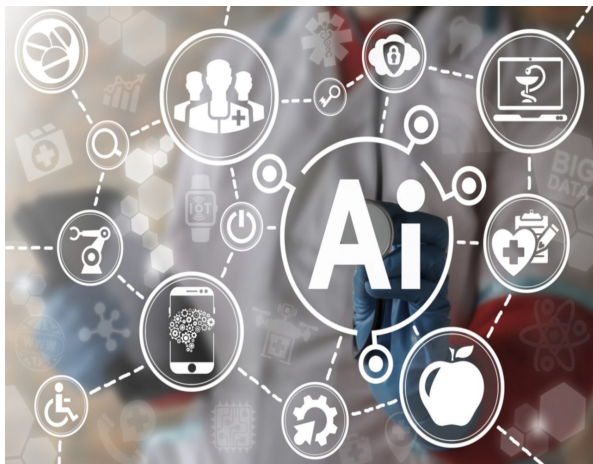


PMB



In hoeverre zijn de barrières vanuit de *Disruptive Innovation Theory* van toepassing op disruptieve procesinnovaties bij tuinbouwondernemingen?

Scriptie Afstuderen

Naam: Jordy van Luijk

Studentnummer: 518781

Datum: 29 juni 2020

Coach: Prof. Jan van den Ende

Co-reader: Prof. Lucas Meijs

Voorwoord

Dit document betreft de afstudeerscriptie van Jordy van Luijk voor de parttime Master Bedrijfskunde aan de RSM – Erasmus University, thans tijdens het uitvoeren van dit scriptieonderzoek ben ik als auteur van deze scriptie fulltime werkzaam bij een organisatie die procesautomatiseringen levert voor de tuinbouw.

De onderzoeksperiode was een erg leerzame periode waarin ik mijzelf heb uitgedaagd om met een interessant en actueel thema in de tuinbouwsector aan de slag te gaan, namelijk autonoom telen. Ik wilde graag onderzoek doen bij tuinbouwondernemingen over verschillende continenten, hetgeen is gelukt. De respondenten die deelgenomen hebben aan dit onderzoek zijn met hun tuinbouwonderneming gevestigd op een drietal continenten.

Het onderzoek is uitgevoerd in een bijzondere periode. Een periode waarin wereldwijd het virus COVID-19 het dagelijkse nieuws beheerste. Dit heeft impact gehad op de wijze hoe de onderzoeksperiode is verlopen, maar heeft geen impact op de inhoud of de kwaliteit van het onderzoek. De begeleiding vanuit de RSM – Erasmus University is zonder problemen en erg efficiënt opgepakt. Graag wil ik dan ook van de gelegenheid gebruik maken om mijn coach professor Jan van den Ende te bedanken voor de begeleiding in deze periode. Dit was voor mij zeer waardevol, enerzijds vanuit zijn expertise in het vakgebied van Innovatiemanagement en anderzijds vanuit zijn rol als hoogleraar Horticulture Innovation. Hierdoor hebben we in deze periode interessante discussies gehad, hetgeen heeft geleid tot dit rapport.

Ten tweede wil ik mijn co-reader van deze scriptie professor Lucas Meijs bedanken voor de ondersteuning en feedback die ik heb mogen ontvangen in deze periode. Zijn kritische kijk op het proces en toch pragmatische insteek hebben mij na ieder feedbackmoment weer de nodige kennis en energie gegeven om het onderzoek te vervolgen.

De respondenten die deelgenomen hebben aan dit onderzoek hebben allen ruim de tijd voor het interview genomen. Zonder de respondenten is deze scriptie niet mogelijk geweest. De gesprekken met de tuinbouwondernemers zijn voor mij erg leerzaam geweest. Ik wil ook hen daarom bedanken voor de open en vooral prettige gesprekken die we hebben gehad.

Tenslotte wil ik mijn werkgever bedanken voor de tijd die ik heb mogen besteden aan het uitvoeren van het onderzoek en schrijven van de scriptie. Tevens hebben diverse collega's mij geholpen aan het vinden van de juiste respondenten, waar ik hen zeer dankbaar voor ben.

Abstract

De wereldbevolking groeit snel en daarmee ook de vraag naar gezond voedsel. Door de groei van de bevolking krimpt tevens de beschikbare grond om voedsel te verbouwen. Hierdoor wordt er in veel landen gekozen om de grond waar voedsel wordt verbouwd efficiënter te gebruiken door kassen te laten bouwen. In de kas kan een optimaal groeiklimaat worden bereikt waardoor de productie per vierkante hoger ligt en het gebruik van hulpbronnen beperkt blijft. Deze tuinbouwondernemingen schieten in heel de wereld als paddenstoelen uit de grond, echter het aantal mensen dat goed een teelt kan managen met behulp van hightech toepassingen, is beperkt. Hierdoor worden innovatieve oplossingen gecreëerd door techbedrijven in de tuinbouwsector om kennis over teeltmanagement te borgen in een algoritme en de menselijke prestaties te evenaren of zelfs te overstijgen.

Met dit onderzoek is een bijdrage geleverd aan de wetenschap waarbij specifiek de barrières voor adoptie van disruptieve procesinnovaties in de tuinbouwsector in kaart zijn gebracht. De centrale onderzoeksvraag van deze scriptie luidt *“In hoeverre zijn de barrières vanuit de Disruptive Innovation Theory van toepassing op disruptieve procesinnovaties bij tuinbouwondernemingen?”*. Er is kwalitatief onderzoek gedaan onder tuinbouwondernemers uit vijf verschillende landen, verspreid over drie verschillende continenten. Hierbij is specifiek onderzoek gedaan naar de procesinnovatie van autonoom telen. Daarbij zijn de respondenten in de meeste cases de besliser als het gaat om de aanschaf of adoptie van de innovatie. Om tot een gefundeerd antwoord te komen op de onderzoeksvraag is onderzocht hoe adoptiegedrag van gebruikers van procesinnovaties in kaart kan worden gebracht. Uit dit onderzoek is gebleken dat delen van de UTAUT-theorie (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003) een bijdrage kunnen leveren aan het voorspellen van de adoptiegraad.

Vervolgens is onderzocht wat disruptieve procesinnovaties van duurzame procesinnovaties onderscheidt. Disruptieve procesinnovaties zijn op enkele kernelementen underperforming ten opzichte van de standaard (Christensen C. M., 2020). De doelgroep die de disruptieve procesinnovatie adopteert heeft doorgaans niet de beschikking over de ‘huidige standaard’, hetgeen in dit onderzoek ‘high-end deskundigheid over het managen van een teelt’ betreft.

Disruptieve innovaties kennen generieke adoptie barrières vanuit het oogpunt van de aanbieder en de gebruiker. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat potentiële gebruikers van de procesinnovatie geen lagere kwaliteit accepteren dan de standaard en dat de adoptiegraad afhankelijk is van de fase in de productlevenscyclus waarin de innovatie zich bevindt. Innovators en early adoptors hebben aangegeven de innovatie te willen adopteren, terwijl de volger (majority) duidelijk heeft aangegeven de innovatie af te wachten totdat de werking zich heeft bewezen.

Tevens is een literatuurstudie gedaan naar barrières voor adoptie van procesinnovaties in MKB organisaties. De barrières zijn getoetst in de vorm van hypothesen en uiteindelijk is enkel bewijs gevonden voor de barrières “verwachte beperking op de ondersteunende (complementaire) systemen in het teeltmanagementproces” en “vertrouwen op de bestaande techniek of werkwijze”.

Vervolgens is onderzocht wat tuinbouwondernemingen karakteriseert en welke barrières voor adoptie van disruptieve procesinnovaties uniek zijn voor tuinbouwondernemingen. Zo is iedere tuinbouwonderneming anders en kennen de bedrijven een relatief groot ondernemersrisico als het gaat om de impact die ziektes en plagen kunnen hebben op de productie.

Uit empirisch onderzoek blijkt dat de verschillen tussen tuinbouwbedrijven en daarmee de verschillen in de aansturing zorgt voor de meeste vraagtekens als het gaat om het toepassen van een autonoom telen model. Het grote ondernemersrisico weerhoudt men er overigens niet van om de innovatie te gaan adopteren, maar is het wel belangrijk dat een kosten-batenanalyse gemaakt kan worden.

Met behulp van de theorie van Rogers (2003), die het *organisatie-innovatie proces* beschrijft, is een tweedeling gemaakt in *initiatie* en *implementatie barrières*. De voornaamste initiatie barrières zijn ten eerste op gebied van de leeftijd van de onderneming, waardoor de onderneming zelf eerst met de huidige middelen het maximale uit de productie wil kunnen halen en ten tweede is aangetoond dat grootte in teeltoppervlakte per teeltsoort een barrière voor adoptie vormt. Beide barrières kunnen worden doorbroken wanneer een autonoom telen model ook bij relatief jonge organisaties met aanwezigheid van een zeer beperkte historie van de data een steilere lijn laat zien in de ontwikkeling dan wanneer niet van de techniek gebruik wordt gemaakt.

Ondanks de schaarste aan goede teeltmanagers voor alle producerende bedrijven, wordt een autonoom telen model niet gezien als een vervanger voor de teeltmanager, maar moet het leiden tot een verbeteringslag in het productieproces.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Abstract	3
Inleiding	5
1. Adoptie theorieën	6
1.1 Definitie van adoptie van innovatie	6
1.2 De Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)	6
2. De Disruptive Innovation Theory	15
2.1 Innovatie categorieën	15
2.2 De ontwikkeling van de 'Disruptive Innovation Theory'	15
2.3 Wat maakt een innovatie disruptief?	17
2.4 Verschillende adoptiekenmerken bij duurzame en disruptieve innovaties	19
2.5 Barrières voor de adoptie van disruptieve innovaties	20
3. Barrières voor adoptie van (proces-)innovaties van MKB-ondernemers	22
4. Methodologie	28
4.1 Context van onderzoek: Tuinbouwsector	28
4.2 Procesinnovatie 'autonoom telen'	28
4.3 Generieke kenmerken van tuinbouwondernemingen	31
4.4 Opzet empirisch onderzoek	33
4.5 Datacollectie	34
5. Resultaten van empirisch onderzoek	36
5.1 Individuele case analyses	38
5.2 Thematische analyse	42
5.3 Cross-case analyse	46
6. Discussie en conclusie	50
Hypothese toetsing	50
Nieuwe bevindingen ten aanzien van barrières voor adoptie	52
Conclusie	53
Beperkingen van het onderzoek	55
Suggesties voor vervolgonderzoek	55
Wetenschappelijke en praktische relevantie	56
Literatuurlijst	58
Bijlage: Interview transcripten	60
Case 1: Atlantic growers	60
Case 2: Nature's Miracle	65
Case 3: JEM Farms	69
Case 4: Food Ventures	72
Case 5: Mavruz	75

Inleiding

Wereldwijd staat men in de komende decennia voor een grote uitdaging als het gaat om de voedselvoorziening. Er moeten naar verwachting in 2050 maar liefst 9 miljard monden worden gevoed en om dat te bereiken en de hulpbronnen niet uit te putten, dient er onder andere efficiënter te worden geproduceerd op de productielocaties. Technologische innovaties gaan hard in de tuinbouwsector en deze zouden een belangrijke invulling kunnen geven aan de wereldwijde uitdaging. De vraag die daarbij rijst is: in hoeverre zien tuinbouwondernemers technologische oplossingen, zoals de inzet van een procesinnovatie van autonoom telen om het productieproces te optimaliseren, als een kans binnen hun tuinbouwonderneming.

Met deze scriptie wordt onderzoek gedaan naar de adoptie barrières voor disruptieve procesinnovaties bij tuinbouwondernemingen, waarbij het uitgangspunt is dat vanwege specifieke karakteristieken van de tuinbouwonderneming deze niet of slechts deels overeenkomen met de generieke barrières voor disruptieve procesinnovaties.

De vraag waarop een antwoord wordt gevormd met behulp van dit onderzoek luidt als volgt:

In hoeverre zijn de barrières vanuit de Disruptive Innovation Theory van toepassing op disruptieve procesinnovaties bij tuinbouwondernemingen?

Deelvragen

Onderstaande deelvragen zullen een bijdrage leveren om stapsgewijs tot de beantwoording van de onderzoeksvraag te komen.

1. *Hoe kan adoptiegedrag van gebruikers van procesinnovaties in kaart worden gebracht?*
2. *Wat onderscheidt disruptieve procesinnovaties van reguliere procesinnovaties?*
3. *Welke barrières voor adoptie van disruptieve procesinnovaties worden genoemd vanuit de Disruptive Innovation Theory?*
4. *Welke barrières voor het adopteren van procesinnovaties door MKB-ondernemers worden er beschreven?*
5. *Wat karakteriseert de tuinbouwonderneming ten aanzien van procesinnovaties ten opzichte van andere MKB-ondernemers?*
6. *Welke barrières voor het adopteren van disruptieve procesinnovatie zijn uniek voor tuinbouwondernemingen?*

1. Adoptie theorieën

In de recente geschiedenis zijn veel onderzoeken gedaan en theorieën ontwikkeld op het gebied van het creëren en implementeren van innovatie in organisaties. Echter is het minstens zo relevant om te weten hoe de innovatie wordt ontvangen bij de doelgroep om zodoende te kunnen voorspellen hoe klantgroepen op innovaties zullen reageren waardoor sales en marketing professionals weten hoe zij hun boodschap op de doelgroep moeten afstemmen. Adoptiegedrag omvat naast het in kaart brengen van barrières die een innovatie tegenhouden, een breder spectrum van kenmerken waarmee verklaard kan worden waarom de ene innovatie met succes wordt ontvangen door de doelgroep en een andere innovatie niet.

In dit hoofdstuk wordt vanuit de wetenschappelijke literatuur gekeken naar *hoe adoptiegedrag van gebruikers van procesinnovaties* in kaart kan worden gebracht?

1.1 Definitie van adoptie van innovatie

In dit onderzoek wordt gekeken naar adoptie barrières van disruptieve procesinnovaties. Echter in de literatuur worden de termen technologie ‘acceptatie’ en ‘adoptie’ regelmatig door elkaar heen gebruikt. Een duidelijk verschil wordt geschetst door Renaud en Biljon. Zij schrijven dat ‘acceptatie’ is de eerste stap naar het omarmen van de nieuwe technologie. Daarna verwijst het behoud en terugkerend gebruik van de geaccepteerde technologie naar uiteindelijke adoptie. (Renaud & Biljon, 2008)

Technologie adoptie is een proces dat start bij de gebruiker die zich bewust wordt van de technologie, en stopt met de gebruiker die de technologie omarmt en er volledig gebruik van maakt. Iemand die een technologie heeft omarmd, zal er vermoedelijk herhaaldelijk gebruik van maken. Technologie acceptatie is, in tegenstelling tot adoptie, een houding ten opzichte van een technologie en wordt beïnvloed door verschillende factoren. Een gebruiker die een nieuw technologische innovatie heeft gekocht, heeft het nog niet geadopteerd. Als de gebruiker een item koopt en het vervolgens niet accepteert, omdat het bijvoorbeeld niet aan de verwachtingen voldoet, is het onwaarschijnlijk dat volledige adoptie zal plaatsvinden. (Renaud & Biljon, 2008).

Omdat de termen met hun betekenis veelvuldig door elkaar heen worden gebruikt in de literatuur, wordt in dit onderzoek geen harde grens getrokken tussen deze twee definities. Acceptatie en adoptie zullen hierna gezamenlijk gebruikt worden waarmee bedoeld wordt dat de individu of de groep individuen open staat voor het gebruik maken van de technologische innovatie.

1.2 De Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)

Een veelgebruikte theorie voor het blootleggen van adoptie van technologische innovaties en nieuwe IT gerelateerde innovatie is de ‘Unified Theory of Acceptance and Use of Technology’ (UTAUT) (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003).

Het UTAUT model is voortgekomen uit acht prominente theorieën, namelijk: De *Theory of Reasoned Action* (Ajzen, 2012); het *Technology Acceptance Model* (Davis & Venkatesh, 1996); het *Motivatie model* (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996); de *Theory of Planned Behavior* (Ajzen, 1991); het model dat het TAM en TPB combineert (Teo, 2012); het *Model van pc gebruik* (Thompson, Higgins, & Howell, 1991); de *Innovation Diffusion Theory* (IDT) en de *Sociaal Cognitieve Theorie* (SCT).

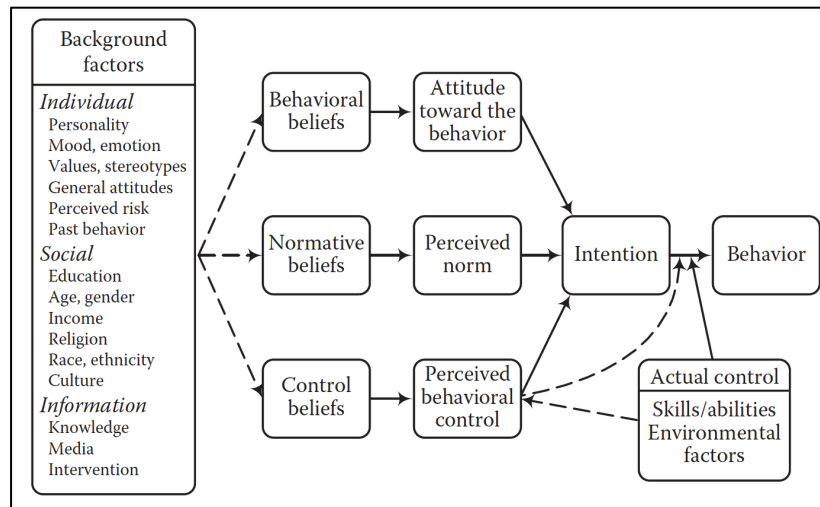
Venkatesh et al. (2003, p. 467) beschrijven in hun onderzoek wat zij hebben onderzocht om tot het UTAUT-model te komen. Ten eerste hebben zij de acht theorieën geanalyseerd en toegelicht welke afhankelijkheden in de theorie een rol spelen. Ten tweede is er op basis van longitudinale gegevens van vier organisaties een empirisch vergelijk gemaakt. Ten derde zijn op basis van het vergelijkend onderzoek verbanden gelegd tussen de acht theorieën en is de UTAUT geformuleerd. Tenslotte is er op basis van data van twee nieuwe organisaties een empirische test uitgevoerd. Deze tests hebben aangetoond dat er een sterk empirisch draagvlak is voor het UTAUT-model die drie afhankelijkheden voor gebruikszintentie of acceptatie heeft blootgelegd, namelijk: ‘prestatieverwachting’, ‘inspanningsverwachting’ en ‘sociale invloeden’. Voor het gebruiksgedrag (de mate waarin een technologische innovatie ook daadwerkelijk wordt toegepast) zijn er tevens twee significante afhankelijkheden te noemen, namelijk: ‘intentie’ en ‘faciliterende omstandigheden’. De modererende factoren: ‘ervaring’, ‘leeftijd’, ‘vrijwilligheid van gebruik en keuze’ en ‘geslacht’ spelen in zowel de acceptatie als het gebruiksgedrag een belangrijke rol.

De acht theorieën zullen hieronder eerst worden geanalyseerd, vervolgens zal de toepassing van UTAUT in de literatuur worden behandeld.

1.2.1 De Theory of Reasoned Action (TRA) (Ajzen, 2012)

“TRA (letterlijk: de ‘theorie van beredeneerde actie’) is het conceptuele raamwerk voor het voorspellen, verklaren en veranderen van menselijk gedrag. Het meest populaire model in deze traditie, de theorie

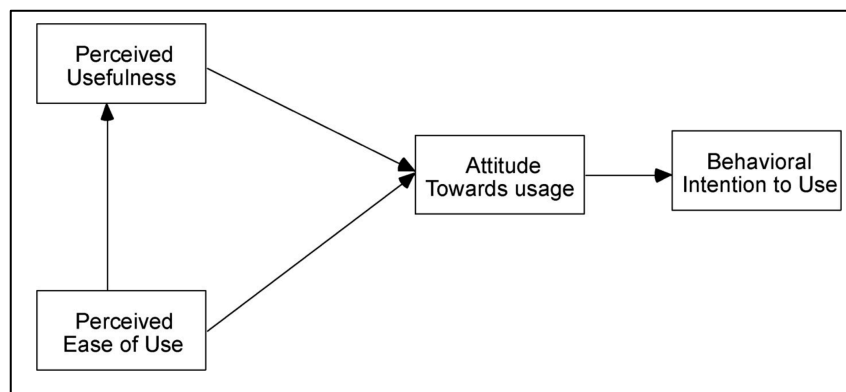
van gepland gedrag, heeft veel empirisch onderzoek gegenereerd dat de premissen van deze aanpak ondersteunt” (Ajzen, 2012, p. 11). De theorie is gebaseerd op drie elementen, te noemen: (1) het karakter/ gedrag van het individu; (2) de sociale omgeving en cultuur waarin hij of zij is opgegroeid en (3) de kennis over het centrale onderwerp of specifieke context. Een schematische weergave van TRA is te zien in figuur 1.



Figuur 1: Weergave van het Theory of Reasoned Action model (TRA) (Fishbein & Ajzen, 2012, p. 39)

1.2.2 Het Technology Acceptance Model (TAM) (Davis & Venkatesh, 1996)

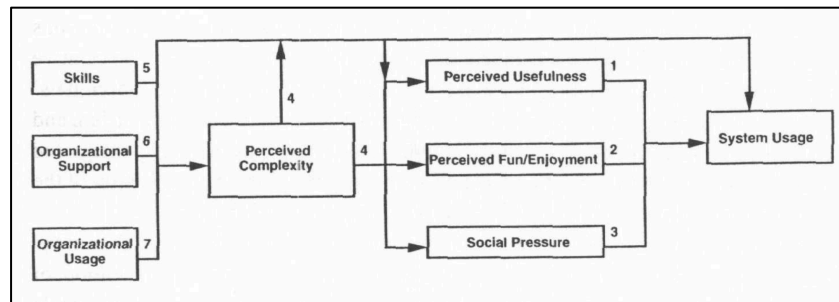
“Het TAM wordt veel gebruikt door onderzoekers in de praktijk om gebruikersacceptatie van informatietechnologieën te voorspellen en te verklaren. TAM modelleert intenties en gedrag van systeemgebruik als een functie van waargenomen bruikbaarheid en waargenomen gebruiksgemak” (Davis & Venkatesh, 1996, p. 19). De theorie focust zich op de eindgebruiker van de innovatie. Een schematische weergave van TAM is te zien in figuur 2.



Figuur 2: Weergave van het Technology Acceptance Model (TAM) (Davis, 1989, p. 323)

1.2.3 Het Motivatie Model (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996)

“Het Motivatie Model (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996) is gebaseerd op TRA en TAM en focust zich op drie ‘motivatie factoren’, namelijk: het waargenomen nut van het gebruik, het waargenomen plezier van gebruik en de sociale druk om de innovatie te gaan gebruiken” (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996, p. 129). Igbaria et al. (1996) hebben onderzoek gedaan naar de motivatie voor het gebruik van pc’s op het werk in een tijd dat pc’s veel schriftelijk/ handwerk heeft vervangen. De theorie focust zich op de eindgebruiker van de innovatie. Een schematische weergave van het Motivatie Model is te zien in figuur 3.



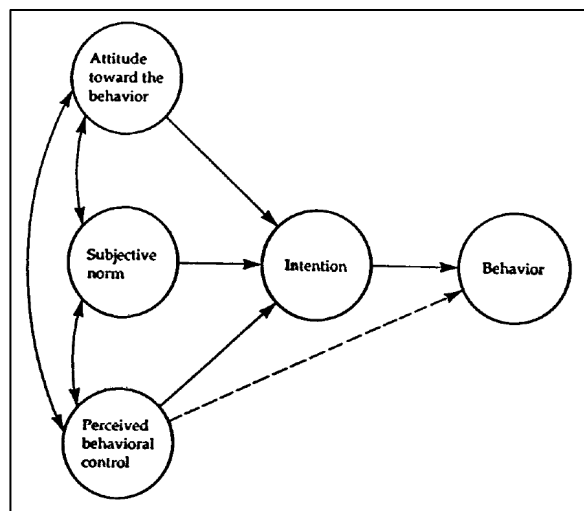
Figuur 3: Weergave van het Motivatie Model voor het gebruik van de pc (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996, p. 130)

1.2.4 De Theory of Planned Behavior (TPB) (Ajzen, 1991)

De TPB is een uitbreiding op de TRA en stelt dat de gebruiksintentie de belangrijkste factor is voor het geplande gedrag. Volgens Ajzen (1991) 'volgt gedrag uit drie factoren, namelijk: (1) het belang van het gedrag en het effect dat daaraan wordt gehecht, (2) hoe de omgeving over dat gedrag denkt en (3) de eigen ingeschatte vaardigheden (Ajzen, 1991).

Ajzen geeft aan dat "veel onderzoeken die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, hebben de werking van het aggregatieprincipe aangetoond door aan te tonen dat algemene attitudes en persoonlijkheidskenmerken in feite gedragsintenties veel beter voorspellen dan het specifieke gedrag zelf". (Ajzen, 1991, p. 181) De gedragsintenties van personen zijn factoren die aangeven in hoeverre mensen bereid zijn een bepaald gedrag te vertonen (Teo, 2012). "Een studie van Armitage en Connor (2001) heeft aangetoond dat de TPB respectievelijk 27% en 39% van de variantie in gedrag en intentie vertegenwoordigde" (Teo, 2012, p. 5). In de TPB wordt de houding ten opzichte van het gedrag gedefinieerd als 'iemand's positieve of negatieve gevoelens over het uitvoeren van gedrag voor bijvoorbeeld het gebruiken van een nieuwe technologie' (Teo, 2012).

De TPB (figuur 4) focust zich op de eindgebruikers' intentie om een innovatie te gaan gebruiken.

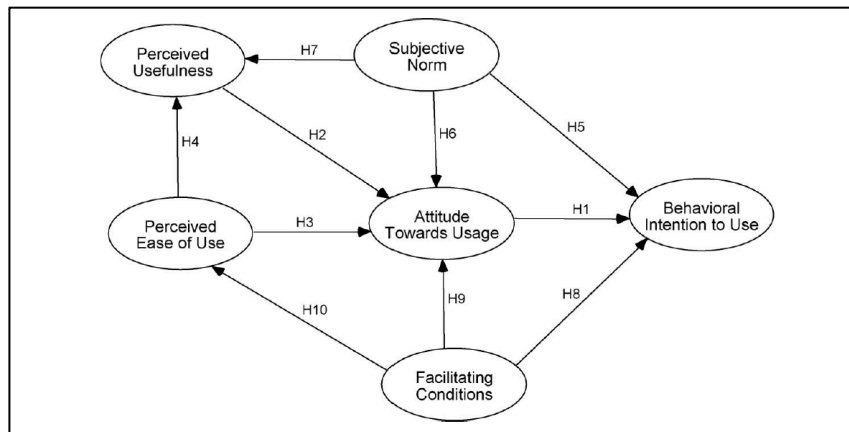


Figuur 4: Weergave van de Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991, p. 182)

1.2.5 Een model dat TAM en TPB combineert

Onderzoeker Teo (2012) heeft onderzocht in hoeverre de respondenten de gedragsintentie hebben om een bepaalde technologie te gaan gebruiken. Dit onderzoek is gedaan onder leraren om de intentie voor het gebruik van een nieuwe technologie te voorspellen. Tijdens de analyse van dit onderzoek is gekeken naar de mate waarin de vijf factoren van TAM en TPB (zie figuur 5) een impact hebben op de gedragsintentie om de technologie te gaan gebruiken. Deze relatie bleek significant want over het geheel genomen droegen de vijf variabelen bij aan 35% van de variantie in de gedragsintentie om de technologie te gebruiken (Teo, 2012, p. 12).

Deze theorie legt de intentie voor het gebruik van technologie onder medewerkers in een organisatie weer die direct een belang hebben bij een innovatie die hun werk efficiënter maakt.



Figuur 5: Weergave van de integratie van TPM en TAM (Teo, 2012, p. 7)

1.2.6 Het model van pc gebruik (Thompson, Higgins, & Howell, 1991)

Thompson, Higgins en Howell (1991) hebben onderzoek gedaan naar het gebruik van nieuwe technologieën onder kenniswerkers in een multinational. Hierop hebben zij het 'model van pc gebruik' (Thompson, Higgins, & Howell, 1991) ontwikkeld. De onderzoekers hebben zich gefocust op optioneel te gebruiken nieuwe technologieën in het dagelijks werk van de medewerkers in hoeverre het zal worden gebruikt, dan wel effectief zal worden gebruikt. De resultaten uit dit onderzoek tonen aan dat sociale normen en drie componenten van de verwachte gevolgen (1) complexiteit van gebruik; (2) fit tussen de baan en pc-mogelijkheden en (3) langetermijngevolgen, een sterke invloed hebben op het gebruik. Deze bevindingen bevestigen het belang van wat de perceptie is bij de potentiële gebruikers over de verwachte gevolgen van het gebruik van pc-technologie. Thompson, Higgins en Howell (1991) concluderen hiermee dat het inzetten van een trainingsprogramma en organisatorisch beleid een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de verwachtingen bij de gebruikers en het uiteindelijke gebruik ervan (Thompson, Higgins, & Howell, 1991).

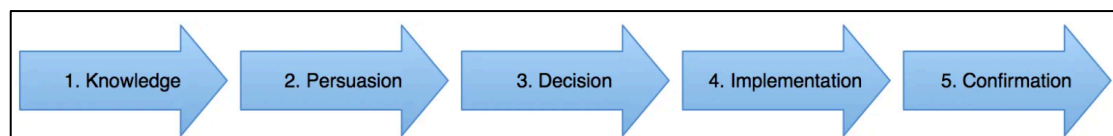
Dit model beschrijft dus de relatie tussen de verwachtingen van de gebruikers van de technologie in een professionele context en het uiteindelijke gebruik van de nieuwe technologie. Hierbij hebben de onderzoekers Thompson, Higgins en Howell bewijs gevonden voor de volgende barrières, dan wel succesfactoren voor de adoptie van pc gebruik:

- De mate waarin het individu gelooft dat gebruik maken van de technologie de performance van zijn of haar job kan verbeteren (Thompson, Higgins, & Howell, 1991, p. 129);
- De mate waarin de innovatie wordt waargenomen als complex om te gebruiken of toe te passen (Thompson, Higgins, & Howell, 1991, p. 128);
- De lange-termijn consequenties: de mate waarin de innovatie op de lange termijn zich zal uitbetalen (Thompson, Higgins, & Howell, 1991, p. 129);
- De geboden support richting de gebruikers van de innovatie kan de acceptatie en het gebruik van de innovatie beïnvloeden (Thompson, Higgins, & Howell, 1991, p. 129).

1.2.7 De Diffusion of Innovation Theory (DOI) (Rogers, 2003)

De DOI theorie is ontwikkeld door E.M. Rogers in 1962 en is een van de oudste theorieën van de sociale wetenschappen.

Rogers heeft tevens het 'Innovation Decision Process' ontwikkeld, hetgeen beschrijft hoe individuen of andere besluitvormende eenheden, zoals groepen of gemeenschappen, een innovatie aannemen of negeren. Het doel van dit Innovation Decision Process, in figuur 6 schematisch weergegeven, is om de onzekerheid over de adoptie van een innovatie te verminderen (Rogers, 2003).



