

Circulariteit en Smart Manufacturing binnen de lokale maakindustrie



Handtekening scriptiebegeleider:

J.F.M. de Koning

Auteur: Rylan Penza

Studentennummer: 16083644

Onderwijsinstelling: De Haagse Hogeschool

Opleiding: Finance & Control

Afstudeerbegeleider: R. Blanken

Opdrachtgever: THUAS/ TNO/ SMITZH

Bedrijfsbegeleider: J.F.M de Koning

Datum: 14-1-2020

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Circulariteit en Smart Manufacturing binnen de lokale maakindustrie'. In de scriptie is onderzocht hoe smart manufacturing technologie kan bijdragen aan een circulaire waardeketen. De scriptie is geschreven als eindopdracht voor de studie Finance & Control op de Haagse Hogeschool.

Mijn persoonlijke interesse voor dit onderwerp is ontstaan na het zien van de video 'The Third Industrial Revolution: A Radical New Sharing Economy' (VICE, 2018). Hoewel de video gaat over de toekomst van onze economie waarbij een deel-economie centraal staat, heeft het veel overeenkomsten met de circulaire economie. Dit heeft mij nieuwsgierig gemaakt om mij verder te verdiepen in dit onderwerp, voornamelijk hoe dit financieel kan worden vormgegeven. Tijdens het onderzoek naar de circulaire waardeketen ben ik er steeds meer achter gekomen dat het onderwerp erg tegenstrijdig kan zijn met mijn studie. Dit komt omdat men de focus in een circulaire economie minder legt op het financiële onderdeel en de nadruk meer legt op het milieu en sociaal-maatschappelijke kwesties. Vanuit het perspectief van een Finance student is dit zowel interessant als uitdagend.

De scriptie is geschreven als bijproduct van de opdracht die is verkregen door SMITZH. SMITZH is een organisatie die is ontstaan door een samenwerking tussen TNO, THUAS en The Innovation Quarter. SMITZH heeft meerdere studenten van de Haagse Hogeschool de opdracht gegeven om onderzoek te doen naar de onderwerpen circulaire economie en smart manufacturing. Hierbij zou ik graag de studenten bedanken die onderdeel waren van het project voor de goede samenwerking onder elkaar. Daarnaast wil ik Jonneke de Koning bedanken die mij en de groep studenten heeft begeleid tijdens het project. Zij heeft goed leiderschap vertoont om een prachtig product te leveren. Tijdens de gehele periode heeft ze zich goed kunnen aanpassen aan de omstandigheden die zijn ontstaan door de Corona pandemie. Verder wil ik TNO bedanken voor de workshops die zij hebben gegeven ter ondersteuning van het project en de feedback. Als laatste wil ik mijn scriptiebegeleidster bedanken voor de periodieke terugkoppeling op mijn scriptie en ondersteuning indien nodig.

Rylan Penza
Den Haag

Samenvatting

Duurzaamheid is één van de onderwerpen binnen de economie waar men zich voortdurend mee bezighoudt. Dit heeft onder andere te maken met de negatieve wijze waarop men in de wereld omgaat met het milieu. Elke dag worden mensen meer bewust van de negatieve gevolgen van deze omgang. Een economisch systeem dat daar verandering in kan brengen is een circulaire economie. Het systeem richt zich op het elimineren van afvalstoffen en het hergebruiken van grondstoffen. Met de opkomst van nieuwe technologie, kan een circulaire economie een compleet nieuw geoptimaliseerd systeem worden voor een duurzame wereld.

Vanuit de organisatie Smart Manufacturing Industriële Toepassingen in Zuid-Holland (SMITZH) is een project ontstaan waarbij een tool wordt ontwikkeld. Deze tool moet bedrijven inzicht geven in de wijze waarop smart manufacturing technologie de transitie naar een circulair bedrijfsmodel kan ondersteunen en waarde kan toevoegen. De tool richt zich op de maakindustrie en haar technologische toeleveranciers binnen de provincie Zuid-Holland. Deze scriptie is afgeleid vanuit het onderzoek om de tool te kunnen ontwikkelen. De hoofdvraag binnen het onderzoek luidt als volgt:

‘Wat zijn de drijfveren van de lokale maakindustrie voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel, en hoe kan smart manufacturing bijdragen aan dit bedrijfsmodel?’

De onderzoeksmethoden om deze vraag te beantwoorden zijn deskresearch en fieldresearch. Deskresearch is gebruikt om beter begrip te krijgen van circulaire bedrijfsmodellen en smart manufacturing technologieën. Dit is onderdeel van het theoretisch kader. Fieldresearch is gedaan om de vraag te kunnen beantwoorden vanuit de praktijk. Hierbij is onderzoek gedaan naar drie onderwerpen: De drijfveren voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel, de ondersteuning van smart manufacturing op circulaire bedrijfsmodellen en de barrières bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Voor fieldresearch zijn twee bedrijven geïnterviewd. Deze bedrijven zijn momenteel bezig met de transitie naar een circulair bedrijfsmodel en maken daarvoor gebruik van smart manufacturing technologie. Dit zijn de bedrijven HTC parking & security Europees marktleider in Speedgates en Lely leverancier en dienstverlener in de agrarische sector.

Na het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de primaire drijfveer voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel ‘Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen’ is. Deze drijfveer komt vanuit de motivatie dat de bedrijven willen bijdragen aan een duurzame toekomst en meer zijn gaan geven om het milieu. Verder kan geconcludeerd worden dat smart manufacturing technologie de transitie naar het merendeel van de circulaire bedrijfsmodellen goed kan ondersteunen. Als laatste kan geconcludeerd worden dat bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel barrières zijn op het gebied sociaal cultureel, wet- en regelgeving en de handelsmarkt. Hoewel bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel meerdere obstakels zijn, wordt de transitie zeker aanbevolen. Op korte termijn is het bedrijfsmodel financieel niet voordelig, maar op lange termijn brengt het naast financiële voordelen ook maatschappelijke voordelen. De obstakels tijdens deze transitie zullen minder worden als meer bedrijven deze transitie al hebben gemaakt. Als laatste wordt het gebruik van smart manufacturing technologie bij deze transitie aangeraden. Hiervoor zullen de circulaire doelen binnen de onderneming eerst goed moeten worden vastgesteld en vervolgens moeten de juiste toepassingen hieraan worden gekoppeld.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
1. De inleiding.....	7
1.1 De aanleiding	7
1.2 De doelstelling	8
1.3 De onderzoeksvraag en deelvragen	8
1.4 De onderzoeksmethode	8
1.4.1 Deskresearch	9
1.4.2 Fieldresearch	9
1.5 Onderzoeksofzet	11
2. De circulaire maakindustrie en circulaire bedrijfsmodellen.....	13
2.1 Introductie circulaire economie	13
2.1.1 Waarom wordt gestreefd naar een circulaire economie?	13
2.1.2 Wat houdt een circulaire waardeketen precies in?	14
2.2 Circulaire economie en de maakindustrie	15
2.3 Circulaire bedrijfsmodellen voor de maakindustrie	17
2.3.1 Circulaire bedrijfsmodellen voor het vertragen van de waardeketen	17
2.3.2 Sluiten van de waardeketen	19
3. Wat is smart manufacturing?.....	20
3.1 De opkomst van smart manufacturing.....	20
3.2 Verdeling van Smart Manufacturing technologieën.....	21
4. De drijfveren voor maakbedrijven voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel	23
4.1 Model voor de drijvers van een circulaire economie (PACE framework)	23
4.2 De drijfveren van HTC parking & security	25
4.3 De drijfveren van Lely.....	27
5. Bijdrage van smart manufacturing circulaire bedrijfsmodellen en de barrières van de transitie circulaire bedrijfsmodellen	30
5.1 Smart manufacturing toepassingen	30
5.1.1 De smart manufacturing toepassingen van HTC parking & security.....	30
5.1.2 De smartmanufacturing toepassingen van Lely	31
5.2 Bedrijfsmodellen en de ondersteuning van smart manufacturing	33

5.2.1	De aansluiting van de Smart Manufacturing toepassingen op de circulaire bedrijfsmodellen van HTC parking & security	33
5.2.2	De aansluiting van de Smart Manufacturing toepassingen op de circulaire bedrijfsmodellen van Lely	34
5.3	Barrières voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel voor bedrijven binnen de maakindustrie	36
5.3.1	Barrières HTC parking & security	36
5.3.2	Barrières Lely	38
6.	De conclusie	39
7.	De aanbevelingen	40
8.	Reflectieverslag	42
	Literatuurlijst	44
	Bijlage	52
1.	PACE framework	52
2.	7R model	54
3.	Praktijk toepassingen circulaire bedrijfsmodellen	56
4.	Interview vragen en vragenlijst	61

1. De inleiding

1.1 De aanleiding

We leven in een tijdperk van een transitie. In deze periode worden diverse oplossingen bedacht voor maatschappelijke, economische en ecologische problemen (Achterberg, Hinfelaar, & Bocken, 2016, pp. 1–3). Vanuit de maatschappij wordt steeds meer verwacht dat bedrijven zich bezighouden met duurzaamheid, geleidelijk proberen bedrijven zich hier dan ook voor in te zetten. Het is opvallend dat bedrijven meer producten op de markt brengen die duurzaam zijn, bijvoorbeeld recyclebare papieren rietjes of bamboe tandenborstels. Zij worden steeds bewuster van de voordelen die duurzaamheid te bieden heeft, maar hebben ook steeds meer te maken met regelgeving rond dit onderwerp. Verschillende bedrijven beginnen hierdoor interne en externe veranderingen door te voeren.

Vanuit de organisaties TNO (The Innovation Quarter) en The Hague University of Applied Sciences (THUAS) is een samenwerkingsgroep ontstaan. TNO is een onafhankelijke onderzoeksorganisatie, die richt zich op maatschappelijke innovatie (TNO, z.d.). The Innovation Quarter is de regionale ontwikkelingsmaatschappij van de provincie Zuid-Holland (Innovation Quarter, 2020). De samenwerkingsgroep van de genoemde bedrijven focust zich op het helpen van de maakindustrie en haar technologische toeleveranciers binnen de provincie Zuid-Holland. Door het samenwerkingsverband is de organisatie SMITZH ontstaan, SMITZH staat voor Smart Manufacturing Industriële Toepassingen in Zuid-Holland. Vanuit SMITZH is weer een project ontstaan om een tool te ontwikkelen. Deze tool wordt ook wel de CESI (Circular Economy Smart Industry) acceleration tool genoemd. Het doel van de tool is om lokale bedrijven binnen de maakindustrie te ondersteunen met de transitie naar een circulair bedrijfsmodel met smart manufacturing toepassingen. De tool die ontwikkeld moet worden is een prototype van een online value case tool. De tool maakt gebruik van praktijkvoorbeelden. Deze bedrijfscursussen zijn circulaire initiatieven waarbij gebruik is gemaakt van smart manufacturing toepassingen. Per bedrijfscursus wordt aangegeven met welk circulair bedrijfsmodel het overeenkomt, wat de motivatie is voor het circulaire initiatief en de smart manufacturing technologie die daarbij wordt toegepast. Het onderzoek voor deze scriptie is voortgekomen vanuit het ontwikkelen van de tool. In de scriptie zullen de onderwerpen die zijn verwerkt in de tool uitgebreid worden behandeld.

Voor het CESI acceleration tool project is vanuit de Haagse Hogeschool (THUAS) een groep opgericht. De groep bestaat uit zes studenten van de studies Finance & Control, European Studies en Process & Food Technology. Deze groep is vervolgens weer gesplitst in twee aparte teams. Team één verkrijgt de informatie voor het ontwikkelen van de tool, waarbij elk teamlid een groot en middelgroot/klein bedrijf toegewezen krijgt. Team twee ontwikkelt een tool waarin de verkregen informatie van team één is verwerkt. De opsplitsing van de teams is gebaseerd op kennis en kunde vanuit de studies die de studenten volgen. Daarnaast kan het bijdragen aan een efficiëntere en effectievere uitvoering.

1.2 De doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is om lokale maakbedrijven meer kennis te geven over de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Deze kennis moet vervolgens lokale maakbedrijven ondersteunen bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. De kennis waar onderzoek naar wordt gedaan bestaat uit drie verschillende onderdelen.

Ten eerste wordt onderzocht wat bedrijven drijft/motiveert voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Dit wordt vervolgens gekoppeld aan een model om de drijfveren van de bedrijven concreet vast te stellen. Door dit deel van het onderzoek krijgen bedrijven een beter inzicht in de drijfveren voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel en hetgeen dat andere bedrijven heeft gemotiveerd voor het nemen van circulaire initiatieven. Ten tweede wordt onderzocht hoe smart manufacturing toepassingen kunnen bijdragen aan de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Dit zal bedrijven een beter inzicht geven in de voordelen van smart manufacturing technologie voor circulaire bedrijfsmodellen. Het laatste onderdeel dat onderzocht wordt zijn de barrières. Het gaat hierbij om de barrières die bedrijven constateren na de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Het is belangrijk dat naast de voordelen ook de nadelen van de transitie naar een circulair bedrijfsmodel worden weergegeven. Dit geeft bedrijven een objectieve kijk op het proces en de gevolgen van het proces.

1.3 De onderzoeksvraag en deelvragen

De onderzoeksvraag is als volgt *‘Wat zijn de drijfveren van de lokale maakindustrie voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel, en hoe kan smart manufacturing bijdragen aan dit bedrijfsmodel?’*

Vanuit de onderzoeksvraag zijn de volgende deelvragen geformuleerd om tot een duidelijke conclusie te komen:

1. Wat is een circulair bedrijfsmodel in het kader van de maakindustrie?
2. Wat wordt verstaan onder smart manufacturing?
3. Wat zijn voor de lokale maakindustrie de circulaire drijfveren voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel?
4. Hoe kan smart manufacturing bijdragen aan circulaire bedrijfsmodellen en wat zijn de barrières bij deze transitie?

1.4 De onderzoeksmethode

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag en deelvragen is gekozen voor twee vormen van kwalitatief onderzoek, dit zijn Deskresearch en Fieldresearch. Deze twee typen onderzoek sluiten aan op de vragen, omdat de vragen betrekking hebben op specifieke en casus gerelateerde kwesties. Daarnaast kan als het nodig is dieper worden ingegaan op deze kwesties om de deelvragen te beantwoorden.

1.4.1 Deskresearch

Deelvraag één en twee worden volledig beantwoord aan de hand van deskresearch. Deze twee vragen vallen onder het theoretisch kader van het onderzoek en bieden de basiskennis wat betreft circulaire economie en smart manufacturing. Door middel van een literatuuronderzoek wordt secundaire data verzameld en gevormd tot een duidelijke basis voor het onderzoek. Secundaire data is data die in het verleden al is verzameld door een andere partij. De data zal tevens de rest van de onderzoeksvragen helpen te beantwoorden. De data die gebruikt wordt ter ondersteuning van het onderzoek zijn: wetenschappelijke artikelen, rapporten, boeken, artikelen, websites en interviews. Voorafgaande van de start van het project is afgesproken om gebruik te maken van een aantal standaard verdelingen/modellen voor het ontwikkelen van de CESI-tool. Dit is gedaan om allemaal dezelfde eenheden te hebben bij het ontwikkelen van de tool. Dit zijn de verdelingen/modellen gebruikt voor de circulaire drijfveren, circulaire bedrijfsmodellen en smart manufacturing toepassingen.

1.4.2 Fieldresearch

De fieldresearch wordt gedaan door het afleggen van interviews. Voor het onderzoek zullen twee bedrijven worden geïnterviewd, dit zijn HTC parking & security en Lely.

HTC parking & security

HTC parking & security is Europees marktleider in Speedgates. Speedgates zijn grote poorten die open en dicht klappen door middel van automatische aandrijving. Het is een middelgrote onderneming gevestigd in Waddinxveen. Het bedrijf produceert en monteert zelf de speedgates en verleent onderhoud daarvoor. De speedgates die geproduceerd worden vallen onder het hoge segment. Naast speedgates produceert en monteert het bedrijf bollards, blockers en slagbomen. Dit zijn andere producten om verplaatsing van vervoersmiddelen te coördineren. Tijdens het interview heb ik gesproken met Stefan Morssink. Hij is business innovation manager binnen HTC. Het interview heeft plaatsgevonden op vrijdag 17 april 2020 via Skype in verband met Covid-19.

Lely

Daarnaast is Lely geïnterviewd voor het onderzoek. Lely is een internationale leverancier en dienstverlener in de agrarische sector. Het is een grote onderneming gevestigd in Maassluis. De onderneming focust zich op de agrarische sector en opereert grotendeels binnen de melkvee-industrie. Het bedrijf produceert diverse machines voor melkveehouderij bedrijven zoals melkrobots en voedermachines. Daarnaast bieden zij de digitale infrastructuur aan om de machines zo goed mogelijk te ondersteunen. Tijdens het interview heb ik gesproken met Tanja Roeleveld zij is sustainability manager binnen Lely. Het interview heeft plaatsgevonden op dinsdag 21 april 2020 via Skype in verband met Covid-19.

Aanvulling interviews

Tijdens het interview waren naast de geïnterviewde en ik nog twee aanwezig. Bij beide interviews was een studente aanwezig van European Studies. Zij werkt mee aan het project en was aanwezig ter ondersteuning van de interviews. Daarnaast was Ton Bastein een onderzoeker van TNO aanwezig bij de interviews. Hij heeft in het verleden onder andere onderzoek gedaan naar de relatie tussen circulaire economie en smart manufacturing. Ton doet nog steeds onderzoek naar deze onderwerpen. Ton beschikt over een groot netwerk van circulaire bedrijven en heeft in het verleden enkele bedrijven binnen het project al geïnterviewd. Hij was aanwezig om ons te introduceren, ter ondersteuning, om zelf informatie te verkrijgen voor zijn onderzoek en voor verdere netwerk doeleinde.

Validiteit en betrouwbaarheid

Tijdens het onderzoek is rekening gehouden met de validiteit en betrouwbaarheid. Validiteit gaat in op of gemeten wordt wat onderzocht moet worden. Hierin wordt nagegaan of de methode die wordt gebruikt, geschikt is voor het onderzoeksdoel. Betrouwbaarheid gaat in op hoe accuraat de resultaten zijn. Bij een betrouwbaar onderzoek worden gelijke resultaten geconstateerd bij dezelfde onderzoeksmethode (studiemeesters, 2020; 2Reflect, 2008).

Zoals hiervoor benoemd is, worden twee bedrijven geïnterviewd. De keuze is gevallen op deze bedrijven omdat zij beide vallen onder de maakindustrie, zij produceren producten die worden doorverkocht aan andere bedrijven of consumenten. Daarnaast hebben beide bedrijven in het verleden circulaire initiatieven genomen en zijn zij nog steeds mee bezig met het nemen van meer stappen richting een circulair bedrijfsmodel. De circulaire initiatieven bij beide bedrijven worden ondersteund door smart manufacturing technologie. Dit maakt de bedrijven zeer geschikte kandidaten voor dit onderzoek en representatief voor de steekproef. Bij beide bedrijven wordt één persoon geïnterviewd, deze persoon representeert het bedrijf en staat achter haar idealen. Beide personen hebben kennis over de initiatieven die in het verleden zijn genomen en die in die toekomst gaan plaatsvinden. Daarnaast vervullen deze personen een hogere functie binnen het bedrijf, dit betekent dat zij goed bekend zijn met de missie, visie en strategie van het bedrijf. Dit moet meer dan voldoende zijn omdat het onderzoek zich alleen wendt tot de onderwerpen op dit bedrijfsniveau.

Voor de interviews is een formulier opgesteld op basis van de deelvragen met relevante onderdelen van het onderzoek. De lijst is voorgaande aan het interview naar de personen die geïnterviewd werden gestuurd. Zij konden op de lijst aangeven welke circulaire initiatieven zij hebben genomen en aan welke onderdelen die van belang zijn voor het onderzoek deze initiatieven gerelateerd zijn. Op die wijze konden onderwerpen worden afgebakend en kon het interview soepeler verlopen. De vragenlijst is weergegeven in de bijlage. Hoewel de vragenlijst is opgesteld en opgestuurd naar de geïnterviewde, is de lijst vooraf niet ingevuld. Naast het opstellen van een formulier zijn voor het interview doelgerichte vragen opgesteld. Dit is gedaan om zoveel mogelijk de juiste informatie te verkrijgen voor het onderzoek die aansluit op de deelvragen. De vragen zijn opgesteld op basis van de deelvragen. In de bijlage zijn de interviewvragen weergegeven. De interviewvragen zijn hierbij gerelateerd aan de deelvragen en aan het formulier dat vooraf is opgesteld. De interviewvragen zijn voor het interview opgestuurd naar de bedrijven, dit is gedaan zodat zij op de hoogte zijn van de onderwerpen en duidelijke antwoorden kunnen formuleren.

