Wadhwa et al., 2008; Cheng en Gek-Woo, 2001).

### 4.3.2 Implementatie

Wanneer een onderneming opteert om *postponement* te implementeren moet het zijn proces herontwerpen zodat de producten zo lang mogelijk ongedifferentieerd geproduceerd kunnen worden. Waarbij de personalisatie pas start na ontvangst van het klantorder (Lee en Tang, 1997; Ernst en Kamrad, 2000; Caux et al., 2006; Wadhwa et al., 2006, 2008; Shao en Ji, 2008; Stäblein et al., 2011). Volgens Caux et al. (2006) en Wadhwa et al. (2006, 2008) is het noodzakelijk om naast het proces, ook de verschillende producten te herontwerpen.

Wadhwa et al. (2008) stellen dat de implementatie een drastische *Business Process Reengineering* (BPR) vereist. BPR vertrekt vanuit het standpunt dat het huidige proces irrelevant is en dat alles van nul af aan opnieuw bekeken moet worden. Volgens hen en Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young (2003) is dit cruciaal omdat er in de automobielsector gebruikt gemaakt wordt van verouderde processen, waarbij er al lang geen kritische reflectie meer heeft plaats gevonden.

Caux et al. (2006) bespreken drie verschillende implementatiestrategieën: *process restructuring*, *product design* en *component commonality*. Bij *process restructuring* wordt de volgorde van bewerkingen in het proces gewijzigd zodat personalisatie van het voertuig kan worden uitgesteld. De tweede strategie, *product design* houdt in dat de componenten op een modulaire manier ontworpen moeten worden. *Component commonality* of de standaardisatie van componenten is een strategie waarbij twee of meerdere componenten die voor verschillende eindproducten gebruikt worden, vervangen worden door een gemeenschappelijk component. Dit komt overeen met de theorie omtrent modulariteit, zie sectie 4.6. In een optimale situatie worden de tweede en derde strategie gecombineerd zodat de modulaire producten gebruikt kunnen worden in meerdere, verschillende eindproducten.

Perera, Nagarur en Tabucanon (1999) hebben *component commonality* onderverdeeld in drie subcategorieën:

1. Standaardisatie van componenten binnen de productie: verschillende unieke component worden vervangen door een gemeenschappelijk component.
2. Standaardisatie van componenten voor een product: verschillende unieke componenten, voor verschillende eindproducten worden vervangen door een gemeenschappelijk component.
3. Standaardisatie van componenten tussen productgeneraties: gemeenschappelijke componenten die gebruikt worden in producten van meerdere productgeneraties.

Uit het rapport van Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young (2003) blijkt dat de verhoogde klanteisen en de complexiteit om deze te voorspellen gezien worden als de belangrijkste drijfveren om PP te implementeren. Bovendien is bij meer dan 75 procent van de respondenten de implementatie van PP een succes geweest. Bij 91 procent van de respondenten is de klanttevredenheid gestegen en zijn de voorraadkosten gedaald. Verder bleek dat een aantal ondernemingen ervoor gekozen hebben om PP nog niet te implementeren. Dit kwam voornamelijk door het gebrek aan kennis of de zware investeringskost. Echter stellen Wadhwa et al. (2008) dat de kosten voor het herontwerp van het proces binnen één jaar gecupereerd kunnen worden door de extra gecreëerde waarde.

Voor het minimaliseren van de voorraadkosten moet de onderneming een voorraadstrategie ontwikkelen die ervoor zorgt dat de juiste componenten, in de juiste vorm, op de juiste plaats zijn (Wadhwa et al., 2006, 2008; Choi et al., 2012). Het meest efficiënt is om de gemeenschappelijke onderdelen zo lang mogelijk in de *push-fase* te behouden en het moment van productdifferentiatie zo dicht mogelijk bij de *pull-fase* (Pagh en Cooper, 1998; Ernst en Kamrad, 2000; Wadhwa et al., 2006, 2008).

In de praktijk vormt de haalbaarheid soms een struikelblok. Het is soms onmogelijk om het proces te reorganiseren zodat er voldaan kan worden aan de eigenschappen die door de meeste klanten gewaardeerd worden (Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003). Het kan ook belemmerd worden doordat bepaalde aanpassingen in het begin van het proces uitgevoerd moeten worden (MacCarthy, 2013).

#### **4.3.3 Link met andere strategieën**

Het is ook mogelijk om PP te implementeren door te combineren met andere strategieën. De combinatie van PP en *platform sharing* (zie sectie 4.5) (Oracle Corporation en Cap Gemini Ernst & Young, 2003; MacCarthy, 2013) of modulariteit (zie sectie 4.6) worden beschouwd als een efficiënte combinatie (Van Hoek, 2001; MacCarthy, 2013). Echter stelt MacCarthy (2013) dat de combinatie van modulaire productarchitecturen en PP zal leiden tot complexe situaties waardoor functionele- en prestatiekenmerken beter geschikt zijn dan esthetische aanpassingen.

PP of *option bundling* (zie sectie 4.4) is de beste keuze in een *forecast driven value chain* omdat hierbij het risico op prognosefouten geminimaliseerd wordt (Pil en Holweg, 2004). Het minimaliseren van deze fouten kan verklaard worden door het uitstellen van specifieke productiebeslissingen (Ernst en Kamrad, 2000). Of vanuit het standpunt dat informatie die pas later beschikbaar is, zoals de wens van een specifieke klant, een hogere betrouwbaarheid heeft dan vroegtijdige prognoses (MacCarthy, 2013).

## 4.4 Option bundling

Bij *option bundling* (OB) heeft de klant niet meer de keuze uit alle mogelijke opties, maar wordt de keuze beperkt tot verschillende, door de producent samengestelde, optiebundels (Pil en Holweg, 2004; Stäblein et al., 2011). In tegenstelling tot bovenstaande definitie beweren Hamilton en Koukova (2008) dat de verschillende opties zowel individueel als in bundel verkocht kunnen worden. Uit hun onderzoek blijkt dat wanneer de klant keuze heeft uit twee verschillende opties, ze geneigd zijn om te kiezen voor de optie die ook in een bundel wordt aangeboden. De klant zou deze optie als belangrijker of populairder beschouwen (Chakravati et al., 2002; Hamilton en Koukova, 2008).

Hamilton en Koukova (2008) hebben op basis van het framework van Park, Jun en MacInnis (2000) ondervonden dat het aantal geselecteerde opties afhankelijk is van het basismodel. Wanneer de klant een basismodel zonder opties ontvangt, met de mogelijkheid om opties toe te voegen, zal het gepersonaliseerde voertuig over minder opties beschikken dan wanneer hij begint met een full option model waarbij hij opties mag schrappen. Tevens stelt DeMuro (2015) dat het momenteel bij weinig autoprodukten mogelijk is om een optie individueel te bestellen, maar dat de consument genoodzaakt is om een volledige bundel te nemen. Echter, bij bepaalde fabrikanten van luxe voertuigen zoals Rolls-Royce of Astin Martin is dit nog wel mogelijk.

### 4.4.1 Voor- en nadelen

Bovendien maakt de grote verscheidenheid aan opties veel combinaties mogelijk, waardoor het vrijwel onmogelijk is om elke auto specifiek naar wens van de consument te bouwen. Autoproducenten zien OB als een oplossing, om het aantal mogelijkheden te reduceren en het productieproces te vereenvoudigen. Verder zal een beperking van het aantal keuzes ervoor zorgen dat de consument minder keuzeproblemen ondervindt (Pil en Holweg, 2004; DeMuro, 2015). Verder vereenvoudigt deze strategie de productieplanning waarbij er efficiënter, eenvoudiger en goedkoper geproduceerd kan worden. Dit resulteert in een win-winsituatie met goedkopere auto's voor de consument en een hoger productievolume voor de producent (DeMuro, 2015). Deze strategie reduceert de kosten van maatwerk (Hamilton en Koukova, 2008) en de grootte van de productiebuffers (Fisher en Ittner, 1999).