Figuur 6: Het Innovation Decision Process (Rogers, 2003)

Toelichting stappen in het Innovation Decision Process (Rogers, 2003):

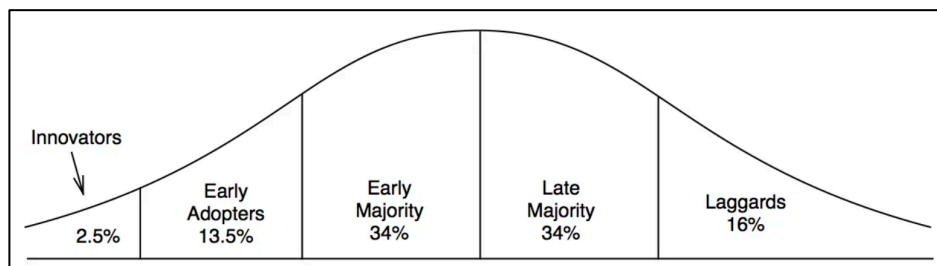
1. *Knowledge*: Het individu of de gemeenschap wordt bekend met de innovatie. Men heeft de mogelijkheden van de innovatie gezien of via sociale kringen vernomen en men begrijpt in grote lijnen wat het is en wat het doet.

2. *Persuasion*: Het individu of de gemeenschap ontwikkelt een mening over de innovatie. Vaak door er met andere gelijkgestemden over te discussiëren. Tevens raakt het individu of de gemeenschap overtuigd van de voor- of nadelen van de innovatie.
3. *Decision*: Het individu of de gemeenschap is zich bewust van de innovatie en heeft zich een houding tegenover de innovatie gevormd. Het zal op een bepaald moment beslissen of het de innovatie wil overnemen of niet.
4. *Implementation*: Het individu of de gemeenschap begint de innovatie te gebruiken. Het blijft erover leren en overwint problemen die voorbij komen, waardoor de onzekerheid van de innovatie verder wordt verminderd.
5. *Confirmation*: Na een innovatie te hebben geïmplementeerd, blijft een adoptant informatie verzamelen die de beslissing versterkt. Als dit tot tegenstrijdige informatie leidt, kan de adoptie worden teruggedraaid.

Ook beschrijft Rogers de 'KAP-Gap' (Rogers, 2003), hetgeen staat voor de 'knowledge-attitude-practice' gap. Het beschrijft de situatie waarin individuen bewustwording en 'how-to' kennis over een innovatie hebben opgedaan, zich vervolgens een gunstige houding ten opzichte van de innovatie hebben gevormd, maar er niet naar handelen.

Een KAP-Gap komt vaak voor bij preventieve innovaties, zoals een innovatie die de negatieve gevolgen bij een brand voor een organisatie moeten verminderen zoals het bieden van een cloudoplossing als innovatie voor de lokale server. Vaak nemen leiders in organisaties de keuze om de innovatie niet te adopteren uit kostenoverweging.

De 'adoptiecategorieën' van Rogers (2003) zijn een veel gebruikt principe om de gebruikers of klantgroepen aan te duiden als 'innovators', 'early adopters', 'early majority', 'late majority' en 'laggards'. Deze adoptiecategorieën (zie figuur 7) zijn opgesteld om toe te lichten hoe een idee, product of proces in de loop van de levenscyclus aan kracht wint en zich verspreidt via een specifieke populatie of een sociaal systeem. Het eindresultaat van deze verspreiding is dat mensen, als onderdeel van een sociaal systeem, een nieuw idee, gedrag of product aannemen (Rogers, 2003).



Figuur 7:: De adoptiecategorieën volgens DOI (Rogers, 2003)

Rogers identificeert vijf factoren van innovaties die een sterke invloed hebben op óf en hoe snel een innovatie wordt toegepast door de doelgroep. Uit onderzoek is gebleken dat deze vijf factoren voor circa 50% de adoptiegraad bepalen (Rogers, 2003). De vijf factoren zijn:

1. *Relatief voordeel*: Dit is de mate waarin de innovatie wordt gezien als een verbetering ten opzichte van een eerdere innovatie. Dit kan zich bijvoorbeeld uiten in een hogere efficiëntie, een hogere winstgevendheid of een toename van de sociale status van het individu of de gemeenschap.
2. *Verenigbaarheid of compatibiliteit*: De waargenomen compatibiliteit van een innovatie beschrijft hoe consistent deze is met betrekking tot de waarden, ervaringen en behoeften van een individu of gemeenschap. De mate van compatibiliteit bepaalt de gedragsverandering die nodig is om een innovatie te adopteren. Oftewel, in hoeverre is er een match tussen aanbod en doelgroep. Dus in plaats van een onverenigbare innovatie in een sociaal systeem te introduceren, kan adoptie eenvoudiger zijn wanneer de innovatie wordt opgedeeld in meerdere, 'hakbare brokken' die achtereenvolgens worden geïntroduceerd, waardoor bij iedere kleine innovatie ook slechts een beperkte gedragsverandering vereist is. Volgens Rogers is compatibiliteit positief gerelateerd aan de adoptiegraad van een innovatie (Rogers, 2003).
3. *Complexiteit*: Rogers (2003) beschrijft dat de waargenomen complexiteit van een innovatie beschrijft hoe moeilijk het lijkt om de innovatie te begrijpen en te adopteren. Een hoge mate van complexiteit kan een sterke barrière tegen acceptatie vormen. Daarmee is complexiteit negatief gerelateerd aan de adoptiegraad van een innovatie.

4. *Probeerbaarheid*: Hierbij gaat het om de mate waarin een innovatie als trial kan worden geprobeerd voor een bepaalde periode. Als zodanig is het kunnen 'testen' van een innovatie positief gerelateerd aan de adoptiegraad van een innovatie.
5. *Waarneembaarheid*: de waarneembaarheid of controleerbaarheid van een innovatie is de mate waarin anderen de resultaten van het gebruik of adoptie van een innovatie kunnen waarnemen. Waarneembaarheid is positief gerelateerd aan de adoptiegraad van een innovatie.

Rogers (2003) spreekt in zijn boek *'Diffusion of Innovations'* over de beïnvloeding van de adoptiegraad van innovaties door *'diffusie netwerken'*, waarmee het sociale systeem wordt bedoeld waarin een innovatie zich verspreidt. Zoals is vermeld in het gedeelte over adoptiecategorieën, worden veel individuen beïnvloed door de eigen sociale omgeving, zoals collega's, familie en andere gelijkgestemden bij de beslissing om al dan niet een innovatie te adopteren. Het is dus de omgeving van de uiteindelijke 'Innovators' dat de nieuwe ideeën introduceert bij de Innovators. Vervolgens verspreidt de innovatie zich verder naar de early adopters. Ze treden op als 'opinieleiders' en tonen de voordelen van een innovatie aan de 'Early majority'. Door toegenomen groepsdruk en uit economische noodzaak nemen tenslotte de 'Late majority' en de 'Laggards' ook de innovatie over.

Rogers onderscheidt de volgende concepten die helpen de verspreiding van innovaties via sociale netwerken te begrijpen (Rogers, 2003):

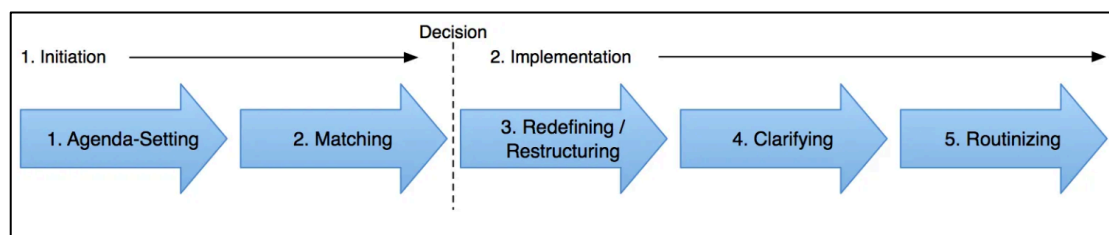
- *'Weak ties'*: Hiermee wordt bedoeld dat individuen opereren in een sociale kring en deze niet verlaten. Hierdoor komen zij niet in contact met andere gelijkgestemden, maar blijven zij zich enkel identificeren met de huidige sociale gemeenschap. Het zou goed zijn wanneer deze doorbroken worden volgens Rogers (2003) om zodoende innovatie tussen groepen gelijkgestemden te delen.
- *'Opinion leaders'*: Rogers verdeelt individuen in opinieleiders en hun volgelingen. Opinieleiders voelen een sterke verbintenis met een sociale kring. Ze nemen meer deel aan hun sociale systemen dan hun volgers en hebben een hogere sociaaleconomische status. Vaak zijn opinieleiders innovatiever dan hun volgers, maar dit hangt ervan af of het sociale systeem voorstander is van de innovatie (Rogers, 2003).

Deze kenmerken geven opinieleiders een enorme invloed als het gaat om verspreiding van innovaties in een sociaal systeem. Omdat hun meningen zeer worden gerespecteerd, vinden hun volgers ze vaak geloofwaardiger dan externe invloeden zoals de media of consultants (Rogers, 2003).

Rogers citeert verschillende studies die hebben aangetoond dat deze aanpak effectief is voor het verspreiden van een innovatie.

- *'Social learning'*: Albert Bandura introduceerde de *'Social Learning Theory'* (Bandura, Social Learning Theory, 1971) om uit te leggen hoe individuen van elkaars gedrag leren door te observeren. Dit proces wordt 'sociale modellering' genoemd en houdt in dat gelijkgestemden op basis van het observeren van anderen, vergelijkbaar maar niet identiek gedrag uiten (Rogers, 2003). In plaats van anderen te imiteren, passen ze een waargenomen gedrag aan hun eigen situatie aan. Als het oorspronkelijke gedrag leidt tot een waarneembare beloning voor de oorspronkelijke uitvoerder, kunnen anderen dit als een bewijs aanvoeren om hun eigen gedrag naar het origineel te modelleren.
- *'Critical mass'*: De 'kritische massa' voor een innovatie is het punt waarop de verspreiding ervan vanzelf verloopt en niet meer hoeft te worden ondersteund door bijvoorbeeld opinieleiders.

De hiervoor geanalyseerde theorie van Rogers gaat vooral over hoe individuen nieuwe innovaties adopteren. Dikwijls zijn individuen een onderdeel van een organisatie waarin zij opereren vanuit de context als manager of medewerker. Rogers heeft daarom ook het *'Organisatie-Innovatie Proces'* (Rogers, 2003) ontwikkeld met daarin de toepassing van innovatie in een professionele context.



Figuur 8: Het Organisatie-Innovatie-Proces (Rogers, 2003)

De stappen in het Organisatie-Innovatie Proces zijn weergegeven in figuur 8 en zijn als volgt te definiëren:

Initiatie fase:

- *Agendasetting*: De organisatie identificeert en prioriteert behoeften en problemen die kunnen worden aangepakt door een innovatie te gebruiken.
- *Matching*: Het in de vorige fase geïdentificeerde probleem wordt gematcht aan een innovatie die het zou kunnen oplossen.

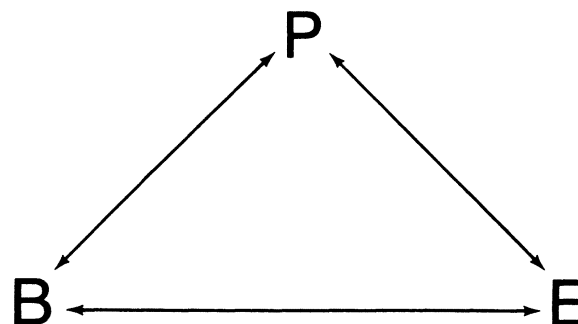
Implementatie fase:

- *Opnieuw definiëren/ herstructureren*: De organisatie past de innovatie toe volgens haar eigen structuur, cultuur en behoeften.
- *Verduidelijking*: Het gebruik van de innovatie begint zich in de organisatie te verspreiden. Het wordt meer gemeengoed en de betekenis van de innovatie wordt duidelijker voor de medewerkers en het management van de organisatie.
- *Routiniseren*: De innovatie maakt nu volledig deel uit van de organisatie.

1.2.8 De Sociaal Cognitieve Theorie (SCT) (Wood & Bandura, 1989)

Sociale cognitie gaat over de manier waarop we informatie verwerken en hoe en waarom het menselijk gedrag hierop reageert. Dit proces omvat onder andere de manieren waarop we informatie uit sociale situaties coderen, opslaan en later ophalen (Adolphs, 1999). Door de jaren heen zijn veel theorieën voorgesteld om het psychosociale functioneren van de mens te verklaren. Volgens Bandura (1991) opereert het zelfreguleringsproces (hoe mensen keuzes maken) voornamelijk door drie principiële factoren, namelijk: (1) 'de zelfcontrole van iemands gedrag'. De redenen van iemands gedrag en de effecten ervan. (2) 'Het oordeel over iemands gedrag en de bepalende omgevingsfactoren' en hoe deze ervoor wordt beloond. (3) 'Diens affectieve handelen, hetgeen het gedrag is dat wordt bepaald door diens emotie' (Bandura, 1991, p. 248).

"Menselijk gedrag is in veel studies verklaard in termen van eenzijdig determinisme", oftewel dat alles wat gebeurt een reden heeft (Wood & Bandura, 1989, p. 361). De kernbegrippen van de SCT worden verklaard door Bandura door een schematisering van triadische wederzijdse causaliteit (Wood & Bandura, 1989) (Triadisch betekent; drie afhankelijkheden) (zie figuur 9). Het schema laat zien hoe het kopieergedrag van waargenomen gedrag wordt beïnvloed door de interactie van de drie variabelen.



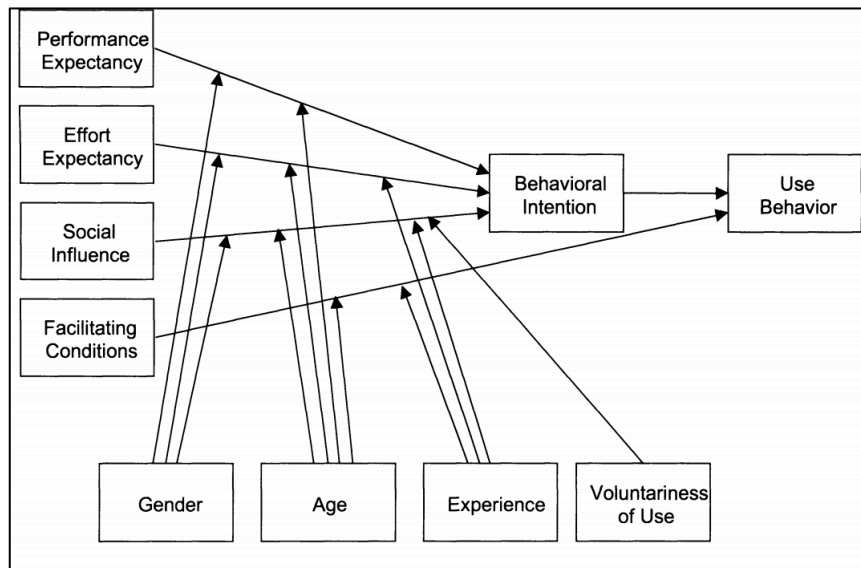
Figuur 9: Schematische weergave van de relatie tussen Gedrag (B), persoonlijke factoren (P) en de omgevingsinvloeden (E) (Wood & Bandura, 1989, p. 362)

1.2.9 De theorieën samen in het UTAUT-model (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003)

Het UTAUT-model is voortgekomen uit de hiervoor beschreven acht prominente theorieën. Deze theorieën zijn in een studie door Venkatesh et. al (2003) teruggebracht naar vier invalshoeken; namelijk:

1. *Prestatieverwachting*: Dit wordt gedefinieerd als de mate waarin een persoon gelooft dat het gebruik van het systeem hem of haar zal helpen winst te behalen in zijn functie.
2. *Inspanningsverwachting*: "Dit wordt gedefinieerd als de mate van gemak dat geassocieerd wordt met het gebruik van het systeem" (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003, p. 450).
3. *Sociale invloed*: Dit wordt gedefinieerd als de mate waarin een persoon ervaart dat belangrijke personen in zijn of haar leven geloven dat hij of zij de innovatie moet gaan gebruiken.
4. *Faciliterende omstandigheden*: Dit wordt gedefinieerd als de mate waarin een persoon gelooft dat er een organisatorische en technische infrastructuur bestaat om het gebruik van de innovatie te ondersteunen.

Daarnaast bestaat het uit vier modererende variabelen, te weten: *geslacht*, *leeftijd*, *ervaring* en *vrijwilligheid in gebruik* (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003). Zie figuur 10 voor het UTAUT-model.



Figuur 10: Het UTAUT-model (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003)

Culturele invloeden

Hong, Soo Kang, & Im (2011) onderzochten welke factoren van het UTAUT-model gedifferentieerd zijn in verschillende culturen. Lee et al. (2007) voerden tevens aan dat de varianties van gebruikers in verschillende culturele groepen in een land vaak groter waren dan de varianties tussen de landen (Lee, Choi, Kim, & Hong, 2007).

Volgens Sun & Zhang (2006) lijkt het duidelijk dat de grootte van de coëfficiënten in het model wordt beïnvloed door cultuur. De impact van “prestatieverwachting” zou groter zijn in landen met een kleinere machtsafstand en een meer individualistische cultuur (Sun & Zhang, 2006). Zij zeggen; “In een individualistische en een cultuur met kleine machtsafstand hebben gebruikers de neiging om meer onafhankelijke beslissingen te nemen” (Sun & Zhang, 2006, p. 71).

Conclusie literatuurstudie

Het UTAUT-model is vanuit het domein van New Business & Innovatie geen vooraanstaande theorie. Echter wanneer de focus gaat naar onderzoek over adoptiegedrag van technologische innovatie is het UTAUT-model een veel gebruikte theorie. Venkatesh et al. (2003) beschrijven dat het UTAUT-model reeds voor 70% de variantie voor gebruiksincentie verklaard en dat daarmee wellicht de praktische limiet van de voorspelbaarheid bereikt is (2003, p. 471). Het geeft daarmee de hoge mate van validiteit van de UTAUT weer.

Williams et al. (2011) hebben de literatuur onderzocht op het gebruik van de UTAUT. Hun belangrijkste bevindingen zijn dat de meeste artikelen die de UTAUT citeerden, hebben dit gedaan als basis voor het ondersteunen van een argument of voor het bekritisieren van de theorie, in plaats van de theorie daadwerkelijk te gebruiken om adoptiekenmerken te herkennen. Daarnaast ontdekten zij een toenemende mate om externe variabelen en externe theorieën samen met UTAUT te gebruiken (Williams, Rana, Dwivedi, & Lal, 2011, p. 9).

De focus bij onderzoeken als het gaat om adoptie van technologische innovatie is vooral gericht op consumenten en medewerkers van bedrijven. Ondanks de lange lijst met TAM-replicaties zijn er geen studies gepubliceerd die zijn gericht op ondernemers, hetgeen als een aparte en bijzondere IT-gebruikersgroep moet worden gedefinieerd volgens Oly Ndubisi en Richardson (2002). Om deze reden, is er door Oly Ndubisi en Richardson (2002) het *Ondernemers Technology Acceptance Model* ontwikkeld, gebaseerd op het TAM van Davis en Venkatesh (1996). Oly Ndubisi en Richardson onderzochten op basis van TAM het gebruik van informatietechnologieën door ondernemers en de matigende impact van specifieke ondernemerskenmerken op de intentie en het daadwerkelijke gebruik van nieuwe informatietechnologieën. (Oly Ndubisi, & Richardson, 2002, p. 95).

Oly Ndubisi en Richardson (2002, p. 98) beschrijven dat vanuit eerder empirisch onderzoek een aantal belangrijke individuele kenmerken zijn gebleken die specifiek zijn voor het karakter van ondernemers. Hieronder de vijf belangrijkste volgens Oly Ndubisi en Richardson (2002):

1. Grote behoefte aan prestaties;
2. Interne locus of control, neemt verantwoordelijkheid en is kritisch;

3. Grote behoefte aan onafhankelijkheid;
4. Grote behoefte aan autonomie;
5. Voorkeur voor matige risico's.

Er kan geconcludeerd worden dat de UTAUT adoptiegedrag- en kenmerken systematisch in kaart kan brengen, maar het legt geen verband tussen het nemen van een aankoopbeslissing en het daadwerkelijke gebruik van de technologische innovatie. Hierdoor worden mogelijke barrières voor adoptie, zoals het niet beschikken over voldoende financiële middelen, bij voorbaat al genegeerd.

2. De Disruptive Innovation Theory

In dit hoofdstuk wordt de literatuur bestudeerd over veel voorkomende barrières van disruptieve (proces-) innovaties. Eerst wordt kort beschreven *wat een innovatie disruptief maakt* en worden verschillende typen disruptieve innovaties onderzocht. Vervolgens wordt een aantal sociaalwetenschappelijke onderzoeken geanalyseerd op de *genoemde barrières voor adoptie van disruptieve innovaties*, zowel vanuit de kant van de gebruiker (de adoptant) als de kant van de aanbieder (de disruptor).

2.1 Innovatie categorieën

Er zijn vele manieren en categorieën om innovaties in te delen. Echter de meest heldere kan wellicht gevonden worden in het boek van Clayton Christensen 'The Innovator's Dilemma' (1997). Hierin onderscheidt Christensen twee typen innovaties, namelijk:

1. *Duurzame (sustaining) innovaties*: Dit type innovaties biedt een verbeterde product performance, gaat uit van een bestaand product waar mainstream gebruikers al gebruik van maken. Gebruikers van het product verwachten bij een volgend product dat het de performance overklast. Denk bijvoorbeeld aan de iPhone 8 naar 10 met een verbeterde beeldresolutie en camera of de Volkswagen Golf 8 dat een verbeterde technologie aan boord en rijcomfort heeft ten opzichte van de Golf 7.
2. *Disruptieve innovaties*: Dit type innovaties zijn vaak 'onderpresterend' in de belangrijkste kenmerken voor de huidige doelgroep van het product of dienst dat het disrupt. Een disruptieve innovatie is vaak een innovatie waar de doelgroep niet actief om heeft gevraagd omdat zij tenslotte niet van het mogelijke bestaan wisten. De waarde van het disruptieve product zit in andere aspecten dan het bestaande product. Disruptieve technologie is inferieur ten opzichte van het bestaande product. De meest recente definitie van een disruptieve innovatie is volgens Christensen "een proces waarbij een product of dienst aanvankelijk wortel schiet in eenvoudige applicaties of kenmerken aan de onderkant van een markt, meestal door minder duur en toegankelijker te zijn en vervolgens meedogenloos naar de hogere markt beweegt en daar uiteindelijk de gevestigde concurrenten verdringt" (Christensen C. M., 2020).
Een disruptieve innovatie ontwricht de bestaande markt met bijvoorbeeld een ander businessmodel. De komst van Airbnb is een van de meest recente disruptieve diensten innovaties. Het ontwrichtte de markt voor (hotel-)overnachtingen door op een laagdrempelige manier slaapplekken aan te bieden bij particulieren thuis voor een lagere prijs dan de overnachtingen in hotels, maar ook vaak niet met het comfort en luxe van een hotel.
Het bekendste voorbeeld van een disruptieve innovatie uit de geschiedenis is voor marketeers misschien wel de case van Kodak en het negeren van de transitie naar digitale fotografie. Het destijds vooraanstaande bedrijf op gebied van fotografie had de innovatie in huis om van de fotorolletjes af te stappen en over te gaan naar digitale fotografie. Echter gaf het management aan weinig brood te zien in digitale fotografie en vermoedden zij dat het niet aan zou slaan vanwege de nog onderpresterende kwaliteit van foto's destijds en het zou het bedrijf tevens geen goed doen omdat er geen fotorolletjes meer verkocht zouden worden. Er werd vervolgens door andere kleinere aanbieders (disruptors) ingestapt met de techniek van digitale fotografie en de rest is geschiedenis.

2.1.1 Product- & procesinnovaties

Om het verschil aan te duiden tussen product- en procesinnovaties heeft Bloch (2007) in zijn werk een duidelijk onderscheid gemaakt. Hij schrijft:

- "Een productinnovatie is de introductie van een goed of dienst die nieuw is of aanzienlijk verbeterd met betrekking tot de kenmerken of het beoogde gebruik. Dit omvat aanzienlijke verbeteringen in technische specificaties, componenten en materialen, ingebouwde software, gebruiksvriendelijkheid of andere functionele kenmerken" (Bloch, 2007, p. 29).
- "Een procesinnovatie is een nieuw verbeterd bedrijfsproces voor één of meer bedrijfsfuncties dat aanzienlijk verschilt van de eerdere bedrijfsprocessen van het bedrijf en dat door het bedrijf in gebruik is genomen. Er kunnen wijzigingen zijn in gebruikte technieken, apparatuur en/ of software" (Bloch, 2007, p. 29).

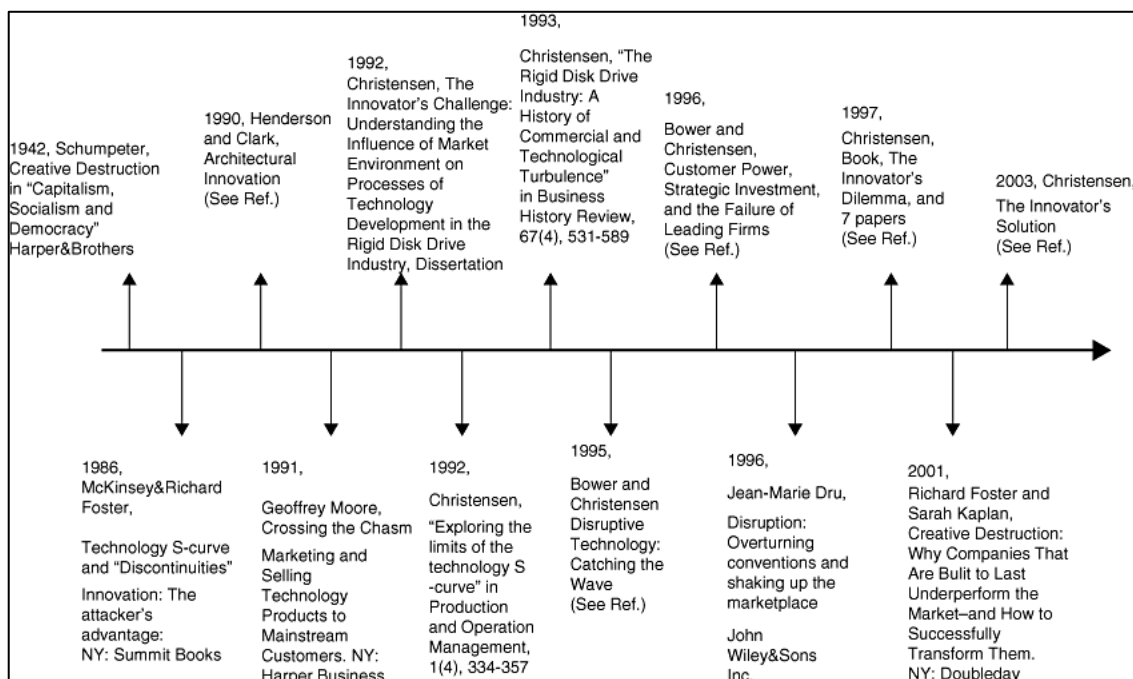
2.2 De ontwikkeling van de 'Disruptive Innovation Theory' (Bower & Christensen, 1995)

De Disruptive Innovation Theory is geïntroduceerd door Clayton M. Christensen in 1995 (Bower & Christensen, 1995). In zijn eerste boek 'The Innovator's Dilemma' (Christensen, 1997) beschrijft hij disruptieve innovatie vanuit een onderpresterende technologie die een nieuwe behoefte vervulde van een doelgroep. Hierin wordt vanuit de theorie beschreven hoe nieuwkomers op een markt gevestigde

bedrijven kunnen ontwrichten. In zijn tweede boek 'The Innovator's Solution' (Christensen & Raynor, 2013) is Christensen meer gaan geloven dat een disruptieve innovatie is 'hoe' en aan 'wie' waarde wordt geleverd (Gobble, 2016). In de tijdlijn in figuur 11 is te zien dat er door onder andere Christensen is voortgebouwd op het werk van Schumpeter. In de hierop volgende onderzoeken over het naar de markt brengen van innovatie door organisaties is Christensen patronen van het reagerend vermogen van organisaties gaan herkennen, hetgeen geleid heeft tot de Disruptive Innovation Theory.

De Disruptive Innovation Theory heeft de laatste decennia veel aandacht gekregen in de wetenschappelijke literatuur. Daarnaast noemt de The Economist het "een van de meest invloedrijke business ideeën van de afgelopen decennia" (King & Baatartogtokh, 2015, p. 78).

Echter schrijven Christensen et al. (2015) dat hun ervaring is dat veel mensen die spreken over 'disruptie' of 'verstoring' geen serieus boek of artikel over dit onderwerp hebben gelezen. "Te vaak gebruiken ze de term 'disruptieve innovatie' ter ondersteuning van alles wat ze willen doen. Veel onderzoekers, schrijvers en consultants gebruiken 'disruptieve innovatie' om elke situatie te beschrijven waarin een industrie door elkaar wordt geschud en voorheen succesvolle gevestigde partijen struikelen. Maar dat is een veel te breed begrip" (Christensen, Raynor, & McDonald, 2015, p. 4).



Figuur 11: Evolutietijdlijn van de Disruptive Innovation Theory (Yu & Hang, 2010)

Christensen en Raynor geven in hun boek 'The Innovator's Solution' (2013) aan dat om een technologie disruptief te maken, moet het een grote populatie bedienen die voorheen niet werd bereikt. Hierbij wordt vaak naar de omstandigheden gekeken waarin mensen zich bevinden en wanneer ze een aankoopbeslissing nemen. Veel taken van mensen zijn routinematig en mensen zijn altijd op zoek naar oplossingen om die taken voor hun over te nemen of te vereenvoudigen (Christensen & Raynor, 2013, p. 74). Zodra de houvast is gegeven willen klanten niet meer zonder het product en kan het proces van productverbetering beginnen. Christensen zegt hierop: "Upgrade het product continu, zodat het aantrekkelijk is voor grotere marktsegmenten en de onderpresterende elementen vervagen" (Christensen, 1997, p. 75).

Een disruptieve technologie kan mensen ook in staat stellen om iets te doen dat eerder op een gecentraliseerde locatie moest worden gedaan. Om iets een low-end disruptie te laten zijn, zullen er klanten aan de, voor wat betreft technologische vereisten, onderkant kant van de markt zijn die eerder niet de toepassing hadden en die het wellicht niet storend vinden als het niet perfect presteert. Als een product aan deze kwalificaties voldoet, is er nog een test: verstoort de innovatie alle belangrijke spelers en belanghebbenden in de industrie? Indien op deze vraag een 'ja' gegeven kan worden is er sprake van een disruptieve innovatie (Christensen & Raynor, 2013, p. 158).