De interviews zijn opgenomen zodat tijdens het proces geen data verloren gaat. Van de opnames zijn vervolgens transcripten gemaakt om de interviews makkelijker te kunnen analyseren voor het onderzoek. De transcripten zijn een letterlijke overname van de opnames. Voor het analyseren van de transcripten zijn de transcripten per interview opgedeeld in onderwerpen. Deze onderwerpen zijn drijfveren, circulaire bedrijfsmodellen, smart manufacturing en barrières. Tijdens het schrijven van de scriptie heeft het verdelen van onderwerpen gezorgd voor overzichtelijkheid tijdens het analyseren en kunnen makkelijker verbinden worden gemaakt.

Hoewel tijdens de selectie van bedrijven en methodiek van het onderzoek rekening is gehouden met de validiteit en betrouwbaarheid, gaan een aantal punten hier tegenin. Deelvraag drie en met vier zijn beantwoord aan de hand van onderzoek naar twee bedrijven. Dit is wilt zeggen dat het onderzoek niet geheel representatief is voor de gehele lokale maakindustrie, en de waarde van de conclusie hierdoor daalt.

In het onderzoek vallen de onderzochte bedrijven onder **specifieke sectoren**. Hoewel de bedrijven vallen onder de maakindustrie vallen zij daarnaast ook onder de melkveesector en de bouwsector. Beide sectoren beschikken over hun eigen kenmerken, bijvoorbeeld regelgeving waar men zich aan moet houden of een markt die erg conservatief is. Bedrijven die behoren tot andere sectoren kunnen dus beschikken over andere kenmerken. Daarnaast hebben beide bedrijven een bepaalde **verhouding**. HTC en Lely zijn respectievelijk middelgrote en grote bedrijven. Kleine bedrijven zullen hieraan minder goed relateren, hoewel zij ook een doelgroep zijn van dit onderzoek. Als laatste zijn de **verkopen** van beide bedrijven grotendeels gericht op andere bedrijven. Dit kan dan ook gecategoriseerd worden als een bedrijf dat doet aan business to business verkopen. Met als gevolg dat geen rekening in het onderzoek wordt gehouden met kwesties die spelen bij business to consumer verkopen.

1.5 Onderzoeksopzet

In het hoofdstuk 'De circulaire maakindustrie en circulaire bedrijfsmodellen' wordt de eerste deelvraag beantwoord. De eerste paragraaf is een introductie van het onderwerp circulaire economie. De paragraaf begint met de aanleiding voor een circulaire economie en vervolgens wordt het begrip circulaire economie behandeld. De volgende paragraaf gaat in op de circulaire economie voor maakbedrijven. In de paragraaf komt naar voren wat het begrip maakindustrie is en waarom een circulaire economie specifiek voor deze industrie van belang is. De paragraaf eindigt met een aantal strategieën voor een circulaire maakindustrie. In de laatste paragraaf van het hoofdstuk worden de strategieën van de vorige paragraaf vertaald naar een aantal modellen. Deze modellen komt uit een wetenschappelijk artikel van de TUDelft genaamd *Product design and business model strategies for a circular economy* van Bocken (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016a, p. 310). Deze bedrijfsmodellen worden later in het onderzoek gebruikt en gerelateerd aan smart manufacturing toepassingen en barrières.

In het hoofdstuk 'Wat is smart manufacturing?' wordt de tweede deelvraag beantwoord. Het hoofdstuk zet het begrip smart manufacturing uitgebreid uiteen. Het onderwerp is relatief nieuw, waardoor het van belang is om de basis te snappen. Hierdoor is de rest van het onderzoek ook beter te begrijpen. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk een verdeling behandeld voor smart manufacturing toepassingen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de verdeling die komt uit het wetenschappelijke artikel *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* van Rüßmann (Rüßmann et al., 2015).

In het hoofdstuk 'De drijfveren voor maakbedrijven voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel' wordt de derde deelvraag beantwoord. In dit hoofdstuk komt naar voren wat de bedrijven heeft gemotiveerd voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel. De eerste paragraaf gaat in op het PACE framework, in dit framework worden de drijfveren van bedrijven behandeld voor de transitie naar een circulaire economie (PACE, 2019). In de volgende paragraaf wordt weergegeven wat tijdens de interviews is gezegd, dit wordt vervolgens gekoppeld aan de drijfveren van het PACE framework. In het hoofdstuk komt ook naar voren welke initiatieven zijn ontstaan vanuit de drijfveren.

In het hoofdstuk 'Bijdrage van smart manufacturing circulaire bedrijfsmodellen en de barrières van de transitie circulaire bedrijfsmodellen' wordt de vierde deelvraag beantwoord. In de eerste paragraaf komen de smart manufacturing toepassingen van het derde hoofdstuk kort naar voren. Daarnaast worden de functies van de toepassingen voor het bedrijf uitgebreid behandeld. In de tweede paragraaf komt naar voren aan welke circulaire bedrijfsmodellen de smart manufacturing toepassingen bijdragen. De laatste paragraaf gaat in op de barrières bij de transitie naar de circulaire bedrijfsmodellen, hierbij komen de barrières per bedrijfsmodel naar voren.

2. De circulaire maakindustrie en circulaire bedrijfsmodellen

Dit hoofdstuk gaat in op een circulaire economie en bedrijfsmodellen. In de eerste paragraaf wordt achtergrondinformatie gegeven over waarom een circulaire economie van belang is en wat een circulaire economie precies inhoudt. In de tweede paragraaf wordt ingegaan op de maakindustrie, dit wordt gerelateerd aan de circulaire economie. In de laatste paragraaf worden de circulaire bedrijfsmodellen voor de maakindustrie behandeld. Dit komt later terug in het onderzoek. Aan het einde van het hoofdstuk wordt de eerste deelvraag beantwoord.

2.1 Introductie circulaire economie

2.1.1 Waarom wordt gestreefd naar een circulaire economie?

In de afgelopen eeuw is de consumptie van de mensheid heel sterk gestegen. De consumptie van hulpbronnen waaronder water, energie en grondstoffen groeit nog steeds in een rap tempo. De twee belangrijkste redenen voor de stijgende consumptie zijn de toename in de wereldbevolking en een stijging in de globale welvaart (TNO, 2013). Deze stijgingen zorgen respectievelijk voor een grotere groep mensen met behoefte aan middelen die geproduceerd worden van hulpstoffen en een grotere behoefte van consumptie per individu. Momenteel is vanuit verschillende wetenschappelijke bronnen geconcludeerd dat de huidige menselijke wijze van consumptie en productie in combinatie met een stijging daarvan nadelige gevolgen hebben op ons milieu, sociaal-maatschappelijk gelijkheid en economische stabiliteit op de lange termijn (Millar, McLaughlin, & Börger, 2019).

De grootste bijdragende factor voor de problemen die ontstaan door de wijze waarop geconsumeerd en geproduceerd wordt is de lineaire economie (Millar et al., 2019). De lineaire economie is een economisch systeem, het systeem wordt door de term 'lineair' ook wel het take-make-waste (vertaald in het Nederlands 'nemen-maken-verspillen') model genoemd. Dit verwijst naar de stappen waaruit het consumptiepatroon bestaat. In het economische systeem winnen bedrijven eerst grondstoffen. Vervolgens passen zij daar energie en arbeid op toe voor het produceren van een product. Dit product wordt dan verkocht aan de consument. De consument doet het product weg als het voor geen enkel doel meer kan dienen (The Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Een lineaire economie heeft grote negatieve gevolgen voor het milieu waaronder aantasting van ecosystemen, vervuiling van water, lucht en grond, uitputting van natuurlijke hulpbronnen en overmatig gebruik van land (Geissdoerfer et al., 2017b, p. 766). We bereiken zelfs een punt waarin de beschikbaarheid van hernieuwbare hulpbronnen (bijvoorbeeld water en hout) niet bijgehouden kan worden met de globale vraag. Deze lage beschikbaarheid heeft ook direct invloed op de stabiliteit van de economie (Accenture, 2014). Dit geldt voornamelijk voor bedrijven en landen die gebonden zijn aan het gebruik van hulpstoffen die beperkt zijn (The Ellen MacArthur Foundation, 2013; Accenture, 2014). Inmiddels kan gezegd worden dat de lage beschikbaarheid een punt bereikt van schaarste, dit kan opgevat worden als een beperking. Voor bedrijven is deze beperking merkbaar aan de risico's waaraan zij worden blootgesteld. Deze beperkingen zijn onder andere minder voorspelbare grondstofprijzen en hogere grondstofprijzen (The Ellen MacArthur Foundation, 2013). Verder kan de economie door een verstoring in het aanbod van hulpstoffen biljoenen dollars mislopen. Deze beperking belemmert wereldwijd de economische groei omdat bedrijven niet meer kunnen voldoen aan de vraag.

De toename van de vraag van grondstoffen en bronnen kan niet meekomen met het aanbod. Dit heeft als gevolg dat de productie van producten gestaakt moet worden. Voor producenten is het dan onmogelijk om producten te leveren met als gevolg dat zij inkomsten mislopen (Accenture, 2014).

Ook op sociaal-maatschappelijk gebied zijn genoeg uitdagingen. Met name als het gaat om werkloosheid. Dit probleem wordt groter als men wereldwijd blijft draaien op een lineaire economie. De economie is grotendeels afhankelijk van de beschikbaarheid van grondstoffen (Accenture, 2014). Bij een lineaire economie neemt deze beschikbaarheid continu af tot geen grondstoffen meer beschikbaar zijn. Dit resulteert in een toenemende werkloosheid, omdat het aantal banen gelijk blijft maar de wereldbevolking blijft groeien.

2.1.2 Wat houdt een circulaire waardeketen precies in?

Zoals in de vorige paragraaf is besproken heeft het lineaire model een aantal beperkingen. Met een Circulair model is het mogelijk om deze beperkingen te elimineren. Het is daarom van belang om een beter begrip te krijgen van het circulaire model en hetgeen waar dit model naar streeft.

Het circulaire bedrijfsmodel is afgeleid van de term circulaire economie. Dit wordt ook wel een kringloopeconomie genoemd en kent tot de dag van vandaag vele definities. Een duidelijke definitie wordt gegeven in een paper van Martin Geissdoerfer *Circulair Economy - A new sustainability paradigm?* Volgens dit rapport is de definitie van een circulaire economie *‘een economisch systeem gericht op het elimineren van verspilling en het continu gebruik van hulpbronnen.’* (Geissdoerfer et al., 2017b, p. 758). De term Circulair Model heeft een ander uitgangspunt. Volgens een rapport van Accenture is het circulaire model *‘een consumptie model waarbij de groei van de economie los staat van de schaarste van grondstoffen en bronnen.’* Anders gezegd, in een circulaire economie is groei niet afhankelijk van de beschikbare grondstoffen en bronnen. Dit zou wel het geval zijn bij een lineaire economie. Als aanvulling daarop wijst het rapport erop dat dit wordt mogelijk gemaakt door *‘technologische ontwikkelingen en veranderingen in businessmodellen. De focus van de businessmodellen liggen op duurzaamheid, hernieuwbaarheid, hergebruik, reparatie, verbetering, renovatie, capaciteitsverdeling en dematerialisatie’* (Accenture, 2014).

De kern van een circulaire economie kent volgens een rapport van The Ellen MacArthur Foundation *‘Towards the Circular Economy’* drie principes. De drie principes geven een visie van een circulaire waardeketen. Binnen de principes wordt een duidelijke scheiding gemaakt tussen de consumptie van middelen en het gebruik van middelen. Bij de consumptie van middelen verdwijnt hetgeen dat wordt geconsumeerd en bij gebruik zijn middelen tijdelijk niet beschikbaar. Dit resulteert vervolgens in een onderscheid van materialen. Biologische nutriënten zijn stoffen die natuurlijk afgebroken worden bij of na gebruik. Biologische nutriënten vallen onder de consumptie van middelen, een voorbeeld hiervan zijn voedselresten. Daarnaast heb je technische nutriënten, dit zijn niet organische en synthetische materialen die door de mens is bewerkt. Hieronder valt bijvoorbeeld plastic en metaal. Deze stoffen kunnen niet natuurlijk worden afgebroken. (McDonough & Braungart, 2002).

Het eerste principe is **het elimineren van verspilling**. Voor biologische nutriënten wordt gestreefd naar het minimaliseren van het gebruik. Bijvoorbeeld het tegen gaan van voedselverspilling. Technische nutriënten kunnen continu weer opnieuw gebruikt worden zonder verlies in kwaliteit. De materialen zijn geschikt voor het blijven circuleren binnen de waardeketen. Metalen kunnen bijvoorbeeld verkregen worden uit oude producten en vervolgens gebruikt worden in nieuwe producten. Het tweede principe is **het creëren van flexibiliteit door diversiteit**. Flexibele producten beschikken over modulariteit, veelzijdigheid en adaptiviteit. Flexibele producten zijn beter bestand tegen externe schokken in vergelijking tot inflexibele producten. Laptops zijn bijvoorbeeld gebouwd met USB poorten. Deze poorten geven de mogelijkheid om extra hardware toe te voegen, bijvoorbeeld een muis voor betere besturing of een harde schijf voor extra geheugen. Voor producten is flexibiliteit een eigenschap die nodig is in een onzekere en snel ontwikkelende wereld. Het laatste principe is **steun op hernieuwbare energiebronnen**. Door gebruik te maken van hernieuwbare energie vindt geen verspilling plaats van beperkte energiebronnen (The Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Voor een beter begrip van de term circulaire economie wordt verwezen naar het 7R model in de bijlage. In dit model komen de hiervoor benoemde principes voor een circulaire economie in terug. Daarnaast worden verschillende circulaire cycli weergegeven die later terugkomen in de circulaire bedrijfsmodellen.

2.2 Circulaire economie en de maakindustrie

Nederland is in het verleden veranderd van een industriële-economie naar een diensteeconomie. Hoewel dit heeft plaatsgevonden blijft de maakindustrie in het land van belang, vooral voor de economie. Volgens het boek *The Global Manufacturing Revolution* van Koren is de maakindustrie de ruggengraat van de moderne geïndustrialiseerde samenleving en wordt het beschouwd als de hoeksteen van de wereldeconomie (Koren, 2010, pp. 1–3). De maakindustrie in Nederland was in 2013 goed voor 10% van de totale economie en bloeit nog steeds. In de provincie Zuid-Holland waar dit onderzoek zich op richt, zijn ongeveer 10.000 bedrijven werkzaam binnen de maakindustrie. Echter vindt momenteel wel een verschuiving plaats van de industrie van het westen naar het zuiden. De industrieën vestigen zich hierbij voornamelijk in Noord-Brabant (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2018).

De maakindustrie zijn bedrijven die materialen tot halffabricaten of eindproducten verwerken. Volgens het Algemeen Nederland Woordenboek 'het geheel van de economische activiteiten waarbij grootschalig en machinaal materialen tot nieuwe producten worden verwerkt; deelgebied in de industrie met als activiteit de vervaardiging van nieuwe producten uit materialen; industrie die nieuwe producten uit materialen vervaardigt' (Instituut voor de Nederlandse taal, z.d.). Onder het begrip maakindustrie vallen onder andere de volgende sectoren; Machinebouw, metaalproducten, automotive & transportmiddelen, elektro & elektronica, kunststofverwerking en textiel (Het Vlaams Innovatienetwerk, 2012). De bedrijven die behandeld worden in deze scriptie vallen onder de sectoren machinebouw, metaalproducten en elektro.

Vanuit een circulair perspectief is de maakindustrie de belangrijkste industrie voor het ontplooiën van een circulaire economie, omdat hier de productie plaatsvindt. De bedrijven kunnen invloed hebben op; de wijze waarop een product tot stand komt, het ontwerp van het product en de wijze waarop het product op de markt gebracht wordt. Deze punten geven een bedrijf de controle om een volledig circulair product te ontwikkelen. Daarnaast is transitie naar een circulaire economie cruciaal voor de maakindustrie. Dit geldt vooral voor het sluiten van materiaal- en grondstofkringlopen, omdat deze industrie sterk afhankelijk is van materialen en grondstoffen (Versnellingshuis Nederland circulair, z.d.).

Het grotendeel van de verdienmodellen voor de maakindustrie zijn echter gebaseerd op een lineaire economie. Dit verdienmodel houdt in dat hoe meer producten geproduceerd worden en verkocht, hoe meer winst een bedrijf maakt. Bedrijven worden binnen het model beloond door het produceren van niet duurzame producten met een korte levensduur, die vervolgens vervangen moet worden door een nieuw product. Binnen dit verdienmodel worden materialen absoluut niet optimaal benut (Dittrich, 2019, pp. 1–3). Zoals benoemd in de vorige paragraaf wordt de economische stabiliteit negatief beïnvloed door een lineaire economie, vooral voor bedrijven en landen die gebonden zijn aan het gebruik van beperkte hulpstoffen. Kort gezegd de maakindustrie valt hier ook onder. Volgens het rapport *Materialen in de Nederlandse economie* geldt dit specifiek voor bedrijven binnen de transportmiddelenindustrie, metaalproductenindustrie, machinebouw, elektronische en elektrische apparatenindustrie (TNO, 2015). In een onderzoek van De Ellen MacArthur Foundation komt naar voren dat de Europese maakindustrie 460 tot €550 miljard kan besparen, als deze industrie zich afzet van een lineaire economie en hun materiaal- en grondstofkringlopen sluiten als in een circulaire economie (The Ellen MacArthur Foundation, 2013). Daarnaast is de maakindustrie in Nederland verantwoordelijk voor een groot deel van de vervuiling, dit heeft negatieve gevolgen voor het milieu. Jaarlijks produceert de maakindustrie ongeveer 13 miljoen ton afval en 35 miljard kg CO₂. Het circulair maken van de processen binnen de industrie zal deze cijfers immens reduceren (Dittrich, 2019, pp. 1–3; Versnellingshuis Nederland circulair, z.d.).

Om de maakindustrie circulair te maken zijn drie strategieën van belang. Deze strategieën zijn hoogwaardig recyclen, het optimaliseren van gebruik en het ontwikkelen van nieuwe bedrijfsmodellen. Bij hoogwaardig recyclen wordt de uitstroom bij het recyclen van materialen zoveel mogelijk beperkt. Elk materiaal of afval wordt bij deze strategie zo goed mogelijk ingezet. Het optimaliseren van het gebruik richt zich op het zo lang mogelijk inzetten van producten. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door hergebruik, onderhoud, reparatie en renovatie. Het ontwikkelen van nieuwe bedrijfsmodellen richt zich op het verplaatsen van de propositie van het product naar de functie van het product. Klanten betalen dan voor de functie die een product uitvoert in plaats van het fysieke product zelf (Versnellingshuis Nederland circulair, z.d.).

2.3 Circulaire bedrijfsmodellen voor de maakindustrie

De samenstelling van een bedrijf is essentieel voor het tot stand brengen van een circulaire waardeketen. Voor bedrijven kan dit het best worden benaderd vanuit een bedrijfsmodel. Een bedrijfsmodel is een representatie van een bedrijfsstructuur (Nußholz, 2017, p. 1810). Eén van de onderzoeksvragen gaat in op de bijdrage van smart manufacturing toepassingen aan circulaire bedrijfsmodellen. Hiervoor zal eerst onderscheid gemaakt moeten worden tussen de verschillende circulaire bedrijfsmodellen om de bijdrage van smart manufacturing zo accuraat mogelijk te relateren. Het onderscheid voor circulaire bedrijfsmodellen waar gebruik van gemaakt van gaat worden in dit onderzoek wordt beschreven in een wetenschappelijk artikel van de TUDelft genaamd *Product design and business model strategies for a circular economy* van Bocken (Bocken, de Pauw, Bakker, & van der Grinten, 2016a, p. 310). In het artikel worden zes verschillende innovatieve strategieën voor circulaire bedrijfsmodellen vastgesteld. Deze strategieën zijn in lijn met de drie strategieën voor een circulaire maakindustrie die in de vorige paragraaf zijn besproken. De strategieën zijn gebaseerd op twee principes; het vertragen van de waardeketen van hulpstoffen en het sluiten van de waardeketen. Bij het vertragen van de waardeketen wordt hergebruik en levensduur verlenging van producten aangemoedigd. Bij het sluiten van de waardeketen wordt waarde gehaald uit wat in een lineaire keten bekend staat als bijproducten of “afval” (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310). Elk model is binnen een industrie toepasbaar, desondanks zijn alle modellen die zijn gegeven in het artikel alleen toepasbaar bij industrieën die producten produceren. Hieronder valt dus ook de maakindustrie. In deze paragraaf zijn de bedrijfsmodellen theoretisch uiteengezet. Voor meer informatie over de verschillende soorten bedrijfsmodellen wordt verwezen naar de bijlage. In de bijlage zijn praktijk toepassingen opgenomen van de verschillende circulaire bedrijfsmodellen.