#### **4.4.2 Implementatie**

Autoproducenten gebruiken OB om de externe variëteit te verminderen (Pil en Holweg, 2004; Turner en Williams, 2005). Stäblein et al. (2011) stellen in hun onderzoek dat het aanbieden van optiebundels niet goed werkt in omgevingen met grote externe variëteit. Echter, wanneer het aantal aangeboden optiebundels ernstig beperkt wordt, zal dit wel baten.

Volgens Fredriksson en Gadde (2005) is de marketingafdeling verantwoordelijk voor het promoten van de bundels, door ze meestal gunstig te waarderen, zodat de keuze van de koper beïnvloed wordt zonder dat ze keuzebeperkingen ervaren. Turner en Williams (2005) stellen dat optiebundels worden samengesteld voor een specifiek klantsegment, door bijvoorbeeld te focussen op comfort of een sportieve uitstraling.

#### **4.4.3 Link met andere strategieën**

Pil en Holweg (2004) hebben de link gelegd tussen OB en *order-fulfillment strategies*. Ze beweren dat OB de belangrijkste strategie is voor het beheren van externe variëteit in een *forecast driven value chain*. Het zou voornamelijk dienen om prognosefouten te vermijden en het risico op verouderde voorraad te beperken. Wanneer het productieproces niet veranderd kan worden, kan de implementatie van OB een oplossing bieden voor het verminderen van de complexiteit. Verder stellen deze onderzoekers dat een verkeerde afstemming doelloos is of zelfs het systeem kan beschadigen. Zo zal de implementatie van OB in een BTO-omgeving de keuze van de klant beperken waarbij in het productieproces enkel de kans op productiefouten afneemt.

Turner en Williams (2005) hebben de link gelegd tussen OB en PP. Volgens hen is het DC verantwoordelijk voor de installatie van de gekozen optiebundel, waarbij het aantal keuzemogelijkheden beperkt wordt om de doorlooptijd te reduceren.

## 4.5 Platform sharing

*Platform sharing (PS)*, *shared platform* of het delen van platformen is een succesvolle manier om MC te implementeren (Robertson en Ulrich, 1998; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010). Het is namelijk een productontwikkelingsmethode waarbij componenten, productarchitectuur, kennis, technologieën en serviceprocedures gedeeld worden tussen verschillende eindproducten en merken (Meyer en Utterback, 1993; Robertson en Ulrich, 1998; Halman, Hofer en Van Vuuren, 2003.; Olsen, 2008). Echter, enkele auteurs beperken dit tot het delen van componenten (Fisher, Ramdas en Ulrich 1999; Novak en Stern, 2008; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010).

Meyer en Utterback (1993) beschouwen het platform als het hart van een succesvolle productfamilie, waarbij het de basis vormt voor alle andere componenten. Het toevoegen van componenten met unieke kenmerken en functionaliteiten moet ervoor zorgen dat er verschillende klantsegmenten bediend kunnen worden. De consument is namelijk op zoek naar een voertuig met onderscheidende factoren waarbij ze zich weinig zorgen maken over het aantal gemeenschappelijke componenten (Robertson en Ulrich, 1998).

Joint ventures, fusies en overnames tussen oorspronkelijk onafhankelijke bedrijven met een uniek ontwerp en functies hebben de mogelijkheden van *platform sharing* binnen de automobielsector vergroot (Strach en Everett, 2006; Olsen, 2008). De overname van onder andere Audi en Skoda door de Volkswagen (VW) Group heeft ertoe geleid dat het VW PQ35 platform dient als onderstel voor de Audi A3 en de VW Golf (Pil en Holweg, 2004). Verder stellen deze onderzoekers dat er steeds meer verschillende carrosserietypes worden geproduceerd op één platform. Enerzijds is het hierdoor mogelijk om schaalvoordelen te generen en anderzijds stijgt het verkoopvolume.

### 4.5.1 Voor- en nadelen

Tabel 5 geeft de voordelen van *platform sharing* weer. PS maakt het mogelijk om de afzetmarkt van het merk te verbreden door de creatie van nieuwe productfamilies. Bovendien kunnen de verschillende producten beter op de behoeften van de verschillende klanten worden afgesteld, die zich in verschillende marktsegmenten bevinden. Verder neemt het ontwikkelen van een platform meer tijd in beslag dan de ontwikkeling van een afzonderlijk product. Echter, na de lancering van het platform is het mogelijk om sneller nieuwe producten op de markt te brengen. Verder wordt een platform gebruikt voor meerdere verschillende auto's zodat er schaalvoordelen gerealiseerd kunnen worden, waarnaast de ontwikkelings- en productiekosten afnemen.



**Tabel 5: De voordelen van *platform sharing***

Voordeel	Auteur(s)
Het verminderen van de ontwikkeling- en productiekosten	Meyer en Utterback, 1993; Robertson en Ulrich, 1998; Bradford, 2001; Halman et al., 2003; Moore et al., 2004; Olsen, 2008; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010; Al-Zaher en ElMaraghy, 2014
Het genereren van schaalvoordelen	Robertson en Ulrich, 1998; Pil en Holweg, 2004; Novak en Stern, 2008
De mogelijkheid om sneller nieuwe modellen te lanceren	Halman et al., 2003; Moore et al., 2004; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010; Al-Zaher en ElMaraghy, 2014
Efficiëntere productontwikkeling en productie	Robertson en Ulrich, 1998; Halman et al., 2003
Betere klantsegmentatie en marktpositionering	Robertson en Ulrich, 1998; Halman et al., 2003
De mogelijkheid om het investeringsbudget te reduceren	Robertson en Ulrich, 1998; Moore et al., 2004; Rehtin 2004
Het aanbieden van een breed en divers productaanbod	Moore et al., 2004; Olsen, 2008; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010
Kortere doorlooptijden	Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010
Meer flexibiliteit in de productie	Robertson en Ulrich, 1998; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010
Het winnen van marktaandeel	Robertson en Ulrich, 1998

Uit tabel 5 komt naar voren dat een gedeeld platform het mogelijk maakt om te besparen op ontwikkelingskosten. Ford denkt hierdoor jaarlijks zo'n 3 miljard dollar te besparen (Moore et al., 2004). Daarentegen beweert Volvo dat ze hierdoor 20 procent ontwikkelingskosten bespaard hebben. Deze besparing wordt momenteel gebruikt voor het ontwikkelen van innovatieve technologie (Rehtin, 2004).

Naast de voordelen zijn er ook enkele nadelen verbonden aan het delen van platformen. Halman et al. (2003) stellen dat door de hoge investeringskosten de kans ontstaat dat er te veel producten ontwikkeld worden voor het middensegment, terwijl het ook gebruikt wordt voor voertuigen uit het premium segment. Hierdoor verliest een voertuig een groot deel van zijn tastbare uniekheid, ondanks dat differentiatie wordt beschouwd als een belangrijke factor voor het succes van nieuwe producten (Olsen, 2008). Verder beweren Halman et al. (2003) dat een zwak gemeenschappelijk platform het concurrentievermogen van de volledige productfamilie negatief zal beïnvloeden.