2.2.1 De vier kernelementen van de Disruptive Innovation Theory (Bower & Christensen, 1995)

King en Baatartogtokh (2015) analyseerden de literatuur over de Disruptive Innovation Theory van Christensen en kwamen tot een viertal kernelementen van de theorie (King & Baatartogtokh, 2015, p. 79):

- I. *De gevestigde aanbieders verbeteren langs een continu traject van innovaties.*
 “Het verbeteringstraject van een gevestigde onderneming is het resultaat van wat zij 'duurzame innovatie' noemen. Gewoonlijk verbeteren de ondersteunende innovaties de producten op een paar gevestigde waardegebieden. Zoals Christensen en Raynor uitleggen, streven goede managers ernaar 'om betere producten te maken die ze kunnen verkopen voor hogere winstmarges aan nog niet tevreden klanten in meer veeleisende marktlagen” (King & Baatartogtokh, 2015, p. 79).
- II. *Het tempo van voortdurende innovatie overschrijdt de behoeften van klanten.*
 “Een tweede element is dat het tempo van het ondersteunen van innovatie langs het traject van bepaalde waardeproposities bijna altijd groter is dan het vermogen van klanten in een bepaald segment van de markt om het te gebruiken” (King & Baatartogtokh, 2015, p. 79). Er is daarmee dus sprake van een bepaalde mate van overbodige waarde van het product.
- III. *De gevestigde aanbieders hebben de mogelijkheid om te reageren, maar doen het niet.*
 “Christensen en Raynor beweren dat gevestigde aanbieders vaak over de nodige capaciteiten beschikken om te slagen, maar managers slagen er niet in deze effectief in te zetten om potentiële disruptors te bestrijden. ‘Disruptie heeft een verlamrend effect op marktleiders', schrijven ze. Met processen die zijn ontworpen en geperfectioneerd om duurzame innovaties te ondersteunen, zijn ze vaak te log om te reageren. Concurrenten met disruptieve innovaties vermijden een onderlinge strijd met de gevestigde aanbieders om de beste klanten. Ze richten zich in plaats daarvan op nieuwe en low-end klanten, met producten en diensten die niet zo goed zijn als die momenteel beschikbaar zijn” (King & Baatartogtokh, 2015, p. 80).
- IV. *De gevestigde aanbieders lopen vast als gevolg van de disruptie.*
 Het oorspronkelijke onderzoeksdoel van Christensen was de ontwikkeling van een 'faalkader' voor waarom en onder welke omstandigheden nieuwe technologieën de grote bedrijven hebben doen ten onder gaan. In zijn werken schrijft Christensen over het overaanbod aan prestaties van de huidige producten of diensten, waarmee het zelf de deuren opent voor eenvoudigere, goedkopere en bijna altijd disruptieve technologieën om binnen te komen. “Bedrijven met deze ontwrichtende technologieën, zullen altijd de prestaties verbeteren van hun producten en daarmee uiteindelijk de oudere markten overnemen” (King & Baatartogtokh, 2015, p. 80).

2.3 Wat maakt een innovatie disruptief?

Christensen (1997) stelt dat gevestigde bedrijven de dreiging van een disruptieve innovatie vaak niet herkennen. Schmidt en Druehl zeggen daarom “het is dus van cruciaal belang dat managers een ontwrichtende innovatie kunnen herkennen wanneer ze er een zien” (Schmidt & Druehl, 2008, p. 347).

Schmidt en Druehl (2008) hebben een raamwerk (figuur 12) ontwikkeld waarmee het type innovatie inzichtelijk gemaakt wordt en dus kan worden bepaald of een innovatie ook een disruptieve innovatie is. Hieronder wordt toegelicht waarom een innovatie wel of geen disruptieve innovatie genoemd kan worden.

Table 1. Mapping of the Type of Innovation to the Type of Diffusion

Type of Innovation	Type of Diffusion to which It Maps	Description	Example
Sustaining Innovation	High-end encroachment	The new product first encroaches on the high end of the existing market and then diffuses downward.	Pentium IV relative to Pentium III
Disruptive Innovation	Low-end encroachment	The new product first encroaches on the low end of the existing market and then diffuses upward.	
New-Market Disruption	Fringe-market low-end encroachment	Before encroachment begins, the new product opens up a fringe market (where customer needs are incrementally different ^a from those of current low-end customers).	5.25 inch disk drive relative to 8 inch drive
	Detached-market low-end encroachment	Before encroachment begins, the new product opens up a detached market (where customer needs are dramatically different ^a from those of current low-end customers).	Cell phone relative to land line
Low-End Disruption	Immediate low-end encroachment	Low-end encroachment begins immediately upon introduction of the new product.	Discount relative to department stores

*The distinctions between fringe and detached markets and between incrementally and dramatically different preferences are illustrated in the disk-drive examples provided herein.

Figuur 12: Mapping the Type of Innovation to the Type of Diffusion (Schmidt & Druehl, 2008)

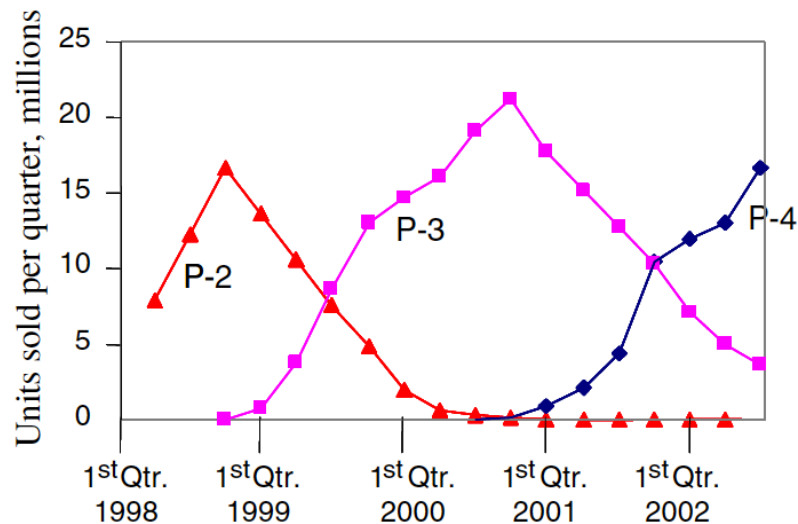
Met figuur 13 tonen Schmidt en Druehl (2008) aan hoe het verloop van opvolgende producten bij een duurzame innovatie er uitziet. Het is belangrijk om te erkennen dat ondanks dat de processors Pentium 2, Pentium 3 en Pentium 4 allemaal door dezelfde firma (Intel) werden geïntroduceerd, dit niet de reden is dat een snellere microprocessor een duurzame innovatie in plaats van een disruptieve innovatie is. Ook als de Pentium 4 door een concurrent bij zoals AMD zou zijn geïntroduceerd, zou het nog steeds een duurzame innovatie zijn. Een streven in Christensens werk is om gevestigde aanbieders ertoe te brengen om disruptieve innovaties op de markt te brengen, in plaats van zich primair te richten op de duurzame innovatie (Schmidt & Druehl, 2008, p. 349).

Figuur 14 bevestigt vervolgens dat een disruptieve innovatie ook uit 'eigen stal' kan komen. Hierin wordt namelijk het verloop van opvolgende harddisks getoond waarbij te zien is dat ondanks de introductie van de 3,5-inch hard disk, het voormalige product, de 5,25 inch harddisk, nog altijd groeit in aantallen verkoop.

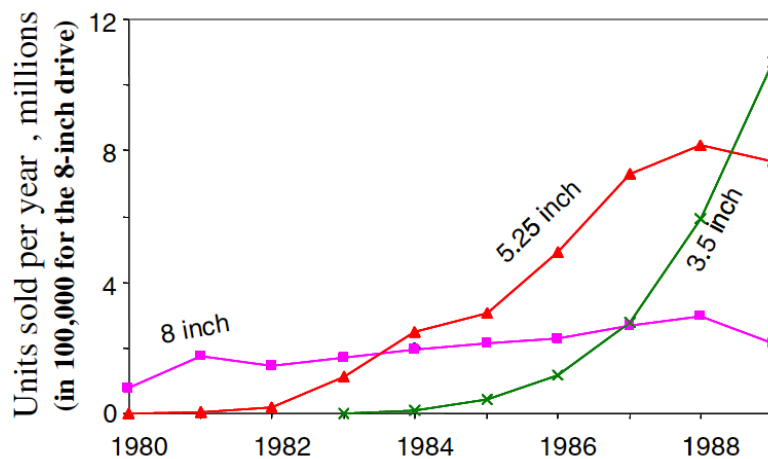
Vergeleken met de manier waarop de Pentium 4 de Pentium 3 ontworpen, was de 3,5-inch harddisk in het begin niet erg storend voor de 5,25-inch harddisk. Maar volgens Schmidt en Druehl is het voorbeeld van een harddisk Christensens klassieke voorbeeld van een disruptieve innovatie (Schmidt & Druehl, 2008, p. 349). Het voorbeeld van een processor vertegenwoordigt daarmee een innovatie die vanaf het begin de verkoop van het oude product verstoort, maar uiteindelijk toch geen ontwrichtende innovatie is, terwijl het voorbeeld van een harddisk een innovatie is die aanvankelijk niet erg storend leek te worden, maar in feite een disruptieve innovatie is. Een introductie van een nieuw product of dienst kan daarmee op korte termijn een beperkte impact hebben op de gevestigde aanbieders, maar op de lange termijn de markt volledig ontwrichten.

Een reden waarom het langer duurde voordat de nieuwe 5,25-inch harddisk de oude 8-inch markt voor harddisks binnendrong, is dat deze eerst een nieuwe low-end markt voor desktopcomputers bediende voordat hij de markt naar high-end computers betrad.

Uit het werk van Christensens blijkt dat vanwege het niet-disruptieve karakter van een disruptieve innovatie op korte termijn, een gevestigde aanbieder mogelijk geen actie onderneemt en daardoor op lange termijn catastrofaal wordt 'gedisrupt'.



Figuur 13: Het verloop van de verkoop van Intel microcomputers (P2 = Pentium 2, P3 = Pentium 3 et cetera) als voorbeeld van duurzame innovaties (Schmidt & Druehl, 2008, p. 349)



Figuur 14: Het verloop van de verkoop van harddisks als voorbeeld van disruptieve innovaties (Schmidt & Druehl, 2008, p. 349)

2.4 Verschillende adoptiekenmerken bij duurzame en disruptieve innovaties

Het is voor organisaties en start-ups van groot belang te weten wat kerneigenschappen zijn van de doelgroep die zij willen bereiken met de innovatie. Nu bekend is wat een innovatie disruptief maakt, is het van belang te weten welke adoptiekenmerken er te typeren zijn voor gebruikers van disruptieve innovaties (Reinhardt & Gurtner, 2015). Ten eerste zal er op basis van een onderzoek naar de adoptiekenmerken van een early adopter van een disruptieve productinnovatie en die van een duurzame productinnovatie worden gekeken of deze gebruikers daadwerkelijk significante verschillen vertonen.

In tegenstelling tot eerdere onderzoeken, dat constateerde dat early adopters zowel beter geïnformeerd als meer betrokken zijn dan 'late adopters', tonen de resultaten van de studie van Reinhardt en Gurtner (2015) de conclusie dat early adopters van duurzame productinnovaties zich niet beter geïnformeerd voelen dan late adopters. De early adopters van disruptieve producten moesten niet alleen het bestaan van het product kennen, maar ook het gebruik, de functies en de voordelen ervan begrijpen. "Daarentegen zijn early adopters van duurzame innovaties meer betrokken bij de productcategorie dan early adopters van disruptieve innovaties" (Reinhardt & Gurtner, 2015, p. 143). Enthousiasme over eerdere productgeneraties en de productcategorie in het algemeen bevordert namelijk de adoptie van duurzame innovaties. Omgekeerd zijn enthousiasme en betrokkenheid voor adoptanten van disruptieve innovaties niet relevant, omdat potentiële adoptanten geen eerdere productsoorten hadden om af te nemen (Reinhardt & Gurtner, 2015, p. 143).

Reinhardt en Gurtner schrijven tevens dat een bepaalde mate van 'voldoening' volgens Reinhardt en Gurtner bij early adaptors van disruptieve innovaties wel een rol speelde om het product te gaan consumeren, maar bij early adaptors van duurzame innovaties niet. De Disruptive Innovation Theory (Christensen, 1997) geeft hiervoor geen directe verklaring, maar vermoedelijk treedt dit effect op omdat disruptieve innovaties doorgaans kleiner, goedkoper en een bepaald vereenvoudigd gebruik bieden (Reinhardt & Gurtner, 2015).

Reinhardt en Gurtner tonen tevens aan dat 'prijs van het product' geen motief of barrière is voor de adoptie van disruptieve innovaties (Reinhardt & Gurtner, 2015). Zij schrijven: "ten eerste hebben niet alle disruptieve innovaties een lagere prijs. Sommige disruptieve innovaties zijn duurder dan bestaande oplossingen, maar ze introduceren een extra prestatiedimensie. Ten tweede impliceren disruptieve innovaties een hoger niveau van nieuwheid op de markt, omdat ze een nieuwe prestatiedimensie introduceren. Dit vergroot het adoptierisico voor consumenten, wat op zijn beurt de monetaire middelen belangrijker maakt" (Reinhardt & Gurtner, 2015, p. 143).

2.5 Barrières voor de adoptie van disruptieve innovaties

In deze paragraaf worden diverse onderzoeken vanuit de wetenschappelijke literatuur geanalyseerd die barrières blootleggen voor adoptie van disruptieve innovaties vanuit het perspectief van ten eerste de gebruikers of toepassers van de disruptieve innovaties en ten tweede bij de aanbieders van de disruptieve innovaties.

2.5.1 Barrières vanuit gebruikersperspectief

Hwang en Christensen (2007) schrijven in een onderzoek naar disruptieve innovatie in de gezondheidszorg dat moet leiden tot businessmodel innovatie, dat een barrière voor adoptie van disruptieve innovatie in vrijwel elke industrie met vergaande belangen is, dat men niet zou moeten accepteren dat de dienstverlening ondermaats zou worden. Tevens zou het adopteren van disruptieve innovaties niet moeten leiden tot *onaanvaardbare kwaliteit* (Hwang & Christensen, 2007, p. 1334). Hieruit blijkt dat de belevenis van potentiële adoptanten van een disruptieve innovatie is, dat er ingeleverd moet worden op de kwaliteit van de dienstverlening.

In een ander onderzoek dat barrières voor het gebruik van telediensten in de gezondheidszorg in de Verenigde Staten onderzocht, zoals advies op afstand van een radioloog (Weinstein, et al., 2014), wordt aangegeven dat niet alle zorgverzekeringen de zorgkosten voor telediensten vergoeden. Enerzijds vanuit de onbekendheid met de dienstverlening en het *gebrek aan aantoonbare voordelen* (ervaringscijfers) van de dienstverlening en anderzijds vanuit het perspectief van *geleverde kwaliteit* van de zorg. Dit, vanwege het feit dat in de ogen van veel zorgverzekeringen en andere zorgverleners nog niet op het niveau is van de reguliere face-to-face zorgverlening (Weinstein, et al., 2014, p. 184). Voor deze disruptieve innovatie zijn niet de gebruikers, de zorgbehoevenden, maar de zorgverzekeraars de 'decision makers'.

In 'The Innovator's Dilemma' beschrijft Christensen (1997) dat wanneer een disruptieve innovatie volwassen wordt, de kennis ervan meer wijdverspreid wordt en het daarmee gemakkelijker en sneller zal worden geadopteerd. Dienovereenkomstig zullen de 'late adopters' innovaties sneller kunnen toepassen in hun bedrijfsprocessen dan de 'early adopters' (Carlo, Gaskin, Lyytinen, & Rose, 2014, p. 544).

Carlo et al. (2014) hebben onderzoek gedaan naar de impact van timing op het adoptiegedrag van radicale disruptieve IT-innovaties. De onderzoekers vonden een sterk verband tussen de productlevensfase waarin een disruptieve IT-innovatie zicht bevindt en de acceptatiegraad ervan. Hiermee wordt aangetoond dat de *tijdsgeest* en de *levenscyclus* waarin de disruptieve innovatie zich bevindt, van groot belang is voor de adoptie ervan bij de doelgroep en het daarmee voor de 'late adopters' een barrière kan zijn om nog niet de innovatie toe te passen. Bij het implementeren van een IT-procesinnovatie in de onderneming zouden ondernemers en managers deze 'temporele dimensie' van disruptieve IT-innovaties in overweging moeten nemen om de innovatie succesvol te implementeren en te beheren (Carlo, Gaskin, Lyytinen, & Rose, 2014, p. 558).

Garrison (2009) heeft aangetoond dat specifieke innovaties in het productieproces de bedrijfsprestaties kunnen beïnvloeden via technologische middelen die zijn ontworpen om die organisaties de mogelijkheid te bieden om te reageren op technologische veranderingen" (Garrison, 2009, p. 444). Daartoe heeft Garrison (2009) gekeken naar de grootte van een organisatie en de technologische detectie- en reactiemogelijkheden als factoren die van invloed

kunnen zijn op de vroege acceptatie van twee (in 2009) potentieel disruptieve technologieën, VoIP en open-source software.

De resultaten tonen aan dat grote organisaties (Fortune 1000-bedrijven) een groter vermogen hadden om een disruptieve technologie te detecteren dan kleinere organisaties (INC 500-bedrijven) (Garrison, 2009, p. 448). De gegevens wijzen echter op een negatieve relatie tussen waarnemingsvermogen en vroege adoptie. Deze bevinding suggereert dat het louter aanvoelen van een potentieel ontwrichtende technologie niet leidt tot een vroegtijdige adoptie ervan. Er zijn tevens aanwijzingen dat het voor kleinere bedrijven gemakkelijker is om te reageren op een ontwrichtende technologie. Deze bevinding leidt tot het idee dat grotere organisaties in de loop van de tijd de neiging hebben om structureel rigide te worden, wat het vermogen van managers om disruptieve technologieën toe te passen, mogelijk beperkt (Garrison, 2009, p. 448).

2.5.2 Barrières vanuit het perspectief van aanbieders

In deze paragraaf zal er verder worden gekeken naar de barrières van aanbieders om disruptieve innovaties op de markt te brengen.

Het eerder in dit literatuuronderzoek genoemde werk van Weinstein et al. (2014) heeft niet alleen betrekking op barrières voor adoptie vanuit de gebruiker, maar ook vanuit de aanbieder. De zorgverzekeraar is in de meeste gevallen de betalende partij en dat maakt hen daarom ook de decision maker. Wanneer zorgverlening via telediensten niet wordt vergoed door een zorgverzekeraar, zal het inzetten op deze disruptieve innovatie ook in beperkte mate worden gestimuleerd vanuit de zorgverleners.

Door Christensen worden in zijn eerste boek 'The Innovator's Dilemma' (1997) ook een aantal algemene barrières beschreven waarom de stappen dikwijls niet worden ondernomen door gevestigde bedrijven naar het aanbieden van een disruptieve innovatie, namelijk (Christensen, 1997):

- Het 'lonken' van (tijdelijk) hoge marges in een hoger marktsegment;
- De beweging van potentiële klanten richting een hoger segment;
- De strubbelingen en de moeilijkheid van het snijden in de kosten.
- Het groeipercentage van de onderneming wordt vaak gemeten in omzet of nettowinst. Bij een disruptieve innovatie liggen prijzen vaak lager ten opzichte van de duurzame innovatie. Hierdoor vlakt de groei op papier af en kan dit bij beursgenoteerde bedrijven erg nadelige gevolgen hebben voor de aandelenkoersen.

Conclusie literatuurstudie

In dit hoofdstuk is de Disruptive Innovation Theory van Christensen (1997) geanalyseerd. Hierbij is er met behulp van de literatuur van Schmidt en Druehl (2008) antwoord gekomen op de vraag: "Wat maakt een innovatie disruptief?", namelijk de wijze waarop een innovatie op lange termijn een markt met gevestigde aanbieders weet te ontwrichten.

Tevens is in dit hoofdstuk beschreven dat er veel studies zijn gedaan naar de detectie of adoptie voor disruptieve innovaties vanuit de aanbieders. Hiermee wordt er gekeken in hoeverre er kansen worden gedetecteerd en ook benut. Er is beperkte literatuur te vinden als het gaat om adoptiekenmerken van gebruikers van disruptieve procesinnovaties. Desondanks zijn er wel een aantal generiek genoemde barrières vanuit de in dit hoofdstuk geanalyseerde literatuur, namelijk: *'Het niet accepteren van een lagere kwaliteit van de dienst of het product'*. Dit is van toepassing in kritische processen van bijvoorbeeld de gezondheidssector (Hwang & Christensen, 2007). *'De disruptieve innovatie biedt een lagere kwaliteit dan de huidige standaard en er ontbreekt concrete bewijsvoering dat de innovatie daadwerkelijk een bijdrage levert'* (Weinstein, et al., 2014). *'De grootte van de organisatie'* speelt volgens Garrison een relevante rol, waarbij hij aangeeft dat *'grote organisaties log zijn in hun processen om snel te reageren'* (Garrison, 2009). Tenslotte concluderen Carlo et al. (2014) dat *'tijdsgeest en de fase van het product in de productlevenscyclus van een disruptieve innovatie'* een rol speelt (Carlo, Gaskin, Lyytinen, & Rose, 2014).

In het volgende hoofdstuk zal er complementair aan de hierboven genoemde barrières voor gebruikers van disruptieve innovaties, ingezoomd worden op barrières voor technologische procesinnovaties voor MKB-ondernemers.

3. Barrières voor adoptie van (proces-)innovaties van MKB-ondernemers

In dit hoofdstuk wordt op basis van literatuurstudie getracht een antwoord te geven op de vraag: *‘Welke barrières voor het adopteren van (disruptieve) procesinnovaties door MKB-ondernemers worden er beschreven?’* Hierbij worden diverse onderzoeken vanuit de literatuur geanalyseerd over barrières van ondernemers in het MKB om te investeren in technologische (proces)innovaties. Er worden onder andere onderzoeken geanalyseerd die betrekking hebben op interne procesinnovaties in een industriële omgeving en waarbij de focus ligt op de barrières die genoemd worden door de MKB-ondernemer of verantwoordelijke businessunit manager. De onderzoeken zijn uitgevoerd in verschillende geografische en culturele contexten. Daarnaast zijn de meeste onderzoeken niet sectorspecifiek gemaakt, maar vooral gericht op het gedrag van het management of de ondernemer in het MKB. Hieronder zullen de belangrijkste bevindingen worden toegelicht welke tevens schematisch worden weergegeven in tabel 2.

Tao Ren (2009) heeft onderzoek gedaan naar drivers en barrières voor het investeren in procesinnovaties in de petrochemische industrie. De petrochemische industrie is in de jaren '70 en '80 erg onder druk komen te staan door de mondiale concurrentie (Ren, 2009, p. 296). Petrochemische bedrijven zijn massaproductiebedrijven met geavanceerde processen, waarbij een minimale vermindering van het gebruik van grondstoffen per geproduceerde eenheid een groot concurrentievoordeel kan bieden bij een lage-kosten strategie.

Als voornaamste redenen werden genoemd: 'een gebrek aan tijd van geschoold personeel', 'een gebrek aan prioriteitstelling voor procesverbetering', 'hoge kosten van investering' en 'het vertrouwen in de huidige processen', onder het mom: "zoals het nu functioneert, is het prima". De absoluut door de respondenten aangegeven belangrijkste driver voor procesinnovaties is de 'kostenreductie' die de procesinnovatie kan opleveren. Denk hierbij aan besparing op energiekosten en het verminderen van gebruik van grondstoffen (Ren, 2009, p. 292).

In een onderzoek van Madrid-Guijarro et al. (2009) onder Spaanse producerende MKB-organisaties naar de barrières voor de aanschaf en implementatie van innovatie worden als voornaamste barrières de 'hoge kosten', 'beperkte financieringsmogelijkheden', 'onvoldoende support vanuit (lokale) overheden' en 'gebrek aan gekwalificeerd personeel' genoemd (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 476). Ook werd aangegeven dat de instabiele economie volgens de respondenten een barrière vormt voor innovatie (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 482). Daarbij moet in ogenschouw genomen worden dat het onderzoek gepubliceerd is ten tijde van de wereldwijde economische crisis (2009), hetgeen een verzaamd effect kan hebben gehad op deze genoemde barrière van economische instabiliteit en daarom ook context- of tijdgebonden kan zijn. In dit onderzoek, waaraan 294 respondenten hebben deelgenomen, is 77,9 procent van de bedrijven eigendom van een familie en ongeveer 84,1 procent wordt beheerd door de familie (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 475).

Tevens maakt dit rapport onderscheid tussen interne en externe barrières van de manager of ondernemer en onderscheidt het drie typen innovaties, namelijk: 'product-', 'proces-' en 'management innovatie'. Dit rapport concentreert zich op de interne barrières voor procesinnovaties. Madrid-Guijarro et al. (2009) definiëren procesinnovaties als volgt: "Veranderingen in fabricageprocessen of aanschaf van nieuwe apparatuur voor deze processen" (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 471).

Madrid-Guijarro et al. (2009) noemen de sterke correlatie die gevonden werd tussen een gebrek aan financiële middelen en het nemen van buitensporige risico's. Uit dit onderzoek is tevens gebleken dat de omvang van de organisatie een significante relatie heeft ten opzichte van de omvang en investeringen in procesinnovaties in de organisatie. Oftewel hoe groter de organisatie des te hoger de mate van toegepaste procesinnovaties in de organisatie (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 482). De bevinding dat hoge kosten een belangrijke barrière vormen, strookt ook met de suggestie dat innovatie mogelijk wordt beperkt door het gebrek aan voldoende financiële middelen (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 483).

Tenslotte wijst een regressieanalyse uit dat Spaanse industriële MKB-ers reageren op uitdagende externe omgevingsfactoren door meer interne proces- en managementinnovatie door te voeren (Madrid-Guijarro, Garcia, & Auken, 2009, p. 483). Onder 'uitdagende externe omgevingsfactoren' verstaat men een gunstig gestemd economisch vooruitzicht.

Hadjimanolis (1999) heeft onderzoek gedaan naar de barrières voor innovaties onder MKB-ondernemers op Cyprus, hetgeen in tijden van het onderzoek een minder ontwikkeld land was.

Hadjimanolis (1999) maakt net als Madrid-Guijarro et al. (2009) onderscheidt tussen interne en externe barrières. Als belangrijkste interne barrière wordt tijdgebrek van de ondernemer of manager genoemd, gevolgd door ontoereikende middelen voor R&D, hetgeen noodzakelijk wordt geacht om de innovatie te testen en te implementeren. Tenslotte noemt ook Hadjimanolis (1999) de ontoereikende financiële middelen in de organisatie (Hadjimanolis, 1999, p. 566). Als belangrijkste externe barrière, de omgevingsfactoren, geeft Hadjimanolis (1999) aan dat respondenten vaak zien dat een innovatie te snel gekopieerd kan worden. Dit heeft met name te maken met productinnovatie dat het op de eigen producten toepast. Daarnaast ervaren de meeste respondenten een grote mate van bureaucratie en weinig begrip en support vanuit de (lokale) overheid. Tenslotte wordt een tekort aan geschoolde arbeidskrachten genoemd om de innovaties te leiden of te gebruiken en vormt het moeizaam verkrijgen van bankkrediet een belangrijke barrière (Hadjimanolis, 1999, p. 565).

Baldwin en Lin (2002) hebben onderzoek gedaan naar de toepassing van geavanceerde technologieën in het productieproces door Canadese ondernemers.

Ondanks de bewijzen van de hogere productiviteit en winsten van bedrijven die een hogere mate van procesinnovatie in het productieproces toepassen, zien Baldwin en Lin (2002) dat slechts ongeveer een derde van de Canadese producerende ondernemers in 1993 gebruik maakt van ten minste één geavanceerde technologie in hun productieproces. Dit was de aanleiding voor Baldwin en Lin (2002) om te onderzoeken waarom sommige Canadese ondernemers met productiefaciliteiten op grote schaal gebruik maken van geavanceerde technologieën, maar anderen helemaal niets gebruiken.

In het kwantitatieve onderzoek dat door Baldwin en Lin (2002) is uitgevoerd onder 1936 respondenten (management en ondernemers) zijn gegevens verzameld over het gebruik van 22 gedetailleerde geavanceerde procestechnologieën.

De door de respondenten genoemde barrières vallen uiteen in vijf groepen, te noemen: 'kosten gerelateerd', 'instelling gerelateerd', 'arbeid gerelateerd', 'organisatie gerelateerd' en 'informatie gerelateerd' (Baldwin & Lin, 2002, p. 1).

De eerste omvat een reeks algemene kosten gerelateerde problemen die verband houden met de acceptatie van geavanceerde technologie, waaronder de kapitaalkosten, de kosten van de aanschaf van technologie, de kosten van de verwerving van gerelateerde apparatuur, de kosten van de ontwikkeling van gerelateerde software en het hebben van hogere onderhoudskosten (Baldwin & Lin, 2002, p. 6).

Op enkele uitzonderingen na wordt opgemerkt dat het percentage respondenten dat belemmeringen aangeeft duidelijk en consistent hoger is onder gebruikers van geavanceerde technologieën dan niet-gebruikers (Baldwin & Lin, 2002, p. 8). Dit suggereert dat belemmeringen ontstaan tijdens het innovatieproces naarmate bedrijven 'leren door te doen'. Gebruikers die nieuwe technologieën toepassen, worden met verschillende problemen geconfronteerd en moeten deze overwinnen. "Niet-gebruikers hebben misschien een algemeen idee van het belang van de verschillende belemmeringen, maar totdat ze ermee worden geconfronteerd, kunnen ze de ernst ervan niet inschatten" (Baldwin & Lin, 2002, p. 8).

De regressieanalyse die door Baldwin en Lin is uitgevoerd (2002) bevestigt dat veel van de barrières verband houden met variabelen die de technologische complexiteit van de bedrijven typeren en daarmee de intensiteit van technologiegebruik en innovatie competenties (Baldwin & Lin, 2002, p. 17). Deze feiten onderbouwen de opvatting dat barrières worden aangeleerd. Het kunnen barrières zijn, maar het zijn belemmeringen die innovatie en de invoering van nieuwe technologieën niet tegenhouden. Het zijn obstakels die worden overwonnen als de geavanceerde technologie op de productielocatie wordt toegepast. Dit bevestigt hoe de barrières moeten worden geïnterpreteerd. Het moet niet worden geïnterpreteerd alsof deze barrières de innovatie tegenhouden, maar meer als bottlenecks die overwonnen moeten worden (Baldwin & Lin, 2002, p. 17).

Baldwin en Lin concluderen dat er significante bewijzen zijn dat kosten gerelateerde problemen groter zijn in markten waarbij de concurrentiestrijd heftiger is en in relatief jonge organisaties, waar arbeid gerelateerde problemen groter zijn bij bedrijven die reeds veel gebruik (moeten) maken van geavanceerde technologie en zij daardoor moeite ervaren met het vinden van goed geschoold personeel (Baldwin & Lin, 2002, p. 17).

In 2005 is het onderzoek gepubliceerd van Dangayach (2005) waarin hij de barrières beschrijft voor de adoptie van geavanceerde technologieën in het productieproces onder MKB-ers in India. Net als Baldwin en Lin (2002) is het onderzoek van Dangayach gefocust op geavanceerde

technologieën in het productieproces, hetgeen wordt aangeduid als 'Advanced Manufacturing Technologies' (AMT). Volgens Dangayach wordt onder AMT het volgende verstaan: "AMT is een overkoepelende term die wordt gebruikt om een breed scala aan automatisering en aanverwante technologieën te beschrijven, die de afgelopen twee decennia zijn ontstaan als gevolg van ontwikkelingen in informatietechnologie. Meer specifiek kan AMT worden beschreven als een groep computer gebaseerde technologieën" (Dangayach, 2005, p. 486). Tevens onderscheidt Dangayach (2005) Directe AMT, Indirecte AMT en Administratieve AMT. Onder directe AMT wordt verstaan: "Technologie dat op de fabrieksvloer wordt gebruikt om materialen te snijden of processen aan te sturen met behulp van bijvoorbeeld computer numerieke besturing of robotica" (Dangayach, 2005, p. 487). Onder indirecte AMT wordt verstaan: "Technologie dat wordt gebruikt om producten te ontwerpen, zoals CAD" (Dangayach, 2005, p. 487). Tenslotte wordt onder Administratieve AMT verstaan: "Ondersteunende administratieve systemen zoals een ERP-systeem" (Dangayach, 2005, p. 487). Aan het onderzoek hebben 122 respondenten deelgenomen die actief zijn in de sectoren weergegeven in onderstaande tabel 1.