2.3.1 Circulaire bedrijfsmodellen voor het vertragen van de waardeketen

Beschikbaarheid en prestatie model – Bij deze strategie wordt een service beschikbaar gesteld aan gebruikers om hen te voorzien in hun behoefte. Hierbij koopt de gebruiker geen goederen maar betaalt de gebruiker voor het gebruik maken van het goed, maar het product blijft in bezit van de producent of service verlener. Dit wordt ook wel product as a service (product als een service) genoemd. Omdat het product in het bezit blijft van de producent of service verlener is die partij ook verantwoordelijk voor de service en het onderhoud. Dit model maakt het mogelijk om een middel optimaal in te zetten. Verder verschuift het model de belangen van de consument van productieduurzaamheid en upgradebaarheid naar performance. De performance is dan ook hetgeen waar de gebruiker voor betaalt, bijvoorbeeld in de vorm van tijd of afgelegde afstand (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310; Accenture, 2014). Bovendien kan het model verbeterd worden door het maken van deelplatforms bijvoorbeeld AirBnB. De platforms verbinden de producteigenaar en productgebruiker, dit kunnen personen zijn of organisaties. Door de verbinding neemt de toegankelijkheid van producten toe en kan goed worden ingespeeld op over- en onderbezetting. Het model maximaliseert de benutting van producten. Dit kan voordelig zijn voor bedrijven met middelen of producten met een lage bezettingsgraad of graad van eigendom (Accenture, 2014).

Uitbreiden productwaarde – Dit betreft het creëren van meerwaarde van al in gebruik genomen producten. Deze producten hebben een restwaarde die meer kan opleveren dan men zou denken, vooral als dit wordt vergeleken met de waardering in een lineaire economie. Door bijvoorbeeld hergebruik, reparatie of renoveren kunnen producten weer voor een ‘voordelige prijs’ functioneren als nieuw. Producten, materialen en energie van het verleden komen weer terecht in de waardeketen. De strategie valt onder waarde creatie en levering, waarbij terugname systemen en samenwerking essentieel is voor het uitvoeren. Bedrijven halen een groot voordeel uit kosten die worden bespaard omdat een groot deel van de productie al eerder heeft plaatsgevonden en niet weer aan bod komt. Echter zullen wel kosten gemaakt moeten worden voor logistiek en arbeid (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310). Het model is goed toepasbaar bij bedrijven die grote hoeveelheden bijproducten produceren. Daarnaast kan het erg voordelig zijn voor bedrijven die producten produceren met makkelijk terug te nemen componenten of afval (Accenture, 2014).

Klassieke lange-levensduur model – Het uitgangspunt van het klassieke lange-levensduur model is producten creëren die op lange termijn kunnen meegaan. De focus ligt dan op de technische levensduur van een product, dus het verlengen van de tijd waarin een product functioneert. Dit wordt ondersteund door producten die ontworpen zijn om makkelijk gerepareerd te worden. De focus ligt daarnaast ook op de economische levensduur van een product. Deze levensduur richt zich op het voorzien van de volledige behoefte van de klant, met betrekking tot het product. Deze behoefte kan eventueel na de aankoop worden voldaan, een goed voorbeeld hiervan is een software update. De waarde propositie van het model is het leveren van duurzame producten met een hoogwaardige kwaliteit. De prijs voor de producten die vallen in dit segment worden meestal beoordeeld als ‘premium’. Echter dekt dit vaak wel de service op lange termijn en productieggarantie.

Stimuleren efficiëntie – Dit is het bevorderen van voldoening, in dit geval de voldoening van een product of service. Het model richt zich op het bieden van oplossingen om de consumptie van product gebruikers te verminderen. Eén van de wijze waarop dit gedaan wordt is het ontmoedigen van koopgedrag. Hierbij worden producten aangeboden van hoogwaardige kwaliteit die lang mee kunnen gaan. Daarnaast wordt dit ondersteunt door een aanbod van een hoog serviceniveau, bijvoorbeeld door periodiek onderhoud of reparaties. Tevens is de benadering van verkoop minder ‘high-end’ en bevatten producten geen ‘ingebouwde veroudering’ (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310; Oghazi & Mostaghel, 2018, p. 739). Het model lijkt dan ook heel erg op het klassieke lange-levensduur model, alleen heeft dit model een ander uitgangspunt.

2.3.2 Sluiten van de waardeketen

Verlengen waarde hulpstoffen en materialen – richt zich op het verzamelen van ‘verspilde’ hulpstoffen en materialen, om ze vervolgens om te zetten in een nieuwe vorm van waarde. Het model probeert de restwaarde van secundaire hulpbronnen zo volledig mogelijk te benutten. Secundaire hulpstoffen zijn grondstoffen en materialen die verkregen zijn uit andere producten of halffabricaten. De hulpstoffen of het materiaal vloeit dan weer terug in de waardeketen. De waarde propositie komt vanuit de lage materiaalkosten en het label ‘duurzaam’ dat ontstaat door het gebruik van secundaire hulpbronnen. Net als bij het uitbreiden van productwaarde zijn terugname systemen en samenwerking essentieel voor de waarde creatie en levering (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310).

Industriële synergie – het model richt zich op samenwerkingsverbanden tussen producenten, dit gebeurt op proces- en productieniveau. Afval van het ene proces worden gebruikt als input voor andere processen. Bedrijven functioneren dan als een natuurlijk ecosysteem waarbij alles een functie heeft en waarbij niks verloren gaat. Daarbij wordt geprofiteerd van bedrijven die geografisch dichtbij in het gebied liggen. Verder kunnen bedrijven op andere gebieden samenwerken, door bijvoorbeeld het uitwisselen van beschikbare faciliteiten of het delen van duurzame productiemiddelen. Dit zal resulteren in een verlaging van de kosten (Nancy M. P. Bocken et al., 2016, p. 310; International synergies, z.d.).

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen wat een circulair bedrijfsmodel in het kader van de maakindustrie is. Een circulaire economie richt zich op het elimineren van verspilling, het creëren van flexibiliteit door diversiteit en het gebruik van hernieuwbare bronnen. Voor een maakindustrie zijn de strategieën om dit te bereiken: hoogwaardig recycelen, het optimaliseren van gebruik en het ontwikkelen van nieuwe bedrijfsmodellen. Deze principes en strategieën zijn verwerkt in de bedrijfsmodellen die zijn behandeld in het artikel *Product design and business model strategies for a circular economy* van Bocken. Bij deze bedrijfsmodellen wordt onderscheid gemaakt tussen het vertragen van de waardeketen en het sluiten van de waardeketen. Dit resulteert in de volgende circulaire bedrijfsmodellen voor de maakindustrie: Beschikbaarheid & prestatie model, Uitbreiden productwaarde, Klassieke lange-levensduur model, Stimuleren efficiëntie, Verlengen waarde hulpstoffen & materialen en Industriële synergie.

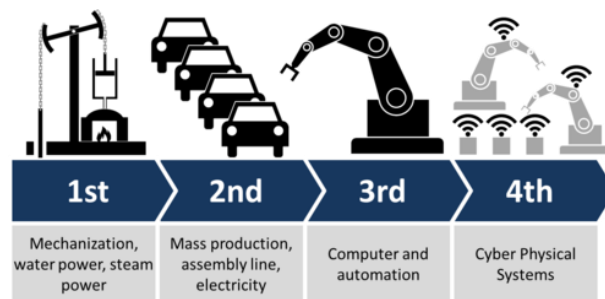
3. Wat is smart manufacturing?

Dit hoofdstuk richt zich op smart manufacturing. In de eerste paragraaf wordt toegelicht wat de betekenis van smart manufacturing precies is en waardoor het is ontstaan. In de tweede paragraaf wordt een verdeling gegeven van smart manufacturing toepassingen. Deze verdeling zal later in het onderzoek terugkomen. Aan het einde van het hoofdstuk wordt de tweede deelvraag beantwoord.

3.1 De opkomst van smart manufacturing

Door de opkomst van nieuwe technologie verandert de infrastructuur voor bedrijven constant. De adoptie van de nieuwe technologieën is niet alleen gerelateerd aan de ontwikkelingen hiervan. Het ontstaat ook door de dynamische eisen van belanghebbende en veranderingen in bedrijfsmodellen (Qu, Ming, Liu, Zhang, & Hou, 2019, p. 3767). De ontwikkelingen verstoren keer op keer de waardeketen in de huidige markt en uiteindelijk ontstaat een nieuwe markt met zijn eigen waardeketen, dit geldt ook voor maakbedrijven.

De term smart manufacturing kent vele definities en is afgeleid van smart industries. Het betreft de samenkomst van een fysieke laag en een digitale laag. Hierin komen apparaten, machines en mensen samen. Dit systeem creëert één netwerk van technologieën die digitaal en fysiek nauw met elkaar samenwerken. Hierdoor is het mogelijk om processen te optimaliseren, actuele uitdagingen te constateren en die geautomatiseerd te verhelpen. Dit wordt ondersteunt door dynamische communicatie en geavanceerde informatie systematiek. Het systeem ontvangt actuele data en verspreidt dit vervolgens om spoedig en accurate besluitvorming te ondersteunen. Dit systeem wordt ook wel CPS genoemd (Cyber-physical-system) (National Institute of Standards and Technology, 2016; Zheng et al., 2018, p. 139)



Figuur 3 Samenvatting van kenmerken van de industriële revoluties (Bron: Researchgate, 2019)

De opkomst van smart industries en de technologieën daarvan dienen volgens Zheng als basis voor een nieuwe industriële revolutie, dit zal de vierde industriële revolutie zijn (Zheng et al., 2018, p. 139). In de eerste industriële revolutie ging het om kolen, water en stoom. Machines en vervoersmiddelen zoals treinen werden gebouwd op basis van deze innovaties. Tijdens de tweede industriële revolutie werd elektriciteit uitgevonden, dit heeft massaproductie mogelijk gemaakt. In de derde revolutie draaide het om computers en automatisering. Een nieuwe digitale omgeving maakte het verwerken en delen van informatie mogelijk. Internet heeft daarbij gezorgd voor massacommunicatie, waardoor de wereld dichterbij elkaar is gekomen (Khan & Isreb, 2019).

De vierde industriële revolutie is een ontplooiing van de derde industriële revolutie en wordt gedreven door technologische toepassingen. Deze toepassingen worden gekenmerkt door technologie waarin fysieke, digitale en biologische werelden samen komen. De impact zal evenredig zijn met die van de eerste, tweede en derde industriële revolutie. Globaal vinden veranderingen plaats in de manier waarop we leven, werken en met elkaar omgaan (World Economic Forum, z.d.). De industriële revoluties zijn weergegeven in figuur 3 op de pagina hierboven

3.2 Verdeling van Smart Manufacturing technologieën

Voor het beantwoorden van de deelvraag die in gaat op het ondersteunen van smart manufacturing toepassingen op circulaire bedrijfsmodellen, zal onderscheid gemaakt moeten worden tussen deze toepassingen. Dit wordt gedaan aan de hand van de negen technologieën die als fundament dienen voor de vierde industriële revolutie. Deze technologieën worden uiteengezet in het rapport *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* dat is gepubliceerd door de The Boston Consulting Group (Rüßmann et al., 2015). In het onderzoek is voor deze verdeling gekozen omdat de meerderheid van deze technologieën al in de praktijk wordt toegepast, voornamelijk binnen de maakindustrie. Daarnaast richt de verdeling zich op zowel de fysieke laag als de digitale laag van de toepassingen. Dit zal echter niet van belang zijn voor het onderzoek.

De verdeling van de smart manufacturing technologieën volgens het rapport *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries* is als volgt:

Big data en analyse wordt gebruikt voor de analyse van grote datasets die komen vanuit verschillende bronnen. De informatie van de analyse kan bruikbaar zijn voor het maken van beslissingen procesoptimalisatie, bijvoorbeeld voor het besparen van energie. Mogelijke bronnen voor het verzamelen van de data zijn productiesystemen en klantensystemen (Rüßmann et al., 2015).

Autonome robots zijn zelf functionerende machines die erg flexibel zijn en goed kunnen samenwerken met andere machines. In de toekomst zullen de robots nauw samenwerken met mensen en van hen leren. Door de jaren heen neemt de toepasbaarheid van de robots toe. Daarnaast zullen de robots goedkoper opereren dan de robots die momenteel gebruikt worden.

Simulatie is het virtueel nabootsen van de fysieke wereld op basis van feitelijke data. De technologie wordt momenteel al veel toegepast, bijvoorbeeld bij het creëren van producten of het gebruik van materiaal. In de toekomst worden de toepassingen betreft simulatie meer uitgebreid. Het zal binnen de productie gebruikt worden voor het testen en onderzoeken van de beste productie situatie, op basis van de beschikbare middelen.

Met **Horizontale en verticale systeemintegratie** worden participanten van een waardeketen met elkaar verbonden. Horizontaal verwijst naar de verschillende afdelingen binnen een bedrijf en verticaal naar de verschillende bedrijfsprocessen. Door de verbintenis is een geautomatiseerde waardeketen mogelijk.

Internet of things maakt het verbinden van diverse objecten zoals apparaten en machines mogelijk. De verbinding creëert naast een netwerk ook denkvermogen voor de objecten. Dit denkvermogen ontstaat uit de verzameling, analyse, beheer en uitwisseling van data. Bij het ontstaan van dit denkvermogen is een minimale tussenkomst van mensen (Boyes et al., 2018, p. 9).

Cybersecurity beschermt de digitale omgeving van bedrijven. Bescherming van deze omgeving wordt steeds belangrijker met meer connectiviteit en standaard communicatiemethodes. Het voorkomt digitale gevaren zoals ongeautoriseerde toegang of verlies van data.

Cloud computing biedt bedrijven een mogelijkheid om gebruik te maken van digitale services zoals computerkracht en opslag. De digitale infrastructuur wordt uitbesteed en is online via een Cloud beschikbaar. De technologie biedt een eenvoudige en relatief goedkope methode van datamanagement.

Additieve productie wordt gebruikt voor het produceren van op maat gemaakte producten zoals speciale onderdelen en prototypen. Een van de meest bekende vorm van additieve productie is 3D printen. Over het algemeen gebeurt de productie in kleine hoeveelheden en kan het constructievoordelen bieden zoals complexe en lichtgewicht ontwerpen.

Augmented Reality kan voorzien in het ondersteunen van verschillende praktische werkzaamheden zoals de selectie van onderdelen of instructie voor reparatie. De technologie creëert een interactieve omgeving in de fysieke wereld doormiddel van computer gegenereerde perceptie, dit beïnvloed zintuigen zoals zicht of gehoor. Benodigde hardware hiervoor zijn bijvoorbeeld slimme brillen of speciale koptelefoons (Carmigniani et al., 2010, p. 352). De technologie zit momenteel nog in de beginfase maar kan in de toekomst werknemers informatie verstrekken voor besluitvorming of werkproces verbetering (Kamarul Bahrin et al., 2016, pp. 1–3).

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen wat verstaan wordt onder smart manufacturing. Smart manufacturing technologieën zijn toepassingen die fysieke en digitale lagen binnen een bedrijf samenbrengen voor het creëren van een netwerk dat goed met elkaar samenwerkt. Door het creëren van dit netwerk worden bedrijfsprocessen effectiever en efficiënter. Het systeem wordt hierbij ondersteund door dynamische communicatie en geavanceerde informatie systematiek. De toepassingen zijn onder te verdelen in: Internet of things, Big data en analyse, Cloud computing, Horizontale en verticale systeemintegratie, Autonome robots, Cybersecurity, Simulatie, Augmented Reality en Additieve productie.

4. De drijfveren voor maakbedrijven voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel

In dit hoofdstuk komen de drijfveren voor een circulair bedrijfsmodel naar voren. In de eerste paragraaf het PACE framework behandeld, in dit framework worden de drijfveren voor en circulaire economie behandeld. In de tweede paragraaf worden de drijfveren vanuit het interview gegeven, die vervolgens worden gerelateerd aan de drijfveren van het PACE framework om de drijfveren concreet te maken. In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen HTC parking & security en Lely. Aan het einde van het hoofdstuk wordt de derde deelvraag beantwoord.

4.1 Model voor de drijvers van een circulaire economie (PACE framework)

Om de drijfveren binnen het onderzoek vast te stellen wordt gebruik gemaakt van het PACE framework. Het PACE framework is een raamwerk dat is opgesteld door de organisatie Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE). Volgens de website van PACE zijn zij een platform voor internationale leiders en hun organisaties om een transitie naar een circulaire economie te versnellen. Het platform ondersteunt organisaties op het gebied van de circulaire economie, door hun informatie aan te bieden en te verbinden met andere bedrijven. Bekende bedrijven en organisaties die zijn aangesloten bij PACE zijn onder andere Philips, The Ellen MacArthur Foundation, Apple en de Verenigde Naties (PACE, z.d.).

In PACE framework worden zeven 'drijfveren' kort behandeld die een aanleiding kunnen zijn voor de transitie naar een circulaire economie. Dit raamwerk zal in de volgende paragraaf terugkomen om de drijfveren van de bedrijven te relateren aan de drijfveren van het PACE framework. Tijdens het ontwerpen van het CESI project is gekozen voor het PACE framework omdat dit raamwerk bijna alle mogelijke drijfveren van bedrijven behandelt. Daarnaast is het PACE framework het enige model waarin de drijfveren voor de transitie naar een circulaire economie concreet worden vastgesteld. De toelichting die het model geeft is vrij beperkt, echter moet dit wel voldoende zijn voor het onderzoek.

Zoals hierboven al is benoemd bestaat het PACE framework uit zeven drijfveren die een aanleiding zijn voor de transitie naar een circulaire economie. Het PACE framework is hieronder weergegeven in figuur 2 samen met de beschrijvingen per drijfveer volgens de organisatie.



Figuur 2 PACE Framework Circulaire drijfveren (Bron: PACE, 2019)

1. Betreden van nieuwe markten – Bij een circulaire waardeketen ligt de nadruk op het behoud van de product functionaliteiten. Door het herproduceren, renoveren of recyclen van producten wordt de levensduur verlengd. Dit biedt de klanten andere producten en een alternatief aanbod. Het alternatieve aanbod verbreedt mogelijk het klantsegment dat toegang kan krijgen tot het product of de dienst. Circulaire bedrijfsmodellen kunnen ook markten verbreden door verschillende innovatieve ideeën om te voldoen aan de vraag van de klant. Dit kan bijvoorbeeld veranderen hoe producten zijn ontworpen. Bijvoorbeeld met “product als dienst” systemen kan het gebruik van producten groeien en het stimuleert veranderingen in het ontwerp van het product omdat de producent bezitter is in plaats van verkoper.

2. Verminderen kosten – Een circulaire waardeketen richt zich op het sluiten van de waarde kringlopen. Dit wordt ondersteund door programma’s voor het recyclen en hergebruiken van materialen en onderdelen. Het voeren van deze programma’s kan direct bijdragen aan operationele performance met als gevolg en daling in de kosten.

3. Verminderen risico en toekomstbestendigheid – Door het verminderen van het gebruik van nieuwe materialen en hulpmiddelen, daalt de afhankelijkheid van leveranciers. Daarnaast neemt hierdoor het risico op stijgende en volatiele prijzen van materiaal en hulpstof prijzen af. Bestaande producten en onderdelen kunnen worden gebruikt als alternatief voor nieuwe materialen en hulpbronnen. Dit beperkt risico’s en de additionele kosten als gevolg van verstoringen in de leveringsketen. Door bereid te zijn op de toekomstige vraag van klanten naar circulaire producten en diensten, wordt de kans op financiële zekerheid vergroot.