#### 4.5.2 Implementatie

*Platform sharing* maakt het mogelijk om een reeks producten te ontwikkelen die deels fysiek en/of technisch identiek zijn, behalve een andere merknaam en prijsklasse. Hierbij gaat het vaak om het moederbedrijf dat zijn platform deelt met dochter- en/of andere ondernemingen (Olsen, 2008). De klant heeft hierdoor de perceptie dat het gaat om een product met unieke kenmerken, echter blijkt in de werkelijkheid dat deze verdwenen zijn (Sullivan, 1998; Olsen, 2008). Het is wel belangrijk dat het gebrek aan uniekheid geheim blijft zodat de consument bereid blijft om meer te betalen voor een premiummodel, terwijl het in principe op hetzelfde platform gebouwd is als een auto uit het middensegment (Olsen, 2008).

Hoewel het economisch interessant kan zijn om als premiummerk het platform en de motoren te delen met dochtermerken wordt dit afgeraden, omdat het premiummerk zo zijn niche-oriëntatie verliest. De kopers van dergelijke auto's zijn op zoek naar onderscheidende factoren met eigenaardigheden van 'hun' merk. Niettegenstaande bovenstaande bevindingen hebben Amerikaanse autoproducenten tussen 1985 en 2005 besloten om de platformen van hun premiummodellen te delen met het middensegment. In tegenstelling tot de Amerikaanse autoproducenten geeft de Volkswagen Group zijn luxemerken Bentley, Bugatti en Lamborghini ondersteuning voor de individuele ontwikkeling van unieke voertuigen. Nochtans worden de motoren en platformen van Audi gedeeld met andere merken binnen de groep zoals Volkswagen, Skoda en Seat (Strach en Everett, 2006).

Op het moment dat het platform van premiummodellen gedeeld wordt met voertuigen uit het middensegment, associeert de consument dit meestal met hoge kwaliteit en status (Simonin en Ruth, 1998). Echter, uit onderzoek van Olsen (2008) blijkt dat wanneer er op dat moment een premium prijs gehanteerd wordt, dit een averechts effect heeft op de goed geïnformeerde consument. Ze zouden het merk minder uniek en eerlijk beschouwen, waardoor de kans op imagoschade toeneemt. Toch adviseren ze autoproducenten om bij de lancering van een nieuw platform de eer te geven aan het premiummerk.

Volgens Meyer en Utterback (1993) is de ontwikkeling van een gedeeld platform opgebouwd uit twee verschillende fases. In de eerste fase moet het basisontwerp, de standaardcomponenten en de vereisten voor systeemintegratie ontwikkeld worden. Hierbij moet er een zekere mate van modulariteit heersen om de ontkoppeling tussen de verschillende elementen mogelijk te maken (Halman et al., 2003). Tevens moet ook een deel van de productarchitectuur gestandaardiseerd worden. In de laatste fase, ontwikkelen de implementatieteams verschillende productmodellen en zijn ze verantwoordelijk voor de harmonisatie van het eindproduct (Meyer en Utterback, 1993).

*Platform sharing* vereist een vlotte coördinatie tussen het marketing-, ontwerp- en productieteam om de beloofde eigenschappen aan het beoogde marktsegment waar te maken. In de praktijk blijkt dat er vaak een dominante schakel is, die de coördinatie belemmert. Zelfs bij gebalanceerde teams zonder dominante schakels ontstaat de kans op een eindproduct zonder karakter of integriteit (Robertson en Ulrich, 1998). Evenzeer is uit een casestudy bij Ford, Mazda en Volvo naar voren gekomen dat elk merk zijn eigen verantwoordelijkheid heeft voor de ontwikkeling van een bepaald domein binnen het gemeenschappelijk platform. Echter, na lancering van het platform zal elk merk in een individueel ontwikkelingscentrum verder werken aan de merk-specifieke details (Bradford, 2001).

De grootste uitdaging bij PS is om een evenwicht te creëren tussen het aantal gemeenschappelijke componenten en productdifferentiatie. De gemeenschappelijke componenten zorgen enerzijds voor een beperking van vertragingen, ontwerp- en productiekosten, maar anderzijds belemmert het de diversiteit van de verschillende producten (Robertson en Ulrich, 1998; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010). Robertson en Ulrich (1998) beweren dat naargelang de mate van gemeenschappelijkheid toeneemt, het onderscheidend vermogen afneemt. Deze redenering geldt ook omgekeerd. Daarnaast stellen ze dat het succes van de platformstrategie afhankelijk is van de harmonisatie en consistentie tussen: product, differentiatie en gemeenschappelijkheid.

Meyer en Lehnerd (1997) hebben een strategie ontwikkeld waarbij verondersteld wordt dat zowel de productie als de evolutie van het platform op voorhand gedefinieerd moet worden. Uit het vervolgonderzoek van Mahmoud-Jouini en Lenfle (2010) blijkt dat het in een dynamische omgeving onmogelijk is om dit op voorhand te bepalen. De ontwikkelde producten en het platform zullen, na verloop van tijd, evolueren door de continue wisselwerking tussen de verschillende departementen. Verder stellen ze dat hoe ouder het platform is, hoe moeilijker het wordt om een nieuw voertuig te ontwikkelen. Op basis van deze redenering zal er op een bepaald moment nood zijn aan de ontwikkeling van een nieuwe basisstructuur (Halman et al., 2003; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010).

Bij een goede implementatie worden er schaalvoordelen gegenereerd en blijven de verschillende producten trouw aan het merk. Bij een verkeerde implementatie is de kostenbesparing kleiner dan de imagoschade en het verlies van de productintegriteit (Rechtin, 2004). Daarnaast stelt Olsen (2008) dat *platform sharing* geen cruciale factor is tot financieel succes, maar dat innovatie, uniekheid, kwaliteit en het ontwerp leiden tot succes.

## 4.6 Modulariteit

Modulariteit is een productontwerpbenadering waarbij het voertuig wordt opgebouwd uit gestandaardiseerde en uitwisselbare componenten, die gecombineerd kunnen worden om een breed gamma aan eindproducten mogelijk te maken (Baldwin en Clark, 1997; Ernst en Kamrad, 2000; Jacobs, Vickery en Droge, 2007; Ro et al., 2007; Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010). Door een product te splitsen in subsystemen of modules ontstaat er flexibiliteit voor de ontwerpers, producenten en gebruikers. Waarbij verschillende ondernemingen verantwoordelijkheid zijn voor het ontwerp of de productie van afzonderlijke modules, om uiteindelijk door gezamenlijke inspanning een betrouwbaar product te creëren (Baldwin en Clark, 1997; Pil en Holweg, 2004).

Volgens Tu et al. (2004) zijn er drie oorzaken waardoor traditionele massaproductie zich verplaatst heeft in de richting van modulaire producten:

1. versnelde technologische verandering;
2. klanten eisen een grotere variëteit aan producten tegen lagere prijzen;
3. technologische producten worden steeds complexer.

Fredriksson en Gadde (2005) stellen dat modulariteit een cruciale rol speelt in de prestatieverbetering van de onderstaande dimensies:

1. Modulaire productarchitectuur: impliceert dat producten worden ontworpen om als onafhankelijke modules in verschillende eindproducten gebruikt kunnen worden.
2. Modulaire procesarchitectuur: betekent dat productieprocessen ontworpen zijn om handelingen uit te voeren, die nog herschikt kunnen worden.
3. Modulaire logistieke- en leveranciersconfiguraties: komt erop neer dat het mogelijk is om individuele klantorders te nemen als uitgangspunt voor de activiteiten.