Industry sector	Number of respondents	(%)
Automobile	34	28
Electronics	25	20
Machinery	18	15
Process	45	37
Total	122	100

Tabel 1: Respondenten per sector (Dangayach, 2005, p. 489)

De resultaten van het onderzoek worden door Dangayach beknopt beschreven, maar wel vond men voldoende bewijzen voor de volgende barrières bij Indische MKB-ers voor het toepassen van meer AMT's in het productieproces: 'Het ontbreken van (voldoende) managementmiddelen' en 'beperkte informatie over de mogelijke innovatie' (wat kan het, wat levert het mijn organisatie op?) (Dangayach, 2005, p. 492). Daarnaast beschrijft Dangayach dat het veel Indische MKB-ers ontbreekt aan een duidelijke langetermijnstrategie. Tevens beschrijft Dangayach (2005) dat de grootste uitdaging in de MKB-sector in India de komende decennia ligt bij het transformeren van organisaties waarbij meer gebruik gemaakt moet worden van AMT om concurrentie uit binnen- en buitenland het hoofd te bieden (Dangayach, 2005, p. 492).

Demirbas (2011) heeft onderzoek gedaan naar de barrières voor adoptie van innovatie bij MKB-ondernemers in Turkije. Uit onderzoek, uitgevoerd bij 224 respondenten (management en ondernemers van MKB's) is bewijs gevonden dat de volgende factoren een negatieve impact hebben op innovatiebeslissingen binnen het MKB in Turkije. 'Gebrek aan overheidsstimulans op investeringen in innovaties', 'hoge kosten van innovatie' en 'gebrek aan gekwalificeerd personeel om innovatie te implementeren' (Demirbas, 2011, p. 18).

Zhu et al. (2012) hebben onderzoek gedaan naar de barrières voor adoptie van innovatie onder MKB-ers in China. Op basis van onderzoek van 82 respondenten (management en ondernemers) kunnen een aantal barrières in kaart gebracht worden.

Als voornaamste barrière geeft 67% van de respondenten aan dat hun innovatieactiviteiten grotendeels worden beperkt door de oneerlijke concurrentieomgeving en discriminatie vanuit de overheidsinstanties die daarin volgens de respondenten plaatsvindt (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1135). In 1993 keurde China voor het eerst de wet inzake oneerlijke concurrentie goed in het licht van het hoge tempo van de ontwikkeling van de particuliere sector, waardoor er behoefte was aan regels om de concurrentie te regelen. De wet wordt gehandhaafd door de Rijksdienst voor Industrie & Handel en haar bijkantoren op regionaal niveau. Ondanks de nieuwe wet klaagden de respondenten dat de huidige zakelijke omgeving grote corporate bedrijven blijft begunstigen. Deze ongelijke behandeling ontmoedigt MKB-ondernemers om te innoveren (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1135).

Als tweede barrière noemden de respondenten de beperkte toegang tot financiering van innovaties in het MKB (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1136). Vanwege het relatief hoge risicoprofiel waar MKB's onder vallen, zijn hypotheekverstrekkers en investeerders terughoudend in het verlenen van financiële steun (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1136).

Als derde barrière beschrijven Zhu et al. (2012) de weinig ondersteunende wet- en regelgeving. Hoewel sommige regionale overheden hebben geprobeerd onzichtbare activa zoals intellectueel eigendomsrecht, auteursrecht, handelsmerk of octrooi als kredietgarantie te gebruiken, zijn de meeste financiële instellingen nog steeds conservatief en stellen zij extra toegangsdrumpels voor MKB-ondernemers voor het krijgen van een financiering (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1138).

Als vierde barrière wordt door Zhu et al. (2012) de belastingdruk beschreven. Ongeveer 95% van de respondenten gaven aan dat het btw-stelsel innovatie demotiveert omdat btw gebaseerd is op productie. Om bedrijven aan te moedigen om te innoveren, heeft China ten tijde van dit onderzoek een belastingkredietbeleid voor R&D en innovatie afgekondigd, dat een belastingaftrek van 150% van het werkelijke inkomen mogelijk maakt (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1139). Hiermee zou deze barrières voor MKB-ondernemers overwonnen moeten zijn. Tenslotte noemde de respondenten als belangrijke barrière voor de adoptie van innovatie in het bedrijf de beperkte toegang tot of beschikbaarheid van openbare ondersteunende systemen (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1139). Hoewel China een reeks ondersteuningssystemen heeft geïmplementeerd, gaven de respondenten aan dat het voor MKB-ondernemers niet gemakkelijk is om te profiteren van deze programma's. Dit komt door de beperkte transparante informatie over de diensten die deze ondersteuningssystemen bij de MKB-ondernemers kenbaar moeten maken (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012, p. 1139).

Conclusie literatuurstudie

In dit hoofdstuk is een antwoord gekomen op de vraag: *‘Welke barrières voor het adopteren van (disruptieve) procesinnovaties door MKB-ondernemers worden er beschreven?’* Er zijn een aantal barrières te noemen die in de cases herhaaldelijk worden genoemd die voor de respondenten opgegeven belangrijkste barrières voor adoptie van procesinnovaties vormen. Dit zijn:

- Hoge kosten voor aankoop en implementatie van de procesinnovatie;
- Gebrek aan voldoende eigen vermogen of toegang tot verkrijgen van vreemd vermogen;
- Gebrekkige steun vanuit de eigen overheid;
- Beperkte kennis over de innovatie bij het management;
- Gebrek aan voldoende geschoold personeel;
- Verwachte beperking op de ondersteunende (complementaire) systemen.

Er is bewust gekozen om barrières voor adoptie van procesinnovaties te onderzoeken in verschillende contexten om zodoende een goed beeld te krijgen van de mondiale overeenkomsten en verschillen. Zo laten de onderzoeken onder Chinese MKB-ers (Zhu, Wittmann, & Peng, 2012) en Turkse MKB-ers (Demirbas, 2011) duidelijke bewijzen zien dat er vooral belemmeringen worden ervaren vanuit externe factoren zoals een gebrek aan steun vanuit de overheid.

Er is tevens gekeken in deze literatuurstudie naar het onderzoek dat gedaan is in de petrochemie (Ren, 2009). De voornaamste reden hiervan is de aanwezigheid van hightech processen in de petrochemie en dat relatief kleine innovaties grote efficiency in het totale proces kunnen opleveren. Als unieke barrière werd in dit onderzoek genoemd het ‘vertrouwen op de bestaande techniek’ genoemd. Daarnaast werd een belangrijke driver voor adoptie van procesinnovaties genoemd, namelijk het mogelijke concurrentievoordeel dat behaald kan worden als lage kosten producent of een hogere effectiviteit in het gebruik van de resources (Ren, 2009).

Een interessante bevinding uit het onderzoek van Hadjimanolis (1999) is hij aangeeft dat een gebrek aan tijd van de ondernemer of manager een barrière vormt onder MKB-ers als ook het gebrek aan goede arbeidskrachten.

Tenslotte beschrijft Demirbas (2011) dat er door de respondenten aangegeven wordt dat keuzes voor innovatie in de meeste gevallen door de ondernemers individueel worden genomen en dat tevens de implementatie ervan vaak door de ondernemer ook zelf moet worden gedaan (Demirbas, 2011, p. 5).

	Titel van onderzoek	Context	Jaar van publicatie	Methodiek	Auteurs	Genoemde barrières	Genoemde drivers
1	"Barriers and drivers for process innovation in the petrochemical industry: A case study"	Barrières voor procesinnovaties in de petrochemische industrie	2009	Kwalitatief onderzoek (interviews) onder experts en ondernemers in de petrochemische industrie.	Tao Ren	1. Gebrek aan tijd van personeel om procesinnovatie te implementeren; 2. Gebrek aan prioriteitstelling; 3. Vertrouwen op de bestaande methodiek/ processen; 4. Hoge investeringskosten; 5. Onzekerheid van het behoud van banen na procesimplementatie.	1. Mogelijk lagere kosten en dus meer rendement; 2. Mogelijk concurrentievoordeel.
2	"Barriers to Innovation among Spanish Manufacturing SMEs"	Barrières voor innovatie bij Spaanse producerende MKB's met differentiatie in product-, PROCES- en managementinnovatie.	2009	Kwantitatief onderzoek onder 294 managers/ ondernemers van de MKB's	Antonia Madrid-Guijarro, Domingo Garcia, and Howard Van Auker	1. Hoge kosten; 2. Instabiele economie biedt onzekere toekomst; 3. Onvoldoende support vanuit overheden; 4. Gebrek aan gekwalificeerd personeel om innovatie te implementeren; 5. Beperkte financieel (krediet) mogelijkheden.	n.b.
3	"Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus)"	Barrières voor innovatie onder MKB-ers in de sectoren van chemicaliën, kunststoffen, voedsel, kleding / textiel en metaal in Cyprus	1999	Kwalitatief onderzoek onder 12 respondenten (managers/ ondernemers van MKB's)	Athanasios Hadjimanolis	<u>Belangrijkste interne barrières:</u> 1. Tijdgebrek (bv. één man verantwoordelijk voor veel taken) "(60%); 2. Ontoereikende R&D, ontwerp en testen binnen het bedrijf "(51,4%); 3. Ontoereikende financiële middelen "(44,6%). <u>Belangrijkste externe barrières:</u> 1. Innovatie te gemakkelijk te kopiëren (83,6%) en daardoor gaat concurrentievoordeel te snel verloren; 2. Gouvernementeel bureaucratie (76,5%) 3. Gebrek aan overheidssteun (72,9%) 4. Tekort aan geschoolde arbeidskrachten (71,4%) 5. Bankbeleid op krediet (71,4%)	n.b.
4	"Impediments to Advanced Technology adoption for Canadian manufacturers"	Onderzoek naar adoptie belemmeringen van users (gebruikers van de techn.) en non-users (managers/ ondernemers) voor AMT's in Canada.	2002	Kwantitatief samenvoegend case onderzoek onder 1936 MKB's en grote bedrijven (onderscheid gemaakt tussen 'Users' en 'Non-users' van de AMT's).	John Baldwin, Zhengxi Lin	<u>Interne (kosten gerelateerde) barrières:</u> 1. Kapitaalkosten 2. Kosten van investeringen; 3. Kosten van verwerving (zoeken juiste toepassing); 4. Kosten van ontwikkeling van specifieke software en de onderhoudskosten daarvan. <u>Overige barrières:</u> 1. Overheidsbeleid (belemmeringen of beperkte stimulans); 2. Geen match met hetgeen dat zich op de arbeidsmarkt plaatsvindt (innovatie vraagt hoger geschoold personeel); 3. Beperkte informatie (ervaringsgegevens etc.); 4. Organisatorische belemmeringen (met name implementatie uitdagingen).	1. Productiviteitsverbetering; 2. Productkwaliteit; 3. Verhogen van de flexibiliteit van de onderneming; 4. Verlagen van de productiekosten.

Tabel 2: Analyse van barrières van ondernemers voor de adoptie van technologische (proces-)innovaties. Vervolg van tabel op de volgende pagina.

	Titel van onderzoek	Context	Jaar van publicatie	Methodiek	Auteurs	Genoemde barrières	Genoemde drivers
5	"Advanced Manufacturing Technology implementation Evidence from Indian small and medium enterprises (SMEs)"	Onderzoek naar adoptie belemmeringen van AMT's van MKB-ers actief in 4 verschillende sectoren in India: 1. Automotive; 2. Elektronica; 3. Machines; 4. Procesindustrie.	2005	Kwantitatief onderzoek onder 122 managers/ ondernemers van de MKB's	G.S. Dangayach	1. Het ontbreken van (voldoende) managementkwaliteit/-middelen; 2. Beperkte informatie over de mogelijke innovatie; 3. Het ontbreken van een langetermijnstrategie.	n.b.
6	"How do Entrepreneurs Perceive Barriers to Innovation?"	Innovatiebarrières van ondernemers van Turkse MKB-ers (alle sectoren).	2011	Kwantitatief onderzoek onder 224 respondenten (management/ ondernemers)	Dr Dilek Demirbas,	1. Gebrek aan overheidsstimulans op investeringen in innovaties; 2. Hoge kosten van innovatie; 3. Gebrek aan gekwalificeerd personeel om innovatie te implementeren.	n.b.
7	"Institution-based barriers to innovation in SMEs in China"	Barrières voor innovatie onder MKB-ers in China.	2012	Kwalitatief onderzoek onder 82 respondenten (41 topmanagers en 41 ondernemers)	Yanmei Zhu & Xinhua Wittmann & Mike W. Peng	1. Oneerlijke concurrentie; 2. Beperkte toegang tot financiering; 3. Weinig ondersteunende wet- en regelgeving; 4. Belastingdruk; 5. Openbare ondersteunende systemen.	n.b.

Tabel 2: Analyse van barrières van ondernemers voor de adoptie van technologische (proces-)innovaties.

4. Methodologie

In dit hoofdstuk wordt de methodologie van het empirisch onderzoek beschreven, als tevens de context waarin het onderzoek zal worden uitgevoerd, namelijk de tuinbouwsector anno 2020. Er zal antwoord worden gegeven op de vraag: *'Wat karakteriseert de tuinbouwonderneming ten aanzien van procesinnovaties?'* Dit antwoord is relevant om aan te geven wat de tuinbouwondernemer uniek maakt en waarom de verwachting is dat bepaalde aannames vanuit algemene zin wel of juist niet van toepassing zullen zijn in de context van de tuinbouwsector.

4.1 Context van onderzoek: Tuinbouwsector

Nederland is leidend als het gaat om kennis over teelt- en procesmanagement in de tuinbouwsector, hightech kassenbouw en nieuwe technieken om een hogere kwaliteit en productie per eenheid te realiseren. Echter als het gaat om productiefaciliteiten is Nederland een kleine speler, gekeken naar hectares aan oppervlakte glas(-tuinbouw). Volgens een rapport van onderzoekers van de Rabobank (Bac & Rijswijk, 2018) groeit het aantal productielocaties voor voedsel en sierteelt in alle werelddelen hard door de groeiende wereldbevolking. Ook draagt de welvaartsgroei hieraan bij waardoor jaarrond een product leveren de uitdaging is geworden en hetgeen voor voedselproducenten vaak niet mogelijk is of niet rendabel is om te produceren. Dit groeiend aantal productielocaties zal volgens Bac en Van Rijswijk in de komende decennia verder doorzetten.

Een groei van het aantal productielocaties vraagt naast beschikbare grond, ook kennis van het telen om te begrijpen wat een plant of vrucht nodig heeft, maar ook kennis van het aansturen van bepaalde processen op de locatie. Met een steeds competitiever wordende wereldmarkt dienen dergelijke processen geleid te worden door mensen die ervaring hebben of goed getraind zijn. Echter is de ervaring dat er van het aantal mensen met deze competenties steeds meer een schaarste ontstaat (Delphy, 2019).

Door toekomstige schaarste van goede teeltmanagers, de ontdekking van nieuwe technologieën, zoals kunstmatige intelligentie, machine learning, deep learning en de beschikbaarheid van steeds meer data, wordt er door bedrijven binnen en buiten de tuinbouwsector gekeken naar mogelijkheden om teeltkennis en -ervaring te borgen in software om de processen aan te sturen. Deze weg naar *autonoom telen* is ingezet door bedrijven met verschillende expertises die in co-creaties samenwerken om tot een geschikt model of deeloplossing van het proces te komen.

4.2 Procesinnovatie 'autonoom telen'

Autonoom telen is vanuit het oogpunt van teeltmanagement, een fenomeen dat gebaseerd is op data gedreven telen en met gebruik van algoritmes. Het doel van autonoom telen is om het productieproces te optimaliseren en met gebruik van minimale hulpbronnen een maximaal resultaat te halen. Uiteraard met die verstanden dat een gezonde plant wordt geteeld die zorgt voor een optimale kwaliteit van het te produceren product.

De belangen voor producerende bedrijven zijn groot als het gaat om het teeltproces. Een te laat ontdekte ziekte of plaag of een oogst die mislukt door verkeerde aansturing te geven vanuit het water-, energie- en klimaatproces, kunnen catastrofale gevolgen hebben voor de tuinbouworganisatie.

4.2.1 Complexiteit van een 'autonoom telen' concept

Volledig autonoom telen staat nog in de kinderschoenen, maar telen op basis van relevante teeltdata is al jaren niet meer weg te denken bij professionele tuinbouworganisaties. Vanwege de belangrijkheid van data in het proces wordt autonoom telen in de praktijk ook wel 'data gedreven telen' genoemd. Om autonoom te kunnen telen zijn een aantal 'ingrediënten' noodzakelijk, zoals: een klimaatcomputer die gegevens verzameld van onder andere: sensoren, historische teelt- en oogstdata, een algoritme dat de data goed kan verwerken en tenslotte een operator die het proces monitort en bijstuurt als dat nodig is (Egmond, 2019).

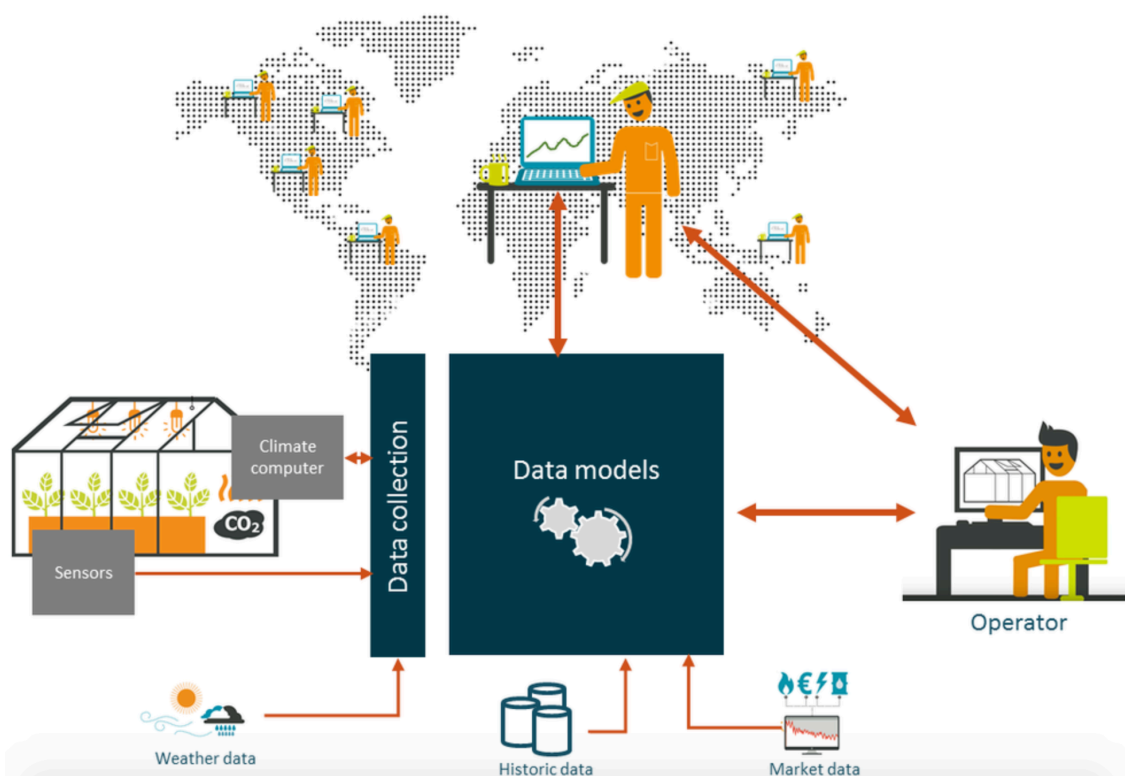
Echter is de complexiteit groot vanwege de combinatie van: 'het klimaat buiten de kas', 'de teeltsoort (ras)', 'de watergiftstrategie' en 'de kennis en ervaring van de teler of tuinbouwbedrijf'. Dit zorgt voor een grote variëteit aan vragen en dus ook aan mogelijkheden om beslissingen te nemen voor autonome de aansturing van de kas.

In gesprek met een organisatie dat een dataplatform aanbiedt voor tuinbouwondernemers, geven zij aan al een 'data gedreven telen model' te kunnen toepassen. Deze organisatie is de laatste jaren sterk gegroeid door de aandacht die is ontstaan over telen met data. Hierdoor is de organisatie een voorloper in de markt op gebied van data gedreven telen. Naast de optie om de eigen teeltdata met die van andere telers te vergelijken, krijgen telers: nauwkeurige analyses, voorspellingen en nieuwe inzichten over

diverse variabelen in de kas. Denk hierbij aan de plantgezondheid, het klimaat, de watergift, het energieverbruik, de arbeid, de ziekten en plagen en de samenhang tussen al deze factoren. Deze organisatie doet dit door beschikbare data uit de kas aan te bieden op een platform voor de klant en deze data te combineren met plant fysiologische modellen en kennis en ervaringen vanuit het werkveld. Hierbij wordt gewerkt vanuit de filosofie van 'Plant Empowerment', hetgeen een geïntegreerde aanpak is voor het duurzaam telen van gewassen in kassen door de balans van de plant te ondersteunen. Het uitgangspunt is het stimuleren en ondersteunen van de natuurlijke groeikracht van de planten door optimale groeiomstandigheden te creëren, zowel boven de grond als in de wortelzone (Geelen, Voogt, & Weel, 2020).

De aanbieder van het dataplatform geeft aan dat een bepaalde mate van historie van teeltdata noodzakelijk is om een data gedreven telen model toe te kunnen passen in het teeltmanagementproces. Zo is het noodzakelijk om een gewasregistratie te doen, waarbij de plantbelasting en de vruchtzetting wordt geteld en gemeten. Ook de steel van de plant wordt op een bepaalde gedefinieerde hoogte gemeten. Met behulp van video's wordt toegelicht waar gemeten moet worden om een betrouwbare vergelijking te maken. Het maakt namelijk een groot verschil waar er op de plant wordt gemeten. Dit gebeurt op basis van een steekproef en afhankelijk van het oppervlakte van de kas zijn enkele tientallen steekproeven nodig om over een betrouwbaar gemiddelde te beschikken. Deze data wordt vervolgens gekoppeld aan een oogstprognose model waarbij tevens meteodata (weersverwachting) en real-time data uit de computer worden gehaald. De prognose kijkt in dit geval één tot vier weken vooruit. Wanneer er de stap naar autonoom telen, of volgens de aanbieder 'data gedreven telen' wordt gemaakt gaat het een proces in dat momenteel drie jaar in beslag neemt. Bij aanvang dient de tuinbouwonderneming ten eerste een aantal speciaal geselecteerde camera's en sensoren aan te schaffen die voor de nodige data zorgen. Vervolgens zal er in ruim een jaar tijd de filosofie van Plant Empowerment worden bijgebracht. Het idee hiervan is dat de teler eerst moet begrijpen waarom bepaalde beslissingen worden gemaakt en op welke gronden, alvorens deze door het algoritme zullen worden gemaakt. Tevens wordt het door de duur van het traject mogelijk om kwalitatief goede data te verzamelen. Er is namelijk minimaal van twee voorgaande jaren teeltdata nodig om een betrouwbaar model te kunnen maken. De data-analisten van de aanbieder bekijken vervolgens de data en zoeken naar patronen die met toepassing van machine-learning worden herkend en waarop een strategie (algoritme) kan worden gecreëerd. In de samenwerking wordt het algoritme eerst geïnstalleerd maar dienen de teler nog zelf de beslissing te maken door het advies door te zetten in de klimaatcomputer. In jaar drie zal de teler begrijpen waarom bepaalde beslissingen worden gemaakt en vertrouwen op het model en worden de beslissingen autonoom genomen.

Momenteel is bovengenoemde aanbieder, voor zover bekend, de enige aanbieder die een autonoom telen model commercieel beschikbaar heeft gemaakt. Aangezien dit model gedurende het schrijven van dit onderzoek beschikbaar is gekomen, zal de verwachting zijn dat in de komende jaren meerdere partijen zullen volgen. Bovengenoemde benadering is dan ook een zienswijze vanuit één aanbieder. Een mogelijk nieuwe toetreders op deze markt kan er een andere zienswijze en dus ook een andere toepassing op nahouden.



Figuur 15: Schematische weergave van het concept 'autonoom telen' met de noodzakelijke ingrediënten (Egmond, 2019).

Tevens kan 'autonoom telen' als definitie breder getrokken worden dan het managen van het teeltproces. Een andere ontwikkeling naast teeltautonomie is namelijk die van de robot die repeterende oogst of scout werkzaamheden van menselijke arbeiders moet kunnen overnemen. Echter zal dit onderzoek gefocust zijn op autonoom teeltmanagement.

De innovatie van autonoom telen waarbij het teeltmanagement (de aansturing van de klimaatcomputer) wordt gedaan middels een algoritme dat gevoed wordt door kunstmatige intelligentie, kan worden vergeleken met de innovatie van autonoom autorijden. Beide innovaties kennen de complexiteit van een ontelbaar aantal scenario's die zich kunnen voordoen en beide innovaties worden in fases geïntroduceerd.

De essentie van autonoom telen is dat het gebouwd is op een algoritme dat continu in ontwikkeling zal zijn. Vandaag de dag kunnen real-time operationele processen in de kas geheel autonoom verlopen. Wordt er een te hoge instraling van licht in de kas gemeten, dan kunnen er bijvoorbeeld een of meerdere schermdoeken automatisch worden gesloten. Echter ligt met autonoom telen de focus meer op de gewenste 'output' van het teeltproces. Hierbij worden teeltstrategieën ontwikkeld die rekening houden met de gewenste oogst en operationele kosten. Vervolgens moet het algoritme bepalen per situatie op de dag wat bijvoorbeeld de noodzakelijke hoeveelheid CO₂, de luchtvochtigheid, lichtinval en de optimale kastemperatuur is.

4.2.2 [Contest: Autonomous Greenhouse Challenge 2019 – 2020](#)

Onderzoeken naar het overnemen van het teeltproces met behulp van enkel beschikbare data en gebruik van algoritmes worden hedendaags uitgevoerd. Zo is in december 2019 door de Wageningen University & Research een contest gestart (de 'Autonomous Greenhouse Challenge') waarbij projectgroepen, met daarin een samenstelling vanuit verschillende horticulture bedrijven een teelt mogen managen op afstand. Deze wijze van autonoom telen is een goede test voor hoe ver de technologie is op dit gebied.

In figuur 15 is een schematische weergave van een autonoom telen model te zien. Per situatie kan er data worden toegevoegd, echter is de essentie dat het bestaat uit: real-time data uit de klimaatcomputer; historische data, gegenereerd door de klimaatcomputer; meteo- en marketing & salesdata.

4.2.3 [Autonoom teeltmanagement als disruptieve procesinnovatie](#)

In hoofdstuk 2 is met het raamwerk van Schmidt en Druehl (2008) beschreven wanneer vastgesteld kan worden of de innovatie ook daadwerkelijk een disruptieve innovatie is. Als autonoom telen als innovatie

op dit raamwerk wordt gelegd, dan kan vastgesteld worden dat het hier gaat om een disruptieve innovatie waarbij het in eerste instantie de low-end markt zal binnen dringen en waarna door doorontwikkeling van het fenomeen, het vervolgens zich opwaarts zal uitbreiden naar de high-end markt.

High-end producenten

Voor tuinbouwondernemers met veel kennis en ervaring is het bepalen van de teeltstrategie een fenomeen waar zij dagelijks mee bezig zijn. Hierdoor weten zij intuïtief en door het zien van bepaalde real-time ontwikkelingen in de kas, welke handelingen zij moeten verrichten om het teeltproces op hun strategie aan te passen. Deze high-end producenten zijn vooral te vinden in de Westerse samenleving. Deze groep, dat naast teeltmanager ook vaak (deels) eigenaar van het tuinbouwbedrijf is, beschikt over de zogeheten 'groene vingers' en geeft tevens vaak de kennis en kunde over van generatie op generatie.

Low-end producenten

Anderzijds zijn er de low-end producenten. Deze producenten kunnen wellicht beschikken over mid- of hightech systemen om het proces aan te sturen, maar hun kennisniveau over teeltmanagement en -strategieën is relatief laag. Dit type ondernemers of teeltmanager is vooral te vinden buiten West-Europa. In paragraaf 4.1 beschreven dat het aantal en de oppervlakte van de voedsel productielocaties drastisch zal stijgen in de komende decennia maar ook dat er een schaarste van kundige teeltmanagers zal ontstaan. Er zal daardoor steeds meer een beroep gedaan worden op mensen met beperkte teeltmanagement kennis.

Het is belangrijk om aan te geven dat het onderscheid tussen low-end en high-end telers niet gaat om de aanwezigheid van hightech computers of andere hulpmiddelen, maar om de kennis en kunde van de ondernemers of teeltmanagers om een teeltstrategie te bepalen en deze succesvol uit te rollen.

Volledig autonoom telen of het productieproces deels autonoom laten verlopen, zou een oplossing kunnen zijn voor een schaarste van geschikte teeltmanagers. Het doel van inzet van deze slimme technieken is om niet of nauwelijks nog een menselijke beslissing het productieproces te laten beïnvloeden, maar door een goed gefundeerd algoritme de keuzes te laten maken. Zojuist is toegelicht dat er een onderscheid te maken is tussen low-end en high-end producenten. Autonoom telen is met de huidige stand van de techniek als 'onderpresterend' te classificeren voor high-end telers. Autonoom telen, waarmee het uitgangspunt is om te telen op basis van data, moet door een continu verbeterd algoritme uiteindelijk tot betere prestaties leiden dan wanneer het teeltmanagement door een high-end teler met 'groene vingers' en dus op basis van gevoel wordt gedaan. Hiermee wordt vergaande kennis over teeltmanagement minder noodzakelijk waardoor een low-end teler het productieniveau van een high-end teler mettertijd moet kunnen overklassen.

Het empirisch onderzoek zal vanwege de verwachte relevantie van autonoom telen voor low-end tuinbouwondernemers bij dit type ondernemers worden gehouden. Vanwege de vele definities over autonoom telen, wordt onderstaande definitie aangehouden voor dit onderzoek. Tevens wordt deze definitie gedeeld tijdens het interview met de respondenten.

Definitie autonoom telen:

Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen. Het doel van autonoom telen is om het algoritme en dus 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige controle over het teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

4.3 Generieke kenmerken van tuinbouwondernemingen

Wanneer getoetst wordt welke barrières voor adoptie van een procesinnovatie specifiek zijn voor de tuinbouwondernemers, is het noodzakelijk te weten wat tuinbouwondernemers of ondernemingen vanuit een bedrijfskundige invalshoek, karakteriseert.