4. Stimuleren innovatie capaciteit – De focus op het creëren en behouden van waarde door middel van een circulaire economie, (bijvoorbeeld door toenemend hergebruik, reparatie of rennovatie) stimuleert bedrijven en haar partners met het komen van innovatieve ideeën. Deze ideeën reflecteren zich door veranderingen in het bedrijfsmodel en het product design.

5. Rekruteren en behouden talent – Het opzetten van circulaire initiatieven en dit vervolgens te profileren, helpt bij het aantrekken en behouden van talentvolle werknemers. Dit inspireert hen om te werken voor een bedrijf die doelgericht te werk gaat. In een onderzoek van Cone Communications wordt aangetoond dat met name jonger talent doelgerichte bedrijven met duurzaamheidsinitiatieven aantrekkelijker vinden en daardoor minder snel zal vertrekken (Cone Communications, 2016).

6. Leveren toenemende klantwaarde – Door de verschuiving naar een circulair bedrijfsmodel zijn bedrijven meer in contact met hun producten en hun klanten. Door deze relatie kunnen bedrijven makkelijker inspelen op de problemen van een product. Eventueel wordt het product aangepast voor een verlening in de levensduur of uitbreiding van functionaliteiten. Daarnaast kunnen bedrijven door de klantenrelatie beter omgaan met klantproblemen en hun zo goed mogelijk voorzien in de behoefte. Dit geeft klanten meer vertrouwen in het bedrijf als geheel, waardoor de klant geneigd is langer klant te blijven.

7. Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen – Vanuit de maatschappij wordt van bedrijven verwacht dat zij meer rekening houden met het milieu en zich voor de maatschappij inzetten. Door de verschuiving naar een circulair bedrijfsmodel neemt de behoefte naar nieuwe materialen af en neemt het gebruik van hernieuwbare bronnen toe. Hierdoor neemt de ecologische voetafdruk van bedrijven af.

4.2 De drijfveren van HTC parking & security

Deze paragraaf zal beginnen met de drijfveer ‘Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen’ van het PACE framework. Dit zal gedaan worden omdat dit de primaire drijfveer is van HTC parking & security. Het is de primaire drijfveer omdat vanuit deze drijfveer andere drijfveren zijn ontstaan. Verder zullen de drijfveren betreden van nieuwe markten, leveren toenemende klantwaarde, verminderen risico & toekomstbestendigheid en verminderen kosten worden behandeld. De overige drijfveren van het PACE framework komen niet voor bij HTC parking & security.

Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen

De belangrijkste drijfveer voor HTC voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel was het milieu, zo gaf Stefan Morssink van HTC aan tijdens het interview. In de afgelopen jaren zag het bedrijf de wereld veranderen. Daarbij viel op dat het perspectief van de generatie die nu wordt geboren, anders is dan het perspectief van de generatie mensen die werkzaam is bij HTC. Dit perspectief heeft betrekking op het milieu. HTC is gaan proberen om dit perspectief beter te gaan begrijpen door zich zoveel mogelijk te verdiepen in dit onderwerp. Tijdens het verdiepen in dit onderwerp zijn bronnen gebruikt zoals het rapport Towards the Circular Economy van Ellen MacArthur Foundation en bedrijfscasussen van de organisatie Circo. Hierdoor is HTC gaan inzien dat het aantal beschikbare hulpbronnen en grondstoffen is afgenomen, de aarde wordt uitgeput en vervuiling een essentieel probleem is. Het bedrijf realiseerde zich dat de manier waarop de aarde wordt gebruikt moet veranderen. De noodzaak om dit te veranderen is voor HTC een intrinsieke drijfveer geweest maar komt ook voort vanuit maatschappelijke verwachtingen. Volgens Stefan zit de maatschappij nog niet op een punt waarbij de verwachting van het publiek niet zo sterk is dat het wordt geëist. Maar volgens het bedrijf zien zij het wel die kant op gaan. Als de tijd aanbreekt dat meer bedrijven gaan inzien hoe belangrijk duurzaamheid is, wil HTC parking & security daar een voorloper in zijn. Dit motiveert het bedrijf om te gaan nadenken over welke veranderingen zij kunnen doorvoeren. Het uitgangspunt ligt op het verkleinen van de impact van het product door het ontwikkelen van een ‘sustainable’ speedgate.

De transitie naar een circulair bedrijfsmodel waarbij het milieu centraal staat is een interne en externe drijfveer. De externe drijfveer komt zoals al eerder benoemd vanuit de verwachtingen van de maatschappij. Dit komt overeen met de drijfveer 'maatschappelijke verwachtingen' die is vastgesteld door het PACE framework. Het bedrijf is vanuit maatschappelijke verwachtingen verantwoordelijkheid gaan nemen voor de impact die zij hebben op het milieu. Waarbij zij zo veel mogelijk hun best doen om uitstoot te verminderen. Dit is ook precies hetgeen wat HTC heeft gedaan, door het ontwikkelen van een 'sustainable' speedgate.

De transitie naar een circulair bedrijfsmodel is zoals hiervoor benoemd ook een interne drijfveer. De drijfveer is ontstaan omdat het bedrijf zich is gaan verdiepen in de impact van het milieu, door veranderingen in de wereld. Dit gold specifiek voor veranderingen in perspectieven tussen verschillende generaties. Dit heeft wel raakvlakken met de drijfveer 'Overeenkomen met maatschappelijk verwachtingen'. Dit komt onder andere omdat zij door maatschappelijke veranderingen zijn gaan inzien wat het probleem is en wat zij daaraan kunnen doen. Zonder deze maatschappelijke verandering was het voor HTC parking & security minder waarschijnlijk dat zij dit probleem zouden inzien.

Indirect zijn door het ontwikkelen van een 'sustainable' speedgate meerdere kansen ontstaan. Deze kansen hebben voor het bedrijf positieve veranderingen gebracht die verschillende raakvlakken hebben met enkele onderdelen uit het PACE framework. De volgende drijfveren kunnen hierdoor gerelateerd worden aan het PACE framework.

Betreden van nieuwe markten en leveren toenemende klantwaarde

Door het ontwikkelen van een 'sustainable' speedgate verwacht het bedrijf een nieuw soort markt binnen te dringen. Dit heeft te maken met twee redenen. Ten eerste omdat het bedrijf een 'groen' product is gaan produceren. Dit zal een nieuw soort klant aantrekken. Daarnaast maken de 'sustainable' speedgates gebruik van geïntegreerde smart technologie. Deze toepassing biedt meer mogelijkheden aan voor gebruikers zoals precieze gegevens van het speedgate gebruik. Door de toepassing kan de fysieke conditie van de speedgate ook beter worden bijgehouden, met als gevolg dat de speedgates kwalitatief beter worden. Met dit verbeterde product verwacht het bedrijf dat het bereik in de markt zal toenemen. Dit kan gerelateerd worden aan de drijfveer 'betreden van nieuwe markten'. De ontwikkeling van kwalitatief betere speedgates komt tevens overeen met het onderdeel 'opleveren toenemende klantwaarde' van het PACE framework. Klanten krijgen door de ontwikkeling een beter product dat meer aansluit op hun verwachtingen en dit wellicht voorbij gaat.

Verminderen risico en toekomstbestendigheid

Een ander onderdeel van het PACE framework dat overeenkomt met de indirecte drijfveren is het 'verminderen risico en toekomstbestendigheid'. Eén van de circulaire initiatieven is PaaS (Product as a service) model. Bij PaaS wordt geen product gekocht maar een service. Om dit af te sluiten worden contracten opgesteld die geldig zijn voor een langere periode. Hierdoor is het bedrijf verzekerd van inkomsten in de toekomst. Met als gevolg dat het bedrijf financiële klappen beter kan opvangen. Het concept van PaaS komt uitgebreid terug in het vijfde hoofdstuk.

Verminderen kosten

Als laatste heeft de integratie van smart manufacturing technologie gezorgd voor een daling in de kosten. Dit geldt voornamelijk tijdens het onderhouden van de speedgates. Dit proces kan met behulp van de technologie beter worden voorbereid en efficiënter worden ingericht. Dit zal uitgebreid worden besproken in hoofdstuk 5.

4.3 De drijfveren van Lely

Deze paragraaf zal beginnen met de drijfveer 'Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' van het PACE framework. Dit zal gedaan worden omdat dit de primaire drijfveer is van Lely. Het is de primaire drijfveer omdat vanuit deze drijfveer andere drijfveren zijn ontstaan. Verder zullen de drijfveren Leveren toenemende klantwaarde, verminderen kosten en verminderen risico & toekomstbestendigheid worden behandeld. De overige drijfveren van het PACE framework komen niet voor bij Lely.

Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen

De drijfveer voor Lely is het creëren van een duurzame toekomst voor de agrarische sector op de lange termijn (PACE, 2019). Tijdens het interview is benoemd dat duurzaamheid een interne drijfveer is die komt vanuit de cultuur die heerst binnen de organisatie. Naast zelf deze eigenschap te omarmen, doet het bedrijf haar best om deze eigenschap door te geven aan hun klanten door dit te verwerken in het product dat zij produceren en leveren. Tijdens het interview is ook naar voren gekomen dat het bedrijf zich altijd heeft beziggehouden met wat voor impact zij hebben op de boerderij. Lely heeft hierop een invloed door het reduceren van de negatieve impact en het vergroten van de positieve impact. Hoewel zij de middelen leveren zodat andere bedrijven operationele activiteiten kunnen uitvoeren, hebben zij in het verleden nauwelijks nagedacht over wat voor impact hun machines kunnen hebben. Later is het bedrijf gaan inzien dat ze kunnen bijdragen aan het verduurzamen van de wereld door hun machines aan te passen. Een voorbeeld van een aanpassing is de integratie van hun internet of things systeem in de machines en robots die zij verkopen. Het systeem is goed voor diverse efficiency oplossingen. Het systeem zal in het volgende hoofdstuk verder worden besproken. Momenteel zijn aanpassingen in het product de grootste verandering binnen het bedrijf voor de transitie naar een circulaire economie.

De drijfveer voor om de impact op het milieu te verminderen komt niet alleen vanuit het bedrijf zelf, de klanten van Lely moeten voldoen aan bepaalde regelgeving die is opgelegd door de overheid. Deze regelgeving heeft onder andere betrekking tot de uitstoot van gassen. Hierdoor krijgt Lely ook indirect te maken met deze regelgeving. Zij worden verplicht om met oplossingen te komen voor klanten om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. Lely heeft twee grote doelen gesteld voor in de toekomst. Het bedrijf wil in 2025 een meststelsel ontwikkeld hebben dat de kringloop van mineralen op melkveebedrijven grotendeels sluit. Daarnaast wil Lely in 2025 de CO₂ uitstoot met 7% per koe verminderen.

Zoals hierboven genoemd komen de drijfveer voor duurzaamheid van Lely vanuit hun interne omgeving en externe omgeving. De drijfveer komt overeen met de drijfveer het 'overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' van het PACE framework. Vanuit de drijfveer van het framework wordt verwacht van bedrijven dat zij rekening houden met de impact die zij hebben op het milieu. Hiervoor

voeren de bedrijven dan ook veranderingen door in hun bedrijfsmodel. Dit is precies hetgeen dat Lely heeft gedaan, door bijvoorbeeld oplossingen te vinden voor het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen. Het bedrijf probeert zich op dit gebied nog steeds te ontwikkelen.

Naast de drijfveer voor het creëren van een duurzame toekomst, word het bedrijf gedreven door de gezondheid van de koeien. Lely gelooft dat robotisering op de boerderij beter is voor die koe en de winstgevendheid voor de boer zelf. Het bedrijf richt de boerderijen zo in dat de vijf vrijheden van een dier beter worden verwezenlijkt. De koeien bepalen bijvoorbeeld zelf wanneer zij gemolken willen worden en de melkstallen zijn de gehele dag toegankelijk voor de koeien. Volgens de ontwikkelaars van dit concept verlaagd deze methode de stres van koeien en verhoogt de dagelijkse melk afname met één liter per koe (Suntinger, 2019).

Het wordt voortdurend beter zichtbaar dat het belang voor dieren vanuit de maatschappij belangrijker wordt. Volgens het artikel 'Dierenwelzijn is eigenbelang' van Bart Gremmen hoogleraar Ethiek in Levenswetenschapper, is dierenwelzijn in Nederland steeds belangrijker geworden (Gremmen, 2020). Uit het onderzoek is gebleken dat 'vrijwel iedereen op dit moment vindt dat mensen de morele plicht hebben om het goede te doen voor dieren'. Alhoewel dit niet overeen komt met de uitleg die wordt gegeven in het PACE framework, is het wel in lijn met de drijfveer 'overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' uit het framework.

Leveren toenemende klantwaarde

'Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' is niet het enige onderdeel van het van het PACE framework dat aansluit op de gezondheid van de koeien. De gezondheid van een koe heeft volgens het interview invloed op de levensduur van de koe. Zo kan een koe die zich in een gezonde toestand verkeerd langer melkgeven dan een koe in een ongezonde toestand. Tevens heeft de mentale gezondheid van de koeien invloed op de melkopbrengsten. Dit alles draagt bij aan de waarde die het product oplevert voor de klant, in dit geval de boer. Het onderdeel van het PACE framework dat hier goed bij aansluit is het 'leveren toenemende klantwaarde'. Naast dat de koeien beter behandeld worden, stijgen de inkomsten die worden gegenereerd met behulp van de producten die Lely levert aan de boer.

Lely is daarnaast gedreven om certificaten te krijgen op hun robots. Responsible Robotics is een non-profit organisatie die momenteel aan het onderzoeken is hoe zij robotica duurzaam kunnen certificeren en wil dat in de toekomst doen (Responsible Robotics, 2020). De organisatie is in gesprek met Lely voor het houden van een pilot bij het bedrijf. Tijdens de pilot wordt onderzocht wat nodig is om de robots duurzaam gecertificeerd te krijgen. Voor het krijgen van dit certificaat wordt gekeken naar onderdelen zoals: hoe is het met de gezondheid en veiligheid van koeien en personeel? Hoeveel energie verbruikt de robot of hoe wordt de robot geproduceerd? De certificaten indiceren dat de robots die Lely verkoopt voldoen aan de duurzaamheidseisen die de uitgevende organisatie stelt. Klanten kunnen hierdoor in een oogomslag zien of het product duurzaam is of niet. Het geeft de klant meer vertrouwen over de kwaliteit van een product, dat is vastgesteld door ISO (International Organization for Standardization) een onafhankelijke partij die zich bezighoudt met het uitgeven van certificaten (Iso, z.d.). Het vertrouwen

creëert een meerwaarde voor het product, kortom dit valt onder de drijfveer ‘Leveren toenemende klantwaarde’.

Als laatste is Lely gedreven om een zo goed mogelijk product te ontwikkelen voor de klant. Zij willen de operationele kosten voor de klant verminderen, bijvoorbeeld door het energiegebruik efficiënter maken van robots of het watergebruik van de robots reduceren. Dit alles draagt bij aan de meerwaarde die het product oplevert, omdat de boer meer middelen kan besparen door het product. Dit komt direct overeen met de drijfveer ‘leveren toenemende klantwaarde’.

Verminderen kosten en overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen

Naast het verminderen van de operationele kosten van de boer, probeert Lely de kosten van de productie te verminderen. Dit is voordelig voor het bedrijf omdat zij meer winst overhouden, maar ook voor de boer omdat de investeringskosten van de machines en robots dalen. Lely kijkt nu naar hoe zij logistieke trajecten efficiënter kan maken. Volgens het bedrijf wordt momenteel ‘echt alles te pas en te onpas de hele wereld over gestuurd.’ Dit heeft niet alleen betrekking op de drijfveer het ‘verminderen van kosten’ maar ook op de drijfveer ‘overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen’ omdat het ook invloed zal hebben op de impact op het milieu.

Verminderen risico en toekomstbestendigheid

Een ander punt waar Lely continu aan werkt is de mogelijkheid om te blijven opereren in de markt en te kunnen blijven groeien. Dit komt overeen met de drijfveer ‘Verminderen risico en toekomstbestendigheid’ uit het PACE framework. Het bedrijf denk deze twee mogelijkheden te kunnen behouden door meer betrokken te zijn met de robots. Volgens het interview kan dit door verantwoordelijkheid te krijgen over de robot door sertivization. De betrokkenheid kan ook toenemen door modulair opbouwbare producten, rennovatie programma’s en het langer garanderen van onderdelen door bijvoorbeeld 3D printing. Verder neemt de druk vanuit de maatschappij toe wat betreft de vleesindustrie en melkproductie. Momenteel vindt een beweging plaats waardoor steeds meer mensen zich aansluiten bij het veganisme. Dit heeft volgens het interview te maken met drie drijvers: gezondheid, de ecologische voetafdruk en dierenwelzijn. De beweging keert zich tegen de vleesindustrie en melkproductie omdat zij in strijd zijn met de drie drijfveren. Hoewel Lely niet veel kan doen aan de gezondheid van vlees- melkproducten, oefent het bedrijf invloed uit om de ecologische voetafdruk en het dierenwelzijn te verbeteren. Dit is voorheen al benoemd in deze paragraaf.

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen wat voor de lokale maakindustrie de circulaire drijfveren voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel zijn. Voor beide bedrijven heeft de belangrijkste drijfveer te maken met het milieu of het werken aan een duurzame toekomst. Als deze drijfveren worden gerelateerd met het PACE framework, dan gaat het om de drijfveer ‘overeenkomen met maatschappelijk verwachtingen’. Naast deze drijfveer zijn bedrijven ook gedreven door de volgende drijfveren van het PACE framework: het ‘verminderen risico en toekomstbestendigheid’, ‘betreden van nieuwe markten’, ‘verminderen van kosten’ en ‘opleveren toenemende klantwaarde’.

5. Bijdrage van smart manufacturing circulaire bedrijfsmodellen en de barrières van de transitie circulaire bedrijfsmodellen

In dit hoofdstuk zal naar voren komen wat de bijdrage is van smart manufacturing aan circulaire bedrijfsmodellen en de barrières bij de transitie naar deze bedrijfsmodellen. In de eerste paragraaf zal in worden gedaan op de systemen die gebruikt worden voor het ontplooiën van circulaire bedrijfsmodellen. Hierbij wordt weergegeven welke smart manufacturing toepassingen uit paragraaf 3.2 zijn verworven in de systemen. Ook zal worden weergegeven wat de functies zijn van deze systemen. Daarnaast zal worden vastgesteld aan welke circulaire bedrijfsmodellen van paragraaf 2.3 de systemen kunnen bijdragen. Als laatste worden de barrières vanuit de bedrijven behandeld. De barrières in dit hoofdstuk zullen worden gekoppeld aan de verschillende circulaire bedrijfsmodellen.

5.1 Smart manufacturing toepassingen

5.1.1 De smart manufacturing toepassingen van HTC parking & security

Het systeem waar HTC parking & security gebruik van maakt heet Xense. Xense is een op maat gemaakt systeem dat bestaat uit een combinatie van smart manufacturing toepassingen. Het systeem staat verbonden met geïntegreerde sensoren in de speedgates. Voor Xense is een applicatie ontwikkeld die toegankelijk is via de computer en mobiele apparaten zoals smartphones. Het systeem Xense valt onder de volgende drie smart manufacturing technologieën:

- Internet of things; de sensoren in de speedgate zijn direct verbonden met Xense. Dit gebeurt voor de uitwisseling van informatie.
- Big data en analyse; de data die Xense binnenkrijgt wordt geanalyseerd en deze informatie wordt gebruikt voor verschillende doeleinden.
- Cybersecurity; Xense en het netwerk om het systeem is beveiligd tegen verschillende digitale dreigingen.

De speedgates zijn via een beveiligde internetverbinding verbonden met Xense om gebruikers, bezitters en servicepartijen te ondersteunen met real-time informatie om het gebruik te optimaliseren. **Gebruikers** zijn de personen die gebruik maken van de speedgates. Zij rijden door de poorten en zijn de groep waarvoor de poorten open en dicht gaan. Per locatie verschilt het wat de poort open of dicht doet gaan, dit kan bijvoorbeeld door het gebruik van een afstandsbediening of door kenteken herkenning. **Bezitters** zijn de ‘eigenaren’ van de poort en het terrein waar de poort staat. Zij hebben de speedgate gekocht of betalen een vast bedrag per maand voor de beschikbaarheid van een goedwerkende poort. De groep kan in het geval van koop verantwoordelijk worden gesteld voor het onderhoud van de poorten, zodat zij goed blijven functioneren. **Servicepartijen** zijn groepen die onderhoud of reparatie uitvoeren voor de speedgates. Service partijen zijn niet altijd partijen waar HTC direct mee is verbonden, maar kunnen ook externe bedrijven zijn. Deze groepen zijn geschikt voor het verlenen van services voor de speedgates.