Deze sectie is verder onderverdeeld in zes subsecties. De volgende aspecten worden in chronologische volgorde besproken: de voor- en nadelen van modulariteit, standaardisatie, outsourcing, leveranciersintegratie, implementatie en ten slotte de link met andere strategieën.

### 4.6.1 Voor- en nadelen

De voordelen van modulariteit zijn opgenomen in tabel 6. De gestandaardiseerde en uitwisselbare componenten zorgen voor het genereren van schaalvoordelen. Bovendien wordt het aantal unieke componenten gereduceerd zodat de ontwikkelings-, productie-, set-up- en voorraadkosten afnemen. Daarnaast zijn er kortere doorlooptijden en zijn er meer mogelijkheden door de toenemende flexibiliteit.

**Tabel 6: De voordelen van modulariteit**

Voordeel	Auteur(s)
Het genereren van schaalvoordelen	Baldwin en Clark, 1997; Durray et al., 2000; Holweg en Pil, 2001; Fong et al., 2004; Tu et al., 2004; Ro et al., 2007; Jacobs et al., 2007
Het reduceren van ontwikkelingskosten	Holweg en Pil, 2001; Fong et al., 2004
Een daling van de administratie- en beheerskosten door een vermindering van het aantal unieke componenten	Fong et al., 2004
Een vermindering van de productiekosten	Fong et al., 2004; Jacobs et al., 2007; Ro et al., 2007
Het reduceren van de veiligheidsvoorraad en voorraadkosten	Fong et al., 2004; Tu et al., 2004; Fredriksson en Gadde, 2005; Jacobs et al., 2007
Een verlaging van de set-up kosten	Tu et al., 2004; Jacobs et al., 2007
Kortere doorlooptijden	Novak en Eppinger, 2001; Fredriksson en Gadde, 2005; Jacobs et al., 2007; Ro et al., 2007
Toenemende flexibiliteit	Baldwin en Clark, 1997; Fredriksson en Gadde, 2005; Jacobs et al., 2007; Ro et al., 2007

Naast de voordelen zijn er ook enkele nadelen verbonden aan modulariteit. Door het gebruik van bepaalde onderdelen in meerdere voertuigen, daalt de uniekheid van een auto (Holweg en Pil, 2001). Daarnaast kunnen er ook barrières voor architecturale innovatie gecreëerd worden (Halman et al., 2003). Ro et al. (2007) stellen dat het ontwerp van een modulaair ontwerp complexer is dan het ontwerp van een vergelijkbaar onderling verbonden systeem, omdat er nood is aan meer kennis omtrent de interne werking van het product in zijn geheel en de processen (Baldwin en Clark, 1997). Verder halen deze onderzoekers aan dat de problemen meestal pas aan het licht komen wanneer de verschillende modules tot een geheel samengebracht worden.

Uit deze sectie blijkt dat er een aantal voor- en nadelen verbonden zijn aan modulariteit, maar door eventuele uitbesteding van verantwoordelijkheden komen er nog enkele voor- en nadelen bij. Deze worden besproken in sectie 4.6.3 inzake outsourcing.

#### **4.6.2 Standaardisatie**

Modulaire producten worden gekenmerkt door standaardkoppelingen tussen componenten, maar de kenmerken en technologie kunnen veranderen waardoor een modulaire component niet noodzakelijk gestandaardiseerd is (Zirpoli en Becker, 2011; MacDuffie, 2013; Cabigiosu et al., 2013). Nochtans beweert Ulrich (1995) dat modulariteit de toepassing is van standaardisatie, waarbij standaardisatie waarschijnlijk mogelijk gemaakt wordt door een modulaire ontwerp. Squire et al. (2006) stellen dat modularisatie en standaardisatie de ont koppeling van klantspecificaties op verschillende punten in het productieproces vereenvoudigd hebben.

Volgens Fisher et al. (1999) zijn er drie verschillende oorzaken waardoor gestandaardiseerde producten over een hogere kwaliteit beschikken:

1. Door de verhoogde productvolumes van vergelijkbare componenten of subassemblages.
2. Producenten hebben meer geïnvesteerd in de ontwikkeling van productverfijning.
3. Er wordt meer aandacht besteed aan het ontwerp omdat de componenten in verschillende eindproducten gebruikt worden.

Ten slotte leidt standaardisatie tot engineering- en operationele efficiëntie. Engineering efficiëntie hangt deels samen met de verminderde ontwerpinspanningen door het hergebruik van componenten, nochtans wordt bij operationele efficiëntie het voordeel behaald door het verminderd aantal set-ups (Fisher et al., 1999; Jacobs et al., 2007).

#### **4.6.3 Outsourcing**

Verschiedende consultants wereldwijd hebben autoproducenten geadviseerd om enkel nog op hun kerncompetenties te focussen waardoor naast de productie, ook het ontwerp werd uitbesteed aan gespecialiseerde leveranciers (Baldwin en Clark, 1997; MacDuffie, 2012). De gespecialiseerde leveranciers zijn beter gepositioneerd om geavanceerde componenten te ontwikkelen tegen een lagere kostprijs. Hierdoor kan de autoproducent profiteren van lagere productiekosten en geavanceerde technologie. In ruil voor de verschuiving van verantwoordelijkheid biedt de autoproducent meestal een langdurige samenwerking aan (Tully en Welsh, 1993; Ernst en Komrad, 2000). Deze factoren bevestigen de aanhoudende vraag naar outsourcing, waarbij zowel de productie als kennis verplaatst wordt in de richting van de leverancier (Takeishi, 2002; Al-Zaher en ElMaraghy, 2014).

Uit de oorzaken van complexiteit blijkt dat externe leveranciers zeer vertrouwelijke informatie konden blootleggen aan de concurrentie, om dit te voorkomen werken veel bedrijven met een handelsgeheim. Echter, vereist een effectieve ontwerpintegratie dat de ontwerpkeuzes gedeeld worden, waardoor het risico op vroegtijdig lekken van cruciale productinformatie toeneemt. De autoproducent staat hierdoor voor een dilemma (Novak en Stern, 2009). Jacobs et al. (2007) stellen dat modulariteit kan bijdragen aan het beschermen van vertrouwelijke informatie. Doordat er open gecommuniceerd kan worden over de vereisten van een specifiek component, zonder informatie vrij te geven over het volledig eindproduct.

Verder verhoogt modulariteit het tempo van verandering en de concurrentiedruk. Daarnaast verandert het ook de relaties tussen bedrijven. Zo betreden en vertrekken moduleontwerpers snel uit joint ventures, technologische allianties, arbeids- en financiële overeenkomsten terwijl ze er alles aan doen om het meest innovatief te zijn (Baldwin en Clark, 1997). Alford et al. (2000) beweren dat autoproducenten steeds meer strategische allianties aangaan voor het uitwisselen, delen of de cocreatie van producten. Waardoor ze meer technologische kennis verwerven, het proces verbeteren alsook productcompetenties ontwikkelen. Ondanks dat ze hun kerncompetenties willen beschermen zijn ze ervan overtuigd dat ze zo meer voordeel kunnen genereren.