1. Ten eerste kennen tuinbouwondernemingen over het algemeen zeer veel repeterende handelingen in de te verrichten werkzaamheden. Dagelijks dient er te worden geoogst, en

- afhankelijk van de teeltsoort dienen er ook verrichtingen gedaan te worden die de kwaliteit van de teelt bevorderen.
2. Ten tweede heeft de tuinbouwonderneming te maken met klimatologische seizoensinvloeden. Deze invloeden kunnen grote impact hebben op de teeltontwikkeling en de keuze van de ondernemer om het product jaarrond te telen of niet.
 3. Ten derde kunnen tuinbouwondernemingen zeer gevoelig zijn voor ziektes en plagen. Wanneer een ziekte de kas binnendringt kan het bij een te late reactie de volledige teelt vernietigen, hetgeen de ondernemer direct in de financiële problemen kan brengen.
 4. Ten vierde beschikken tuinbouwondernemingen over het algemeen over een grote mate van procesautomatisering. Ook in de gebieden buiten de Westerse economie is een bepaald niveau van procesautomatisering noodzakelijk voor het kunnen runnen van een tuinbouwbedrijf. Het is namelijk ondenkbaar dat een tuinbouwbedrijf met al gauw enkele hectares oppervlakte, handmatig de ramen van de kas moet openen of sluiten.
 5. Ten vijfde is het voor een tuinbouwbedrijf voorafgaand aan het teeltseizoen enigszins te voorspellen hoeveel en wanneer het de hoeveelheid zal kunnen oogsten, maar zijn de prijzen per kilogram of per unit voor een groot deel van de oogst vaak nog onzeker.
 6. Ten zesde is in veel (West-Europese) tuinbouwondernemingen de ondernemer ook veelal de persoon die zelf het teeltproces aanstuurt met de klimaatcomputer en het arbeidsproces controleert. Dit geeft ook direct een operationeel risico wanneer deze persoon met veel teeltkennis plots wegvalt door ziekte of overlijden.
 7. Ten zevende zijn de kosten voor het opstarten van een tuinbouwbedrijf hoog in verhouding tot andere MKB-organisaties. Dit komt vanwege de noodzakelijke grond, kasconstructie, personeelskosten en automatiseringskosten.
 8. Ten slotte heeft iedere teeltsoort zijn eigen karakteristieken die van grote mate het teeltproces en daarmee de invulling van de dagelijkse operatie bepalen.

4.3.1 Verschillende typen tuinbouwondernemingen

Naast unieke kenmerken voor tuinbouwondernemingen of tuinbouwondernemers, zijn er onderling tussen tuinbouwbedrijven ook grote verschillen op te merken. Een aantal daarvan worden hieronder kort beschreven.

Bestuur en besluitvorming in de organisatie

Wie de tuinbouwondernemer is, verschilt wereldwijd aanzienlijk. Zo is in subparagraaf 4.1.2 toegelicht dat in veel westerse economieën de teeltmanager ook deels of geheel eigenaar is van de onderneming. De 'beslissers' bespaard daarmee direct kosten uit van een teeltmanager die het proces aanstuurt. In Aziatische landen zijn er echter grote verschillen merkbaar in de wijze van aansturing. Zo kennen Japan en Zuid-Korea zowel de grote tuinbouwondernemingen, gefinancierd door particuliere of institutionele investeerders, maar ook de kleinschalige familie tuinbouwbedrijven. In China daarentegen worden veel tuinbouwbedrijven opgestart en grotendeels gefinancierd door lokale overheden. De lokale overheden bepalen wat op welke locatie geteeld moet worden om aan de voedselvraag te voldoen.

De uitvoerende kracht

In het onderzoek van Demirbas (2011) in hoofdstuk 3, noemt hij dat keuzes voor innovaties in de meeste gevallen door de ondernemers individueel worden gemaakt, maar dat tevens de implementatie ervan vaak door de ondernemer ook zelf moet worden gedaan (Demirbas, 2011, p. 5). De verwachting is dat dit fenomeen onder tuinbouwondernemers ook van toepassing zal zijn. Tevens zullen grootschalige tuinbouwondernemingen de besluitvorming en de uitvoerende kracht wel verdeeld hebben.

Mate van concurrentie

In westerse economieën is over het algemeen de concurrentiekracht groot. Hierdoor zijn processen zeer efficiënt ingericht en biedt een efficiencyverbetering van 1 of 2% in het teeltproces mogelijk direct een belangrijk concurrentievoordeel als lage kosten producent. In landen buiten de westerse economie zijn met enkele aanpassingen in het teeltproces vaak efficiencyverbeteringen van 10 tot 20% mogelijk.

Schaalgrootte

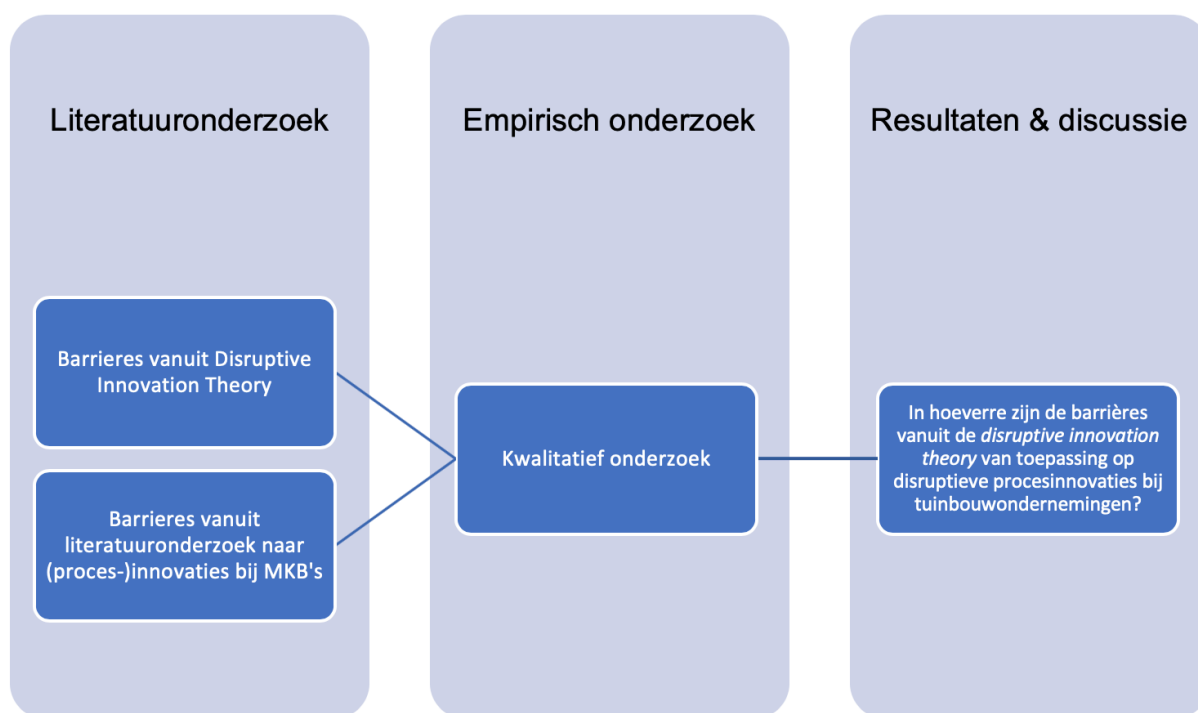
Zoals in de meeste productiebedrijven wordt door schaalgrootte de organisatie krachtiger en kan het efficiënter produceren dan kleine producenten. Zo geldt dit uiteraard ook voor tuinbouwondernemingen. Echter zitten er grote verschillen in tuinbouwondernemingen over de wereld. In Nederland is tussen

2000 en 2019 het aantal glastuinbouwbedrijven gereduceerd van circa 11.000 naar 3.500, terwijl de gemiddelde oppervlakte van het glastuinbouwbedrijf toenam van circa 0,9 hectare in 2000 naar 4,7 hectare in 2019 (CBS, 2019). In gebieden in Azië en Noord- en Zuid-Amerika ligt het gemiddelde op circa 10 tot 15 hectare.

Dit grote verschil in oppervlakte is vooral te wijten aan de beschikbare grond, de prijs van de grond en de arbeidskosten die in Nederland een stuk hoger liggen dan in gebieden als Azië en Zuid-Amerika.

4.4 Opzet empirisch onderzoek

In onderstaand figuur 16 is het onderzoeksproces schematisch weergegeven. Dit proces is tot stand gekomen door de genoemde barrières voor adoptie van innovatie in de hoofdstukken 2 en 3 en vervolgens worden daar de unieke eigenschappen voor tuinbouwondernemers uit dit hoofdstuk aan toegevoegd.



Figuur: 16: Weergave van het onderzoeksproces

Onderstaande barrières voor adoptie van innovatie die vanuit literatuuronderzoek in hoofdstuk 2 en 3 zijn beschreven, zullen met behulp van empirisch onderzoek worden getoetst.

(Hoofdstuk 2) Barrières voor disruptieve innovaties:

- H1: Het niet accepteren van een lagere kwaliteit van de dienst of het product. Dit is van toepassing in kritische bedrijfsprocessen;
- H2: Er ontbreekt concrete bewijsvoering dat de innovatie daadwerkelijk een bijdrage levert;
- H3: 'De grootte van de organisatie' speelt een negatieve rol. Grote organisaties zijn log in hun processen om snel te reageren;
- H4: Tijdsgeest en de fase van het product in de productlevenscyclus van een disruptieve innovatie vormt voor een grote doelgroep (de 'majority' of 'late majority') een belangrijke barrière.

(Hoofdstuk 3) Barrières vanuit MKB-ers genoemd voor procesinnovaties:

- H5: Hoge kosten voor aankoop en implementatie van de procesinnovatie;
- H6: Gebrek aan voldoende eigen vermogen of toegang tot verkrijgen van vreemd vermogen;
- H7: Gebrekkige steun vanuit de eigen overheid;
- H8: Beperkte kennis over de innovatie bij het management;
- H9: Gebrek aan voldoende geschoold personeel;
- H10: Verwachte beperking op de ondersteunende (complementaire) systemen;
- H11: Vertrouwen op de bestaande techniek;

H12: De implementatie ligt bij het hoger management en daar vindt geen prioriteitstelling plaats.

4.5 Datacollectie

Met behulp van kwalitatief onderzoek door semigestructureerde interviews, zal bij low-end tuinbouwondernemers of beslissingsbevoegde managers getoetst worden in hoeverre de in de literatuur omschreven barrières voor adoptie van procesinnovaties van toepassing zijn voor tuinbouwondernemers om de procesinnovatie van autonoom telen te adopteren. De respondenten zijn gevestigd op verschillende continenten met hun tuinbouwbedrijf. De interviews zullen worden afgenomen op semigestructureerde wijze hetgeen anticiperen op de gegeven antwoorden mogelijk maakt en de latente barrières of juist stimulerende factoren in kaart kan brengen. De interviews zullen vanwege de mondiale spreiding digitaal worden afgenomen via een videocall met behulp van Skype of Zoom. Deze interviews worden opgenomen en vervolgens getranscribeerd.

Analyse van de dataset

Wanneer de barrières zijn getoetst tijdens empirisch onderzoek, worden de resultaten geanalyseerd. De analyse zal uitgevoerd worden met behulp van de techniek van Braun, Clarke, Hayfield & Terry (2012). Deze onderzoekers brengen het gebied van 'Thematic Analysis' (TA) in kaart in zes stappen. Een beschrijving van deze zes stappen wordt in tabel 3 weergegeven.

Stap	Beschrijving stap	Beschrijving van het proces
1	Bekend worden met de gegevens die verzameld zijn.	Gegevens overschrijven (indien nodig), de gegevens lezen en opnieuw lezen, waarbij de eerste ideeën worden genoteerd.
2	Codes genereren	Interessante kenmerken zoals meningen, percepties et cetera op een systematische manier (kleur-)coderen over de hele dataverzameling, waarbij gegevens worden verzameld die relevant zijn voor één van de codes.
3	Zoeken naar terugkerende thema's	Ken aan de codes de verschillende overkoepelende thema's toe verzamel alle gegevens die relevant zijn voor elk potentieel thema.
4	Thema's herzien	Controleren of de thema's werken in relatie tot de gecodeerde extracten (niveau 1) en de volledige dataset (niveau 2), waardoor een thematische 'kaart' van de analyse wordt gegenereerd.
5	Definiëren en benoemen van thema's	Doorlopende analyse om de specifieke kenmerken van elk thema te verfijnen, en het algehele verhaal dat de analyse vertelt, met duidelijke definities en namen voor elk thema.
6	Maken van het rapport	De laatste mogelijkheid voor analyse. Selectie van overtuigende voorbeelden, eindanalyse van geselecteerde extracten, relateren van de analyse aan de onderzoeksvraag en literatuur, en produceren van een wetenschappelijk rapport van de analyse.

Tabel 3: De zes stappen in het proces van Thematische Analyse (Braun, Clarke, Hayfield, & Terry, 2012)

De TA-methodiek zal gebruikt worden om de thema's, de barrières voor het adopteren van de procesinnovatie, vast te leggen om zodoende patronen te ontdekken in de kwalitatieve datasets (Braun, Clarke, Hayfield, & Terry, 2012).

Conclusie methodologie

In dit hoofdstuk is een antwoord gekomen op de vraag 'wat tuinbouwondernemers ten aanzien van procesinnovaties karakteriseert'. De belangrijkste karakteristieken zijn:

- De grote mate van repeterend werk dat uitgevoerd wordt.
- Veel teeltsoorten, voornamelijk groenten, kennen slechts een beperkte tijd van het jaar productie. Het is vanwege klimatologische omstandigheden vaak niet rendabel een jaarrond product te leveren. Hierdoor is de tuinbouwondernemer afhankelijk van de omzet die het in een aantal maanden van het jaar binnen krijgt.
- Iedere tuinbouwlocatie kent weer andere variabelen door de invloed van het licht, temperatuur, luchtvochtigheid en mogelijke aanwezigheid van ziektes en plagen. Dit maakt vooruit plannen lastig daar het weer een grote invloed heeft op de te nemen beslissingen.
- De grote economische en gezondheidsrisico's ten aanzien van ziekten en plagen in de kas.
- De kennis over het managen van de teelt (productie) is vaak bij een of twee mensen vanuit het management of directie aanwezig of wordt ingekocht bij een teeltconsultant. Dit geeft een hoog operationeel risico wanneer deze interne personen met die kennis iets overkomt.
- De tuinbouwondernemer is in veel situaties de persoon die de organisatie en het teeltproces aanstuurt. Dit is in veel andere MKB-organisaties niet het geval. Een directeur van een

productiebedrijf houdt zich doorgaans niet dagelijks bezig met het instellen van de productiefaciliteiten.

Door bovengenoemde redenen kan aangenomen worden dat tuinbouwondernemers niet op alle fronten dezelfde barrières en motivaties zullen hebben om een procesinnovatie te adopteren. In het volgende hoofdstuk worden de resultaten van het empirisch onderzoek besproken en wordt de data vervolgens vergeleken met de genoemde barrières vanuit de literatuurstudie.

5. Resultaten van empirisch onderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het empirisch onderzoek beschreven. Zoals in de methodologie is beschreven, zijn de interviews afgenomen onder tuinbouwondernemers of investeerders in de tuinbouwsector die met een locatie buiten West-Europa actief zijn. De belangrijkste resultaten uit de semigestructureerde interviews zijn hieronder weergegeven. Van iedere case is een transcript gemaakt dat in paragraaf 5.1 wordt geanalyseerd in de thematische analyse. Tenslotte wordt er een cross-case analyse gedaan waarbij de cases met elkaar worden vergeleken.

In tabel 4 is tevens een overzicht van de respondenten te vinden.

Sidenote: in onderstaande analyse wordt regelmatig de Plant Empowerment theorie genoemd. Deze theorie is opgesteld door een consortium van leveranciers in de tuinbouwsector, de Stichting Plant Empowerment, en heeft als doel kennis te vergroten en deze verder te verspreiden. Deze theorie ontvangt wereldwijd lovende kritieken waarbij de basis van de theorie is om de plant optimaal in balans te houden (Geelen, Voogt, & Weel, 2020). In de Plant Empowerment theorie wordt beschreven dat door meer te sturen op grond van data, telers de positieve effecten ervaren met een betere productie en minder ziektes en plagen.

Naam respondent & naam firma	Nationaliteit respondent	Locatie tuinbouwbedrijf	Opleidings-niveau respondent	# Jaren ervaring in tuinbouw	Functietitel	Scope van verantwoordelijkheid	Teelt	Oppervlakte tuinbouwbedrijf	# Medewerkers in hoog-seizoen
Marc Zuidgeest <i>Atlantic Growers</i>	Nederlands	Portugal (1) Nederland (2)	Bachelor	± 10 jaar	Directeur Operations	Gezamenlijk beslissingsbevoegd over aanbesteding voor grootschalige procesinnovaties	Puntpaprika's, snackpaprika's	19 hectare (Portugal) 10 + 4 hectare. (NL)	Ca. 160
Suhail Saleem <i>Nature's Miracle</i>	Indisch	India	Master	± 1 jaar	Manager Operations	Zelfst. beslissings-bevoegd voor kleine aankopen/aannemen personeel. Geeft advies aan investeerder voor grote investeringen.	Snackpaprika's, snacktomaten, komkommers, aardbeien	5 hectare	Ca. 50
Çengiz Cenc <i>Mavruz</i>	Turks	Turkije	Master	± 2 jaar	Member of the Board	Gezamenlijk beslissingsbevoegd over aanbesteding voor grootschalige procesinnovaties.	Tomaten	4,5 hectare (totaal 9 ha. binnen 5 jaar)	Ca. 35
Dirk Aleven <i>Food Ventures</i>	Nederlands	Kazachstan Georgië Oekraïne	Master	± 15 jaar	CEO	Zelfst. beslissings-bevoegd voor aannemen nieuwe projecten en investeren in procesinnovatie	Tomaten	5 hectare (Kazachstan) (totaal 20 ha. binnen 5 jaar)	Ca. 35
Blake Fisher <i>Jem Farms</i>	Canadees	Canada	Bachelor	± 5 jaar	Hoofd teeltmanagement	Teelt verantwoordelijk. Advies over aanbesteding aan management geven.	Paprika's, druiftomaten	11 hectare	Ca. 55

Tabel 4: Overzicht van de respondenten.

5.1 Individuele case analyses

In deze paragraaf is per case een samenvatting gemaakt van het interview dat is afgenomen.

Case 1: Atlantic Growers – Portugal

Atlantic Growers is het grootste tuinbouwbedrijf uit dit onderzoek met een totale productieoppervlakte van 19 hectare aan paprika's. De directie en tevens aandeelhouders zijn vanuit Nederland actief in twee tuinbouwbedrijven. In dit interview is duidelijk naar voren gekomen dat men vanuit het bestuur in Nederland nog een grote slag wil maken in Portugal als het gaat om het managen van de teelt. Er wordt vooral gehandeld op basis van gevoel en iedere dag worden de real-time ontwikkelingen in de kas met behulp van de klimaatcomputer gemonitord. Iedere week worden er teeltstrategieën voor de komende week bepaald. Dit gebeurt op basis van de eigen historische data in de klimaatcomputer en het gevoel en de ervaring van de teeltmanager. Er is momenteel nog een Nederlandse teeltmanager actief in Portugal die een Portugese medewerker aan het opleiden is om geheel zelfstandig de teeltoperatie te runnen. Het doel is om de teelt in Portugal door Portugese krachten te laten managen en geen afhankelijkheid van een Nederlandse teeltmanager te hebben.

De Nederlandse bedrijven zijn bekend onder de naam 'Zuidgeest Growers'. Maandelijks vindt er een gesprek plaats met een teeltconsulant, die in tegenstelling tot de meeste teeltconsultants niet zijn adviezen baseert op basis van gevoel en ervaringen, maar werkt vanuit de principes van de 'Plant Empowerment-theorie'. In deze theorie is de gedachte om de plant in optimaal balans te brengen. Dit kan gemonitord worden door data uit sensoren in de kas. Met deze consultant wordt voor de twee bedrijven in Nederland een strategie voor de opvolgende weken ontwikkeld. Voor Portugal wordt dit nog niet gedaan al is het doel duidelijk, namelijk dat de locatie in Portugal binnen enkele jaren met eigen lokale mensen volledig autonoom moet kunnen opereren waarbij het management van de Nederlandse en het Portugese bedrijf kan leren van elkaars ervaringen om zodoende continu stappen te kunnen maken in het teeltproces.

Naast de aanwezigheid van de klimaatcomputer heeft Zuidgeest Growers in Nederland ook nog een aantal andere leveranciers die voor de nodige data zorgen. Deze data is enkel over de Nederlandse locaties beschikbaar, maar er wordt aangegeven dat de kennis die men haalt uit deze data wordt gedeeld met de collega's in Portugal.

Het concept van 'autonoom telen' of 'data gedreven telen' is bekend door de kennis over Plant Empowerment, maar er zijn daarover nog wel vragen, zoals: wordt data vanuit de arbeidsregistratie en historische data omtrent ziektes en plagen wel of niet binnen dit concept meegenomen? Ook wordt de noodzaak genoemd over het beschikken van sensoren van goede en stabiele kwaliteit vanwege de belangrijke keuzes die worden gemaakt op basis van deze data. Ook is het belangrijk dat het dezelfde 'taal' spreekt. Hierbij wordt het voorbeeld genoemd van het externe dataplatform waarop men analyses bekijkt waarbij de veldnamen en grafieken andere definities hebben dan in de klimaatcomputer. Dit zorgt voor verwarring en misvattingen. Tenslotte wordt de taalbarrière genoemd waarin gecommuniceerd wordt en waarin een autonoom telen programma beschikbaar komt. Dit vanwege de schaarste van teeltmanagers in Portugal en waarbij niet iedereen de Engelse taal goed beheerst.

Wat in dit interview duidelijk kenbaar wordt gemaakt is dat de kostprijs van een autonoom telen programma niet als barrière zal worden ervaren om de innovatie te adopteren, ondanks dat de kosten hiervan niet bekend zijn. Men ziet dat het instappen in deze innovatie de organisatie naar een volgend niveau kan brengen. Hiervoor hoeft men niet zozeer bewijs te zien van de werking van de innovatie. Het gaat erom hoe het concept wordt aangeboden, waarbij data op een plek moet samenkomen en het model de data goed moet kunnen interpreteren als tevens welke teelt elementen worden meegenomen in het autonoom telen concept. Men zal kritisch kijken naar hoe de leverancier de data weet te verzamelen en welke keuzes het model daarop maakt.

Er wordt tevens geen steun verwacht vanuit de overheid aangezien dat vermoedelijk zou zijn om duurzamer te produceren. Want het werken met een autonoom teeltmodel kan ook betekenen dat er in grotere mate gebruik van hulpbronnen zal worden gemaakt omdat er bijvoorbeeld met hogere temperaturen in de kas wordt gewerkt.

Case 2: Nature's Miracle – India

Nature's Miracle is een relatief kleinschalig hightech tuinbouwbedrijf in India dat een grote variatie aan vruchtgroente produceert. Het is reeds enkele jaren actief met als doel om kennis op te doen over de juiste product- marktcombinaties om deze producten vervolgens zelf in massa te gaan produceren op een nieuwe productielocatie. Hierbij kijkt men ook naar de productiekosten omdat een product waar een grote vraag naar is en met een relatief lage kostprijs en betere keuze kan zijn dan een product met een hoge verkoopprijs maar ook hoge productiekosten en een onzekere afzetmarkt heeft.

De marktdata en de eigen omzetdata worden bekeken om strategieën te maken voor hoeveel allocatie naar welke vrucht in de kas gaat.

Voor de dagelijkse aansturing van de teelt maakt men gebruik van data uit de klimaatcomputer en dit wordt vervolgens in Excel gecombineerd met de oogstdata. Zodoende kan men de input direct met de output vergelijken.

In verhouding zijn de arbeidskosten voor Nature's Miracle zeer laag. Namelijk nog geen 10% van de totale kosten. Een persoon extra aannemen is daarom geen risicovolle investering.

Tijdens het interview worden een tweetal uitdagingen voor de toekomst genoemd die beiden een positief verband hebben tot de adoptie van autonoom telen. Als eerste wordt genoemd dat de organisatie op grotere schaal moet produceren om op de lange termijn winstgevend te blijven en een concurrentievoordeel te behouden. Men is door verschillende tuinbouwleveranciers vanuit Nederland op de hoogte van wat autonoom telen op basis van data voor de tuinbouw kan betekenen. Er wordt aangegeven dat het voor Nature's Miracle in het huidige stadium waarin de organisatie zich bevindt vermoedelijk nog te weinig toegevoegde zal hebben. Nature's Miracle heeft een zeer hoge efficiëntie bereikt door de kennis dat het heeft opgedaan. Wanneer het meer wil produceren zullen de energiekosten, door het warme en vochtige klimaat in India per vierkante meter exponentieel toenemen waardoor het nauwelijks nog rendabel is om te produceren. Schaalgrootte is dus een barrière voor Nature's Miracle om in te stappen in een procesinnovatie als autonoom telen.

Als tweede uitdaging wordt genoemd de kennisborging en -overdracht door de medewerkers. Nature's Miracle heeft meerdere teeltmanagers die zij voor een korte opleiding naar Nederland sturen om kennis op te doen. Deze mensen zijn met de kennis erg waardevol, ook voor andere werkgevers. Nature's Miracle moet er daarom voor zorgen dat het de mensen kan behouden. Wanneer een 'autonoom telen model' een deel van deze kennis kan borgen, verlaagd dat voor Nature's Miracle direct de kansen op het verlies van kennis. Dit zou dus een motivator zijn om te starten met een autonoom telen model, mits het de kennis kan borgen in het systeem.

Nature's Miracle streeft de hoogst haalbare kwaliteit van hun producten na en om dat te bereiken omarmt het technologische innovaties. Wanneer een autonoom telen model voor de markt beschikbaar is zal het, wanneer het kan opschalen, deze innovatie zeker overwegen. Men is ervan overtuigd dat 'de computer' namelijk betere beslissingen kan nemen dan zij zelf zouden kunnen. De overheid zal geen stimulerende rol spelen. Het is namelijk vaak terughoudend als het gaat om het stimuleren van het toepassen van technologische innovaties vanuit het buitenland.

Case 3: JEM Farms – Canada

De data die binnen JEM Farms wordt gebruikt is vooral de data gegenereerd door de sensoren hetgeen zichtbaar wordt gemaakt in de klimaatcomputer. Er wordt dagelijks gekeken naar de ontwikkelingen in de kas van de laatste 24 uur. Dit helpt hen om een stabiele hoge productie te realiseren. Daarnaast maakt JEM Farms regelmatig, maar niet structureel gebruik van een dataplatform. Op dit platform kan het op basis van de eigen teeltgegevens, gecombineerd met een algoritme, een oogstprognose inzien. Tevens werd aangegeven dat JEM Farms in gesprek is met een aanbieder van een zogeheten scoutrobot. Deze robot moet autonoom door de kas kunnen rijden en met behulp van foto's dat het maakt, ziektes en plagen tijdig herkennen. Voorwaarde om hiervan gebruik te maken is dat het in dezelfde 'taal' spreekt als de klimaatcomputer en het dataplatform waar het gebruik van maakt. Tevens is JEM Farms voornemens over te stappen op een digitale arbeidsregistratie en met de informatie vanuit de scoutrobot gegenereerd zou het kunnen leiden tot een betere controle op medewerkers die te hardhandig met het gewas omgaan omdat gemonitord wordt wie het laatst op een locatie actief is geweest.

Historische data zoals 24-uurs data, maar ook data van langere tijd geleden, wordt naar Excel geëxporteerd en tezamen met data uit steekproeven die worden gedaan waarbij gekeken wordt hoeveel blad er aan een plant zit, wordt de data geanalyseerd met als doel een strategie te ontwikkelen waarbij een continue hoge productie kan worden gerealiseerd.

Binnen JEM Farms maakt het management vooral keuzes op basis van gevoel en ervaringen. Het maken van beslissingen die soms haaks staan op het gevoel, levert regelmatig discussies op intern. Het overlaten van beslissingen aan een 'computer' in een kritisch proces als het teeltmanagement ziet het management en de uitvoerend teeltmanager dan ook nog niet gebeuren en wordt als "eng" betiteld. Daarvoor heeft het nog te weinig vertrouwen in de kwaliteit van de sensoren en de data die daaruit voortkomt. Men ziet het als een noodzakelijke combinatie van mens en machine.

De kennis over autonoom telen waarbij gebruik gemaakt wordt van een algoritme is bij het management van JEM Farms nog beperkt. Het telen met data staat over het algemeen nog in de kinderschoenen bij JEM Farms, al laat het management zich steeds vaker overtuigen voor een in zetten teeltstrategie op

basis van gecombineerde data, waarbij de input, zoals de hoeveelheid licht en de temperatuur in de kas, wordt vergeleken met de output: de oogstrealisatie.

Tevens heeft JEM Farms het voorgaande jaar een afdeling binnen de kas ingericht met een groot aantal sensoren. Dit jaar is in die afdeling een productietoename van 20% gerealiseerd. Of dit volledig toe te wijzen is aan de beschikbaarheid van data kan niet worden bewezen, maar men erkent het positieve verband. Men heeft inmiddels meer sensoren aangeschaft om ook andere afdelingen binnen de kas beter te kunnen monitoren en aansturen met behulp van data. Op de vraag wat voor JEM Farms een barrière vormt om maximaal in te zetten op data gedreven telen, wordt de kosten genoemd die verbonden zijn aan het analyseren van de data. Doordat systemen niet met elkaar communiceren moet data handmatig met elkaar verenigd worden en moet er op basis van kennis over het interpreteren van data, een beslissing worden genomen. Het vergaren van deze kennis kost tijd en dus geld. De kosten om 1 of 2 FTE's hiervoor aan te nemen zijn te hoog en te risicovol voor JEM Farms.

Case 4: Food Ventures – Kazachstan, Oekraïne en Georgië

Food Ventures ontwikkeld projecten met hightech kassen in ontwikkelende landen. Het matcht lokale investeerders met Nederlandse tuinbouwkennis. Daarbij maakt het gebruik van Nederlandse teeltmanagers die lokaal mensen opleiden in circa 3 tot 4 jaar en coördineert het de bouw, legal zaken, afzetkanalen en de operatie wanneer de kas in bedrijf gaat.

In de kas maakt het gebruik van data dat aanwezig is in de klimaatcomputer en bekijkt het de analyses op een dataplatform. Op dit platform kan het op basis van de eigen teeltgegevens, gecombineerd met een algoritme, een oogstprognose inzien hetgeen leidt tot 'geobjectiveerde besluiten'. "Echter blijft er altijd een deel gevoel in zitten omdat teeltmanagement een spel is van een samenhang van meerdere omstandigheden", aldus de CEO van Food Ventures.

De teeltstrategieën worden hedendaags op basis van de beschikbare data ontwikkeld, echter is daar volgens de respondent een ervaren teeltmanager voor nodig om de strategie vorm te geven.

Hetgeen door Food Ventures als grote uitdaging wordt gezien is het snel op niveau krijgen van de productie naar het technisch maximaal haalbare en tevens rendabele productie.

De kennis en grote mate van interesse over de mogelijke inzetbaarheid van een 'autonoom telen model' voor het teeltmanagement is aanwezig bij Food Ventures en men verwacht ook dat het algoritme betere beslissingen kan maken dan een teler zelf. Op de korte termijn zal dit gaan om dagelijkse repeterende handelingen die operationele beslissingen vergen, zoals tijdig de luchtramen sluiten of de temperatuur in de kas verhogen. Dit geeft dus een daadwerkelijke verbetering en efficiency slag in de organisatie. Echter is dit slechts een klein deel van het totale proces, want zaken als het kiezen van het juiste ras afgestemd op het klimaat of de performance meten van de medewerkers, behoren ook tot de taken van een teeltmanager of tuinbouwondernemer.