Xense beschikt over een aantal functionaliteiten die diverse voordelen bieden tijdens de gebruiksfase van het product. De functionaliteiten zijn als volgt:

- Predictive maintenance; De vertaling hiervan is ‘voorspellend onderhoud’ met als doel het voorkomen van stilstand. Voor de speedgates gebeurt dit door ingebouwde sensoren. Deze sensoren houden actief bij hoe intensief een poort wordt gebruikt, bijvoorbeeld hoe vaak de speedgate open en dicht gaat. Op basis van deze informatie kan worden voorspeld wanneer een speedgate onderhoud nodig heeft, waardoor stilstand kan worden voorkomen. Bezitters hebben beschikking tot deze real-time informatie en krijgen ook advies over reparatie en onderhoud.
- Controle op afstand; De problemen van een speedgate kunnen op afstand worden vastgesteld met behulp van de Xense. Het systeem analyseert de data van 150 parameters in de speedgate om het exacte probleem vast te stellen. Controle op afstand creëert verschillende voordelen voor alle partijen. De servicepartijen kunnen van tevoren op de hoogte worden gesteld van wat het exacte probleem is. Hierdoor zijn zij voorbereid, kunnen zij de juiste onderdelen meenemen en weten zij precies hoelang het gehele proces gaat duren. Daarnaast kunnen problemen worden doorgegeven die mogelijk simpel op te lossen zijn, bijvoorbeeld bladeren die zich bevinden voor het zicht van een sensor waardoor de sensor niet meer functioneert. Verder kunnen software updates op afstand worden uitgevoerd. Dit is voordelig voor zowel HTC als hun klanten omdat het tijd en moeite scheelt.
- Ontwerp analyse; De data die binnenkomt in Xense wordt ook geanalyseerd voor toekomstige veranderingen in het ontwerp van de speedgates. De verschillende sensoren in de speedgate geven aan waar in de poort problemen plaatsvinden en om wat voor problemen het gaat. Ook kan Xense bijhouden hoe frequent bepaalde problemen plaatsvinden. Al deze informatie wordt in de toekomst gebruikt voor het ontwikkelen van een kwalitatief betere speedgate en eventueel een efficiënter design voor de gehele entree

5.1.2 De smartmanufacturing toepassingen van Lely

Het systeem waar Lely gebruik van maakt heet T4C, dit staat voor Time 4 Cows. T4C is een op maat gemaakt systeem dat bestaat uit een combinatie van smart manufacturing toepassingen. Het systeem staat verbonden met geïntegreerde sensoren in de robots en machines die Lely verkoopt. Alle data die wordt verkregen door de robots en machines komt terecht in de cloud. In de cloud wordt de data verwerkt tot begrijpbare informatie voor andere robots en machines. Daarnaast wordt de data verwerkt tot leesbare informatie die bedoeld is voor gebruikers van de T4C applicatie. Voor T4C is een applicatie ontwikkeld die toegankelijk is via de computer en mobiele apparaten zoals smartphones. Het systeem T4C in zijn geheel valt onder de volgende zes smart manufacturing technologieën.

- Internet of things; de sensoren in de robots en machines zijn direct verbonden met elkaar en met T4C. Dit gebeurt voor de uitwisseling van informatie.
- Big data en analyse; de data die T4C binnenkrijgt wordt geanalyseerd en vervolgens wordt deze informatie gebruikt voor verschillende doeleinden.

- Cloud computing; dit dient als ondersteuning voor de data infrastructuur. Data komt samen in de cloud en wordt hier ook in verwerkt.
- Horizontale en verticale systeemintegratie; T4C is verbonden met partijen buiten de organisatie, bijvoorbeeld dierenartsen voor een efficiënte en effectieve behandeling.
- Autonome robots; verschillende robots hebben taken op de boerderij die zij continue moeten uitvoeren. De robots worden gestuurd door hetgeen dat zij zelf constateren met sensoren, door hetgeen dat andere robots constateren en de sturing vanuit T4C.
- Cybersecurity; T4C en het netwerk om het systeem is beveiligd tegen verschillende digitale dreigingen.

Lely verkoopt verschillende robots en machines met geïntegreerde sensoren die verbonden kunnen worden met T4C. De vier categorieën robots en machines zijn: Melken, voeren, huisvesting, verzorging en dieren gezondheid.

Onder **melken** vallen melkrobots. Deze robots zijn zelf in staat om de koeien te melken zonder dat werknemers erbij te pas komen. De sensoren in de melkrobots helpen bij het melkproces en registreren ook de melkprestatie van elke koe. Onder de melkprestatie vallen: de kwaliteit van de melk (de proteïne en vetgehaltes), hoeveel melk een koe heeft afgegeven, de tijdsduur van het afname proces en de prestatie per uier. Niet alleen melkprestaties worden gemeten, maar ook additionele informatie van de koe zoals het gewicht. Dit zijn enkele parameters die gemeten worden door het systeem. Gebaseerd op wat dit systeem meet, worden andere robots en machines aangestuurd om de melkprestaties te verbeteren. Dit kan bijvoorbeeld zijn dat het dieet van een koe veranderd om andere proteïne en vetgehaltes uit de melk te krijgen. De T4C geeft de boer inzicht in deze prestaties, meldingen en advies. Dit geeft de boer een goed overzicht op wat allemaal plaatsvindt op de boerderij zodat hierop ingespeeld kan worden. Enkele voorbeelden zijn veranderingen van de melkstrategie op basis van de melkprestatie of de verzorging van een koe omdat een uier ontstoken is.

Onder **voeren** vallen voerrobots. Deze robots voeren de koeien gezamenlijk of individueel. De gezamenlijke robot levert grote hoeveelheden basisvoer voor de koeien. De robot is in staat om zelf te bepalen hoeveel voer nog aanwezig is en wanneer het rantsoen aangevuld moet worden. De individuele voerrobot voert naar behoefte. Zo krijgt de koe de portie krachtvoer die nodig is om te kunnen presteren en gezond te blijven. Individueel voeren gebeurt tijdens het melkproces, omdat de koe dan gescheiden is van de andere koeien. In de T4C applicatie is weergegeven wat elke koe binnenkrijgt. De applicatie maakt het tevens mogelijk om per koe de voerstrategie te veranderen voor het gewenste resultaat.

Onder **huisvesting, verzorging en dierengezondheid** vallen mestrobots, borstel machines, lichtsystemen en voetbaden. De robots en machines functioneren volledig autonoom en worden gestuurd door wat hun sensoren constateren. Voor de boer is het wel mogelijk om strategieën van de robots en machines te veranderen naar eigen behoefte in T4C. Bijvoorbeeld het lichtsysteem dat eerder aan gaat zodat de koeien eerder gevoed kunnen worden. Daarnaast worden de prestaties van alle robots en machines weergegeven in T4C.

Verder biedt T4C nog verschillende vormen van ondersteuning voor de boer. T4C houdt bij in wat voor staat robots en machines verkeren. Dit is gebaseerd op het gebruik en de prestatie van de robots en machines. Door het verzamelen van deze informatie is predictive maintenance mogelijk. Dit is van belang zodat processen op de boerderij niet stil hoeven te staan, bijvoorbeeld het melkproces. Daarnaast is het belangrijk voor de gezondheid van de koeien. Als een koe niet gemolken wordt, komen de uiers onder druk te staan met als gevolg ontstoken uiers. Doordat het systeem de staat van de robots en machines bijhoudt, kan ook onderhoud worden gepleegd om de prestaties weer op het oude niveau te krijgen.

De applicatie beschikt nog over additionele management functionaliteiten. T4C maakt op basis van de verzamelde data een planning voor werknemers voor wanneer zij moeten werken. Dit schema bevat ook de taken die gedaan moeten worden van dag tot dag. Dit schema verandert eventueel door data die later na de planning wordt verkregen. Bij het schema wordt advies gegeven over hoe dit het beste uitgevoerd kan worden. Dit ondersteunt de boer en zijn werknemers met processen op de boerderij. Daarnaast maakt T4C communicatie mogelijk. Werknemers kunnen onderling door middel van de applicatie met elkaar communiceren. T4C maakt ook communicatie met derde partijen mogelijk. Belangrijke prestatie informatie kan bijvoorbeeld gedeeld worden met experts en adviseurs om problemen op de boerderij efficiënt op te lossen.

5.2 Bedrijfsmodellen en de ondersteuning van smart manufacturing

5.2.1 De aansluiting van de Smart Manufacturing toepassingen op de circulaire bedrijfsmodellen van HTC parking & security

Beschikbaarheid en prestatie model

Eén van de initiatieven genomen door HTC is SaaS. SaaS staat voor Speedgate as a Service en is afgeleid van PaaS (Product as a Service). Van de circulaire bedrijfsmodellen valt SaaS onder het beschikbaarheid en prestatie model. Het idee is gebaseerd op M-use van Mitsubishi Electric, dit is een circulair initiatief voor de liften die het bedrijf produceert. Met M-use betaalt de gebruiker alleen voor het gebruik van een werkende lift. Aan het einde van de levensduur wordt de lift weer teruggenomen om hergebruikt of gerecycled te worden (Mitsubishi Electric, 2020).

Bij SaaS wordt een contract afgesloten met de gebruiker. In het contract is opgenomen dat de gebruiker een goed functionerende speedgate tot zijn of haar beschikking krijgt en hiervoor een vaste vergoeding per maand betaald. Het bedrijf garandeert dat de speedgates 99,1% goed functioneert gedurende de afgesproken periode, als dit percentage niet wordt behaald krijgt de gebruiker zijn geld terug. Bij SaaS blijft HTC in bezit van de speedgate en gebruikers krijgen de poort in 'bruikleen'. Als het contract is afgelopen neemt HTC de speedgate weer terug. Omdat HTC in bezit is van de speedgate worden zij ook verantwoordelijk voor het functioneren van de speedgate, dit houdt in dat het bedrijf onderhoud en reparaties moet uitvoeren indien nodig. Hierdoor ontstaat een product dat beter functioneert, omdat minder uitval plaatsvindt en dit efficiënter wordt verholpen. Dit geeft gebruikers meer zekerheid over de taak die het product moet uitvoeren.

De speedgates die beschikbaar worden gesteld via SaaS, beschikken standaard over Xense om HTC te kunnen ondersteunen bij het ontplooiën van het verkoop model. Bij het vaststellen van de maandelijkse vergoeding is Xense van belang. De vergoeding die maandelijks betaald moet worden voor SaaS is gebaseerd op twee onderdelen: het model van de speedgate en het gebruik (binnen de afgesproken marges). Het gebruik van de speedgate bepaald hoe frequent en intensief een speedgate onderhouden moet worden, dus het vormt een variabele kosten voor het bedrijf. Door Xense kan bijgehouden worden hoe frequent de speedgate open en dicht gaat, waardoor een maandelijkse vergoeding tot stand komt die de kosten kan dekken.

Uitbreiden productwaarde

Verder ondersteunt Xense bij het uitbreiden van de productwaarde. Door controle op afstand kan direct worden geconstateerd wat het probleem is met een in gebruik genomen speedgate. Op deze wijze kan de speedgate zo snel mogelijk gerepareerd worden voor verder gebruik. Niet alleen in gebruik genomen speedgates maken hier gebruik van. Aan het einde van het SaaS contract worden speedgates teruggenomen door HTC. De speedgates die worden teruggenomen verkeren nog in goede staat en beschikken over dezelfde functionaliteiten als een nieuwe speedgate. Dit wordt verklaard door het intensieve onderhoud dat is gepleegd gedurende de looptijd. De gebruikte speedgates worden in de toekomst weer gebruikt, alleen moeten zij gerenoveerd worden. De speedgates worden opgeknapt en dit proces wordt ondersteund door Xense. Door Xense is het mogelijk om sneller te achterhalen welke functionaliteiten niet optimaal werken en welke onderdelen vervangen moeten worden. De gebruikte speedgates kunnen vervolgens elders worden ingezet of eventueel worden verkocht aan een nieuwe partij.

Klassieke lange-levensduur

Zoals aangegeven in de vorige paragraaf, worden de gegevens afkomstig van Xense gebruikt voor het verbeteren van de speedgates. In de toekomst kan dit bijdragen aan het verlengen van de levensduur. Tijdens het interview is aangegeven dat speedgates momenteel een levensduur hebben van vijftien jaar, maar het bedrijf streeft naar een levensduur van 30 jaar.

In de vorige paragraaf is ook weergegeven dat Xense beschikt over predictive maintenance. Door het op tijd onderhouden neemt niet alleen het risico af dat de speedgate stil komt te staan, maar ook dat andere onderdelen bezwijken. Het op tijd onderhouden van de speedgates bevordert de technische levensduur.

5.2.2 De aansluiting van de Smart Manufacturing toepassingen op de circulaire bedrijfsmodellen van Lely

Beschikbaarheid en prestatie model

Lely biedt servitization aan via haar franchisenemers. Bij servitization betaalt de boer een maandelijkse vergoeding voor de beschikbaarheid over de robots en machines. Daarnaast kan de boer ook kiezen om additionele producten te verkrijgen via servitization, zoals veevoer of schoonmaakmiddelen. Het servitization model is ontstaan om de klant te ontzorgen. Bij het model is Lely verantwoordelijk voor het onderhouden en repareren van haar robots en machines. De focus ligt daarbij op het verbeteren van de

up-time, dit is tijd waarin robots of machines functioneren. De service wordt uitgevoerd door partijen die gecertificeerd zijn door Lely om vertrouwelijkheid te garanderen. De sensoriek ondersteunt servitization, omdat hierdoor controle behouden kan worden over de robots en machines. Verder kunnen de service partijen worden gestuurd op wat de sensoriek precies constateert.

Uitbreiden productwaarde

Eén van de circulaire initiatieven die is genomen door Lely is het opzetten van de website used.lely.com. Op de website is het mogelijk om tweedehands producten van Lely aan te schaffen en te verkopen. De rol van Lely op dit platform is het verbinden van de verkoper en koper, beide partijen krijgen advies van het bedrijf voor het tot stand komen van een overeenkomst. Lely verkoopt zelf ook haar tweedehands producten op het platform. Naast het fungeren van tussenpersoon en eigen verkoop, inspecteert het bedrijf de producten door een deskundige technici op 160 punten. De inspectie is een onderdeel van het programma Lely Taurus Certified. Na de inspectie worden bij goedkeuring de robots of machines voorzien van een certificaat en kwaliteit scores. Als een robot of machine niet wordt goedgekeurd kan deze in aanmerking komen voor rennovatie om vervolgens toch te worden voorzien van een certificaat. Bij het certificeren is de historie van het gebruik en onderhoud een onderdeel van de beoordeling. Door de sensoren verworven in de robots en machines is dit al vastgesteld, waardoor de koper kan beschikken over deze gegevens.

Klassieke lange-levensduur

De sensoriek verworven in de robots en machines verbetert de levensduur. Door predictive maintenance kan van tevoren worden geconstateerd wat voor onderhoud uitgevoerd moet worden om de levensduur te verlengen. Daarnaast heeft Lely bij het ontwerpen van de producten gekozen voor een modulaire opbouw. Dit houdt in dat de robots en machines grote onderdelen bevatten waar meerdere componenten onder vallen. De grote onderdelen zijn eenvoudig te vervangen zodat de boer dit proces zelf kan uitvoeren indien nodig is.

Verlengen waarde hulpstoffen en materialen

Zoals benoemd in de vorige paragraaf zijn één van de robots die Lely verkoopt mestrobots. Deze robots zijn in staat om autonoom alle uitwerpselen te verzamelen van de koeien. Mest bevat mineralen die gebruikt kunnen worden bij akkerbouw voor het bevorderen van de oogst. Op deze wijze kunnen de kringlopen op de boerderij worden gesloten. Daarnaast is Lely momenteel bezig met het ontwikkelen van een product om de waardevolle mineralen in mest nog beter te behouden. Daarnaast zal het product de uitstoot van broeikasgassen verminderen. Om wat voor technologie het gaat is nog niet duidelijk.

5.3 Barrières voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel voor bedrijven binnen de maakindustrie

5.3.1 Barrières HTC parking & security

Beschikbaarheid en prestatie model (Verkopen Speedgate as a Service)

HTC parking & security constateert diverse problemen met het circulaire initiatief Speedgate as a service. Hoewel het initiatief net pas van de grond is gekomen, is uit het interview gebleken dat de markt nog niet geheel klaar is voor het Product as a Service model. De verkoop van SaaS brengt bij veel partijen problemen op. Een goed voorbeeld zijn wooncorporaties, deze hebben een afdeling inkoop en een afdeling onderhoud. Bij de afdeling inkoop is het doel meestal het verkrijgen van de beste prijs voor een product en bij de afdeling onderhoud is het doel het in standhouden van het product. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven overlapt SaaS beide afdelingen, wat bij bedrijven kan zorgen voor problemen door de vastgestelde interne bedrijfsstructuur en de procedures die daarbij horen. Een ander voorbeeld is de overheid. Vanuit de overheid wordt aangegeven dat bedrijven meer circulair initiatief moeten nemen. Pianoo het Expertisecentrum Aanbesteden van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat geeft hierbij als voorbeeld van een circulair initiatief het terug nemen door de fabrikant van het product en her inzetten (Pianoo, z.d.). Hoewel de overheid dit aangeeft, blijkt uit het interview dat zij zelf geen SaaS overeenkomst kunnen afsluiten. De reden hiervoor is niet precies duidelijk.

Beschikbaarheid en prestatie model (Verstrengelingen in de bouwketen)

Verder vindt in een bouwketen een verstrengeling plaats met de betrokken partijen in het proces voor het afsluiten van een SaaS overeenkomst. Voor het tot stand komen van bouwprojecten zijn drie verschillende partijen betrokken. De architect is verantwoordelijk voor de inrichting van het terrein. De projectontwikkelaar vertaalt de inrichting van de architect naar een praktische situatie en heeft de beheersing over de uitvoer. De aannemer voert de taken uit voor het bouwen van het project. De aannemer krijgt het bouwplan van de projectontwikkelaar en koopt op basis daarvan componenten in zoals een speedgate, dit vindt plaats aan het einde van de bouwketen. Om SaaS aan te bieden voor een terrein of bouwwerk dat op deze wijze tot stand komt, zal HTC eerder betrokken moeten worden in de bouwketen. Dit is niet alleen nadelig omdat HTC geen SaaS aan kan bieden, maar ook omdat zij geen meerwaarde kunnen leveren. Het bedrijf kan geen expertise leveren omdat het geen bewustzijn heeft van de mogelijke doelen die van belang zijn voor het project. Doelen kunnen bijvoorbeeld zijn de BREEAM Score, een beoordelingsmethode voor de duurzaamheid van gebouwen. Daarnaast kan het geen expertise leveren voor het ontwerpen van een goed ingerichte entree, zodat bijvoorbeeld schade bij het in en uitrijden kan worden beperkt.

Beschikbaarheid en prestatie model (Beschikbaarheid financieel kapitaal)

SaaS is voordelig voor afnemers omdat zij niet hoeven te beschikken over een grote hoeveelheid vermogen om de speedgate aan te schaffen. Aan de andere kant moet HTC wel investeren in het produceren en leveren van de speedgate. Het bedrijf zal dan moeten beschikken over een groot hoeveelheid vermogen om de productie te kunnen veroorloven. Als dit niet kan moet vreemd vermogen

worden aangetrokken, het bedrijf zal dan moeten samenwerken met financiers zoals banken en leasemaatschappijen. Momenteel financiert het bedrijf de speedgates die in het veld staan zelf, maar in de toekomst kan dit veranderen. Het aantrekken van vreemd vermogen voor de productie van speedgates voor SaaS is bij financiers een probleem. Volgens het interview zien financiers SaaS niet zo zitten. Als een afnemer de maandelijkse vergoeding voor de speedgate niet meer kan betalen, zal de speedgate moeten worden verwijderd. Financiers achten de kosten voor het verwijderen van de speedgate te groot. Daarnaast zijn de kosten van de speedgate en het plaatsen daarvan ongeveer 20 tot 30 duizend euro. Dit wordt door financiers volledig afgeschreven als een afnemer niet meer kan betalen en deze methode valt niet onder Asset Based Finance. Dit is een leaseconstructie die wordt gebruikt door financiers. Voor het verkrijgen van de financiering is onderpand verplicht, in dit geval speedgates.