Het al dan niet uitbesteden van productie en/of ontwerpverantwoordelijkheden wordt in de wetenschappelijke literatuur vanuit meerdere standpunten bekeken, waarbij er tegenstrijdige resultaten naar voren zijn gekomen. Volgens Zirpoli en Becker (2011) kan het vertrouwen op modulaire productarchitecturen geen vervanging zijn voor het onderhouden van interne kennisontwikkelingen en vaardigheden. Daarentegen stelt Takeishi (2002) dat voor componenten die zeer specifieke kennis vereisen, er beter beroep gedaan kan worden op een gespecialiseerde leverancier. Echter, om een kwaliteitsvol ontwerp te verkrijgen, moet de relevante kennis omtrent de productarchitectuur wel intern gehouden worden. Ernst en Kamrad (2000) beweren dat hoe hoger het niveau van modulariteit, hoe eenvoudiger het is om de productie uit te besteden.

Novak en Eppinger (2001) beschouwen outsourcing op korte termijn als een mogelijke oplossing wanneer er ontwikkelingscapaciteiten ontbreken. Echter, wanneer een onderneming frequent vertrouwt op externe leveranciers voor de ontwikkeling van complexe producten, ontstaat de kans op verlies van vaardigheden en kennis. Het verlies van kennis en vaardigheden verhoogt de afhankelijkheid en macht van de leverancier. Verder zal door het proces te delegeren aan meerdere afzonderlijke leveranciers, de flexibiliteit van de autoproducent toenemen en de kosten afnemen (Baldwin en Clark, 1997).

#### **4.6.4 Leveranciersintegratie**

Leveranciersintegratie vereist het verstrekken van informatie tussen de verschillende partijen en het direct anticiperen bij het nemen van beslissingen, zodat er een coöperatieve relatie ontstaat tussen de kopende entiteit en de leverancier. Vanuit aankooperspectief zijn er drie dimensies van leveranciersintegratie: (1) leveranciersontwikkeling waarbij beleid, procedures en werkwijzen bepaald worden voor het beoordelen en verbeteren van prestaties; (2) vereisten voor Just in time (JIT)-leveringen; (3) partnerschap tussen leveranciers waarbij alle partijen vroeg in de productlevenscyclus betrokken worden, zodat ze input kunnen leveren voor elkaars processen (Jacobs et al., 2007). Echter, is de integratie van leveranciers een complexe taak omdat er veel bedrijven op verschillende niveaus betrokken zijn bij het nemen van onderling verbonden beslissingen (Wadhwa et al., 2006; 2008).

Uit onderzoek van Ernst en Kamrad (2000) blijkt dat verticale integratie in de supply chain niet wenselijk is. In de praktijk wordt er een trend van verticale desintegratie waargenomen (Ernst en Kamrad, 2000; Zirpoli en Becker, 2011; MacDuffie, 2013). Verticale desintegratie vergroot de nood aan systeemintegratie omdat er nu meerdere componenten geharmoniseerd moeten worden tot een eindproduct (Zirpoli en Becker, 2011). Hierdoor zouden autoproducenten opteren voor verticale coördinatie waarbij er langetermijncontracten met de onderaannemers worden afgesloten (Ernst en Kamrad, 2000).



#### 4.6.5 Implementatie

Om modulariteit te implementeren is er nood aan het veranderen van het concept, het ontwerpniveau en de productassemblage (Ro et al., 2007). Daarnaast moet in het proces de nodige flexibiliteit gecreëerd worden opdat er snel ingespeeld kan worden op de veranderende technologieën (Baldwin en Clark, 1997). Voor het verdelen van de verschillende taken moet elk onderdeel volledig en precies gespecificeerd worden zodat het kan dienen in verschillende eindproducten (Baldwin en Clark, 1997; Ernst en Kamrad, 2000). Verder adviseren Ernst en Kamrad (2000) om bij het basisontwerp van nieuwe eindproducten gebruik te maken van bestaande, gestandaardiseerde componenten. Hierdoor zullen de financiële kosten en de ontwikkelingstijd afnemen.

De implementatie van modulariteit maakt het mogelijk om cyclustijd te verkorten door meerdere modules parallel te produceren (Novak en Eppinger, 2001). Verder zorgt een modulair ontwerp ervoor dat de complexiteit verschoven wordt van de hoofdassemblagelijijn naar de subassemblagelijijnen of naar externe leveranciers. Door deze afscheiding is het mogelijk om producten te testen voordat ze in het eindproduct verwerkt worden. Tevens zal bij eventuele productieproblemen er maar een beperkt deel stilliggen in plaats van de volledige assemblagelijijn (Baldwin en Clark, 1997).

Wanneer er gekozen wordt om een bepaald deel uit te besteden, is de communicatie en afbakening tussen de verschillende (interne en externe) ontwerpteams van cruciaal belang. Baldwin en Clark (1997) suggereren om een raamwerk te ontwikkelen zodat elk team weet wat hun taken en verantwoordelijkheden zijn. Hierdoor zouden misverstanden, verborgen informatie en vertragingen voorkomen kunnen worden. Zirpoli en Becker (2011) bekijken dit vanuit een ander perspectief. Wanneer er een beslissing genomen is omtrent de mate van ontwerp- en/of productie uitbesteding moeten er nog organisatorische beslissingen genomen worden, zoals: het moment van betrokkenheid, de toewijzing van technische hulpmiddelen, het gebruik van nieuwe technologieën, enzovoort. Het grootste verschil wordt gemaakt wanneer de onderaannemer betrokken blijft om uit fouten te leren en vervolgens deze feedback verwerkt bij de productie en/of het ontwerp van nieuwe componenten.

*Original equipment manufacturers* (OEM's) zagen de combinatie van modulariteit en standaardisatie als een opportuiniteit om de complexiteit van coördinatie te verminderen. Hierbij werd de verantwoordelijkheid voor kapitaalinvesteringen, kwaliteitscontroles, distributie en productaansprakelijkheid verschoven naar de leveranciers waardoor de flexibiliteit steeg en ze hun activa konden verminderen (MacDuffie, 2013). Volgens meerdere onderzoekers stelt het gebruik van modulariteit, de onderneming in staat om het ontwerp en de productie van componenten te ontkoppelen. Verder zorgt het voor een eenvoudige en goed presterende integratie van extern geleverde componenten in het eindproduct. Dus, modulariteit helpt bedrijven om outsourcing efficiënt en effectief te beheren waardoor de integratie van externe bronnen van innovatie wordt vereenvoudigd (Baldwin en Clark, 1997; Cabigiosu et al., 2013).

Ro et al. (2007) hebben een casestudy uitgevoerd op de Noord-Amerikaanse automarkt. Hierbij hebben ze in kaart gebracht hoe deze industrie geprobeerd heeft om modulariteit te implementeren. De verschillende autoproducenten zagen kostbesparingen en het uitbesteden van verantwoordelijkheid als de voornaamste drijfveren voor implementatie. Verder hebben deze onderzoekers ontdekt dat er zelden een succesvolle impact is van modulariteit op productontwikkeling, outsourcing en de coördinatie van de supply chain. Nochtans zijn er voldoende technische- en kenniscapaciteiten aanwezig om modules grootschalig te produceren. Daarnaast beweren Pil en Holweg (2004) dat de modules in de automobielsector niet zo goed geïntegreerd zijn, met uitzondering van de stoelen en de binnendeur, als voorgeschreven in de wetenschappelijke literatuur. Echter, in de praktijk zijn de meeste modules opgebouwd uit complexe subassemblages die gedurende de laatste fase van het assemblageproces samengevoegd worden tot het eindproduct.