Voor Food Ventures is het een kwestie van tijd wanneer de productielocaties volledig up-and-running zijn om vervolgens meer met data te werken bij het nemen van beslissingen en de innovatie van autonoom teeltmanagement te adopteren. Echter is het wel belangrijk dat de input juist is en dat systemen met elkaar kunnen communiceren. Om de innovatie te adopteren hoeft het geen bewijs te zien dat het bij andere tuinbouwondernemers heeft gewerkt. Iedere locatie heeft een andere dynamiek van klimatologische en marktomstandigheden, hetgeen bewijsvoering of vergelijken lastig maakt.

Tevens maakt het het businessmodel van Food Ventures ook schaalbaar omdat het met voldoende en accurate data niet altijd een deskundige teeltmanager op locatie nodig heeft maar er op afstand adviezen gegeven kunnen worden.

Voordat Food Ventures zal starten met een model om data gedreven te telen, wil het eerst weten wie de eigenaar wordt van de data. Het wil tenslotte niet dat het model dat continu in ontwikkeling is door de opbouw van data, verkrijgbaar is voor concurrenten. Hiermee kan het dus worden gezien als een stuk intellectueel eigendom van de organisatie.

Tenslotte is een belangrijk vereiste dat programma's waarmee gewerkt moet worden, in de lokale taal beschikbaar zijn omdat de Engelse taal niet altijd op voldoende niveau is om zaken juist te kunnen interpreteren.

Case 5: Mavruz – Turkije

Mavruz is een tuinbouwonderneming in Turkije dat in 2018 in bedrijf is gegaan. Het bedrijf is gesitueerd op een berg en heeft een grote investering gedaan in een innovatie door restwarmte van een keramiektegelfabriek via een kilometerslange ondergrondse pijplijn te gebruiken voor de warmte toevoer in de kas. De installatie van Mavruz onttrekt de warme lucht uit de toevoer waardoor er een restproduct ontstaat dat weer terug de fabriek in gaat, namelijk 'water'.

In de organisatie zijn enkele teeltmanagers actief met ruime ervaring, maar ook teeltmanagers met een goede opleiding zonder enige tuinbouwervaring. Deze bewuste samenstelling moet ertoe leiden dat het bedrijf niet verzand in een vast stramien en openstaat voor vernieuwende ideeën.

Met behulp van een grote hoeveelheid sensoren haalt men data uit de klimaatcomputer en exporteert deze data naar Excel om zo een vergelijking tussen verschillende periodes te kunnen maken en het te verenigen met oogstresultaten om te zien welke input resulteert in welke output.

Er wordt duidelijk de wens uit gesproken om met behulp van autonoom opererende en data genererende systemen te kunnen opschalen in diverse controlewerkzaamheden. Hierdoor kan de steekproef worden vergroot, want er kleeft een groot risico aan om aannames te doen op basis van een steekproef van nog geen 1% van planten in de kas. Autonoom opererende systemen zoals scoutsystemen moeten Mavruz helpen de kwaliteit van de planten in de kas te verbeteren.

Teeltstrategieën worden dagelijks opgesteld op basis van 24-uurs data uit de klimaatcomputer. Wekelijks wordt dit in een Excel document verrijkt met steekproeven over de ontwikkeling van de planten door de groei in centimeters te noteren.

Ondanks de kennis over mogelijke autonome systemen die scout- en controlewerkzaamheden moet overnemen, is er beperkte kennis over autonoom teeltmanagement aanwezig. Na een toelichting over de mogelijkheden van een autonoom telen model en de stand van de techniek wordt aangegeven dat het voor Mavruz een verbeterslag in de organisatie zal brengen vanwege de aanwezigheid van meer data en dus meer inzicht. Echter is Mavruz nog in de opstartfase van de organisatie en ziet het nog voldoende verbetermogelijkheden met de huidige mensen en middelen. Afhankelijk van de kwaliteit van data en de beslisfactoren is Cengiz ervan overtuigd dat een 'computer' beslissingen sneller en beter kan nemen dan zijn medewerkers. Tevens is een interessante opinie dat een autonoom telen aanbod vanuit een abonnementsmodel Mavruz de mogelijkheid zal bieden om na iedere periode te beoordelen of het voldoende waarde heeft gebracht voor de organisatie. Uiteraard vanuit de gedachte dat aanschaf op basis van een abonnementsmodel voor een periode vele malen goedkoper is dan de techniek te kopen en daarvan eigenaar te worden. Tevens wordt aangegeven dat een systeem beschikbaar moet zijn in de Turkse taal zodat er geen misverstanden ontstaan.

Voor Mavruz is bewijsvoering van een autonoom telen model door bijvoorbeeld een praktijkcase niet noodzakelijk. Hiervoor zijn de condities van tuinbouwbedrijven te verschillend. De wijze waarop de leverancier data combineert en besluiten worden genomen is daarin doorslaggevend.

Tenslotte wordt aangegeven dat de Turkse overheid sinds de uitbraak van COVID-19 zich meer bewust is geworden van de internationale afhankelijkheid van voedsel en daarmee haar kwetsbaarheid heeft aangetoond. Hierdoor is de verwachting dat zowel bestaande als nieuwe tuinbouwprojecten financieel zullen worden gesteund in de komende jaren. Hierbij zullen niet zozeer procesinnovaties of duurzaamheidsinitiatieven worden gesubsidieerd maar zal er gefocust worden op het creëren van financieringsmogelijkheden en handelsprotectiemaatregelen voor Turkse tuinbouwondernemers.

5.2 Thematische analyse

In onderstaande tabellen is de thematische analyse weergegeven op basis van de transcripten die van de interviews zijn gemaakt. Ieder thema is met een kleur aangegeven in de eerste kolom. Deze kleur correspondeert met de gemarkeerde tekst in de transcripten die in de bijlage te vinden zijn.

Thema	Case	Citaten uit transcript
Gebruik van data en 'gevoel' in teeltproces	Atlantic Growers	1. Doet Jonathan (Portugese teeltmanager) te veel op basis van gevoel. 2. De teeltconsultant komt ook zo nu en dan langs, maar ook dat zijn vooral personen die hun keuzes op gevoel baseren. 3. De data die wordt bekeken is vooral de data vanuit de klimaatcomputer. Dus de eigen historische data. 4. Wel probeert Marc Jonathan de principes van Plant Empowerment bij te brengen waarbij de essentie is om vooral te sturen op data. 5. Wanneer er naar de data gekeken zou zijn en de principes goed toegepast zouden worden zou Jonathan weten dat hij soms beslissingen moet nemen <i>die haaks staan op zijn gevoel</i>. 6. We ontvangen regelmatig een teeltconsultant waarmee we een teeltplan maken. Met hem maken we concrete doelstellingen en bekijken we sec de data. 7. Doelstellingen worden per week gemaakt.
	Nature's Miracle	1. Wij maken gebruik van zeer veel data, zoals marktdata, salesdata en klimaatdata en oogstdata. Hierdoor weten we in hoeverre de klant het product en de prijs voor het product waardeert. 2. Ook kijken we dagelijks naar de data in de klimaatcomputer, zoals de temperatuur, de hoeveelheid licht en de luchtvochtigheid in de kas. 3. We kijken naar volume en kwaliteit maar ook hoeveel geld en effort kost het om een bepaald product te maken t.o.v. de afzet. 4. We bekijken de sales data na enkele weken en hierop beslissen we hoeveel ruimte/hoeveel afdelingen van de teelt voor bijvoorbeeld rode paprika ingedeeld moet worden. Men past het aanbod dus op de vraag aan. 5. Ook bekijken we jaardata voor wanneer we moeten starten met de nieuwe teelt, bijvoorbeeld door de nieuwe teelt met 15 dagen uit te stellen om zodoende hoge energiekosten te besparen. 6. 2x keer per teeltcyclus praten we en nemen we beslissingen over hoeveel allocatie naar welke teelt moet (eerst beslissing en daarna review).
	JEM Farms	1. We maken gebruik van het dataplatform LetsGrow al is dat door de drukte de laatste tijd wat afgenomen en ik probeer daar nu weer wat meer gebruik van te maken. Wij gebruiken vanuit LetsGrow de oogstvoorspelling voor tomaten. Daarnaast exporteer ik zelf data uit de Hoogendoorn computer zoals 24 uren data over temperatuur, luchtvochtigheid en PAR in de kas. Hierdoor wil ik een meer gebalanceerde aansturing van de kas hebben in plaats van dat ik continu achter de feiten aan loop. 2. Ik zou graag de strategie aanpassen op de marktprijs van het product, echter zijn we met het bedrijf nog niet zo ver. Deze discussie had ik recent ook met Ecoation (aanbieder van een scoutrobot dat foto's maakt om ziektes en plagen te herkennen) en bij hen gaf ik aan dat ik eerst liever een marathon ren met dezelfde snelheid (en dus een constante, liefst hoge, productie) in plaats van een sprint met ups and downs. 3. Jamie, zijn vader en grootvader hebben allen 'groene vingers' en zijn daarom meer van het nemen van beslissingen op basis van gevoel. Om hen te overtuigen laat ik data zien om mijn keuzes voor de teelt strategieën te onderbouwen. 4. Met de nieuwe sensoren kan ik hen laten zien en overtuigen met de beschikbare data waar ik de laatste 6 maanden met Plant Empowerment mee bezig ben geweest. 5. Bij de komkommers hebben we de meeste sensoren en dubbele lichtschermen hangen. Deze afdeling geeft mij de meeste informatie. Ik zie daar ten opzichte van vorig jaar een toename van 20% in de omzet. Echter durf ik niet hardop te zeggen dat dit enkel aan mijn methode is toe te wijzen, maar er zal een zekere winst toe te wijzen zijn aan de methode met gebruik van data.
	Food Ventures	1. We werken met Hoogendoorn klimaatcomputers hetgeen al een data genererend teeltsysteem is. Tevens zijn we nu recent met LetsGrow gestart omdat we die data ook kunnen gebruiken in onze besluiten. Ik wil dat we onze besluiten nemen op basis van data, maar er blijft een deel gevoel in zitten. Het is spel van een samenhang van meerdere omstandigheden waar je zelf wat van moet vinden. Dat is de rol van de teler, die moet het op basis van data doen en niet enkel een rondje door de kas lopen en <i>denken</i> dat het zo wel goed is. 2. Wij analyseren de data vanuit de klimaatcomputer en dataplatform LetsGrow. Op basis van de ervaring van de teeltmanagers van Food Ventures die de data bekijken, weet men welke strategie ingezet moet worden.
	Mavruz	1. We werken met ca. 65 verschillende sensoren in de kas. Wij verzamelen deze gegevens in onze klimaatcomputer en exporteren de gegevens vervolgens naar Excel om de data met elkaar te verenigen en te vergelijken. 2. Persoonlijk probeer ik met de data uit de klimaatcomputer dat ik naar Excel geëxporteerd krijg te kijken in hoeverre er verbeteringen worden doorgevoerd. 3. Wekelijks kijken we ook naar de plant hoe deze groeit en houden dit bij in een Excel document. We houden de steekproef hierbij zo groot mogelijk om de ontwikkeling van de plant te monitoren.

Thema	Case	Citaten uit transcript
Kennis over het concept 'autonoom telen'	Atlantic Growers	1. Ja ik weet dat er recent een proef is geweest met komkommers (red: Autonomous Greenhouse Challenge 2018) en het past volgens mij helemaal in het plaatje van Plant Empowerment. 2. Ik ken verder nog geen telers die een dergelijke automatisering op basis van data toepassen.
	Nature's Miracle	1. Ik heb beperkte kennis over dit onderwerp, hetgeen wat ik weet komt van Nederlandse tuinbouwleveranciers over wat ze aan mij verteld hebben. Ik begrijp dat de beslissingen bij autonoom telen genomen worden met behulp van artificial intelligence. Dat is hetgeen dat ik ervan weet, maar ik hoor er graag meer over want ik ben ervan overtuigd dat een computer betere beslissingen kan nemen dan mensen kunnen op basis van data.
	JEM Farms	1. Ik heb nog niet eerder gehoord dat de aansturing autonoom al zou kunnen. Wel over data gedreven telen, waarbij meer beslissingen in het teeltproces geautomatiseerd worden. Tevens zijn we in gesprek met leveranciers die meer data voor ons kunnen verzorgen. 2. Ik heb met diverse Canadese teeltmanagers gesproken over de Plant Empowerment theorie waarbij de essentie zit in het toepassen van data gedreven telen. Toen dit in 2018 uitkwam waren veel van de Canadese telers sceptisch en zeiden: 'oke, leuk die theorie maar het is erg geënt op besparen van energie en dat zorgt voor een wat zwakkere plant'. Ik zie dat niet zo nu ik mij meer verdiep in de theorie en zie de mogelijke reductie in energiekosten als bijkomend voordeel.
	Food Ventures	1. Ik volg de Autonomous Greenhouse Challenge van de WUR op de voet. Waar ik het in zie is dat de settings voor de klimaatcomputer handmatig worden ingevoerd op basis van wat de teler wil. Daar zie ik een groot lerend vermogen in door data. Met goede data die <i>patronen kan herkennen</i> die zegt dat je in bepaalde omstandigheden eens niet je luchtramen moet open zetten maar dicht houden.
	Mavruz	1. Zover ik weet is data gedreven telen gebaseerd op data gecreëerd door de klimaatcomputer en wordt dit verzameld in het programma en met elkaar 'vermenigvuldigd'.

Thema	Case	Citaten uit transcript
Vertrouwen op de kwaliteit van beslissingen door een algoritme	Atlantic Growers	1. Autonoom telen is volgens Marc in Portugal echt mogelijk. Het is voor 95% een stabiel klimaat en goed te meten met data. 2. Daar geloof ik zeker in zegt Marc, zolang er gebruik gemaakt wordt van goede en betrouwbare sensoren. 3. Op de vraag of Marc denkt dat het algoritme het beter weet dan zij zelf geeft hij aan dat hij verwacht dat de data het beter weet. De data kan betere beslissingen nemen dan een persoon op basis van groene vingers. 4. Ik ben ervan overtuigd dat de leverancier van een dergelijk autonoom telen model die de data het beste bij elkaar kan brengen, de 'wedstrijd' gaat winnen.
	Nature's Miracle	1. Tevens ben ik ervan overtuigd dat een menselijke fout ook voor een grote kostenpost kan zorgen. 2. Ik zie geen barrières om autonoom telen toe te passen. 3. Met de ervaring van Hoogendoorn en de data die zij hebben van specifieke teelten ben ik ervan overtuigd dat zij een goed autonoom telen model kunnen opstellen dat beter presteert dan onze mensen.
	JEM Farms	1. Ik denk dat het absoluut een combinatie is van de twee. Het is nodig om een mens te laten kijken naar de beslissingen die gemaakt moeten worden. Ik denk niet dat je zonder te checken de computer de beslissing zou moeten laten nemen. Niet op dit moment althans, ik denk dat het nog te nieuw is om een algoritme dit te laten beslissen. Er moet veel, heel veel historische data komen om de computer zelf autonoom te laten beslissen.
	Food Ventures	1. Dit kan veel beter en consequenter door een algoritme dan door een teler. Ik vind namelijk dat het momenteel nog redelijk primitief gaat. 2. <i>Denk je dat de techniek zover is dat je het maken van beslissingen aan de computer over kan laten?</i> Ja, 100%. Alleen het wordt soms gepresenteerd als de eindoplossing maar dat denk ik niet. 3. Ik geloof dat er dus heel snel zaken geautomatiseerd kunnen worden. 4. Het zijn veel repeterende handelingen die je prima kunt automatiseren. Dat kan een algoritme veel beter dan een teler. Het geeft een verbeteringslag in de organisatie doordat je beschikt over betere tools.
	Mavruz	1. <i>Vraag: Denk je dat de techniek zover is dat je het maken van beslissingen aan de computer over kunt laten?</i> Antwoord: "Ja absoluut".

Thema	Case	Citaten uit transcript
<i>Herkenning van mogelijkheden om autonoom telen in het eigen teeltproces toe te passen.</i>	Atlantic Growers	1. We overwegen het zeker in Portugal omdat we zien dat het overbrengen van ervaringen naar Portugal vanwege taal en cultuurbarrières lastig is en het eveneens lastig is om goede teeltmensen te vinden. 2. Op de vraag of het naast Portugal ook interessant is voor onze teeltlocaties in Honselersdijk en Maasdijk geeft Marc aan dat hij het wel eerst in NL uit zou rollen omdat zij korter op de bal zitten en dus dichterbij mogelijke fouten om in te grijpen.
	Nature's Miracle	1. In de huidige situatie van COVID-19 zou het erg prettig zijn als we niet afhankelijk zouden zijn van mensen die beslissingen moeten nemen op basis van data en gevoel. Als dit beslisproces volledig geautomatiseerd gebeurt kan dat voor ons zeker een kans zijn. 2. Het zal uiteindelijk een rekensom worden van wat heeft het gekost en wat levert het op? Onze eigenaar is een zeer technologie-gedreven persoon en dat willen we als organisatie ook zijn en uitstralen.
	JEM Farms	1. Als je hiermee bedoelt dat we de handen van de pc moeten afhouden, dan denk ik dat wij daar nog niet voor open staan, dat is nog te nieuw en onzeker voor ons.
	Food Ventures	1. Ja, dat is de reden dat we het dataplatform LetsGrow voor Food Ventures aan het implementeren zijn in Kazachstan. 2. Ik heb vertrouwen in de mogelijkheden met onze klimaatcomputer en ik zie daar wel een businessmodel voor in NL dat je niet de NL-ers hoeft in te vliegen bij de klant maar we leiden ze op en de data analisten in NL die ook van de tuinbouw weten en die op afstand goed naar kunnen kijken.
	Mavruz	1. Ja, de toepassing van data gedreven telen kan voor ons een toevoeging zijn in onze denkwijze. Het kan een belangrijke bijdrage leveren om beter te presteren omdat we meer data voor handen zullen hebben. 2. Maar voordat we met een dergelijke innovatie verder zullen gaan moeten we de organisatie verder opbouwen naar een stabiele en meer ervaren organisatie. Daar gaan nog enkele jaren overheen.

Thema	Case	Citaten uit transcript
<i>Is bewijsvoering uit praktijkcases nodig om de procesinnovatie te adopteren?</i>	Atlantic Growers	1. Marc geeft aan dat zij zodra een goed concept beschikbaar is met gecombineerde data, en vanuit een gerenommeerde partij wordt aangeboden zij als een van de eersten zullen instappen.
	Nature's Miracle	1. We zien onszelf als innovators en zullen de eerste zijn die een dergelijke technologie zullen gebruiken. Bewijs is niet zozeer nodig, we hebben een groot vertrouwen in de ontwikkelingen die 'de Nederlanders' ons brengen en weten dat Hoogendoorn een erg goede job heeft gedaan met de procesautomatisering in de kas.
	JEM Farms	1. Maar als het na een 3 a 4 jaar bij andere klanten is bewezen dan zou het voor ons wel erg aanspreken. Zeker als het bewezen is in onze teeltsoorten. Bewijs bestaat bijvoorbeeld uit een aantoonbare toename van omzet/ productieaantallen en bedieningsgemak.
	Food Ventures	1. Nee, iedere locatie is anders vanwege een ander klimaat, andere rassen of een andere afzetmarkt met een andere behoefte. Dit maakt vergelijken erg lastig en niet relevant.
	Mavruz	1. Als autonoom telen beschikbaar komt, zullen wij als een van de eersten instappen om het uit te proberen. Bewijs van andere telers uit Turkije is hiervoor niet nodig omdat condities overal verschillend zijn en vergelijken daarom lastig maakt.

Thema	Case	Citaten uit transcript
<i>Initiatie barrières</i>	Atlantic Growers	1. Uiteindelijk moeten we dus meer data in 1 model krijgen waardoor er goede gefundeerde beslissingen kunnen worden genomen. 2. Financieel zie ik daar best wel wat ruimte voor vanwege de <i>grote oppervlakte van het bedrijf</i>. Als ik zie dat we <i>bijvoorbeeld een kilo meer productie kan halen per m2</i> dan heeft dat wel een flinke financiële impact van bijvoorbeeld een paar ton in slechts 1 jaar. 3. Prijs is doorslaggevend maar het is niet zo dat we verwachten dat het een teeltmanager zal uitsparen en dat hoeft ook niet. Sec dus een hogere opbrengst per m2.
	Nature's Miracle	1. Echter zullen wij het pas doen als we hebben opgeschaald. 2. Het zal uiteindelijk een rekensom worden van wat heeft het gekost en wat levert het op.
	JEM Farms	1. Dat is nog te nieuw en onzeker voor ons. 2. Ik kan er tevens wel een voorstander van zijn en het pushen, maar hetgeen in de kas staat is niet mijn investering maar dat van de aandeelhouders. 3. Uiteindelijk komt het aan op de terugverdientijd en de risico's die zo gering gemaakt kunnen worden. 4. Het totale management van de organisatie zal op basis van een duidelijk onderbouwde theorie en veel overtuigende data van een betere performance door data gedreven telen overtuigd kunnen worden maar we zullen hierin niet vooroplopen als organisatie.
	Food Ventures	1. Wanneer we daarin op de toppen van ons kunnen zitten en we een aantal jaren ervaring hebben opgebouwd op de locatie, zullen we onze teeltoppervlakte verder uitbreiden. Met een autonoom telen model kunnen we repeterende beslissingen in

		deze fase autonoom laten uitvoeren en kunnen we ons focussen op het betrekken van een tweede of derde teelt bij de bestaande teelt. 2. Uiteindelijk is het interessante nog, wie is de eigenaar van de data? Wie gaat de intelligentie opbouwen? Bij alle platforms is dat best lastig, je wilt namelijk een zo goed mogelijke teler zijn en je wilt niet dat je daarmee andere telers ook heel erg goed maakt. Bescherming van data dus. Dit zie ik als een stukje intellectueel eigendom en je wilt dat dat niet op straat komt te liggen en dat andere telers er een voordeel uit kunnen trekken. Dit is voor ons essentieel om te bepalen of we met een partij zaken gaan doen. 3. Het is belangrijk dat het vooral goede en betrouwbare data is waar je mee werkt, dat is nu niet altijd het geval. En er is namelijk heel veel data, er zijn cijfers over irrigatie, meststoffen, marktcijfers et cetera, maar het staat allemaal op verschillende plekken.
	Mavruz	1. De pricing is voor ons erg belangrijk. 2. Daarnaast letten we in het huidige stadium (opstartfase) waarin we ons als bedrijf bevinden erg op de kosten die we maken als onderneming. Er moeten zo nu en dan nog investeringen worden gedaan om het bedrijf verder op te bouwen, dat maakt het kiezen voor een dergelijk traject van data gedreven telen voor mij een kritische kosten-baten afweging. 3. Het is hierbij van belang of het een eenmalige aanschaf is of dat het concept op basis van een abonnement moet worden afgesloten. Bij een eenmalige investering die hoger zal zijn dan een jaarlijks bedrag, zal de afweging om te starten meer overtuiging nodig hebben van de werking ervan.

Thema	Case	Citaten uit transcript
Implementatie barrières	Atlantic Growers	1. Echter is het ook belangrijk dat de werkende systemen in de lokale taal (Portugees/ Spaans) beschikbaar is. 2. Marc geeft tevens aan (min. 23.10 van opname) dat er iedere keer andere kwaaltjes en ziektes zich voor kunnen doen. Dat maakt het volgens hem lastig om op afstand/ autonoom te telen. Het draaiboek voor die specifieke ziekte moet namelijk wel bekend worden in het algoritme.
	Nature's Miracle	
	JEM Farms	1. Ik denk dat de nieuwe sensoren voor ons moet gaan bevestigen dat we kunnen vertrouwen op de data uit sensoren en dat we dan kunnen bepalen of we de toegevoegde waarde van Data Driven Growing zien en het de investering waard is.
	Food Ventures	1. Wanneer er een systeem beschikbaar komt is het raadzaam dit in de taal van de medewerkers te hebben. Het Engels van hen is niet zo goed en wanneer het erg inhoudelijk wordt, zal het lastig worden begrepen. 2. Data moet betrouwbaar zijn en verenigbaar.
	Mavruz	1. Een belangrijk element om met een nieuwe innovatie te starten is de aanwezigheid van de Turkse taal. De teeltmanagers in de kas spreken zeker niet allemaal (goed) Engels. Het moet dus beschikbaar zijn in het Turks. 2. Voor specifiek een innovatie waarbij het doel is om autonoom te telen is het belangrijk dat de systemen met elkaar goed kunnen communiceren en errors worden geminimaliseerd.

Thema	Case	Citaten uit transcript
Welk probleem lost het op?	Atlantic Growers	1. Als conclusie kwam daaruit dat men eigenlijk ondervond dat er een platform gebouwd zou moeten worden om die data centraal te hebben en met elkaar te verenigen. Een autonoom telen model moet op basis van gecombineerde data deze beslissingen nemen en zou hierin voorzien. 2. Meer productie kan halen per m2.
	Nature's Miracle	1. Hierdoor moeten we iedere keer mensen op training sturen, hetgeen ons erg veel geld kost en het dus fijn zou zijn als meer van deze kennis in 'het autonoom telen model' geborgen zou zijn. 2. Tevens ben ik ervan overtuigd dat een menselijke fout ook voor een grote kostenpost kan zorgen.
	JEM Farms	
	Food Ventures	1. Het geeft geobjectiveerde besluiten. 2. Met dit concept maakt het ons businessmodel dus schaalbaar. Echter zoals ik eerder zei is dit slechts een deel van het totale proces. 3. Ik wil niet aansturen op een glimlach en goede moed, maar op basis van cijfers. Daardoor kunnen we de mensen beter laten presteren. 4. Het personeel is nu nog geen issue en personeel is goedkoop, maar op lange termijn zijn goede mensen altijd moeilijk te vinden.
	Mavruz	1. Het kan een belangrijke bijdrage leveren om beter de prestaties te kunnen monitoren hetgeen uiteindelijk leidt tot betere prestaties omdat we meer data voor handen zullen hebben.

5.3 Cross-case analyse

In de cross-case analyse worden de verschillen per thema en de overeenkomsten in de cases beschreven. Tevens worden de specifieke kenmerken van de organisaties en het management erbij gehaald wanneer er sprake is van een mogelijk verband.

⇒ *Gebruik van data en het eigen 'gevoel' in het teeltproces.*

In bovenstaande thematische analyse is te zien dat data een onmisbare rol heeft aangenomen in het teeltmanagement. Uit alle cases is op te maken dat de meest waardevolle data uit de klimaatcomputer kan worden gehaald en eventueel geëxporteerd wordt naar Excel om het te verenigen met data uit andere bronnen of dezelfde type data maar dan van het verleden. Echter zijn de verschillen tussen partijen groot als het gaat om de wijze waarop en de mate waarin dat wordt gebruikt bij het nemen van beslissingen. Zo geeft case 2 (Nature's Miracle) als enige aan gebruik te maken van markt- en verkoopdata omdat dit voor het businessmodel belangrijk is te weten welke producten zij het meest waarschijnlijk in welke hoeveelheid kan produceren. Slechts na enkele jaren dat de teeltlocatie in bedrijf is heeft men naar eigen zeggen het technisch maximale uit de kas weten te halen. Dit in tegenstelling tot case 3 (JEM Farms) waar men van generatie op generatie de kennis van het telen overdraagt van, maar men vooral zoekende is naar een optimaal en stabiele productiehoeveelheid. Dezelfde case in Canada laat tevens zien dat men voorzichtig is in het bevestigen van een productietoename van 20% nadat er meer camera's en sensoren zijn geïnstalleerd. Hetgeen deze case in Canada eveneens aangeeft is dat er een nieuwe aanbesteding is gedaan om ook andere afdelingen op de locatie te voorzien van camera's. Dit duidt erop dat ook de bestuurlijke macht van de teeltlocatie in Canada inziet dat beschikbaarheid van data zijn 'vruchten afwerpt'.

In case 1 (Atlantic Growers) werd eveneens aangegeven dat sinds zij bezig zijn met meer data gedreven te telen, zij een productietoename en verhoogt nettoresultaat zien. Echter werd hier duidelijk bij verteld dat de productietoename niet enkel toe te wijzen is aan de investering in de sensoren en consultancy, maar ook vooral omdat 'data-analyse' een plek heeft gekregen op de wekelijkse MT- agenda. De aanwezigheid van data zorgt dus niet alleen voor een beter teeltmanagement, maar zorgt voor het bewustzijn van de mogelijkheden en dat zaken ter sprake worden gebracht. In het verleden was er minder data beschikbaar en werd er daarom ook niet over gesproken. Oftewel; wat je niet weet, daar kun je ook niet op sturen of over discussiëren.

⇒ *Kennis over het concept 'autonoom telen'.*

Wanneer het gaat over de aanwezige kennis dan is te zien dat de cases waarin gesproken is met Nederlandse respondenten, case 1 (Atlantic Growers) en case 4 (Food Ventures) over de teeltlocaties in het buitenland, zij het meest op de hoogte zijn van de technische mogelijkheden van een autonoom telen model. Bovenal is het sentiment voor deze innovatie positief als het gaat om de mogelijke bijdrage die het kan leveren aan de tuinbouw.

⇒ *Vertrouwen op de kwaliteit van beslissingen van een algoritme.*

Met uitzondering van case 3 (JEM Farms) is iedereen ervan overtuigd dat een computer of algoritme in staat is betere en snellere keuzes te maken. De respondent vanuit JEM Farms is het meest terughoudend als het gaat om het vertrouwen dat hij heeft in de technologie. Hierbij kan tevens in ogeschouw worden genomen dat de respondent uit case 3, de enige respondent in deze case is die fulltime verantwoordelijk is voor het managen van de teelt en tevens ook geen aandelenbelang heeft in de organisatie.

⇒ *Herkenning van mogelijkheden om autonoom telen in het eigen teeltproces toe te passen.*

Bij dit thema wordt gekeken in hoeverre men 'autonoom telen' als concept mogelijk toegepast ziet op de eigen locatie op basis van de kennis dat men heeft verworven over de innovatie en de definitie over autonoom telen die is gegeven tijdens het interview. Uit alle cases wordt duidelijk dat er mogelijkheden worden gezien voor toepassing van het concept. Dit komt met name vanwege het repeterende karakter van de handelingen. In navolging van de terughoudendheid bij het thema "vertrouwen op de kwaliteit..." ziet men bij JEM Farms wederom nog niet gebeuren dat zij dergelijke beslissingen over laten aan een algoritme. Bij het vorige thema is tevens beschreven dat de respondent verantwoordelijk is voor het managen van de teelt en geen aandelenbelang in de organisatie heeft. Hiermee ontstaat de twijfel in hoeverre het behoudt van de eigen functie boven het organisatiebelang wordt gesteld.

⇒ *Is bewijsvoering uit praktijkcases nodig om de procesinnovatie te adopteren?*

De mogelijkheden en daarmee de impact van autonoom telen op het werk en de prestaties, zijn voor de meeste respondenten goed in te schatten. Echter brengt iedere innovatie onzekerheden met zich mee

en zal tevens niet iedere tuinbouwondernemer in de categorie 'innovators' of 'early adopters' geschaard kunnen worden, conform de theorie van Rogers (2003).