Naast het volledig afschrijven van de speedgate, heeft het ook te maken met eigendomsrechten. Omdat de speedgate wordt vastgeschroefd op een locatie op grondgebied van de afnemer, beweren financiers dat dit valt onder ontroerend goed. Dit betekent dus dat het eigendomsrecht wordt toegewezen aan de eigenaar van het grondgebied, in dit geval de afnemer. Alhoewel juristen aangeven dat het valt onder roerend goed, is dit voor financiers nadelig. Als HTC geen vermogen meer heeft voor het financieren van SaaS, zullen zij moeten stoppen met het uitgeven van SaaS overeenkomsten.

De discussie over of een speedgate valt onder ontroerend of roerend goed is niet alleen tussen juristen en financiers, ook verzekeraars en fiscalisten zijn overtuigd dat een speedgate valt onder ontroerend goed. De onduidelijkheid van deze benoeming leidt tot verschillende beperkingen. Een goed voorbeeld hiervan is dat HTC haar speedgates die worden verkocht via SaaS wil verzekeren. Helaas is dit nog niet mogelijk door deze onduidelijkheid.

Verlengen waarde hulpstoffen en materialen (Recycling)

Naast problemen met de introductie van SaaS vinden problemen plaats voor het circulair krijgen van de gebruikte materialen. Hoewel dit bedrijfsmodel niet voorkomt bij HTC zou het bedrijf dit wel willen implementeren. Eén van de meest gebruikte materialen voor het ontwikkelen van de speedgates is staal. Staal schijnt een zeer circulaire grondstof te zijn, omdat het makkelijk verwerkt kan worden in een nieuw product zonder verlies van kwaliteit. Echter maakt HTC gebruik van veredeld staal voor het maken van en kwalitatief betere speedgate. Dit veredeld staal wordt dan ook verzinkt om erosie te voorkomen en gepoedercoat om kleur aan te brengen. Volgens het interview schijnt veredeld staal in Nederland nog niet tegen effectieve kosten goed recyclebaar te zijn, vooral niet als het veredeld staal is verzinkt of gepoedercoat. Dit heeft te maken met de recyclingsystemen die nog niet goed genoeg zijn ingericht om dit voor elkaar te krijgen. In Nederland zijn nog geen grote industriële installaties aanwezig om bijvoorbeeld staal te kunnen ontzinken. Dit zal een niveau zijn waarin geïnvesteerd moet worden om de keten nog meer circulair te maken.

5.3.2 Barrières Lely

Beschikbaarheid en prestatie model (Servitization)

Zoals naar voren gekomen in het vorige hoofdstuk biedt Lely via franchisenemers servitization aan. Alhoewel deze innovatie al voor een langere periode beschikbaar is, komt volgens het interview servitization bij het bedrijf niet van de grond. Ten eerste heeft dit te maken met de markt waar Lely haar producten aan verkoopt. De melkvee industrie is een erg conservatieve markt. Dit zou mogelijk verklaard kunnen worden door de relatief hoge leeftijd van boeren. In deze markt is het idee van servitization nog niet bekend. Dus wordt liever gekozen voor hetgeen dat voor hen bekend is. Daarnaast is het idee erg nieuw en worden de voordelen nog niet ingezien door de boeren. Tijdens het interview zelf is ook gezegd dat het servitization model nog verder ontwikkeld moet worden, omdat het nu meer lijkt op een financieringsmodel in plaats van het verlenen van een dienst.

Uitbreiden productwaarde (Tweedehands markt)

In het interview is ook naar voren gekomen dat subsidies een grote rol spelen. Dit komt omdat de melkvee industrie een subsidie gedreven markt is. In de Oostbloklanden is dat bijvoorbeeld goed zichtbaar; wanneer subsidies worden uitgekeerd aan melkveebedrijven kan dit direct geconstateerd worden door middel van de hoeveelheid verkopen. Met subsidies geldt wel dat dit maar één keer wordt gegeven op een product, dus niet op tweedehands producten. Dit is een barrière omdat daardoor de tweedehands producten relatief duur zijn en minder snel verkocht worden. Bijvoorbeeld een nieuwe melkrobot inclusief installatie kost 100.000 euro en een tweedehands melkrobots kost 60.000 euro. Bij een nieuwe melkrobots krijgt de boer 20.000 euro subsidie waardoor de nieuwe robot uiteindelijk maar 80.000 euro kost. Dit maakt de keuze lastig, omdat de technische levensduur op een tweedehands robot korter zal zijn dan op een nieuwe robot. Daarnaast heeft de nieuwe robot 15 jaar garantie die standaard bij producten wordt geleverd en de tweedehands robot een kortere garantie omdat deze in het verleden al is begonnen.

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen hoe smart manufacturing smart manufacturing bijdragen aan circulaire bedrijfsmodellen en wat zijn de barrières bij deze transitie. De systemen van bij beide bedrijven maken het mogelijk om de circulaire bedrijfsmodellen; het beschikbaarheid en prestatie model, uitbreiden productwaarde en klassieke lange-levensduur te ondersteunen. Bij Lely kunnen de toepassingen ook het verlengen waarde hulpstoffen en materialen model ondersteunen.

Wat betreft smart manufacturing wordt het beschikbaarheid en prestatie model ondersteund door wijze waarop de systemen een prijs tot stand brengen en functionaliteit kunnen garanderen. Bij het uitbreiden productwaarde zorgt de sensoriek voor een efficiënt serviceproces, waardoor de periode waarin de producten niet inzetbaar zijn wordt geminimaliseerd. Het klassieke lange-levensduur model wordt ondersteunt door sensoriek voor predictive maintenance en het vermogen voor het verbeteren van productontwerpen. Verder wordt het verlengen waarde hulpstoffen en materialen ondersteunt door robots die deze stoffen en materialen autonoom kunnen verzamelen.

Wat betreft de barrières van de circulaire bedrijfsmodellen zijn bij het beschikbaarheid en prestatie model een aantal problemen. Deze problemen hebben te maken met de lineaire bedrijfsstructuren van afnemers, onduidelijkheden over het verkoopmodel en gebrek aan interesse vanuit de markt. Bij het uitbreiden productwaarde komt de verkoop van tweedehands producten niet van de grond, omdat subsidies voor minder circulaire producten aantrekkelijker zijn. Als laatste is bij HTC het model verlengen waarde hulpstoffen en materialen niet mogelijk. Dit komt omdat de prijzen voor het recyclen niet effectief genoeg om dit te doen

6. De conclusie

Drijfveren

Geconcludeerd kan worden dat de primaire drijfveer van bedrijven voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel 'Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' is. Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat de bedrijven deze transitie doorzetten omdat zij willen bijdragen aan een duurzame toekomst. De drijfveer 'Overeenkomen met maatschappelijke verwachtingen' is een drijfveer uit het PACE framework die uitgebreid is behandeld in paragraaf 4.1. Hoewel dit de belangrijkste drijfveer is voor bedrijven, kan de betekenis van de drijfveer nog aangevuld worden. In de naam en beschrijving van de drijfveer wordt duidelijk aangegeven dat de drijfveer bestaat uit externe motivatie. Echter is uit de interviews gebleken dat de drijfveer niet alleen uit externe motivatie bestaat maar ook interne motivatie. In de toekomst zal de organisatie PACE de drijfveer moeten herzien om beter aan te sluiten op de werkelijkheid en meer duidelijkheid te creëren.

Naast de drijfveer die hierboven is benoemd, hebben de bedrijven nog andere drijfveren benoemd. Deze benoemde drijfveren zijn 'verminderen risico en toekomstbestendigheid', 'betreden van nieuwe markten', 'verminderen van kosten' en 'opleveren toenemende klantwaarde'. Voor bedrijven zijn dit standaard drijfveren omdat zij direct bijdragen aan financiële beloningen. Opvallend is dat deze drijfveren grotendeels zijn ontstaan vanuit de gedachte om bij te dragen aan een duurzame toekomst, anders gezegd vanuit de primaire drijfveer. HTC parking & security is bijvoorbeeld een 'sustainable' speedgate gaan ontwikkelen vanuit het perspectief van de primaire drijfveer. Uiteindelijk heeft dit gezorgd voor een kwalitatief betere speedgate waardoor de klantwaarde toeneemt. Een ander voorbeeld is zichtbaar bij Lely. Het bedrijf is haar logistieke trajecten efficiënter gaan maken om de impact op het milieu te verminderen. Dit zorgt uiteindelijk ook voor een afname in de kosten.

Smart manufacturing

Geconcludeerd kan worden dat smart manufacturing technologie ondersteuning biedt in het creëren en functioneren van een circulaire bedrijfsmodellen. De circulaire bedrijfsmodellen die in het onderzoek worden ondersteund door smart manufacturing technologie zijn: het beschikbaarheid en prestatie model, het klassieke lange-levensduur model, uitbreiden productwaarde en het verlengen waarde hulpstoffen en materialen. Opvallend is dat beide bedrijven een fysiek-cyber systeem gebruiken voor het ondersteunen van de circulaire bedrijfsmodellen. De smart manufacturing technologieën die zijn verweven in dit systeem zijn: Internet of things, Big data en analyse, Cloud computing, Horizontale en

verticale systeemintegratie, Autonome robots en Cybersecurity. Het systeem ondersteunt de circulaire bedrijfsmodellen grotendeels door goede distributie en verwerking van informatie.

Barrières

Geconcludeerd kan worden dat bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel binnen de maakindustrie diverse barrières zijn. Deze barrières kunnen gerelateerd worden aan het beschikbaarheid en prestatie model, uitbreiden productwaarde en verlengen waarde hulpstoffen & materialen. De meeste barrières hebben een relatie met het beschikbaarheid en prestatie model. Hierbij wordt het duidelijk dat bedrijfsstructuren bij bedrijven niet voor dit verkoop model zijn gemaakt maar gemaakt voor een lineaire economie. Daarnaast ontstaan problemen met dit model door onduidelijkheden over wet- en regelgeving. Dit betreft onduidelijkheden op het gebied van eigendomsrechten. Bij het uitbreiden productwaarde heeft de wet- en regelgeving ook een negatieve invloed. Hierbij gaat het om minder circulaire investeringen die financieel aantrekkelijker worden gemaakt in vergelijking met circulaire investeringen. Als laatste hebben bedrijven problemen met het implementeren van het verlengen waarde hulpstoffen & materialen model. Het blijkt dat de kosten van het recyclen van bepaalde producten en het materialen veel hoger ligt dan de kosten van nieuw materiaal. Dit maakt het dan ook niet aantrekkelijk om de producten te recyclen.

7. De aanbevelingen

Circulair bedrijfsmodel

De transitie naar een circulair bedrijfsmodel wordt aanbevolen. Hiervoor is wel een denken op lange termijn nodig omdat het model op korte termijn geen financiële voordelen biedt. Dit komt omdat de grote investeringen zich alleen kunnen terugverdienen over een lange periode. Naast investeringen zijn ook ingrijpende veranderingen nodig binnen het bedrijf, bijvoorbeeld bedrijfsprocessen die veranderd moeten worden. De transitie kost veel tijd, geld en energie. Echter kunnen op lange termijn naast financiële voordelen ook andere voordelen behaald worden.

- Circulaire bedrijfsmodellen dragen bij aan het verduurzamen van de wereld. De bedrijfsmodellen zorgen voor een daling in de consumptie van nieuwe grondstoffen, door hergebruik van oude grondstoffen en methode om waarde te behouden. Daarnaast wordt anders omgegaan met afval en wordt het ontstaan daarvan zoveel mogelijk verminderd. Hierdoor wordt het milieu minder belast en vervuild.
- Circulaire bedrijfsmodellen worden in de toekomst de norm. Vanuit de Nederlandse overheid wordt al gestreefd naar een circulaire economie (Ministerie van Algemene Zaken, 2020). Dit gaat onder andere gepaard met verandering in de regelgeving voor het bereiken van dit doel. Bedrijven die zich nu al klaar maken voor de transitie naar een circulair bedrijfsmodel, hebben langer de tijd om zich hierop voor te bereiden. Waardoor zij betere bedrijfsmodellen kunnen ontwikkelen en zich al houden aan de regelgeving.
- Circulaire bedrijfsmodellen dragen bij het bouwen van een goede reputatie en merkvertrouwen. Dit komt omdat men het belangrijker vindt dat bedrijven zich inzetten voor een duurzame

toekomst. Indirect zal dit bijdragen aan de marktpositie van een bedrijf. Volgens een onderzoek van Nielsen staat merkvertrouwen boven aan de lijst van duurzaamheidsfactoren die aankopen beïnvloeden (Nielsen, 2015).

- Circulaire bedrijfsmodellen creëren kansen. Door de transitie naar een relatief nieuw bedrijfsmodel ontstaan innovatieve ideeën die kansen creëren. Deze kansen zijn bijvoorbeeld het krijgen van subsidies, samenwerken met andere bedrijven of het worden van marktleider.
- Circulaire bedrijfsmodellen zijn flexibel. Eén van de eigenschappen in het ontwerp van circulaire producten is flexibiliteit. Deze eigenschap zorgt ervoor dat een bedrijf meer toekomstbestendig is. Dit komt omdat bedrijven hun producten beter kunnen aanpassen op toekomstige veranderingen door de flexibiliteit van producten.

Bij de transitie naar een circulair bedrijfsmodel kunnen vele problemen ontstaan omdat het huidige systeem is gemaakt voor een lineaire economie. Echter is het belangrijk dat zo veel mogelijk bedrijven deze stap maken; op deze manier wordt beter erkent dat verandering moet komen in het huidige systeem. Voorbeelden van deze problemen waar dan verandering in komt zijn regelgeving die een circulair bedrijf hinderen of een conservatieve markt die geen waarde erkent aan circulaire producten.

Smart manufacturing technologie

Het gebruik van smart manufacturing technologie wordt aangeraden bij het ondersteunen van een transitie naar een circulair bedrijfsmodel. Alleen zal het bedrijf goed haar circulaire doelen moeten vaststellen, voordat bepaald kan worden welke technologie daarbij ondersteuning kan bieden en hoe de technologie dat gaat doen. In deze scriptie zijn enkele situaties naar voren gekomen hoe smart manufacturing technologie kan bijdragen aan een circulair bedrijfsmodel. Echter zijn naast de benoemde situaties nog vele andere toepassingen niet benoemd of zelfs nog niet ontdekt.

In dit onderzoek is naar voren gekomen dat de technologieën internet of things en big data goed aansluiten bij de transitie. Dit geldt voornamelijk voor bedrijven waarbij machines of robots een belangrijk onderdeel zijn van de operationele activiteiten. Het investeringsbedrag van een machine of robot die gebruik maakt van internet of things en big data technologie ligt hoger dan het alternatief zonder deze technologie. Echter biedt de technologie voordelen die zichzelf in de toekomst terugverdienen. Eén van de voordelen is een grotere informatie stroom die resulteert in meer kennis. De kennis kan onder andere worden gebruikt om winstderving tegen te gaan. Bijvoorbeeld door het vroegtijdig vaststellen van de conditie van een machine of robot, om stilstand te voorkomen. Andere voordelen waaraan gedacht kan worden die ontstaan door de grotere hoeveelheid kennis zijn het voorkomen van extra kosten of het sturen van processen voor het verhogen van de winst. Naast kennis biedt de technologie automatisering tijdens diverse processen. Waardoor processen sneller en nauwkeuriger uitgevoerd kunnen worden. Daarnaast kunnen kosten bespaard worden omdat dit op een alternatieve wijze mankracht had gekost.

8. Reflectieverslag

Taakreflectie

Voor het schrijven van mijn onderzoek heb ik verschillende literatuur bronnen gebruikt. Deze bronnen hadden voornamelijk een relatie met circulaire economie, bedrijfsmodellen, smart manufacturing en de barrières van een circulaire economie. Hier waren genoeg bronnen over te vinden die goed bruikbaar waren voor het theoretisch kader en de fundering van mijn onderzoek. Bronnen die mij ontzettend hebben geholpen voor mij theoretisch kader waren Circular Advantage van Accenture en Towards the circular economy van The Ellen MacArthur Foundation. De bronnen hebben mij geholpen met het beantwoorden van zowel de eerste en de tweede deelvraag. Daarnaast waren de modellen beschreven in gebruikte bronnen ook van belang voor het beantwoorden voor de derde en de vierde deelvraag. Uiteindelijk heb ik teveel bronnen gebruikt bij dit proces waardoor ik helaas informatie moest weglaten.

Voor het verkrijgen van de data voor mijn onderzoek waren interviews de beste methode. Vooraf was ik goed voorbereid op de wijze voor het verkrijgen van de data. Ik heb bijvoorbeeld vragenlijsten opgesteld en die van de voren naar de bedrijven gestuurd die geïnterviewd zouden worden. Uiteindelijk is dit proces goed gegaan en heb ik de data kunnen krijgen die ik nodig had voor het onderzoek. Tijdens dit proces ben ik wel een probleem tegen gekomen. Ik ben vergeten dat ik het moest opnemen dus de eerste 10 minuten van het interview waren niet opgenomen. Gelukkig heb ik meegeschreven met het interview en was het geen probleem. Verder had ik meer bedrijven willen interviewen om de betrouwbaarheid van het onderzoek te verhogen.

De uitkomsten van het onderzoek bieden voldoende inzicht voor relevante aanbevelingen. Echter zijn de aanbevelingen vergeleken het onderwerp erg beperkt, voornamelijk op het gebied van smart manufacturing. Dit komt omdat er eindeloos veel mogelijkheden zijn voor de implementatie van smart manufacturing toepassingen. Mijn verwachtingen van de resultaten waren iets anders dan ik dacht, echter was het niet buiten mijn verwachtingspatroon. Voor het tot stand komen van de resultaten en conclusie ben ik gedurende het project veranderd van aanpak. Dit komt omdat deze aanpak veel logischer en duidelijker was.

Zelfreflectie

Aan het begin van het traject was ik totaal niet bekend met het onderwerp. Uiteindelijk ben ik gaan vragen en zoeken naar bronnen die te maken hebben met circulaire economie en smart manufacturing. Door veel te lezen heb ik mij meer kunnen verdiepen in het onderwerp. Dit heeft er uiteindelijk ook voor gezorgd dat er meer vooruitgang kwam in het project en het schrijven van mijn scriptie.

Verder heb ik tijdens mijn scriptie veel samengewerkt met andere studenten, dit komt omdat mijn scriptie gerelateerd was aan een ander groot project. Voor dit project moest de groep studenten elke week samen komen voor een bespreking. Tijdens deze vergadering werd informatie uitgewisseld en gereflecteerd op de taken die wekelijks zijn gedaan. Dit heb ik ervaren als erg positief en leerzaam, vooral omdat je in contact komt met andere studenten (die zitten in het zelfde traject) en wekelijks met nieuwe informatie komen die zij hebben verkregen.

Daarnaast waren ook verschillende contact momenten met mijn project begeleider. Tijdens deze momenten konden wij bespreken hoe het traject ging en of zij mij nog verder kon helpen hierin. Ik denk dat ik achteraf wel beter gebruik had moeten maken van deze contact momenten, aangezien zij veel wist over het onderwerp. Dit had kunnen zorgen voor een beter verslag.