Volgens Ro et al. (2007) zijn auto's op het eind van de 20<sup>ste</sup> eeuw geëvolueerd van een integrale structuur naar modulariteit. Echter, verschillende onderzoekers beweren dat auto's hoofdzakelijk integrale producten zijn gebleven (MacDuffie, 2013; Cabigiosu et al., 2013). Autoproducenten zien modulariteit als hulpmiddel om de integratie van externe innovatiebronnen te vereenvoudigen (Cabigiosu et al., 2013). Zirpoli en Becker (2011) hebben aangetoond dat een modulair productontwerp niet de meest geschikte oplossing is om het integratieprobleem aan te pakken, omdat het moeilijk is om de prestatie en coherentie tussen de verschillende componenten en het eindproduct te beoordelen. Zirpoli en Camuffo (2010) stellen dat de automobielsector nood blijft hebben aan een goede leveranciersrelatie, ongeacht het gebruik van modulaire componenten. Volgens hen omdat de productarchitectuur niet de doorslaggevende factor is voor de taak- en kennisverdeling.

Ten slotte stelt MacDuffie (2013) dat het onmogelijk is om een auto in zijn geheel als modulair of integraal te beschouwen omdat het een complex product is, dat is opgebouwd uit vele componenten en technologieën. Daarentegen beweren Bartnik en Park (2018) dat componenten met een integrale architectuur veel complexe, onderlinge afhankelijke koppelingen hebben. Waardoor het uitbesteden van dit soort componenten extra complexiteit veroorzaakt. Daarnaast bestaan modulaire architecturen uit gestandaardiseerde koppelingen zodat deze achteraf makkelijk geïntegreerd kunnen worden.

#### **4.6.6 Link met andere strategieën**

Het fundamentele doel bij *postponement* en modulariteit komt in principe overeen, namelijk het bereiken van schaalvoordelen en het verbreden van de reikwijdte. PP bereikt dit vanuit het procesontwerp perspectief en modulariteit vanuit het productontwerp perspectief. Momenteel worden deze beheersingsstrategieën naast elkaar gebruikt, nochtans zou een geïntegreerde product-procesbenadering opportuniteiten bieden voor het realiseren van grotere voordelen. Tevens reiken de voordelen verder dan enkel de processen waarin waarde gecreëerd wordt. Allereerst is het hierdoor mogelijk om de productieomgeving efficiënter in te delen en efficiënter te werken waardoor het eenvoudiger is om de capaciteit in te plannen. Daarnaast zou het de ontwikkeling van nieuwe producten bevorderen waarbij de productie uitbesteed kan worden (Ernst en Kamrad, 2000).

Een platform en modulariteit hebben te maken met een aantal gemeenschappelijke kenmerken, namelijk: productarchitectuur, standaardisatie, MC en koppelingen (Mahmoud-Jouini en Lenfle, 2010). Waarbij Robertson en Ulrich (1998) stellen dat de standaardisatie van verschillende componenten ervoor kan zorgen dat het eindproduct een reeks van componenten deelt, maar deze gedeelde componenten worden niet beschouwd als een productplatform.

## 5 Conclusies en inzichten

In het verleden waren autoproducenten voornamelijk gefocust op het genereren van schaalvoordelen. Hierbij werd er weinig aandacht besteed aan het aanbieden van een breed assortiment en waren er geen mogelijkheden tot personalisatie. Echter, door de veranderde klantbehoeften, waarbij ze verlangen naar een breed aanbod en personalisatiemogelijkheden, nam zowel de complexiteit van het product als het proces toe. Bovendien hebben de strengere milieuwetgeving, marktverschuivingen, nood aan innovatie en het uitbesteden van verantwoordelijkheden ertoe geleid dat de complexiteit is toegenomen. Verder zijn de meeste autoproducenten afgestapt van pure massaproductie en zijn ze op zoek gegaan naar oplossingen om beter in te spelen op de behoeften van de consument.

Om de toegenomen complexiteit te beheersen en eventueel te reduceren zijn er een aantal beheersingsstrategieën ontwikkeld die gebaseerd zijn op het principe van *mass customization*. Hierbij blijft de producent gefocust op het genereren van schaalvoordelen maar is hij daarnaast ook in staat om beter in te spelen op de wensen van individuele klanten. Bovendien is gebleken dat de meeste beheersingsstrategieën gericht zijn op het reduceren van proces- of productcomplexiteit. Zo zijn de *build to order strategy*, *postponement* en *option bundling* meer gericht op het reduceren van procescomplexiteit, terwijl *platform sharing* en modulariteit meer gericht zijn op de vermindering van productcomplexiteit.

Evenzeer kan op basis van dit literatuuroverzicht geconcludeerd worden dat bepaalde strategieën dicht bij elkaar liggen en zelfs deels overlappen, zoals het gebruik van modulaire componenten en een gedeeld platform of een BTO-benadering en *postponement*. Verder is er naar voren gekomen dat de combinatie van bepaalde beheersingsstrategieën een efficiënter resultaat creëert, bijvoorbeeld het aanbieden van optiebundels in een *postponement* omgeving. Daarnaast zal PP gecombineerd met modulariteit mogelijk leiden tot de creatie van een geïntegreerde product-procesbenadering. Tevens zijn er ook enkele combinaties mogelijk waarbij er geen voordelen of zelfs nadelige gevolgen ontstaan, zoals bijvoorbeeld het toepassen van *option bundling* in een BTO-omgeving.

Ten slotte blijkt dat er in de praktijk geen *one size fits all* bereikt kan worden. De keuze voor een bepaalde strategie is afhankelijk van de gewenste variëteit in het aanbod, waarbij er een afweging gemaakt moet worden tussen preproductie, een klantgericht ontwerp en het moment waarop de waarde in het proces wordt toegevoegd.

## **Dankwoord**

Ik maak graag van deze gelegenheid gebruik om de mensen te bedanken die me hebben bijgestaan bij de totstandkoming van dit literatuuroverzicht. Het is onmogelijk om alle personen te vermelden die een bijdrage hebben geleverd aan deze thesis, hierdoor zal ik me beperken tot degene die het belangrijkste waren.

In de eerste plaats wil ik mijn promotor, professor Van Nieuwenhuysse bedanken voor het aanreiken van het onderwerp, haar goede ondersteuning en het kritisch evalueren van mijn tekst. En ten slotte wil ik mijn vrienden, ouders, broer en zus bedanken voor hun morele steun gedurende het voorbije jaar.