Toch wordt uit de analyse duidelijk dat op een case na (JEM Farms) bewijsvoering niet noodzakelijk is of in ieder geval nauwelijks invloed zal hebben op het al dan niet adopteren van de procesinnovatie. Als reden wordt aangegeven dat productieomstandigheden, in geen enkele situatie vergelijkbaar is. Dat maakt het proces nu juist zo complex.

Elementen die een aanjagend effect hebben voor adoptie door de tuinbouwondernemers is wanneer aangetoond kan worden dat data vanuit meerdere externe bronnen verenigd wordt en de bronnen met elkaar kunnen communiceren, waardoor goede gefundeerde beslissingen kunnen worden genomen.

⇒ *Initiatie barrières*

Met 'initiatie barrières' wordt bedoeld de fase waarin men de keuze maakt om een innovatie wel of niet te adopteren. Rogers beschrijft in vijf stappen hoe een *organisatie-innovatie proces* verloopt, waarbij de eerste twee stappen, het herkennen van een behoefte en het matchen met een mogelijke oplossing, zich in de initiatiefase bevinden (Rogers, 2003). In deze fase kunnen er dus al barrières gevormd zijn voor de tuinbouwonderneming om de innovatie te adopteren. Zo blijkt dat een tweetal ondernemingen, te weten case 4 (Food Ventures) en case 5 (Mavruz), zich nog in de *opstartfase* bevinden waarbij beide organisaties nog niet de maximale productie hebben bereikt. Adoptie van de procesinnovatie 'autonoom telen' komt voor deze organisaties nog te vroeg. Oftewel, hieruit kan worden opgemaakt dat de innovatie 'autonoom telen' voor deze organisaties wordt gezien als een mogelijke verbeterstap in het productieproces als het plafond van de 'menselijke kennis en kunde' is bereikt.

Een tweede relatie wordt mogelijk gezien tussen de oppervlakte per teeltsoort en het rendabel maken van een teelt. Per case zou in praktijk een kosten-baten analyse kunnen worden gemaakt, maar de stelligheid waarmee case 2 (Nature's Miracle) aangeeft dat opschaling per teeltsoort eerst noodzakelijk is, geeft een duidelijk vermoeden aan. Als voornaamste reden wordt hiervoor genoemd dat exponentieel toenemende energiekosten het niet rendabel maken om op basis van een autonoom aan te sturen teelt, meer productie te genereren. Ook kent iedere teeltsoort een eigen unieke benadering en aansturing. Om deze benadering voor iedere teelt te automatiseren vergt dit dus veel voorbereiding.

Deze barrière lijkt te worden onderschreven door case 3 (JEM Farms) omdat deze organisatie drie teeltsoorten heeft op een relatief kleine oppervlakte. Echter bestaat hier een vermoedelijke relatie en zou nader onderzoek meer bewijs moeten brengen om te kunnen stellen dat er sprake is van een verband.

Uit een tweetal cases komt duidelijk naar voren dat de huidige ervaring is dat data-genererende systemen onderling niet of nauwelijks met elkaar kunnen communiceren. Data kunnen analyseren en verenigen op één locatie is essentieel. Bewijs van deze integratie heeft men nog niet gezien en daarmee vormt dit voor deze organisaties conform stap 1 van de initiatie fase (Rogers, 2003) een barrière voor adoptie. Hierbij is de bottleneck het 'matchen van een oplossing aan de behoefte'. Een model dat deze bottleneck verslaat maakt daarmee de weg vrij voor adoptie voor in ieder geval twee van de vijf organisaties.

De factor 'prijs' wordt in vier van de vijf cases genoemd. Bij case 2 (Nature's Miracle) is dit weliswaar indirect aangegeven in de vorm van de noodzaak tot schaalvergroting alvorens dat deze innovatie interessant kan zijn. Vanwege het feit dat er geen prijs per vierkante meter kan worden gehanteerd en maatwerk noodzakelijk is en dus de prijs per individuele case bepaald zou moeten worden, is er niet doorgegaan op wat een dergelijke innovatie zou mogen kosten. Wel wordt in twee van de vijf cases duidelijk aangegeven dat de terugverdientijd bepalend is voor adoptie. Dit kan worden gedaan op basis van een calculatie van te verwachten productietoename per vierkante meter. Echter lijkt dit tegen te spreken bij wat eerder bij thema 'bewijsvoering' is geconstateerd, daarin was te zien dat bewijsvoering van de werking van autonoom telen niet noodzakelijk is om de doelgroep te overtuigen. Echter, om een dergelijke terugverdientijd te kunnen berekenen, moet een claim op basis van bewezen resultaten van de innovatie 'autonoom telen' gemaakt worden.

In case 5 (Mavruz) wordt een ander interessante factor weergegeven, namelijk dat de wijze waarop het wordt aangeboden, een positieve impact kan hebben op de adoptie. Een 'trial versie' ziet men niet als een mogelijkheid vanwege de duur en de complexiteit van het opzetten van een model, maar door het vanuit een abonnementsmodel af te nemen, zal de drempel lager zijn en kan na iedere periode geëvalueerd worden of het een waardevolle toevoeging is voor de organisatie.

⇒ Implementatie barrières

Met 'implementatie barrières' wordt verwezen naar de tweede fase van het *organisatie-innovatie proces* van Rogers (2003). De organisatie heeft een behoefte en heeft daar een oplossing voor gevonden. Nu de innovatie geïmplementeerd moet worden kunnen er zich nog tal van barrières voordoen.

Uit de analyse komt naar voren dat in drie van de vijf cases de 'taalbarrière' wordt genoemd. Hierbij verwijst men naar de mogelijke verwarring en daardoor fouten die kunnen ontstaan wanneer een systeem niet in de lokale taal beschikbaar is. Case 2 (Nature's Miracle) kent een hoogopgeleid team van teeltmanagers (Master graad) waardoor men gedurende de studie en carrière vermoedelijk de Engelse taal meester is geworden. De andere uitzondering is case 3 (JEM Farms), maar dit is uiteraard te wijten aan het feit dat de moedertaal Engels (Canadees) is en daarom geen barrière zal vormen.

Eerder is bij 'initiatie barrières' de noodzaak genoemd dat data-genererende systemen met elkaar moeten kunnen communiceren. Het moet 'dezelfde taal' spreken. Als implementatie barrière wordt in drie van de vijf cases dit nogmaals aangehaald. Zo is in case 1 (Atlantic Growers) onzeker over hoe een autonoom telen model omgaat met ziektes en plagen die iedere keer op andere locaties in de kas ontstaan. Worden deze ziektes herkend, hoe wordt er op gestuurd in de kas en word ik daarover gealarmeerd? Uit case 3 (JEM Farms) en case 4 (Food Ventures) wordt duidelijk dat men nog bevestigd moet krijgen dat er volledig op de kwaliteit van sensoren kan worden vertrouwd.

⇒ Welk probleem lost het op?

In de cross-case analyse is ook gekeken naar welke problemen mogelijk worden opgelost of welke behoefte kan worden vervuld voor de doelgroep met een autonoom telen model.

Als voornaamste kan worden opgemaakt dat het een 'prestatieverbetering' zal leveren in termen van productie en omzet en menselijke fouten moet reduceren. Dit komt naar voren in case 1 (Atlantic Growers), case 2 (Nature's Miracle), case 4 (Food Ventures) en case 5 (Mavruz).

Tevens geeft het volgens case 4 (Food Ventures) geobjectiveerde besluiten. Het onderbouwt of bevestigt hiermee een gevoel.

Ook het topic 'arbeid' komt hierin duidelijk naar voren. In case 1 (Atlantic Growers) wordt aangegeven dat men niet verwacht dat het een arbeidsplaats uitspaart. Voor case 2 (Nature's Miracle) en case 4 (Food Ventures) kan het een potentieel personeelsrisico voorkomen doordat kennis in de systemen wordt geborgen. Tevens kan het bij case 2 (Nature's Miracle) zelfs leiden tot besparingen op opleidingskosten als men de teeltmanagers niet voor een dure opleiding naar Nederland hoeft te sturen.

Tenslotte kan worden gesteld dat data ook in een behoefte van meer controle door het management voorziet. Zowel case 4 (Food Ventures) als case 5 (Mavruz) geven aan meer te willen sturen op 'performance' van de medewerkers in de kas en biedt een systeem met gecombineerde data daar de juiste oplossing voor. Dit wordt bevestigd door de redenen die werden aangegeven waarom men gestart is met een arbeidsregistratiesysteem en oogherkenningssysteem. In het geval van het arbeidsregistratiesysteem werd in case 1 (Atlantic Growers) en case 4 (Food Ventures) aangegeven dat men door monitoring van de prestaties van medewerkers, er meer op gestuurd kan worden door mensen te belonen voor een goede prestatie en daardoor ook de verbeteringen zichtbaar zijn in de prestaties.

Conclusie empirisch onderzoek

Dit onderzoek heeft plaatsgevonden bij organisaties verspreid over drie continenten. Hierdoor is een goed beeld ontstaan van hoe tuinbouwondernemers zullen reageren op een disruptieve procesinnovatie als autonoom telen. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Tuinbouwondernemers zijn over het algemeen overtuigd van de mogelijke toegevoegde waarde van een autonoom telen model, al is nog niet bij iedereen bekend hoe deze innovatie er precies in praktijk uit kan zien.
- Bewijsvoering is voor de overtuiging of het 'model' werkt niet noodzakelijk. Vanwege de sterk wisselende omstandigheden per organisatie zegt dit weinig over hoe dit in het eigen bedrijf kan werken. Echter wordt duidelijk dat voor een goede kosten-batenanalyse en het berekenen van de terugverdientijd wel een productieverbetering geclaimd moet kunnen worden door de aanbieder met behulp van de innovatie.
- Uit de cross-case analyse blijkt dat iedere tuinbouwonderneming dagelijks bezig is met data-analyse. Hierbij is de klimaatcomputer als 'verzamelaar' van data leidend.
- Een bepaalde mate van 'gevoel' door ervaring in teeltmanagement blijft noodzakelijk. Een autonoom telen model kan bepaalde repeterende beslissingen overnemen, wanneer eerst een

persoon met teeltkennis er naar gekeken heeft. Wanneer deze situatie en daarmee de beslissing vaker voor komt, kan het geautomatiseerd worden, is de mening van de respondenten.

- Het vertrouwen op een algoritme dat beslissingen uit handen neemt van de teler is groot. Men ziet vooral tijdswinst door het overnemen van repeterende handelingen en het reduceren van menselijke fouten als factoren die het huidige proces zouden verbeteren. Men ziet autonoom telen niet als '*underperforming*' ten op zichte van het menselijke teeltmanagement, maar als next step en dus als verbeter slag in de organisatie.
- Alle cases waarin is gesproken met beslissingsbevoegde personen geven aan mogelijkheden voor autonoom telen in de eigen organisatie te zien.
- Centrale dataverzameling en sturing in het tuinbouwbedrijf kan leiden tot meer controle en daarmee een hogere productie en hogere kwaliteit van productie.
- Een autonoom telen model dat data uit verschillende bronnen verzamelt moet werken met kwalitatief goede data. Het is belangrijk dat het de data vanuit verschillende bronnen goed weet te 'verstaan' en te analyseren. Dit wordt momenteel als bottleneck ervaren wanneer de data op basis van menselijke handelingen met elkaar wordt verenigd.
- De voornaamste behoeften die met een goed autonoom telen model vervuld kunnen worden zijn; *een verbeter slag in de prestatie* (in productie en omzet) en *de borging van kennis in het systeem* waardoor de afhankelijkheid van de kennis bij het personeel wordt verkleind.

Tevens kan ter afsluiting van dit hoofdstuk de laatste deelvraag worden beantwoord: namelijk: "*Welke barrières voor het adopteren van disruptieve procesinnovaties zijn uniek voor tuinbouwondernemingen?*" De belangrijkste bevindingen zijn:

- De leeftijd of de 'mate van volwassenheid' van de organisatie doet er toe of een organisatie de procesinnovatie adopteert. Uit onderzoek blijkt dat wanneer een organisatie slechts één of twee jaar actief is, de organisatie nog aan het opbouwen is en moet het de teelt finetunen door continu te reageren op de veranderende en nieuwe omstandigheden. Tevens heeft het nog geen historie van data opgebouwd waardoor het aantal scenario's waarop gestuurd kan worden met behulp van een algoritme, volgens de respondenten beperkt zal zijn.
- De taalbarrière kan een belangrijke barrière vormen bij implementatie. Een systeem dat beschikbaar is in de lokale taal is daarom een vereiste voor de doelgroep.
- Er lijkt een verband te zijn tussen de schaalgrootte per teeltsoort van de organisatie en het vertrouwen van de organisatie dat een autonoom telen model voor het bedrijf een rendabele investering is. De in- en omsteltijd van een autonoom telen model vormen daarin de barrière voor adoptie.

Betrouwbaarheid van het onderzoek

Er is kwalitatief onderzoek gedaan onder tuinbouwondernemers uit verschillende landen. Het onderzoek is in één case face-to-face gedaan, de overige interviews zijn allen via een videocall gehouden. Echter de structuur van het onderzoek, dat op semigestructureerd wijze is uitgevoerd, is in alle cases identiek geweest. De zeven hoofdvragen zijn gedurende het interview één voor één in beeld verschenen en het doel van het onderzoek, namelijk het ontdekken van adoptie barrières, is na het interview toegelicht. Zodoende is de overtuiging dat er geen sprake is van 'framing' van de respondenten.

6. Discussie en conclusie

Met dit onderzoek is in kaart gebracht in hoeverre barrières voor adoptie van disruptieve procesinnovaties in de tuinbouwsector overeenkomen met de generieke barrières voor adoptie die in de literatuur zijn beschreven. In de literatuur is tevens veel geschreven over barrières voor het ontwikkelen en op de markt brengen van disruptieve innovaties vanuit het oogpunt van een aanbieder of fabrikant. Het aantal onderzoeken naar adoptiegedrag van disruptieve innovaties onder 'de gebruiker' van de innovatie is echter zeer beperkt. Met dit onderzoek moet daar een bijdrage aan geleverd worden.

Hypothese toetsing

In hoofdstuk 4 'Methodologie' zijn de barrières voor adoptie van zowel disruptieve innovaties als barrières voor adoptie van procesinnovaties vanuit specifiek MKB-bedrijven opgesomd. Deze barrières vormen als het ware de hypothesen die getoetst zijn in het empirisch onderzoek. Vervolgens is onderbouwt wat een tuinbouworganisatie karakteriseert en vanuit die bevindingen is gestart met het empirisch onderzoek middels het afnemen van interviews waarvan de resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 5. In dit hoofdstuk worden de bevindingen vanuit de literatuur met de resultaten vanuit empirisch onderzoek samengebracht.

H1: "Een lagere product- of proceskwaliteit is onacceptabel".

Een kenmerkende barrière voor adoptie van disruptieve procesinnovaties is dat wanneer het om kritische bedrijfsprocessen gaat, de implementatie niet ten koste mag gaan van de kwaliteit van het eindproduct of het proces. Karakteristiek voor tuinbouwondernemingen is dat de investering van de tuinbouwondernemer, de teelt in de kas, zeer vatbaar is voor ziekten, plagen en veranderingen in het klimaat en daarmee een absoluut kritisch proces is. Het empirisch onderzoek bevestigde dat de procesinnovatie van autonoom telen, niet ten koste mag gaan van de kwaliteit. Beter gezegd, in de huidige situatie waar veel menselijke handelingen het proces bepalen, wordt een lagere kwaliteit geaccepteerd, omdat wordt ondervangen door de eindcontrole in de vorm van de mening en het gevoel dat de teeltmanager over de situatie heeft. De volgende quote uit case 4 (Food Ventures) bevestigt H1: *"Het is belangrijk dat het vooral goede en betrouwbare data is waar je mee werkt, dat is nu niet altijd het geval. En er is namelijk heel veel data, er zijn cijfers over irrigatie, meststoffen, marktcijfers et cetera, maar het staat allemaal op verschillende plekken"*.

H2: "Er ontbreekt concrete bewijsvoering dat de innovatie daadwerkelijk een bijdrage levert".

In de resultaten van het empirisch onderzoek is reeds beschreven dat uit cross-case analyse blijkt dat men over het algemeen geen behoefte aan bewijs dat een autonoom telen model werkt bij een andere teler. Dit bevestigde tevens een karakteristiek dat tuinbouwondernemingen niet met elkaar te vergelijken zijn vanwege bijvoorbeeld de combinatie van het klimaat, de teeltsoort, de hoeveelheid licht en de door de afnemers geaccepteerde kwaliteit van het product. Hiermee wordt H2 dus weerlegd. Echter, wanneer de prijs als belangrijke factor werd aangehaald, werd duidelijk dat een kosten-batenanalyse uiteindelijk ertoe zal leiden of men de innovatie adopteert. Om deze calculatie te maken, heeft men dus een claim nodig van de aanbieder over wat het kan betekenen. Indirect is dit daarmee toch een vorm van bewijsvoering en wordt daarmee H2 alsnog bevestigd.

H3: "De grootte van de organisatie speelt een negatieve rol. Grote organisaties zijn log in hun processen om snel te reageren".

Er is geen bewijs gevonden om H3 te weerleggen of te bevestigen. De organisaties die in de cases zijn beschreven hebben een omvang tussen de 4 en 19 hectare. Er is geen bewijs gevonden dat de organisatie met 19 hectare teelt andere motieven aanhaalt om wel of niet de innovatie te adopteren vanwege de omvang van de organisatie.

H4: "Tijdsgeest en de fase van het product in de productlevenscyclus van een disruptieve innovatie vormt voor een grote doelgroep (de 'majority' en 'late majority') een belangrijke barrière".

Gebleden is uit de interviews die zijn afgenomen dat 'autonoom telen of data gedreven telen' een hot item is vandaag de dag in de tuinbouw. Door de wereldwijde aandacht voor technieken als machine learning, artificial intelligence en het schaalbaar kunnen maken van een businessmodel zijn alle respondenten in grote mate geïnteresseerd in de mogelijkheden en de stand van de techniek omtrent autonoom telen. Vier van de vijf respondenten geven aan dat zij als eerste of een van de eerste de innovatie zouden adopteren en toepassen in de organisatie. Uit deze cases blijkt dat zij de organisatie als rolmodel of voorloper willen neerzetten in de tuinbouwsector. Daarmee kan deze groep van vier

organisaties als “innovators” of “early adopters” worden aangemerkt. In de overige case (case 3: JEM Farms) werd door de respondent aangegeven dat het management in de organisatie doorgaans niet voorop wil lopen als het gaat om het adopteren van de innovatie. Het kijkt graag naar hoe de innovatie bij anderen bevalt en neemt daarop de afweging om het zelf ook te adopteren.

Het concept ‘autonoom telen’ bevindt zich nog in het begin van de productlevenscyclus. De vier organisaties die als innovators of early adopters kunnen worden aangenomen geven dus aan bereid te zijn de innovatie te adopteren en case 3: JEM Farms nog niet. Dit bevestigt H4, echter is niet bewezen dat dit enkel opgaat voor een *disruptieve* procesinnovatie. Om daarin de verschillen tussen disruptieve en duurzame innovaties te weten te komen, zal vergelijkend onderzoek gedaan moeten worden.

H5: “Hoge kosten voor aankoop en implementatie van de procesinnovatie”.

De procesinnovatie van autonoom telen staat nog helemaal aan het begin van de productlevenscyclus. Er is geen prijs op te geven zonder dat de organisatie met de ondersteunde systemen en teeltkennis goed is doorgelicht. Hierdoor is H5 niet hard te weerleggen of bevestigen, echter geven drie van de vijf respondenten aan financiële ruimte beschikbaar te kunnen stellen wanneer een goed autonoom telen model voor hen beschikbaar is. Als strategische investering zal ook deze investering worden afgewogen in een kosten-batenanalyse.

H6: “Gebrek aan voldoende eigen vermogen of toegang tot verkrijgen van vreemd vermogen”.

Door geen van de respondenten is het gebrek aan financiële middelen aangehaald als barrière. Uiteraard kan iedere onderneming het geld maar een keer uitgeven, maar van een gebrek aan eigen of vreemd vermogen is geen sprake bij de doelgroep. Op basis van de huidige informatie kan H6 worden weerlegd. Echter is bij de discussie over H5 reeds toegelicht dat een concrete prijs niet aan de orde is gekomen in de interviews. Hierdoor kan het zijn dat het beeld dat de respondent heeft over de mogelijke kosten niet matcht met de realiteit waardoor in nieuw onderzoek alsnog H6 bevestigd zou kunnen worden.

H7: “Gebrekkige steun vanuit de eigen overheid”.

Uit alle cases is gebleken dat er geen steun wordt ervaren, maar ook niet wordt verwacht vanuit de overheid. Het wordt niet aangehaald als barrière en speelt dus geen rol van betekenis. H7 kan daarmee worden weerlegd.

H8: “Beperkte kennis over de innovatie bij het management”.

Het empirisch onderzoek heeft uitgewezen dat de ondernemer zeer betrokken is bij het dagelijkse teeltmanagement. Het is de corebusiness van de organisatie en daarmee een proces wat continu in ontwikkeling is. De kennis over autonoom telen is het grootste bij de Nederlandse ondernemers (case 1: Atlantic Growers en case 4: Food Ventures). Uit de twee cases is ook gebleken dat zij de meest concrete ideeën hebben over de kansen die deze procesinnovatie voor hun bedrijf heeft.

In twee cases (case 2: Nature’s Miracle en case 3: JEM Farms) zijn de respondenten geen aandeelhouder van het bedrijf en het is daarom niet inzichtelijk hoever de kennis van het beslissende management rijkt. Case 2 geeft aan dat de investeerder technologische innovaties aanjaagt en de respondent een essentiële rol heeft om de investeerder te adviseren. Daarmee zal eventueel gebrekkige kennis bij de investeerder geen barrière vormen en kan H8 dus worden verworpen.

H9: “Gebrek aan voldoende geschoold personeel om de innovatie te implementeren”.

Uit de cases wordt een gebrek aan voldoende geschoold personeel niet aangehaald om wel of niet de innovatie te adopteren. Hiermee kan H9 als barrière worden verworpen.

De enige lichte verwijzing naar de scholing en kennis van medewerkers is wanneer het gaat om het meester zijn van de Engelse taal. Uit de cross-case analyse werd duidelijk dat het een belangrijke implementatie barrière zal vormen wanneer de innovatie niet in de lokale taal beschikbaar zal zijn.

H10: “Verwachte beperking op de ondersteunende (complementaire) systemen”.

Het meest overtuigende bewijs voor genoemde barrières voor adoptie van de procesinnovatie werd gevonden bij de mogelijke beperking van ondersteunende systemen. Hierbij wordt vooral bedoeld op het feit dat huidige data genererende systemen niet of nauwelijks met elkaar kunnen communiceren en er nog onvoldoende vertrouwen is dat de systemen (bijvoorbeeld sensoren) die data genereren kwalitatief goed en stabiel zijn. H10 is voor tuinbouwondernemingen daarmee ook bevestigd en absoluut van toepassing.

H11: “Vertrouwen op de bestaande techniek”.

In de context van dit onderzoek dient deze barrière geïnterpreteerd te worden als zijnde dat tuinbouwondernemers vertrouwen op de bestaande en huidige werkwijze in het teeltproces en daarom terughoudend zijn om de procesinnovatie te adopteren. De huidige werkwijze daarin is dat men op basis van beperkte data en vooral op basis van kennis en ervaring een teelt managet. Deze hypothese (H11) wordt in de tuinbouw met het empirisch onderzoek bewezen. Doordat er veel verschillende factoren zoals: het klimaat buiten de kas, de verwachte vraag naar het product en het mogelijk ontstaan van ziektes en plagen een rol spelen in het proces, is het algemeen geaccepteerd dat deze factoren continu door een ervaren teeltmanager dienen te worden beoordeeld. De tot nu toe beschikbare technieken laten, in de ogen van de tuinbouwondernemer, het nog niet toe om het beslistraject over te laten aan deze techniek.

H12: “De implementatie ligt bij het hoger management en daar vindt geen prioriteitstelling plaats”.

De tuinbouwonderneming kent over het algemeen een platte organisatiestructuur. In veel tuinbouworganisaties werkt de directeur-eigenaar mee in of aan het bedrijf. Hierdoor kan het zijn dat het zelf mee werkt aan de implementatie van een procesinnovatie of dat het de verantwoordelijkheid voor de planning naar zich toetrekt. Daardoor kan er een kloof ontstaan tussen hetgeen medewerkers als noodzakelijke innovatie zien en het management als prioriteit stelt. Echter is gebleken uit de cross-case analyse dat bij de cases waarin tot uiting kwam dat er kansen voor de inzet van autonoom telen werden herkend, het management de innovatie toejuicht en daar absoluut prioriteit aan zou geven. Hierdoor kan H12 worden verworpen. Echter is de kanttekening daarbij dat om het goed te kunnen meten, het pas mogelijk is zodra een aanbod is geaccepteerd door de tuinbouwonderneming en het management prioriteit stelt voor het goed en wel implementeren van de procesinnovatie.

Nieuwe bevindingen ten aanzien van barrières voor adoptie

Naast de hypothese die zijn getoetst waarbij gekeken is per hypothese of het kan worden bevestigd, verworpen of dat er onvoldoende bewijs is, zijn er ook bevindingen gedaan welke een aanvulling zijn op de wetenschap als het gaat om adoptie barrières.

“Gebrek aan massaproductie van één product (teeltsoort)”.

Het empirisch onderzoek heeft aangetoond dat tuinbouwondernemingen die een beperkte oppervlakte beschikbaar hebben voor één teeltsoort, de innovatie nog niet als interessant voor de organisatie waarmerken. De mogelijk hogere productievolumes wegen niet af tegen de in- en omsteltijd per teeltsoort.

“Zeer jonge organisaties hebben (nog) geen baat bij de innovatie”

Telen in een nieuwe omgeving brengt voor iedere tuinbouworganisatie veel nieuwe ervaringen en daardoor ook onzekerheden met zich mee. De leeftijd of de ‘mate van volwassenheid’ van de organisatie doet er toe of een organisatie de procesinnovatie adopteert. Uit empirisch onderzoek blijkt dat wanneer een organisatie slechts één of twee jaar actief is, de organisatie nog aan het opbouwen is en veel moet leren. Er is een beperkte historie aan data opgebouwd, waardoor het aantal scenario's waarop gestuurd kan worden met behulp van een algoritme beperkt is. De verbetercurve in de productie is in de beginjaren een exponentieel stijgende lijn met de kennis door data en ervaring dat de onderneming opdoet.

Deze bevinding benadrukt dat een algoritme als ‘next step’ voor de organisatie wordt gezien waarbij de behoefte voor de procesinnovatie ontstaat wanneer de leercurve van de mens een vrijwel horizontale lijn is geworden.

“Het gebrek aan beschikbaarheid van de innovatie in de lokale taal”.

De taalbarrière kan een belangrijke barrière vormen bij de implementatie in met name ontwikkelende landen. De Engelse taal van de medewerkers is op een te beperkt niveau waardoor het werken met de procesinnovatie tot problemen kan leiden door bijvoorbeeld verkeerde interpretaties.

“De disruptieve procesinnovatie vervangt op termijn geen arbeidsplaats”.

In de methodologie, waarin het concept van autonoom telen is beschreven, werd als verwachting gesteld dat de innovatie mogelijk een arbeidskracht (de teeltmanager) kan uitsparen en het daarmee een invulling zou geven aan het verminderen van het risico op de beschikbaarheid van kwalitatief goede teeltmanagers.

Uit empirisch onderzoek blijkt dat men de adoptie van het autonoom telen niet gepaard ziet gaan met het schrappen van een arbeidsplaats van de teeltmanager maar het als verbeter slag of 'objectivering' van het teeltmanagement ziet.

Conclusie

Voor dit onderzoek is literatuur geanalyseerd in het domein van adoptie theorieën, de theorie over disruptieve innovaties en praktijkcases naar adoptie barrières in MKB-organisaties. Vervolgens is in empirisch onderzoek gedaan naar in hoeverre de barrières vanuit de literatuur van toepassing zijn bij procesinnovaties bij tuinbouwondernemingen.

In het literatuuronderzoek disruptieve innovaties is beschreven dat volgens Hwang en Christensen (2007) de adoptie van een procesinnovatie niet moet leiden tot een onaanvaardbare kwaliteit. Het empirisch onderzoek bevestigt dat dit tevens bij tuinbouwondernemingen van toepassing is. Alle respondenten geven aan dat kwaliteit van data en sensoren op een goed niveau moeten zijn, wil men het algoritme er keuzes op laten baseren. Tevens wordt er aangegeven dat men beperkingen ziet als het gaat om de communicatie tussen verschillende systemen. Echter heeft iedere duurzame of disruptieve innovatie te maken met kinderziekten welke in een volwassen fase van het product zullen zijn opgelost.

De onderzoekers Carlo et al. (2014) vonden een sterk verband tussen de fase in de productlevenscyclus waarin een disruptieve IT-innovatie zich bevindt en de acceptatiegraad ervan. Hiermee wordt aangetoond dat de *tijdsgeest* en de *levenscyclus* waarin de disruptieve innovatie zich bevindt, van groot belang is voor de adoptie ervan bij de doelgroep.

In het onderzoek van Reinhardt & Gurtner (2015) dat zij hebben gedaan naar de mogelijk verschillen in adoptiekenmerken voor gebruikers van duurzame en disruptieve innovatie beschrijven zij, dat enthousiasme over eerdere productgeneraties en de productcategorie in het algemeen de adoptie van duurzame innovaties bevordert. Enthousiasme en betrokkenheid voor adoptanten van disruptieve innovaties is echter niet relevant, omdat potentiële adoptanten geen eerdere productsoorten hadden om af te nemen (Reinhardt & Gurtner, 2015, p. 143). Deze beredenering lijkt niet op te gaan voor adoptanten in de tuinbouwsector omdat aangetoond is dat vier van de vijf cases zich een positieve en enthousiaste houding hebben gevormd ten aanzien van de procesinnovatie van autonoom telen. Als kanttekening moet daarbij gemaakt worden dat hoewel de onderzochte doelgroep nog geen eerdere soort van het product hebben gehad om af te nemen, de procesinnovatie voor de adoptant wellicht geen disruptieve innovatie is maar een duurzame innovatie.

De literatuur over de UTAUT (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003) is in hoofdstuk 1 uitgebreid beschreven. Deze theorie die een achttal adoptie theorieën samenvoegt is in de literatuur vooral terug te vinden in onderzoeken die gaan over adoptie van technologische innovatie onder consumenten en gebruikers van de innovatie binnen organisaties. Echter bevat het enkele deeltheorieën die wel degelijk ook van toepassing zijn voor onderzoek naar adoptie barrières voor procesinnovaties onder 'decision makers' in de tuinbouwsector. Het bevat met de theorie van Rogers (2003) een theorie waarbij in dit stadium van de onderzochte procesinnovatie een bijdrage geleverd wordt aan de inzage van mogelijke adoptie 'motivators', hetgeen de positieve benadering is van adoptie barrières.

De opdeling in de adoptie categorieën van Rogers (2003) wordt bevestigd in het empirisch onderzoek. Vier van de vijf organisaties behoren duidelijk tot de categorie 'innovators' of 'early adopters'. De vijfde case behoort tot de 'majority' of 'late majority' en daarmee komt de innovatie voor deze organisatie nog te vroeg.