Literatuurlijst

2Reflect. (2008, 2 januari). Validiteit en betrouwbaarheid | 2Reflect. Geraadpleegd op 29 oktober 2020, van <https://www.2reflect.nl/validiteit-en-betrouwbaarheid/>

Accenture. (2014). *Circular Advantage Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*. Geraadpleegd van <https://sharingcitiesalliance.knowledgeowl.com/help/circular-advantage-innovative-business-models-and-technologies-to-create-value-in-a-world-without-limits-to-growth>

Achterberg, E., Hinfelaar, J., & Bocken, N. (2016). MASTER CIRCULAR BUSINESS WITH THE VALUE HILL. *MASTER CIRCULAR BUSINESS WITH THE VALUE HILL*. Published. Geraadpleegd van <https://hetgroenebrein.nl/wp-content/uploads/2017/08/finance-white-paper-20160923.pdf>

Bagheri, B., Yang, S., Kao, H.-A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622–1627. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.318>

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

Bocken, N. M. P., & Short, S. W. (2016). Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 18, 41–61. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.010>

Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>

Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2010). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, 3 augustus). Belang industrie voor de regio. Geraadpleegd op 7 december 2020, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/31/belang-industrie-voor-de-regio>

Cone Communications. (2016). *2016 Cone Communications MILLENNIAL EMPLOYEE ENGAGEMENT STUDY*. Auteur. Geraadpleegd van https://static1.squarespace.com/static/56b4a7472b8dde3df5b7013f/t/5819e8b303596e3016ca0d9c/1478092981243/2016+Cone+Communications+Millennial+Employee+Engagement+Study_Press+Release+and+Fact+Sheet.pdf

Coquard, E. (2019, 6 september). *The Ethics Of Offshoring: Working Conditions, Wages, Patriotism*. Geraadpleegd op 30 mei 2020, van <https://medium.com/@the.scalers/the-ethics-of-offshoring-working-conditions-wages-patriotism-36373d675cac>

De Angelis, R. (2016). *A Conceptualisation of Circular Business Models and Explanation of Their Adoption: Evidence From Four In-Depth Case Studies*. The University of Exeter. Geraadpleegd van <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/22369/DeAngelisR.pdf?sequence=1&isAlloved=y>

De Europese Commissie. (2008). *The raw materials initiative — meeting our critical needs for growth and jobs in Europe*. Geraadpleegd van <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:EN:PDF>

De Verenigde Naties. (2017, 23 oktober). *World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100*. Geraadpleegd op 7 maart 2020, van <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>

De Verenigde Naties, & Brundtland, G. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development Our Common Future*. De Verenigde Naties. Geraadpleegd van https://www.are.admin.ch/dam/are/en/dokumente/nachhaltige_entwicklung/dokumente/bericht/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf.download.pdf/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf

Dittrich, K. (2019). *Circulaire waarde(n)modellen*. Rotterdam, Nederland: Hogeschool Rotterdam.

DuurzaamBedrijfsleven. (2016, 12 januari). *Hoe Fairphone zijn smartphones circulair maakt*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/circulaire-economie/11895/hoe-fairphone-zijn-smartphones-circulair-maakt>

Duurzaamheid.nl. (2018, 12 december). *Start-up felyx groeit uit tot succesvolle onderneming*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://duurzaamheid.nl/artikelen/start-up-felyx-groeit-uit-tot-succesvolle-onderneming/>

Editor Design World. (2015). *The 5C architecture for Cyber-physical systems* [Illustratie]. Geraadpleegd van <https://www.designworldonline.com/big-future-for-cyber-physical-manufacturing-systems/>

Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67–79. <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.1.67>

European Trade Study Group. (2015). *Why do they JUST DO IT? A theory of outsourcing and working conditions*. Geraadpleegd van <https://www.etsg.org/ETSG2015/Papers/237.pdf>

FairPhone. (2020, 26 mei). *Fairphone | De smartphone met hart voor mens en planeet*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.fairphone.com/nl/>

Felyx. (2020, 14 mei). *Felyx | Reis snel & betaalbaar per felyx scooter door de stad*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://felyx.com/nl/nl>

Finchandbeak. (2017, 20 september). *How Interface Makes the Circular Economy Come to Life | Finch & Beak Consulting*. Geraadpleegd op 29 mei 2020, van <https://www.finchandbeak.com/1325/how-interface-makes-the-circular-economy.htm>

Florin Bonciu, F. (2014). *The European Economy: From a Linear to a Circular Economy*. Geraadpleegd van http://rjea.ier.gov.ro/wp-content/uploads/articole/RJEA_2014_vol14_no4_art5.pdf

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017b). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Global Footprint Network. (2015). *Ecological footprint atlas 2010*. Geraadpleegd van https://www.academia.edu/download/55635538/Ecological_Footprint_Atlas_2010.pdf

Greenexchange. (2016). *Kalundborg Symbiosis 40th anniversary publication*. Geraadpleegd van <https://greenexchange.earth/wp-content/uploads/2016/07/Kalundborg-Symbiosis-40th-anniversary-publication.pdf>

Gremmen, B. (2020, 3 april). *‘Dierenwelzijn is eigenbelang’*. Geraadpleegd op 21 juni 2020, van <https://www.boerderij.nl/Home/Blogs/2020/4/Dierenwelzijn-is-eigenbelang-564314E/>

Griffioen, A. (2013, 25 november). *Circulaire economie*. Geraadpleegd op 29 mei 2020, van <https://wetenschappelijkbureaugroenlinks.nl/artikel-tijdschrift/circulaire-economie>

Herena waste management. (2020, 10 februari). Afvalscheiding | afvalhiërarchie - Ladder van Lansink. Geraadpleegd op 11 november 2020, van <https://www.herena.nl/afval-scheiden/>

Het Vlaams Innovatienetwerk. (2012, 1 januari). Project: Naar factories of the future in de maakindustrie. Geraadpleegd op 7 december 2020, van <https://web.archive.org/web/20180422202527/http://www.innovatienetwerk.be/projects/1792>

Innovationquarter. (2020, 7 mei). Over The Innovation Quarter. Geraadpleegd op 29 oktober 2020, van <https://www.innovationquarter.nl/over-innovationquarter/>

Instituut voor de Nederlandse taal. (z.d.). Maakindustrie - ANW (Algemeen Nederlands Woordenboek). Geraadpleegd op 7 december 2020, van <http://anw.inl.nl/article/maakindustrie>

Interface. (z.d.). *Interface Announces Mission Zero Success, Commits to Climate Take Back | About / Interface*. Geraadpleegd op 29 mei 2020, van https://www.interface.com/EU/en-GB/about/press-room/interface-mission-zero-success-en_GB

International synergies. (z.d.). *What is Industrial Symbiosis*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://www.international-synergies.com/our-approach/what-is-industrial-symbiosis/>

Iso. (z.d.). *Certification*. Geraadpleegd op 28 augustus 2020, van <https://www.iso.org/certification.html>

Jonker, J. (2014). *Nieuwe business modellen* (1ste editie). Amsterdam, Nederland: Academic Service.

Jonker, J., & Stegeman, H. (2018). De Circulaire Economie; Denkbeelden, ontwikkelingen en business modellen. *De Circulaire Economie; Denkbeelden, ontwikkelingen en business modellen*. Published.

Geraadpleegd van

https://www.researchgate.net/profile/Jan_Jonker/publication/322355778_De_Circulaire_Economie_De_nkbeelden_ontwikkelingen_en_business_modellen/links/5a55a9fc0f7e9bf2a535775e/De-Circulaire-Economie-Denkbeelden-ontwikkelingen-en-business-modellen.pdf

Jonker, J., Stegeman, H., & Faber, N. (2018). De circulaire economie: denkbeelden, ontwikkelingen en business modellen-2018 update. *De circulaire economie: denkbeelden, ontwikkelingen en business modellen-2018 update*. Published. Geraadpleegd van <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/198982/198982.pdf>

KALUNDBORG SYMBIOSIS. (2020, 30 maart). *Kalundborg Symbiosis - The World's first industrial symbiosis*. Geraadpleegd op 29 mei 2020, van <http://www.symbiosis.dk/en/>

Kamarul Bahrin, M. A., Othman, M. F., Nor Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>

Khan, G., & Isreb, D. (2019, 12 november). *1,2,3... Here comes the 4th Industrial Revolution*. Geraadpleegd op 31 mei 2020, van <https://www.digitalpulse.pwc.com.au/fourth-industrial-revolution-guide/>

Koren, Y. (2010). *The Global Manufacturing Revolution*. Hoboken, NJ, Verenigde Staten: Wiley.

Kukreja, R. (2020, 19 juni). The Three R's. Geraadpleegd op 11 november 2020, van <https://www.conserve-energy-future.com/reduce-reuse-recycle.php>

Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. P. (2018a). A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 36–61. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>

MacRae, D. G. (2019, 17 december). *Thomas Malthus | Biography, Theory, Books, & Facts*. Geraadpleegd op 20 juni 2020, van <https://www.britannica.com/biography/Thomas-Malthus>

McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle* (1ste editie). Amsterdam, Nederland: Amsterdam University Press.

McDonough, W., & Braungart, M. (2010). *Cradle to Cradle*. New York City, New York: Farrar, Straus and Giroux.

McKinsey. (2016). *The circular economy: Moving from theory to practice*. Geraadpleegd van <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/T>

he%20circular%20economy%20Moving%20from%20theory%20to%20practice/The%20circular%20economy%20Moving%20from%20theory%20to%20practice.ashx

McKinsey Global Institute. (2011). *Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs* (9). Geraadpleegd van https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Resource%20revolution/MGI_Resource_revolution_executive_summary.ashx

McLaughlin, R. (2018, 19 november). *Patagonia is marketing a lifestyle and encouraging you to not buy their products...*. Geraadpleegd op 28 mei 2020, van <https://medium.com/@rachael.mclaughlin/in-a-world-dominated-by-consumers-it-seems-that-for-every-one-social-media-marketing-strategy-2fcc7d4b6fa3>

Millar, N., McLaughlin, E., & Börger, T. (2019). *The Circular Economy: Swings and Roundabouts?* Geraadpleegd van https://research-repository.standrews.ac.uk/bitstream/handle/10023/19192/Millar_2018_EE_CircularEconomy_AAM.pdf?sequence=1

Ministerie van Algemene Zaken. (2020, 16 januari). *Circulaire economie*. Geraadpleegd op 21 september 2020, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie>

Mitsubishi Electric. (2020, 11 maart). *Voordelen M-Use*. Geraadpleegd op 12 juni 2020, van <https://www.mitsubishi-liften.nl/m-use/voordelen-m-use/>

Nahar, N. J. (2019). *THE FUTURE OF WASHING AS A SERVICE IN A CIRCULAR ECONOMY*. Geraadpleegd van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:466ea0b5-49da-43ea-8346-81c4e61f4953/datastream/OBJ1/download>

National Institute of Standards and Technology. (2016). *Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems*. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8107>

Net-works. (2014, 7 september). *Net-Works | Van weggegooide netten tapijttegels maken*. Geraadpleegd op 29 mei 2020, van <https://net-works.com/lang/nl/>

Nielsen. (2015, 12 oktober). *Consumer-Goods' Brands That Demonstrate Commitment to Sustainability Outperform Those That Don't*. Geraadpleegd op 9 november 2020, van <https://www.nielsen.com/us/en/press-releases/2015/consumer-goods-brands-that-demonstrate-commitment-to-sustainability-outperform/>

Nußholz, J. (2017). *Circular Business Models: Defining a Concept and Framing an Emerging Research Field*. *Sustainability*, 9(10), 1810. <https://doi.org/10.3390/su9101810>

Oghazi, P., & Mostaghel, R. (2018). *Circular Business Model Challenges and Lessons Learned—An Industrial Perspective*. *Sustainability*, 10(3), 739. <https://doi.org/10.3390/su10030739>

Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Tucci, C. L. (2005). Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept. *Communications of the Association for Information Systems*, 16. <https://doi.org/10.17705/1cais.01601>

oxfamnovib. (z.d.). *Het overbevolkingsprobleem*. Geraadpleegd op 19 mei 2020, van <https://www.oxfamnovib.nl/blogs/dilemmas-en-oplossingen/het-overbevolkingsprobleem>

PACE. (z.d.). *Platform for Accelerating the Circular Economy*. Geraadpleegd op 30 mei 2020, van <https://pacecircular.org/>

PACE. (2019). *PACE CIRCULAR VALUE CREATION Lessons from the Capital Equipment Coalition*. Geraadpleegd van <https://pacecircular.org/sites/default/files/2020-01/CEC%20Circular%20Value%20Creation.pdf>

Pantheon Enterprises. (2016, 14 november). The Story Behind “Reduce, Reuse, Recycle”. Geraadpleegd op 29 oktober 2020, van <http://pantheonchemical.com/reduce-reuse-recycle/>

parlement.com. (z.d.). Dr. A.G.W.J. (Ad) Lansink. Geraadpleegd op 11 november 2020, van https://www.parlement.com/id/vg09lli2unzb/a_g_w_j_ad_lansink

Pianoo. (z.d.). *Over PIANOo*. Geraadpleegd op 7 juli 2020, van <https://www.pianoo.nl/nl>

Planbureau voor de Leefomgeving. (z.d.). *Waarom een Circulaire Economie?* Geraadpleegd op 1 juni 2020, van <https://themasites.pbl.nl/o/circulaire-economie/>

Planbureau voor de Leefomgeving. (2019). *CIRCULAIRE ECONOMIE IN KAART*. Geraadpleegd van <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-circulaire-economie-in-kaart-3401.pdf>

Qu, Y. J., Ming, X. G., Liu, Z. W., Zhang, X. Y., & Hou, Z. T. (2019). Smart manufacturing systems: state of the art and future trends. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9–12), 3751–3768. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03754-7>

Recycling.com. (2019, 2 december). *Afvalhiërarchie*. Geraadpleegd op 29 oktober 2020, van <https://www.recycling.com/nl/ladder-van-lansink/>

Responsible Robotics. (2020, 18 maart). *Home | Foundation for Responsible Robotics (FRR)*. Geraadpleegd op 16 juni 2020, van <https://responsiblerobotics.org/>

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Geraadpleegd van http://www.inovasyon.org/pdf/bcg.perspectives_Industry.4.0_2015.pdf

studiemeesters. (2020, 27 april). *Betrouwbaarheid en validiteit: het verschil*. Geraadpleegd op 29 oktober 2020, van <https://www.studiemeesters.nl/scriptie/betrouwbaarheid-en-validiteit/>

Süntinger, H. (2020, 20 juli). Lely melkrobot in de finale van European Inventor Award 2019. Geraadpleegd op 6 oktober 2020, van <https://innovationorigins.com/nl/de-lely-melkrobot-staat-in-de-finale-van-de-european-inventor-award-2019/>

Sariatli, F. (2017). Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), 31–34. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0005>

The Ellen MacArthur Foundation. (2012, 9 oktober). *In-depth - Washing Machines*. Geraadpleegd op 28 mei 2020, van <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/in-depth-washing-machines>

The Ellen MacArthur Foundation. (2013). *TOWARDS THE CIRCULAR ECONOMY*. Geraadpleegd van <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

the Ellen MacArthur Foundation. (2015). *TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY: BUSINESS RATIONALE FOR AN ACCELERATED TRANSITION*. Geraadpleegd van https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf

VICE. (2018, 13 februari). The Third Industrial Revolution: A Radical New Sharing Economy [Videobestand]. Geraadpleegd van <https://www.youtube.com/watch?v=QX3M8Ka9vUA>

The World Bank. (2020). *Global Economic Prospects Slow Growth, Policy Challenges*. Geraadpleegd van <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33044/9781464814693.pdf>

TNO. (z.d.). Missie en strategie TNO. Geraadpleegd op 9 november 2020, van <https://www.tno.nl/nl/over-tno/missie-en-strategie/>

TNO. (2013). *Kansen voor de circulaire economie in Nederland*. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2013/06/20/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland.pdf>

TNO. (2015). Materialen in de Nederlandse economie - Een kwetsbaarheidsanalyse. Auteur. Geraadpleegd van <https://publications.tno.nl/publication/34622568/XJ7MEr/TNO-2015-R11613.pdf>

van Ree, H. J. (2016, 5 augustus). *The 7R Model for a Circular Economy*. Geraadpleegd op 1 juni 2020, van <https://www.linkedin.com/pulse/seven-practical-ways-get-our-planet-back-shape-van-ree-mba/>

Versnellingshuis Nederland circulair. (z.d.). Hoe maken we de maakindustrie circulair? Geraadpleegd op 7 december 2020, van <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/kenniskaart-circulaire-economie/hoe-maken-we-maakindustrie-circulair/>

Wernink, T. (2017, 27 januari). *Fairphone: Calling for Change*. Geraadpleegd op 27 mei 2020, van <https://interviews.artofwork.co/fairphone-calling-for-change-e4a54db6d90c>

World Economic Forum. (z.d.). *Fourth Industrial Revolution*. Geraadpleegd op 31 mei 2020, van <https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution>

Zheng, P., wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., ... Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(2), 137–150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>

Zott, C., & Amit, R. (2010). Business Model Design: An Activity System Perspective. *Long Range Planning*, 43(2–3), 216–226. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.004>

Bijlage

1. PACE framework

2.3 CIRCULAR VALUE DRIVERS FOR CLOSING THE LOOP

The circular value driver framework highlights seven key considerations that member organizations take into account when developing circular business proposals.



1. Enter new markets or increase market share

Circular business models emphasize the need to maintain original product function as much as possible. Remanufacturing, refurbishment, and recycling extend the product lifecycle and provide an alternative to new products for customers, potentially expanding the range of customer segments able to access the product and/or the service it provides. Circular business models can also expand markets by sparking innovation in the way businesses meet customer demand. This can change how products are designed. For example, as-a-service models can both grow the use of remanufactured equipment and stimulate changes in product design by putting manufacturers in the role of owner instead of seller.

2. Reduce cost

Emphasis on reusing products, components and materials through producer-managed closed-loop programs contributes directly to bottom-line performance.

DEEPPDIVE ON NEW MARKETS:

Refurbished and remanufactured price points

A critical success factor of a circular economy model is the positioning of the sale price point in the marketing of refurbished or remanufactured products. These products complement the sale of new products, and having a dedicated sales channel opens up the possibilities of sales to new customers and creates brand identities that do not compete with or undermine new capital equipment sales.

When a producer remanufactures or refurbishes their own product, they can leverage existing manufacturing processes, skills and knowledge for new products with a clear knowledge of the cost base and sales demand. This presents an opportunity for good margins and enables an outlet for manufacturers to market products that are returned to them at any stage in the product's lifecycle, thus preserving product and material value.

3. Reduce risk and future-proof the business

Reduced need for virgin materials and resources will result in less supplier dependency and a reduced risk of rising and volatile prices for materials used in products. Treating existing products and components as an alternate source of supply can also moderate risks and the associated costs arising from supply chain disruptions and long lead times. Being prepared for future customer demand for circular products and services will also increase the chances of winning business.

4. Trigger innovation capacity

By specifically focusing on driving value through circular business models (e.g., increased reuse of materials, repair/refurbishment opportunities, feedback loops, and value retention), companies and their partners can trigger creative new ideas for how to design products and/or business models.

5. Attract and retain talent

A strong circular economy program helps companies to attract and retain talent, inspiring employees to work for a company across roles and departments with a sense of purpose. Research consistently shows that younger talent in particular considers purpose-driven companies with sustainability initiatives to be more attractive places to work and they are therefore less likely to leave.³

6. Deliver greater customer value

Greater circularity can build a strong relationship with customers. Solutions that extend lifecycles while providing upgrades help customers avoid disruptions. Managing the customer relationship throughout the full lifecycle also builds trust: strong take-back programs offer greater security and peace of mind at equipment end-of-life. As the partnership and the trust grow, it will also open up more opportunities to collaborate and drive mutually beneficial outcomes over the long term.

7. Align with public expectations

Businesses are facing increasing expectations from the public in respect of environmental impacts. Adopting sustainable circular economy strategies and practices provides a business-driven mechanism for reducing the use of natural resources (e.g. virgin materials, energy) and for increasing the use of renewable inputs (e.g. renewable energy, recycled materials). Such practices likely also contribute to mitigating climate change by reducing carbon emissions, whether operationally or in product use.

DEEPDIVE ON INNOVATION + REDUCED RISK:

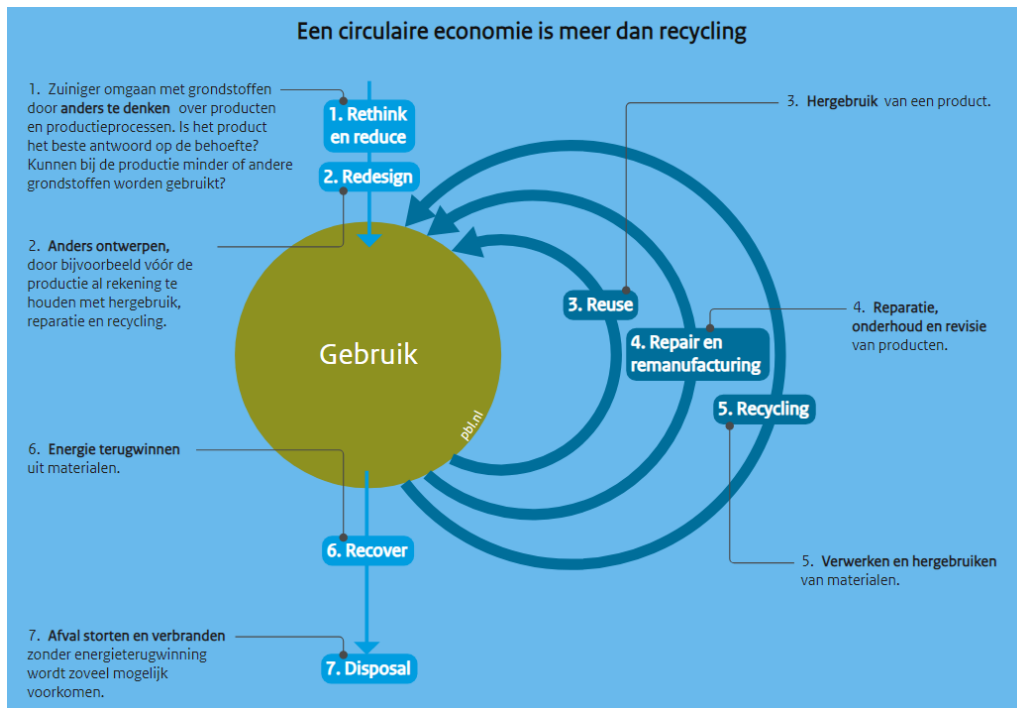
Decreased Lead Times

Within the context of Capital Equipment, a business is often confronted with fast-changing customer demands, unclear product specifications and continuous technology developments. This can necessitate rapid design changes, which can cause strain on the business and its supply chain. For example, order commitments with suppliers might be unmet, delivery time to customers might be delayed, and material investments might be lost.