## 6 Bibliografie

- Agrawal, M., Kumaresh, T., Mercer, G. (2001). The false promise of mass customization. *McKinsey Quarterly*, 3, 62-71.
- Alford, D., Sackett, P., Nelder, G. (2000). Mass customisation — an automotive perspective. *International Journal of Production Economics*, 65(1), 99-110. doi: 10.1016/S0925-5273(99)00093-6
- Al-Zaher, A., ElMaraghy, W. (2014). Design Method of Under-body Platform Automotive Framing Systems. *Procedia CIRP*, 17, 380-385. doi: 10.1016/j.procir.2014.03.116
- Baldwin, C., Clark, K. (1997). Managing in an age of modularity. *Harvard Business Review*, 75(5), 84-93.
- Barroso, A., Giarratana, M. (2013). Product proliferation strategies and firm performance: The moderating role of product space complexity. *Strategic Management Journal*, 34(12), 1435-1452. doi: 10.1002/smj.2079
- Bartnik, R., Park, Y. (2018). Technological change, information processing and supply chain integration: A conceptual model. *Benchmarking: An international journal*, 25(5), 1279-1301. doi: 10.1108/BIJ-03-2016-0039
- Belson, K. (2011, 25 september). Far From the Factory, Adding Final Touches. *The New York Times*. Geraadpleegd via <http://www.nytimes.com>
- Brabazon, P., MacCarthy, B. (2006). Fundamental behaviour of virtual-build-to-order systems. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 514-524. doi: 10.1016/j.ijpe.2006.02.007
- Brabazon, P., MacCarthy, B., Woodcock, A., Hawkins, R. (2010). Mass Customization in the Automotive Industry: Comparing Interdealer Trading and Reconfiguration Flexibilities in Order Fulfillment. *Production and Operations Management*, 19(5), 489-502. doi: 10.1111/j.1937-5956.2010.01132.x
- Bradford, W. (2001). Ford, Mazda, Volvo will share small platform. *Automotive News*, 75(5924), 39.
- Cabigiosu, A., Zirpoli, F., Camuffo, A. (2013). Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry. *Research Policy*, 42(3), 662-675. doi: 10.1016/j.respol.2012.09.002
- Caux, C., David, F., Pierreval, H. (2006). Implementation of delayed differentiation in batch process industries: a standardization problem. *International Journal of Production Research*, 44(16), 3243-3255. doi: 10.1080/00207540500521543
- Chakravarti, D., Krish, R., Paul, P., & Srivastava, J. (2002). Partitioned presentation of multicomponent bundle prices: Evaluation, choice and underlying processing effects. *Journal of Consumer Psychology*, 12(3), 215-229. doi: 10.1207/S15327663JCP1203\_04
- Cheng, Z., Gek-Woo, T. (2001). Classification of Postponement Strategies and Performance Metrics Framework. PACIS 2001 Proceedings. 4, 45-58. Geraadpleegd via <http://www.pacis-net.org>
- Child, P., Diederichs, R., Sanders, F., Wisniowski, S. (1991). SMR Forum: The Management of Complexity. *Sloan Management Review*, 33(1), 73-81.

- Choi, K., Narasimhan, R., Soo Wook, K. (2012). Postponement strategy for international transfer of products in a global supply chain: A system dynamics examination. *Journal of Operations Management*, 30(3), 167-179. doi: 10.1016/j.jom.2012.01.003
- Christopher M., Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International journal of physical distribution & logistics management*, 31(4), 235-246. doi: 10.1108/09600030110394914
- Corbett, J., Crookall, J. (1986). Design for Economic Manufacture. *CIRP Annals*, 35(1), 93-97. doi: 10.1016/S0007-8506(07)61846-0
- Da Silveira, G., Borenstein, D., Fogliatto, F. (2001). Mass customization: Literature review and research directions. *International Journal of Production Economics*, 72(1), 1-13. doi: 10.1016/S0925-5273(00)00079-7
- DeMuro, D. (2015, juni). Buying a Car: Why Do So Many Options Come in Packages? Geraadpleegd via <http://www.autotrader.com>
- Dijk, M., Orsato, R., Kemp, R. (2013). The emergence of an electronic mobility trajectory. *Energy policy*, 52, 135-145. doi: 10.1016/j.enpol.2012.04.024
- Dijk, M., Yarime, M. (2010). The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand. *Technological Forecasting & Social Change*, 77(8), 1371-1390. doi: 10.1016/j.techfore.2010.05.001
- Duray, R., Ward, P., Milligan, G., Berry, W. (2000). Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. *Journal of Operations Management*, 18(6), 605-625. doi: 10.1016/S0272-6963(00)00043-7
- ElMaraghy, W., Urbanic, R. (2004). Assessment of Manufacturing Operational Complexity. *CIRP Annals*, 53(1), 401-406. doi: 10.1016/S0007-8506(07)60726-4
- Engle, P. (2018). Innovation – disruptive or sustaining? *Industrial and Systems Engineering at Work*, 50(9), 20.
- Ernst R., Kamrad, B. (2000). Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. *European Journal of Operational Research*, 124(3), 495-510. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00184-8
- Fisher M., Ramdas, K., Ulrich, K. (1999). Component sharing in the management of product variety: A study of automotive braking systems. *Management Science*, 45(3), 297-315.
- Fisher, M., Ittner, C. (1999). The impact of product variety on automobile assembly operations: Empirical evidence and simulation analysis. *Management Science*, 45(6), 771-786.
- Fong, D., Fu, H., Li, Z. (2004). Efficiency in shortage reduction when using a more expensive common component. *Computers & Operations Research*, 31(1), 123-138. doi: 10.1016/S0305-0548(02)00183-1
- Fournier, X., Agard, B. (2007). Improvement of earliness and lateness by postponement on an automotive production line. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 19(2), 107-121. doi: 10.1007/s10696-007-9022-8
- Fredriksson, P., Gadde, L. (2005). Flexibility and rigidity in customization and build-to-order production. *Industrial Marketing Management*, 34(7), 695-705. doi: 10.1016/j.indmarman.2005.05.010

- Fujimoto, T., Park, Y. (2012). Complexity and control: benchmarking of automobiles and electronic products. *Benchmarking: An International Journal*, 19(4/5), 502-516. doi:10.1108/14635771211257972
- Halman, J., Hofer, A., Van Vuuren, W. (2003). Platform-Driven Development of Product Families: Linking Theory with Practice. *The journal of product innovation management*, 20(2), 149-162. doi: 10.1111/1540-5885.2002007
- Hamilton, R., Koukova, N. (2008). Choosing options for products: the effects of mixed bundling on consumers' inferences and choices. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36(3), 423-433. doi: 10.1007/s11747-007-0083-8
- Hauser, J., Toubia, O., Evgeniou, T., Befurt, R., Dzyabura, D. (2010). Disjunctions of conjunctions, cognitive simplicity and consideration sets. *Journal of Marketing Research*, 47(3), 485-496. doi: 10.1509/jmkr.47.3.485
- Holweg, M., Pil, F. (2001). Successful Build-to-Order Strategies Start With the Customer. *MIT Sloan Management Review*, 43(1), 74-83.
- Howard, M., Powell, P., Vidgen, R. (2005). Automotive Industry Information Systems: From Mass Production to Build-to-Order. *Complete Collection of IGP Information Technology Case Collection Depository*, 7(2), 16-30. doi: 10.4018/jcit.2005040102
- Jacobs, M., Vickery, S., Droge, C. (2007). The effects of product modularity on competitive performance: Do integration strategies mediate the relationship? *International Journal of Operations & Production Management*, 27(10), 1046-1068. doi: 10.1108/01443570710820620
- Kito, T., Ueda, K. (2014). The implications of automobile parts supply network structures: A complex network approach. *CIRP Annals*, 63(1), 393-396. doi: 10.1016/j.cirp.2014.03.119
- Lancaster, K., Ratchford, B. (1990). The Economics of Product Variety: A Survey; Marketing Applications of the Economics of Product Variety. *Marketing Science (1986-1998)*, 9(3).
- Lampel, J., Mintzberg, H. (1996). Customizing Customization. *Sloan Management Review*, 38(1), 21-30.
- Lee, H., Tang, C. (1997). Modelling the costs and benefits of delayed product differentiation. *Management Science*, 43(1), 40-53.
- MacCarthy, B. (2013). An analysis of order fulfilment approaches for delivering variety and customisation. *International journal of production research*, 51(23-24), 7329. doi: 10.1080/00207543.2013.852703
- MacCarthy, B., Brabazon, P., Bramham, J. (2003). Fundamental modes of operation for mass customization. *International Journal of Production Economics*, 85(3), 289-304. doi: 10.1016/S0925-5273(03)00117-8
- MacDuffie, J., Sethunarman, K., Marshall, F. (1996). Product variety and manufacturing performance: Evidence from the International Automotive Assembly Plant Study. *Management Science*, 42(3), 350-369.
- MacDuffie, J. (2013). Modularity-as-Property, Modularization-as-Process, and 'Modularity'-as-Frame: Lessons from Product Architecture Initiatives in the Global Automotive Industry. *Global Strategy Journal*, 3(1), 8-40. doi: 10.1111/j.2042-5805.2012.01048.x