Adopting a circular model and reusing products, parts, components and materials offers the opportunity to create more capacity, increase supply chain flexibility, and reduce investments, thus allowing a business to meet its lead times even in the face of challenging market demands.

2. 7R model

In het 7R's model wordt weergegeven hoe de waardeketen binnen een circulaire economie moet verlopen door middel van zeven onderdelen met de bijbehorende cycli. Het 7R's model is een combinatie van het Triple-R-model, Lansink's Ladder, en het EMF Model (van Ree, 2016). Het model gaat in op het ontwerp, het gebruik en het wegdoen. De prioriteit van het model is de waarde van producten en hulpstoffen zo hoog mogelijk houden. In figuur 1 hieronder is het model zichtbaar, deze versie van het model is opgesteld door het Planbureau voor de Leefomgeving (Planbureau voor de Leefomgeving, z.d.).



Figuur 1 Het 7R's model voor een circulaire economie (bron: Planbureau voor de Leefomgeving, z.d.)

1. Heroverwegen en reduceren – Een circulaire economie begint bij het nadenken over interne en externe processen en relaties op elk mogelijk niveau en elke fase binnen de waardeketen. Het herstructureren van het bedrijfsmodel is van belang, omdat dit een groot deel van dat geheel dekt. Hier wordt nagedacht over op welke wijze waarde zo hoog mogelijk gehouden kan worden. Diverse overwegingen moeten hierbij gemaakt worden, bijvoorbeeld is verhuur meer circulair dan verkoop of moeten bepaalde stappen binnen de waardeketen anders worden (van Ree, 2016).
2. Herontwerpen – Het is van belang dat het product zoveel mogelijk aansluit op een circulaire kringloop. Bij het ontwerpen van een product kan men circulaire principes hanteren en producten van die karakteristieken voorzien. Bijvoorbeeld het gebruik van duurzame materialen zodat het product langer meegaat. Ook kan het product ontworpen worden om beter aan te sluiten op fases later in de kringloop. Zoals het modulair maken van een product, zodat het makkelijk gerepareerd kan worden door de consument (The Ellen MacArthur Foundation, 2013).

3. Hergebruiken – Bij hergebruik zal het originele product zonder aanpassingen of reparatie opnieuw worden gebruikt. De producten kunnen daarbij hetzelfde doel hebben als dat zij altijd hadden. Tweedehands markten zoals Marktplaats of Ebay zijn daar perfect voor, producten kunnen weer worden gebruikt door een andere eigenaar (McKinsey, 2016). Daarnaast kan het zijn dat producten een ander doel gaan hebben dan voorheen. Bijvoorbeeld in glazen potten kunnen voorwerpen worden opgeborgen, maar dezelfde potten zouden ook kunnen dienen als bloempot.
4. Repareren en renoveren – Dit geeft de mogelijkheid om een product een langer of beter leven te geven. Hierbij wordt het volledige product niet vervangen, meestal worden één of enkele onderdelen vervangen om het product werkend te maken. Een goed voorbeeld hiervan is een laptop. Een laptop gaat gemiddeld 3 tot 5 jaar mee, maar de batterij van een laptop gaat gemiddeld 2 jaar mee. Om een laptop weer te laten functioneren zal na twee jaar de batterij vervangen moeten worden. Dit is een beter alternatief voor de kringloop dan de laptop weggooien na twee jaar. In de ontwerpfase kan eventueel rekening worden gehouden met het makkelijker maken van reparatie.
5. Recycling – Dit gaat in op het hergebruiken van materialen of hulpstoffen van producten, waarbij waarde wordt hersteld. De materialen of hulpstoffen bezitten nog waarde omdat het nog een bepaalde vorm van energie en arbeid bevat. Deze waarde wordt vervolgens verwerkt in een nieuw product. Tijdens de ontwerpfase kan rekening gehouden worden met het makkelijker recyclebaar maken van een product. Bijvoorbeeld dat hulpstoffen makkelijk gescheiden kunnen worden of dat een product makkelijk uit elkaar gehaald kan worden (McKinsey, 2016; van Ree, 2016). Een interessant proces is het hergebruiken of recyclen in cascades. Hierbij krijgen materialen een nieuwe functie. Bijvoorbeeld als de levensduur van een katoenen shirt ten einde is kan het materiaal gebruikt worden voor de vulling van meubilair. Als de levensduur van het meubilair vervolgens ten einde is kan het materiaal daarna worden gebruikt als isolatiemateriaal voor huizen (The Ellen MacArthur Foundation, 2013).
6. Herstellen – Tijdens het herstellen wordt zo veel mogelijk energie gehaald uit niet-recyclebaar materiaal. Niet-recyclebaar materiaal kan worden omgezet naar energie door middel van “waste-to-energie” processen. Een voorbeeld hiervan is de verbranding van planten om nieuwe energie op te kunnen wekken. Volgens een artikel van Hermen van Ree wordt in Nederland één vijfde van het afval van de stortplaats getransformeerd naar energie (van Ree, 2016).
7. Verwijdering – Dit is het proces dat het meest wordt vermeden binnen een circulaire economie, alhoewel het af en toe moet plaatsvinden. Afval wordt hierbij gestort of verbrand zonder het terugwinnen van enige vorm van waarde zoals energie.

3. Praktijk toepassingen circulaire bedrijfsmodellen

In de praktijk komen circulaire bedrijfsmodellen regelmatig voor. Men staat daar vaak niet bij stil maar bedrijven doen hun uiterste best om dit zo goed mogelijk te implementeren binnen hun organisatie. Bij de meeste organisaties is het zelfs zo dat zij meerdere standaard circulaire bedrijfsmodellen combineren voor het creëren van een zo'n duurzaam mogelijke onderneming.

Beschikbaarheid en prestatie model

Eén van de bedrijven waarbij een duidelijk beschikbaarheid en prestatie model toegepast wordt is Felyx. Het bedrijf noemt zichzelf "een succesvolle scale-up die gedeelde elektrische scooters aanbiedt als een nieuw disruptieve mobiliteitsconcept". Het bedrijf stelt vervoer beschikbaar in dit geval scooters, zodat gebruikers zichzelf kunnen vervoeren van locatie A naar locatie B. Dit doen zij door het beschikbaar stellen van elektrische scooters in de grote steden. Volgens Felyx zijn de scooters 'groen' omdat zij 100% elektrisch worden aangedreven, waardoor zij stil en uitstootvrij zijn. De scooters zijn betaalbaar en gebruikers betalen een vast bedrag per minuut, waarbij het product een service is. Felyx blijft in bezit van de scooters en is tevens verantwoordelijk voor het onderhoud, het opladen van de accu en verzekeren van de scooters.

De scooters worden gedeeld onder gebruikers van Felyx. Het bedrijf heeft een applicatie ontwikkeld dat dient als een deelplatform. Op het platform kunnen gebruikers zien waar een scooter beschikbaar is en extra informatie, bijvoorbeeld hoe veel kilometer kan de scooter nog rijden en om wat voor kenteken scooter het gaat (blauw of geel kenteken). Gebruikers kunnen met de applicatie een scooter reserveren die vervolgens in gebruik kan worden genomen. Als de gebruiker klaar is met zijn reis wordt de scooter beschikbaar gesteld voor andere gebruikers (Felyx, 2020; Duurzaamheid.nl, 2018).

Uitbreiden productwaarde

Fairphone is een Nederlands innovatief bedrijf dat zich focust op het produceren van 'eerlijke' en duurzame smartphones. Met eerlijk wordt bedoeld dat tijdens het gehele productieproces van de producten rekening is gehouden met mensenrechten en het welzijn van de arbeiders. Naast de focus op het sociaal-maatschappelijk gedeelte zijn de smartphones ook ecologisch verantwoord.

Fairphone richt zich op het uitbreiden van de waarde die een product kan leveren voor een z'n lang mogelijke periode, volgens het bedrijf wordt daarmee de ecologische voetafdruk van een smartphone fors verlaagd. Het meest opvallende aan de smartphones die fairphone produceert is het ontwerp. De smartphone is modulair ontworpen, dit houdt in dat onderdelen van het product aangepast kunnen worden. Dit is bijvoorbeeld nodig als een onderdeel kapot is of niet goed werkt. Daarnaast maken modulaire onderdelen het mogelijk om de smartphone te verbeteren. Stel dat een betere camera beschikbaar is op de markt kan dit worden aangepast zonder het gehele toestel weg te doen. Verder is in het productdesign rekening gehouden met een laag vaardigheidsniveau voor reparatie. Dit maakt het mogelijk dat gebruikers zelf reparaties kunnen uitvoeren zonder externe hulp te hoeven inschakelen. Het initiatief draag bij aan het vertragen van de waardeketen (DuurzaamBedrijfsleven, 2016; Wernink, 2017; FairPhone, 2020).

Klassieke lange-levensduur model en stimuleren efficiëntie

Miele is een Duitse producent voor huishoudelijke en commerciële apparaten, hierbij kan gedacht worden aan koelkasten, vaatwassers of wasmachines. De producten die het bedrijf produceert worden bestempeld als 'high end' en zijn van hoge kwaliteit. De hoge kwaliteit van de producten staat direct in verbinding met de focus van het bedrijf, dat is het leveren van duurzame producten. Een goed voorbeeld van een duurzaam product zijn de wasmachines die zij produceren. Een normale wasmachine heeft gemiddeld een totaal van 2.000 wasbeurten. Daarentegen zijn Miele wasmachines goed voor gemiddeld 10.000 wasbeurten, dit is aanzienlijk hoger (Nahar, 2019). Hoewel de investeringsdrempel hoog en duur is voor het aanschaffen van een kwalitatief hoge wasmachine, is dit wel op lange termijn goedkoper dan het aanschaffen van een kwalitatief lage wasmachine. Volgens onderzoek een rapport van The Ellen MacArthur Foundation kost een wasbeurt van een kwalitatief hoge wasmachine op lange termijn gemiddeld 12 eurocent en van een kwalitatief lage wasmachine gemiddeld 27 eurocent (The Ellen MacArthur Foundation, 2012).

Patagonia is een goed voorbeeld van een bedrijf die de efficiëntie van producten stimuleert. Patagonia is producent van outdoor kleding en uitrusting. Het bedrijf gelooft diep in duurzaamheid en doelgerichte consumptie (McLaughlin, 2018). In het bedrijfsmodel van het stimuleren van efficiëntie moedigen zij consumenten aan om twee keer na te denken voordat zij een product onnodig te vervangen te veel consumeren. Zij stimuleren gebruikers van de producten om het te laten repareren als iets kapot is. Dit maken zij mogelijk en eenvoudig door het sluiten van samenwerkingsverbanden met retailers van Patagonia voor reparaties. Daarnaast stimuleren ze klanten om gebruikte producten van het merk door te laten stromen naar een tweedehandsmarkt. Het stimuleren doen zij door middel van marketingcampagnes en de producten te voorzien van bijzondere labels (N.M.P. Bocken & Short, 2016, p. 53).

Verlengen waarde hulpstoffen en materialen

Een bedrijf dat zo veel mogelijk waarde probeert te halen uit secundaire hulpstoffen en materialen is Interface. Interface is een fabrikant van tapijten en vloeren. In het jaar 1994 is het bedrijf een project gestart genaamd 'Mission Zero Progress'. Het doel van het project was om duurzaamheid te omarmen en extra vormen van waarde te creëren. Dit wil zeggen dat het naast waarde op financieel gebied ook waarde op sociaal-maatschappelijk en ecologisch gebied wil creëren. Daarnaast moest het project een voorbeeldfunctie zijn voor andere industriële bedrijven en die bedrijven ook aansporen om dit te doen (Interface, z.d.). Interface heeft onderzoek gedaan naar de levenscycli van producten die zij produceren. Uit het onderzoek is gebleken dat 68% van de milieu-impact van de tapijttegels die zij produceren afkomstig is van de hulpstoffen die worden gebruikt. Dit heeft het bedrijf gestimuleerd om veranderingen door te voeren betreft materiaalkeuze (Finchandbeak, 2017).

Een goed voorbeeld daarvan is het samenwerkingsverband met het gasrecycling Shark Solutions voor veranderingen in de toevoerketen. In autoruiten komt een stof voor, genaamd PVB, dat voorkomt dat het glas breekt. Een tijd geleden is ontdekt dat het materiaal toch een tweede leven kan krijgen. Shark Solutions levert de stof PVB dat uiteindelijk verwerkt kan worden in producten van Interface. Een ander goed voorbeeld is het samenwerkingsverband met de organisatie Net-Works. Net-works is een initiatief waarbij lokale bewoners weggegooide visnetten verzamelen. De visnetten beschadigen ecosystemen in de zee. Interface koopt de verzamelde visnetten op en verwerkt dit vervolgens in haar producten. Hierdoor wordt niet alleen waarde uitgebreid van materiaal, maar wordt ook het milieu geholpen (Finchandbeak, 2017; Net-works, 2014).

Industriële synergie

In Denemarken bevindt zich in de plaats Kalundborg een perfect voorbeeld van industriële synergie. 'Kalundborg Eco-Industrial Park' is een bedrijventerrein waar bedrijven staan gevestigd die met elkaar samenwerken om een 'natuurlijke' waardeketen te vormen. Het industriële park is onbewust ontstaan door samenwerkingen als gevolg van marktwerking. De bedrijven maken gebruik van elkaars afval en laten dit weer stromen in een nieuwe waardeketen. Daarnaast delen zij productie-middelen onder elkaar. Het industriepark is de eerste die volledig functioneert op industriële synergie. De belangrijkste partijen binnen het industriepark zijn de energiecentrale van Asnæs, de farmaceutische fabriek van Novo Nordisk, de cementen fabriek van Gyproc en de olieraffinaderij van Statoil (KALUNDBORG SYMBIOSIS, 2020; Greenexchange, 2016).

In het park zijn genoeg praktijkvoorbeelden van industriële synergie zichtbaar. De energiecentrale levert bijvoorbeeld overvloedige warmte naar andere partijen die daar goed gebruik van kunnen maken. Een lokale visserij gebruikt het om de temperatuur van het water om te warmen om het groeiproces van de vissen te stimuleren. De warmte wordt tevens verkocht aan een bijgelegen dorpje van 3500 inwoners en geleverd aan de farmaceutische fabriek. Een ander voorbeeld is de olieraffinaderij die overbodige gassen levert aan de energiecentrale. De gassen worden gebruikt voor het opwekken van energie, hier komt ook stoom bij vrij. De stoom wordt vervolgens geleverd aan de olieraffinaderij die dit nodig heeft voor haar processen. Op die manier blijven cycli doorgaan (Ehrenfeld & Gertler, 1997, p. 70).

4. Interview vragen en vragenlijst

Deelvragen onderzoek

*de vragen zijn gedurende het schrijven van de scriptie iets veranderd

1.	Wat is een circulair bedrijfsmodel
2.	Wat is Smart Manufacturing
3.	Wat zijn de drijfveren voor maakbedrijven om de transitie naar een Circulair bedrijfsmodel te realiseren?
4.	Hoe kan Smart manufacturing bijdragen aan een Circulair bedrijfsmodel en haar waardeketen?
5.	Wat zijn verbeteringen en problemen die worden ondervonden na de transitie naar een Circulair bedrijfsmodel?
6.	Hoe had de transitie naar een Circulair bedrijfsmodel efficiënter en effectiever gekund?

De interview vragen en de relatie met de deelvragen

1.	Hoe is duurzaamheid verwerkt in de missie en visie?	3
2.	Zit het bedrijf momenteel in en transitie? En wat is de aanleiding hiervoor	3/4
3.	Wat zijn initiatieven die op het gebied van duurzaamheid zijn genomen of nog plaats gaan vinden?	3/4
4.	Zijn er initiatieven op het gebied van digitalisering die nog lopen of zijn gepland?	3/4
5.	Kunt u iets vertellen over een initiatief uit het verleden? Bijvoorbeeld de doelen of de implementatie?	3/4/5/6
5a.	Welke factoren en beperkingen hebben hierbij een rol gespeeld	-
5b.	Hoe heeft tijd hierbij een rol gespeeld? Op lange termijn, korte termijn? En waar hangt dat van af?	-
6.	Heeft een initiatief uit het verleden samenwerking nodig gehad of een verandering in het businessmodel	5/6
7.	Hoe was de situatie voor en na de implementatie betreft het initiatief?	5/6
7a.	Is het initiatief deel van een groter geheel?	-
8.	Op welke manier maakt uw bedrijf deel uit van een beweging naar een duurzame samenleving?	3
9.	Wat was uw rol in het initiatief?	3
10.	Welke andere partijen waren betrokken in het waarde netwerk?	5/6
11.	Welke acties vonden er plaats tussen u en betrokkenen? En welke meerwaarde is hierdoor tot stand gekomen?	5/6
12.	Kunt u iets vertellen over het beslissingsproces? En welke andere partijen waren hierbij betrokken?	3

De vragenlijst en relatie interviewvragen

1 .	Welke van de volgende Smart manufacturing technologieën heeft uw bedrijf geïmplementeerd en hoe draagt het bij aan circulariteit?	3/4/5/6/7
	<i>Internet of things</i> <i>Big Data</i> <i>Cloud computing</i> <i>Simulation</i> <i>Autonomous robots</i> <i>Horizontal and vertical system integration</i> <i>Additive manufacturing</i> <i>Augmented reality</i> <i>Cybersecurity</i>	
2 .	Welke partijen binnen de waardeketen zijn betrokken in de circulaire aanpak van uw bedrijf? En waarom is het van belang dat zij circulair zijn?	7/8/9/10/11 / 12
	<i>Leveranciers</i> <i>Afnemers</i> <i>Eindgebruikers</i> <i>Logistiek</i> <i>Afvalverzamelaars</i> <i>The regering</i> <i>Toeziethouders</i> <i>Eventueel andere partijen?</i>	
3 .	In welke fase van de productketen vindt een smart en/of circulaire initiatief plaats	2/3/4/5/6/7
	<i>Marketing</i> <i>Sales</i> <i>Design</i> <i>Inkoop</i> <i>Planning productie</i> <i>Logistiek</i> <i>Gebruik</i> <i>Herstel</i> <i>Omgekeerde logistiek</i> <i>Personeelszaken</i>	

4 .	Welke van de onderstaande drijvers worden herkend binnen uw bedrijf en tot in welke mate?	1/2/3/4/8/12
	<i>Betreden van nieuwe markten</i> <i>Het afnemen van kosten</i> <i>Afnemen van risico en versterken continuïteit</i> <i>Stimuleren innovatie</i> <i>Aantrekken en behouden talenten</i> <i>Leveren meerwaarde klant</i> <i>Overeenkomen met maatschappelijk verwachtingen</i> <i>Niet met de aannemer maar met de gebruiker/ Andere partijen</i>	
5 .	Welke van de volgende Business Modellen zijn geïmplementeerd binnen het bedrijf of moeten nog worden geïmplementeerd	1/2/3/4/5/6/7
	<i>Beschikbaarheid en performance model</i> <i>Vergroten product waarde</i> <i>Verlengen levensduur</i> <i>Aanmoedigen gebruik</i> <i>Bronwaarde vergroten</i> <i>Industriële symbiose</i>	