- Mahmoud-Jouini, S., Lenfle, S. (2010). Platform re-use lessons from the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 30(1), 98-124. doi: 10.1108/01443571011012398
- Meyer, M., Utterback, J. (1993). The Product Family and the Dynamics of Core Capability. *Sloan Management Review*, 34(3), 29-47.
- Meyer, M. and Lehnerd, A. (1997), The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership. New York, NY: The Free Press.
- Miyazaki, K., Kijima, K. (2000). Complexity in Technology Management: Theoretical Analysis and Case Study of Automobile Sector in Japan. *Technological Forecasting and Social Change*, 64(1), 39-54. doi: 10.1016/S0040-1625(99)00072-4
- Moore, W., Louviere, J., Verma, R. (2004). Using Conjoint Analysis to Help Design Product Platforms. *The journal of product innovation management*, 16(1), 27-39. doi: 10.1111/1540-5885.1610027
- Novak, S., Eppinger, S. (2001). Sourcing by design: Product complexity and the supply chain. *Management Science*, 47(1), 189-204.
- Novak, S., Stern, S. (2008). How Does Outsourcing Affect Performance Dynamics? Evidence from the Automobile Industry. *Management Science*, 54(12), 1963-1979.
- Novak, S., Stern, S. (2009). Complementarity Among Vertical Integration Decisions: Evidence from Automobile Product Development. *Management Science*, 55(2), 311-332.
- Olsen, E. (2008). The implications of platform sharing on brand value. *Journal of Product & Brand Management*, 17(4), 244-253. doi: 10.1108/10610420810887590
- Oracle Corporation and Cap Gemini Ernst & Young. (2003). The adaptive supply chain: postponement for profitability. Geraadpleegd via <http://www.oracle.com>
- Pagh, J., Cooper, M. (1998). Supply chain postponement and speculation strategies: How to choose the right strategy. *Journal of Business Logistics*, 19(2), 13-33.
- Park, C. W., Jun, S. Y., & MacInnis, D. J. (2000). Choosing what I want versus rejecting what I don't want: An application of decision framing to product option choice decisions. *Journal of Marketing Research*, 37(2), 187-202.
- Perera, H., Nagarur, N., Tabucanon, M. (1999). Component part standardization: A way to reduce the life-cycle costs of products. *International Journal of Production Economics*, 60-61, 109-116. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00179-0
- Pil, F., Holweg, M. (2004). Linking Product Variety to Order-Fulfillment Strategies. *Interfaces*, 34(5), 394-403. doi:10.1287/inte.1040.0092
- Rechtin, M. (2004). Platform sharing: Each brand must be distinct. *Automotive News*, 78(6086), 14.
- Ro, Y., Liker, J., Fixson, S. (2007). Modularity as a Strategy for Supply Chain Coordination: The Case of U.S. Auto. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 172 - 189. doi: 10.1109/TEM.2006.889075
- Robertson, D., Ulrich, K. (1998). Planning for Product Platforms. *Sloan Management Review*, 39(4), 19-31.

- Rodriguez-Toro, C., Jared, G., Swift, K. (2004). Product – development complexity metrics: a framework for proactive-DFA implementation. *DS 32: Proceedings of DESIGN 2004* (483-490). Dubrovnik, Croatia. Geraadpleegd via <http://www.designsociety.com>
- Salomon, V., Simon, M., Muniz, J. (2016). Complexity and Operations Performance: A Case Study. *Annals of Management Science*, 5(1), 93-103.
- Samy, S., ElMaraghy, H. (2012). Complexity mapping of the product and assembly system. *Assembly Automation*, 32(2), 135-151. doi: 10.1108/01445151211212299
- Shao, X., Ji, J. (2008). Evaluation of postponement strategies in mass customization with service guarantees. *International Journal of Production Research*, 46(1), 153-171. doi: 10.1080/00207540600844027
- Simonin, B., Ruth, J. (1998). Is a company known by the company it keeps? Assessing the spillover effects of brand alliances on consumer brand attitudes. *Journal of Marketing Research*, 35(1), 30-42.
- Squire, B., Brown, S., Readman, J., Bessant, J. (2006). The Impact of Mass Customisation on Manufacturing Trade-offs. *Production and Operations Management*, 15(1), 10-21.
- Stäblein, T., Holweg, M., Miemczyk, J. (2011). Theoretical versus actual product variety: how much customisation do customers really demand? *International Journal of Operations & Production Management*, 31(3), 350-370. doi: 10.1108/01443571111111955
- Strach, P., Everett, A. (2006). Brand corrosion: mass-marketing's threat to luxury automobile brands after merger and acquisition. *Journal of Product & Brand Management*, 15(2), 106-120. doi: 10.1108/10610420610658947
- Sullivan, M. (1998). How brand names affect the demand for twin automobiles. *Journal of Marketing Research*, 35(2), 154-165.
- Svensson, C., Barfod, A. (2002). Limits and opportunities in mass customization for “build to order” SMEs. *Computers in Industry*, 49(1), 77-89. doi: 10.1016/S0166-3615(02)00060-X
- Takeishi, A. (2002). Knowledge partitioning in the interfirm division of labor: The case of automotive product. *Organizational Science*, 13(3), 321-338.
- Tu, Q., Vonderembse, M., Ragu-Nathan, T., Ragu-Nathan, B. (2004). Measuring Modularity-Based Manufacturing Practices and Their Impact on Mass. *Decision Sciences*, 35(2), 147-168.
- Tully, S., Welsh, T. (1993). The modular corporation. *Fortune*, 127(3), 106-111.
- Turner, K., Williams, G. (2005). Modelling complexity in the automotive industry supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(4), 447-458.
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24(3), 419- 440. doi: 10.1016/0048-7333(94)00775-3
- Van Hoek, R. (2001). The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. *Journal of Operations Management*, 19(2), 161-184. doi: 10.1016/S0272-6963(00)00057-7
- Wadhwa, S., Bibhushan, K., Bhoon, S., Chan, F. (2008). Postponement strategies for re-engineering of automotive manufacturing: knowledge-management implications. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(3-4), 367-387. doi:10.1007/s00170-006- 0679-z

- Wadhwa,S., Bhoon,S., Chan,F. (2006). Postponement strategies through business process redesign in automotive manufacturing: Knowledge innovation. *Industrial Management & Data Systems*, 106(3), 307-326. doi: 10.1108/02635570610653470
- Westbrook, R., Williamson, P. (1993). Mass customization: Japan's new frontier. *European Management Journal*, 11(1), 38-45. doi: 10.1016/0263-2373(93)90022-A
- Zapata, C., Nieuwenhuis, P. (2010). Exploring innovation in the automotive industry: new technologies for cleaner cars. *Journal of Cleaner Production*, 18(1), 14-20. doi: 10.1016/j.jclepro.2009.09.009
- Zirpoli, F., Becker, M. (2011). The limits of design and engineering outsourcing: performance integration and the unfulfilled promises of modularity. *R&D management*,41(1), 21-43. doi: 10.1111/j.1467-9310.2010.00629.x
- Zirpoli, F., Camuffo, A. (2010). Product architecture, inter-firm vertical coordination and knowledge partitioning in the auto industry. *European Management Review*, 6(4), 250-264. doi: 10.1057/emr.2009.25