Rogers beschrijft in zijn theorie tevens vijf factoren die voor circa 50% de adoptiegraad bepalen. Gebleken uit empirisch onderzoek is dat drie van de vijf factoren van Rogers (2003) een rol spelen bij tuinbouwondernemingen. In alle cases werd duidelijk aangehaald dat een *relatief voordeel*, een hogere opbrengst per vierkante meter, de afweging zal zijn om wel of niet de innovatie te adopteren. Tevens werd in een aantal cases de *compatibiliteit* van de communicerende systemen aangehaald of werd het zelfs als initiatie barrière gesteld. *Complexiteit* van de innovatie is niet naar voren gekomen, ook niet in de vorm van een tekort aan geschoold personeel om de innovatie te begrijpen en te implementeren. Daarmee kan worden aangenomen dat het adopteren en implementeren van de innovatie niet als complex wordt ervaren.

Rogers noemt ook de positieve relatie tussen '*probeerbaarheid*' en '*waarneembaarheid*' en de adoptie (2003). Deze positieve relatie werd in dit onderzoek niet gevonden. Het kunnen beschikken over een 'trial' versie is niet als aanjager benoemd, vermoedelijk vanwege de grootte van de innovatie en de intense wijzigingen in het proces die nodig zijn om over te stappen op autonoom telen ziet men in dat een trialperiode praktisch onuitvoerbaar is. Tenslotte heeft de waarneembaarheid van de innovatie ook

geen impact op de adoptiegraad. In de interviews is letterlijk gevraagd of bewijs van de voordelen en de werking van de innovatie noodzakelijk is voor adoptie. Als antwoord werd aangegeven dat tuinbouwbedrijven niet met elkaar te vergelijken zijn en daarom een 'best practice' geen waarde zal hebben voor hen en dus geen invloed op de adoptie van de innovatie.

Ook voor de Theory of Reasoned Action (TRA) (Ajzen, 2012) is met dit onderzoek bewijs gevonden. Dit is het conceptuele raamwerk voor het voorspellen, verklaren en veranderen van menselijk gedrag dat gebaseerd is op de drie elementen: karakter van het individu; de sociale omgeving en cultuur waarin hij of zij is opgegroeid en kennis over het centrale onderwerp. Empirisch onderzoek heeft met case 3 (JEM Farms) namelijk aangetoond dat beperkte kennis over het onderwerp autonoom telen en de cultuur waarin het is opgegroeid, namelijk het overdragen van teeltkennis van generatie op generatie waarbij teeltmanagement op 'gevoel' een belangrijke factor is, leidt tot een afwachtende houding als het gaat om de adoptie van de innovatie.

Concluderend kan gezegd worden dat een aantal van de theorieën uit de UTAUT (2003) in sterke mate kunnen bijdragen aan het voorspellen van adoptiegedrag voor procesinnovaties. De theorie van Rogers is in dit onderzoek gebleken het meest passend te zijn voor het aan de oppervlakte brengen van adoptie barrières. Ook is de theorie van Rogers 'Organisatie-Innovatie Proces' (2003) gebruikt in de analyse en verwerking van de resultaten uit empirisch onderzoek. Uit empirisch onderzoek bleek namelijk een duidelijke tweedeling op te maken tussen 'initiatie' en 'implementatie' adoptie barrières.

Echter werd in de conclusie van de literatuurstudie al de beperking beschreven van de UTAUT (2003). Daarin is beschreven dat de theorie geen verband legt tussen het nemen van een aankoopbeslissing en het daadwerkelijke gebruik van de technologische innovatie. Voor dit is dat een beperking omdat het daarmee de initiatie barrières uitsluit, daar waar barrières in de initiatiefase de adoptie kunnen 'maken of kraken'.

De resultaten van het empirisch onderzoek beschrijven dat tuinbouwondernemers de procesinnovatie autonoom telen niet als disruptieve innovatie beschouwen maar als duurzame of *sustaining* innovatie. Dit komt overeen met de theorie waarin beschreven staat dat een disruptieve innovatie bekeken vanuit de aanbieder niet altijd disruptief is voor alle gebruikers, maar op enkele productkenmerken onderperformd ten opzichte van de standaard. Wanneer de doelgroep 'de teeltadviseurs' is, zouden zij kunnen aangeven dat zij verwachten het beter te weten dan een data gedreven model. Voor teeltadviseurs zou het wel onderperforming zijn. Echter kan er bij deze doelgroep ook een ander motief voor afwijzing van de innovatie zijn, namelijk de angst voor 'broodroof' wanneer een goed algoritme voor autonoom telen het advies vanuit de teeltadviseur overbodig maakt.

Tevens is als bevinding uit empirisch onderzoek gekomen dat de procesinnovatie geen arbeidsplaats zal besparen, hetgeen wel werd verwacht en ook als zodanig in hoofdstuk 4 'Methodologie' is beschreven. Het wordt niet gezien als een plug & play innovatie dat door personen zonder kennis goed kan worden ingezet. Het is dan ook geen doel of vereiste dat het de kosten van een arbeidsplaats bespaard aangezien het de innovatie als stap ziet om het productieproces te verbeteren.

Tenslotte is met dit onderzoek aangetoond dat de doelgroep de toegevoegde waarde ziet van het toepassen van de procesinnovatie. Barrières kunnen worden doorbroken wanneer er door aanbieders duidelijke informatie wordt verschaft over wat autonoom telen *wel* en *niet* doet, welk traject er aan vooraf gaat en hoe het data verzamelt en systemen met elkaar kunnen communiceren. Zeer jonge organisaties zullen in dit stadium van de innovatie nog moeten afwachten om de innovatie goed te kunnen toepassen vanwege het gebrek aan data.

Een 'total cost of use' calculatie, bestaande uit de kostenplaatje voor gebruik van de software, consultancy, hardware investeringen en aanverwante investeringen, kan bijdragen aan de kosten-batenanalyse die ondernemers zullen maken om overtuigd te raken van de toepassing van de procesinnovatie. H

In de resultaten van het empirisch onderzoek is in de case analyses van case 1 (Atlantic Growers) en case 2 (Nature's Miracle) tevens beschreven dat zij de toepassing van de procesinnovatie zien als stap om richting de 100% van de technisch maximale productie te gaan, maar dat dit wel gepaard zal gaan met mogelijk hogere energiekosten. Een doel van de procesinnovatie autonoom telen is om efficiënter te produceren, waarbij met minimaal gebruik van hulpbronnen een maximaal resultaat behaald moet worden. Wanneer dit resultaat onderbouwd kan worden door aanbieders van een autonoom telen model, kan de total cost of use calculatie ervoor zorgen dat de barrière van 'een gebrek aan massaproductie van één teeltsoort' eveneens wordt doorbroken, omdat de terugverdientijd korter is dan initieel gedacht werd door de respondenten waardoor het ook lonend is om kleinere teeltoppervlaktes autonoom aan te sturen.

Beperkingen van het onderzoek

In deze paragraaf wordt kritisch gekeken naar de beperkingen van het onderzoek waar in vervolgonderzoek op dit thema rekening mee gehouden dient te worden.

- I. De onderzoeker is gedurende het onderzoek werkzaam bij een leverancier van klimaatcomputers met intelligente software voor de tuinbouwsector. Dit heeft effect gehad op de selectie van de respondenten, want vier van de vijf respondenten zijn klant bij de organisatie waar de onderzoeker werkt. De onderzoeker kan een beeld van de innovatie hebben geschetst die positiever of te onproblematisch is ten aanzien van de werkelijkheid. Tevens communiceert de leverancier regelmatig via *direct mailings* en andere digitale kanalen over ontwikkelingen in de digitale wereld van de tuinbouw. Hierdoor is het mogelijk dat de respondenten een gevormd beeld hebben over dataverzameling en autonoom telen.
- II. Er is geen onderzoek gedaan naar de adoptie barrières onder tuinbouwondernemers in de sierteelt. Processen in de teelt van groente zullen gelijkenissen hebben met de sierteelt, maar er zullen ook zeker grote verschillen zijn in de dagelijkse operatie. De sierteelt is volledig, maar niet bewust, buiten beschouwing gelaten. Uitspraken die worden gedaan over adoptie barrières kunnen, maar zijn niet noodzakelijk van toepassing op sierteelt tuinbouwondernemingen.
- III. De toepassing van een autonoom telen of data gedreven telen model is gebaseerd op de kennis van hoe één aanbieder het momenteel in de markt heeft gezet. Een aantal van de respondenten zijn voor het verzamelen van data reeds klant bij deze aanbieder. Het kan dus zijn dat de ene respondent daardoor beter geïnformeerd is dan de ander.
- IV. In dit onderzoek ligt de focus op de disruptieve procesinnovatie van 'autonoom telen'. Deze innovatie staat nog aan het begin van de levenscyclus. Daarom is het mogelijk dat genoemde barrières voor adoptie van disruptieve procesinnovaties voor tuinbouwondernemingen afwijkend kunnen zijn voor de onderzochte procesinnovatie van autonoom telen.
- V. De respondenten hebben allen minder dan vijf jaar geleden een grote investering gedaan in een klimaatcomputer bij de werkgever van de onderzoeker. Hierdoor zijn de respondenten in het bezit van een systeem met recente technieken. Wellicht dat respondenten daardoor meer op de hoogte zijn van recente ontwikkelingen en mogelijkheden dan andere low-end tuinbouwondernemers die niet recent hun klimaatcomputer hebben uitgebreid of geüpdatet.
- VI. Doordat een commercieel aanbod van een autonoom telen model of algoritme nog niet beschikbaar is, kan dat het gecompliceerd en abstract maken voor de respondenten. De respondent gaat daarom zich op basis van de eigen kennis een beeld vormen van 'het pakket' dat wordt aangeboden en een mogelijke prijs van autonoom telen.
- VII. Het begrip 'autonoom telen' is nog te abstract voor de doelgroep en impliceert dat telen een kwestie wordt van plug-and-play. Met de term 'data gedreven telen' wordt het al iets begrijpelijker maar wanneer het zou worden vergeleken met bijvoorbeeld een productinnovatie als een warmtekrachtkoppeling (WKK) kan direct gesteld worden wat de mogelijke output is van deze investering vanwege de fase van de productlevenscyclus waarin het zich bevindt. Wanneer het concept autonoom telen duidelijk wordt toegelicht in wat het wel en wat het niet doet, en dus welke processen het wel en welke niet autonoom kan aansturen, kan er duidelijker worden gesteld wat motiverende factoren zijn en welke barrières de doelgroep ziet.

Suggesties voor vervolgonderzoek

Om de wetenschap te verrijken met informatie over de adoptie barrières voor disruptieve procesinnovaties binnen de tuinbouwsector zijn er tal van interessante vervolgonderzoek mogelijkheden. Een aantal suggesties worden hieronder gegeven:

- I. De doelgroep is pragmatisch ingesteld hetgeen in de interviews leidde tot het soms moeizaam achterhalen van adoptie barrières. Bij de vraag over de aanbesteding en implementatie van eerdere procesinnovaties kon men duidelijk aangeven wat de bedrijfskundige aanleiding is geweest van de adoptie van de innovatie. Dat maakt het achterhalen van motiverende factoren makkelijker dan gissen naar barrières waar men wellicht nog niet eerder over na heeft gedacht. Daarom zou een suggestie zijn om kwantitatief vervolgonderzoek te doen. Het advies is om het

onderzoek af te wachten totdat meerdere aanbieders een autonoom telen model beschikbaar hebben en het concept een stap verder is in de productlevenscyclus. Hierdoor kan de populatie over meer informatie beschikken dan de respondenten die deel hebben genomen aan dit onderzoek en kan het zich een voorstelling maken van de mogelijkheden van de innovatie in het eigen bedrijf. Tevens moet voorafgaand aan de vragenlijst een concrete definitie gegeven worden van wat autonoom telen *wel* kan en wat het *niet* doet. Vervolgens kunnen de twaalf barrières uit dit onderzoek worden opgesomd en afzonderlijk van elkaar worden getoetst. Deze kunnen worden aangevuld met de nieuwe bevindingen uit dit onderzoek. Zo dient er in de algemene gegevens gevraagd te worden naar de oppervlakte per teeltsoort, indien er sprake is van meerdere teeltsoorten en het jaar dat de teeltlocatie in bedrijf is gegaan. Zo kan gemeten worden of schaalgrootte per teeltsoort en de leeftijd van de organisatie een relatie heeft ten opzichte van het adoptiegedrag voor disruptieve procesinnovaties.

- II. In case 1 (Atlantic Growers) staat beschreven dat men niet enkel de omzet- en productietoename binnen de organisatie kan wijten aan de goede data, maar dat het ook te wijten is aan het feit dat het bespreekbaar wordt gemaakt in de managementteam vergaderingen, simpelweg omdat data in meer en betere mate beschikbaar is. Een suggestie zou daarom zijn om een onderzoek te doen naar wat de beschikbaarheid van data en dus inzicht doet met de tijdsbesteding en de focus van het management. Met behulp van theorieën uit hoofdstuk 1 waarin the 'Unified Theory of Acceptance and Use of Technology' (UTAUT) (Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003) is behandeld, kan menselijk gedrag onderzocht worden. De 'Theory of Reasoned Action' (Ajzen, 2012) kan bijvoorbeeld menselijk gedrag verklaren en voorspellen en het 'Motivatie Model' (Igbaria, Parasuraman, & Baroudi, 1996) onderzoekt 'motivatie factoren', zoals: het waargenomen nut van het gebruik van de data, het waargenomen plezier van gebruik en de sociale druk om het te gaan gebruiken. Dit kan interessante informatie opleveren. Bijvoorbeeld dat data keuzes objectiviseert en teeltkennis minder noodzakelijk maakt waardoor ieder managementteamlid erover mee kan discussiëren. Of dat het gebruikt wordt om performance van medewerkers te meten en daarmee de organisatie resultaten te verbeteren.
- III. In de cross-case analyse (paragraaf 5.3) is beschreven dat bij case 3 (JEM Farms) het vermoeden bestaat dat het eigenbelang van de hoofd teeltmanager een rol speelt bij het wel of niet adopteren van een autonoom telen model en daarmee het belang van de organisatie wellicht achterstelt. Daarom zou het interessant zijn om bij vervolgonderzoek binnen het bedrijf een tweetal personen te benaderen voor onderzoek, namelijk: een aandeelhouder en een teeltverantwoordelijk manager zonder aandelenbelang in de organisatie. De vraag daarbij is, hoe verschilt hun visie op autonoom telen en zijn er verschillen te ontdekken die het vermoeden bij de case van JEM Farms bevestigen dan wel verwerpen? Theorie van Technology Acceptance Model (TAM) (Davis & Venkatesh, 1996) kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren. Het TAM wordt veel gebruikt door onderzoekers in de praktijk om gebruikersacceptatie van informatietechnologieën te voorspellen en te verklaren. Het zou daarmee het gedrag van de gebruikers van de innovatie (teeltmanager) kunnen voorspellen.
- IV. Er is in de discussie sectie beschreven dat de doelgroep de innovatie als 'duurzame innovatie' beoordeelt en het niet als underperforming ziet. Een doelgroep die de innovatie mogelijk wel als underperforming ziet zijn de teeltadviseurs. Het zou daarom interessant zijn om te onderzoeken of deze doelgroep het inderdaad als underperforming beoordeelt en wat voor hen barrières zijn voor adoptie of om het wel of niet te adviseren aan hun klanten: de tuinbouwondernemer.

Wetenschappelijke en praktische relevantie

De wetenschappelijke relevantie van dit onderzoek is om inzicht te bieden in de mate waarin de barrières voor het adopteren van disruptieve procesinnovaties in de horticulture sector overeenkomen met de generieke adoptie barrières. Hiermee worden de karakteristieken van de tuinbouwsector blootgelegd. Tevens is 'autonomie' met behulp van onder meer *artificial intelligence* een hot topic in de software-industrie en wellicht dat de uitkomsten daarom ook van waarde kunnen zijn voor onderzoeken naar adoptie barrières voor gebruikers van een disruptieve innovatie in andere sectoren waarbij automatisering op basis van software mogelijk is.

De resultaten uit het onderzoek kunnen tevens van grote waarde zijn voor de praktijk. Het is voor aanbieders van een autonoom telen model van belang om te weten wat de doelgroep als barrière ervaart om 'het product' bij hen af te nemen. Hierdoor kan er met marketingcommunicatie-uitingen op ingespeeld worden. Een belangrijke uitkomst uit dit onderzoek is dat de doelgroep zich graag laat overtuigen van de mogelijke productiewinst die te behalen is door de inzet van de techniek. Aanbieders van een autonoom telen model kunnen bijvoorbeeld een '*total cost of use*' ontwikkelen waarmee het financiële voordeel voor de doelgroep inzichtelijk gemaakt wordt. Tevens kunnen de resultaten van waarde zijn voor leveranciers van complementaire producten aan autonoom telen. Hierbij kan gedacht worden aan leveranciers van een scout-robot, klimaatcomputer en andere ontwikkelingen die de autonome kas mogelijk moeten maken. Anderzijds biedt het ook inzicht in hetgeen waar de doelgroep weinig waarde aan hecht, namelijk voorbeelden van een succesvol geïmplementeerd autonoom telen model bij een andere organisatie. Uit onderzoek is namelijk gebleken dat de *innovators* of *early adopters* weinig waarde hechten aan deze informatie. Wellicht dat in een meer volwassen stadium van de innovatie het wel overtuigend werkt voor de *majority* en *late majority*.

Literatuurlijst

- Adolphs, R. (1999). Social cognition and the human brain . *Trends in Cognitive Sciences*. Vol. 3 Issue 12, 469-479.
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *ORGANIZATIONAL BEHAVIOR AND HUMAN DECISION PROCESSES* 50, 179-211.
- Ajzen, I. (2012). *Martin Fishbein's Legacy: The Reasoned Action Approach*. ANNALS, AAPSS, 640.
- Bac, A., & Rijswick, C. v. (2018, juni 1). *Sectorgegevens Tuinbouw*. Opgehaald van Rabobank.nl: <https://www.rabobank.nl/bedrijven/cijfers-en-trends/tuinbouw/world-fruit-map-2018/>
- Baldwin, J., & Lin, Z. (2002). Impediments to advanced technology adoption for Canadian manufacturers. *Research Policy* 31, 1-18.
- Bandura, A. (1971). Social Learning Theory. *General Learning Press*, 1-46.
- Bandura, A. (1991). Social Cognitive Theory of Self-regulation. *Academic Press*, 248-287.
- Bloch, C. (2007). Assessing recent developments in innovation measurement: the third edition of the Oslo Manual. *Science and Public Policy* 34, 23-34.
- Bower, J. L., & Christensen, C. M. (1995). Disruptive technologies: catching the wave. *Harvard Business Review*, 43-53.
- Braun, V., Clarke, V., Hayfield, N., & Terry, G. (2012). Thematic analysis. In V. Braun, V. Clarke, N. Hayfield, & G. Terry, *Thematic analysis: Handbook of Research Methods in Health Social Sciences* (pp. 843 - 860). Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Carlo, J. L., Gaskin, J., Lyytinen, K., & Rose, G. M. (2014). Early vs. late adoption of radical information technology innovations across software development organizations: an extension of the disruptive information technology innovation model. *Info Systems Journal*, 537-569.
- CBS. (2018). *Schaalvergroting groenteteelt in glastuinbouw*. Opgehaald van CBS.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/16/schaalvergroting-groenteteelt-in-glastuinbouw>
- CBS. (2019). *CBS.nl*. Opgehaald van Schaalvergroting groenteteelt in glastuinbouw: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/16/schaalvergroting-groenteteelt-in-glastuinbouw>
- Christensen, C. M. (1997). *"The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail"*. New York: Harvard Business Review Press.
- Christensen, C. M. (2020, maart 28). *Homepage disruptive innovation*. Opgehaald van <https://www.christenseninstitute.org>: <https://www.christenseninstitute.org/disruptive-innovations/>
- Christensen, C. M., & Raynor, M. E. (2013). *The Innovator's Solution*. Harvard Business Review Press.
- Christensen, C. M., Raynor, M., & McDonald, R. (2015). What is disruptive innovation? *Harvard Business Review (December)*, 1-11.
- Dangayach, G. (2005). Advanced manufacturing technology implementation Evidence from Indian small and. *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 16 No. 5, 483-496.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, 319-340.
- Davis, F. D., & Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model : three experiments. *Int . J . Human – Computer Studies* (1996), 19-45.
- Delphy. (2019, februari 13). *Onder Glas*. Opgehaald van onderglas.nl: <https://www.underglas.nl/datagedreven-en-autonoom-teeltmanagement/>
- Demirbas, D. (2011). How do Entrepreneurs Perceive Barriers to Innovation? *World Business Institute Australia*, 1-23.
- Dirican, C. (2015). The Impacts of Robotics, Artificial Intelligence On Business and Economics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195 , 564 – 573.
- Egmond, K. v. (2019, april 16). *Autonoom teeltmanagement dichterbij?* Opgehaald van Kas als energiebron: <https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/autonoom-teeltmanagement-dichterbij/>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2012). *Predicting and changing Behavior: The Reasoned Action Approach*. New York: Psychology Press.
- Garrison, G. (2009). An assessment of organizational size and sense and response capability on the early adoption of disruptive technology. *Computers in Human Behavior* (nr. 25), 444-449.
- Geelen, P., Voogt, J., & Weel, P. v. (2020, juni 9). *Plant Empowerment filosofie*. Opgehaald van Plant Empowerment: <https://www.plantempowerment.com/about-us/plant-empowerment/>
- Gobble, M. M. (2016). Defining Disruptive Innovation. *Research Technology Management*, 66-70.
- Hadjimanolis, A. (1999). Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus). *Technovation* 19, 561-570.
- Hong, S., Soo Kang, M., & Im, I. (2011). *An international comparison of technology adoption: Testing the UTAUT model*. Information & Management.
- Hu J., P., Chau Y.K., P., Liu Cheng R., O., & Yan Tam, K. (1999). *Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology*. Journal of Management Information Systems.
- Hwang, J., & Christensen, C. M. (2007). Disruptive Innovation In Health Care Delivery: A Framework For Business-Model Innovation . *Health Affairs* nr. 27, 1329-134.
- Igbaria, M., Parasuraman, S., & Baroudi, J. J. (1996). A Motivational Model of Microcomputer Usage . *Journal of Management Information Systems - volume* 13, 127-143.
- Im, I., Seongtae, H., & Kang, M. (2011). An international comparison of technology adoption Testing the UTAUT model. *Information & Management* 48, 1-8.

- Kien/PanelWizard. (2020, 01 19). *Nederlander heeft vertrouwen in computers die beslissingen voor hen nemen*. Opgehaald van tjip.com: <https://www.tjip.com/publicaties/nederlanders-vertrouwen-computers-beslissingen>
- King, A. A., & Baartartogtokh, B. (2015). How Useful Is the Theory of Disruptive Innovation? *MIT Sloan Management Review (Fall 2015)*, 77-90.
- Lee, I., Choi, B., Kim, J., & Hong, S.-J. (2007). *Culture-Technology Fit: Effects of Cultural Characteristics on the Post-Adoption Beliefs of Mobile Internet Users*. International Journal of Electronic Commerce.
- Lu, J., Sheng Yu, C., Liu, C., & E. Yao, J. (206-222). *Technology acceptance model for wireless Internet*. 2003: Business Premium Collection.
- Madrid-Guijarro, A., Garcia, D., & Auken, H. v. (2009). Barriers to Innovation among Spanish Manufacturing SMEs. *Journal of Small Business Management* (47), 465-488.
- Makridakis, S. (2017). *The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms*. Nicosia: Futures 90.
- Oly Ndubisi, N., & Richardson, S. (2002). THE ENTREPRENEURS' TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL. *Academy of Entrepreneurship Journal, Volume 8 Number 2*, 95-114.
- Osiyevskyy, O., & Dewald, J. (2015). Inducements, Impediments, and Immediacy: Exploring the Cognitive Drivers of Small Business Managers' Intentions to Adopt Business Model Change. *Journal of Small Business Management* (nr. 53), 1011-1032.
- Reinhardt, R., & Gurtner, S. (2015). Differences between early adopters of disruptive and sustaining innovations. *Journal of Business Research* (nr. 68), 137-145.
- Ren, T. (2009). Barriers and drivers for process innovation in the petrochemical industry: A case study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 285-304.
- Renaud, K., & Biljon, J. v. (2008). *Predicting Technology Acceptance and Adoption by the Elderly: A Qualitative study*. Glasgow: Department of Computing Science, University of Glasgow.
- Rogers, E. (2003). Diffusion of Innovations (5th edition). In E. Rogers, *Diffusion of Innovations (5th edition)* (pp. 1-576). Simon & Schuster.
- Schmidt, G. M., & Druehl, C. T. (2008). When Is a Disruptive Innovation Disruptive? *Journal of Product Innovation Management* (nr. 25), 347-369.
- Sood, A., & Tellis J., G. (2005). *Technological Evolution and Radical Innovation*. Journal of Marketing.
- Sun, H., & Zhang, P. (2006). The role of moderating factors in user technology acceptance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53-78.
- Swanborn, P. G. (2010). Case Study Research: What, Why and How? In P. G. Swanborn, *Case Study Research: What, Why and How?* (pp. 1-176). Londen: SAGE Publications inc.
- Teo, T. (2012). Examining the intention to use technology among pre-service teachers: an integration of the Technology Acceptance Model and Theory of Planned Behavior. *Interactive Learning Environments Vol. 20, No. 1*, 3-18.
- Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization. *Management Information Systems Research Center, University of Minnesota. Vol. 15 nr. 1*, 125-143.
- Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., & Davis, F. (2003). *User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View*. Minnesota: Published by: Management Information Systems Research Center, University of Minnesota.
- Weinstein, R. S., Lopez, A. M., Joseph, B. A., Erps, K. A., Holcomb, M., Barker, G. P., & Krupinski, E. A. (2014). Telemedicine, Telehealth, and Mobile Health Applications That Work: Opportunities and Barriers. *The American Journal of Medicine (vol. 127)*, 183-187.
- Wessel, M., & Christensen, C. M. (2012). Surviving Disruption. *Harvard Business Review*, 56-65.
- Williams, M., Rana, N., Dwivedi, Y., & Lal, B. (2011). IS UTAUT REALLY USED OR JUST CITED FOR THE SAKE OF IT? A SYSTEMATIC REVIEW OF CITATIONS OF UTAUT's ORIGINATING ARTICLE. *European Conference on Information Systems (ECIS)*, 1-13.
- Wood, R., & Bandura, A. (1989). Social Cognitive Theory of Organizational Management. *Academy of Management Review*, 1989, Vol. 14, No. 3, 361-384.
- WUR. (2020, juni 8). *Artificial intelligence beats grower in Autonomous Greenhouse Challenge 2019/2020*. Opgehaald van WUR.nl: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/plant-research/greenhouse-horticulture/show-greenhouse/Artificial-intelligence-beats-grower-in-Autonomous-Greenhouse-Challenge-20192020.htm>
- Yu, D., & Hang, C. (2010). A Reflective Review of Disruptive Innovation Theory. *International Journal of Management Reviews, Vol. 12*, 435-452.
- Zhu, Y., Wittmann, X., & Peng, M. W. (2012). Institution-based barriers to innovation in SMEs in China. *Asia Pacific Journal of Management*, 1131-1142.

Bijlage: Interview transcripten

Case 1: Atlantic growers

Naam respondent: Marc Zuidgeest

Bedrijfsnaam: Zuidgeest Growers/ Atlantic Growers

Locatie bedrijf: Odemira, Portugal

Generieke informatie:

- *Teelttype (bijv. tomaten, paprika's, sla etc...):*
Snackpaprika's
Zoete puntpaprika's
- *Aantal hectare:*
19 (Portugal)
10 + 4 in Nederland (Honselersdijk + Maasdijk)
- *Aantal medewerkers:*
150 - 200 in Portugal (200 in hoogseizoen)
- *Jaren tuinbouwervaring:*
Ca. 10 jaar
- *Opleidingsniveau:*
HBO
- *Scope van verantwoordelijkheden:*
Directeur operations voor alle 3 de bedrijven.
Beslissingsbevoegd, gezamenlijk met MT.
Dagelijkse leiding Portugal ligt bij Deborah (bedrijfsleider), Ferry & Jonathan.
Zij vormen met de directie in NL het totale MT.

Interview vragen:

1. *In hoeverre maakt uw organisatie gebruik van data voor het teeltmanagement?*

Hoe helpt het uw organisatie in uw dagelijkse business?

Doet Jonathan (Portugese teeltmanager) te veel op basis van gevoel. Hij zou meer kaders moeten krijgen waarbinnen hij zijn keuzes moet maken om niet te veel af te glijden.

De teeltconsultant komt ook zo nu en dan langs, maar ook dat zijn vooral personen die hun keuzes op gevoel baseren. Zij kunnen bijvoorbeeld niet zeggen 'hoeveel zettingen er zijn aangemaakt intussen dit jaar (dus hoeveel paprika's zijn er door de plant geproduceerd).

Teeltmanager Jonathan is de afgelopen jaren opgeleid door Ferry (Nederlandse ervaren teeltmanager) om de teelt te managen. Hij is nu een ervaren persoon en is er iedere dag ca. 1 tot 1,5 uur mee bezig achter de klimaatcomputer waarop de data wordt bekeken. Er wordt wel nog vooral op gevoel gehandeld en keuzes gemaakt. De data die wordt bekeken is vooral de data vanuit de klimaatcomputer. Dus de eigen historische data. Er wordt in Portugal geen data van externe bronnen gebruikt. Wel probeert Marc Jonathan de principes van Plant Empowerment bij te brengen waarbij de essentie is om vooral te sturen op data. Echter gebeurt dit nog te weinig met als gevolg dat door beslissingen op basis van gevoel men soms te ver naar 1 kant 'afglijdt'. Wanneer er naar de data gekeken zou zijn en de principes goed toegepast zouden worden zou Jonathan weten dat hij soms beslissingen moet nemen die haaks staan op zijn gevoel.

Het doel voor de locatie in Portugal is dat het met eigen lokale mensen volledig autonoom moet kunnen opereren waarbij op managementniveau (Nederland en Portugal) geleerd kan worden van elkaars ervaringen om zodoende continu stappen te kunnen maken in het teeltproces.

2. *Hoe worden teeltstrategieën in uw bedrijf ontwikkeld? Wie ontwikkeld deze?*
In hoeverre zijn deze strategieën gebaseerd op ervaring en in hoeverre op data?

We ontvangen regelmatig Peter Geelen als consultant die aangeeft 'we gaan een teeltplan maken'. Met hem maken we concrete doelstellingen en bekijken we sec de data. We komen de kas niet in. Daarnaast kijken we ook samen kritisch als de doelstellingen niet worden bereikt. 'Waar ligt dat dan aan?' is dan de vraag.

Doelstellingen worden per week gemaakt over waar we willen staan en dit doen wij per teeltlocatie apart. Gaat over aantallen en over vruchtgrootte (moet bijv. rond de 110 gram per stuk zijn). In Portugal telen we 'van het licht af', de planten krijgen dan dus steeds minder licht. Men praat elkaar erg veel na. Zo hadden we begin dit jaar ca. 5% minder licht dan het gemiddelde. Toen zei iedereen: 'we hadden erg weinig licht dit voorjaar'. Vervolgens zegt Peter Geelen, weet je dat wel zo zeker? We pakken de data erbij en het bleek 'maar' een paar procent minder te zijn. Terwijl iedereen die Marc sprak aangaf dat het dit jaar een erg donker voorjaar was. Papagaaien gedrag dus. Telers en consultants voelen het inderdaad vaak als broodroof volgens Marc. 'Telen is echt hun ding'.

Autonoom telen is volgens Marc in Portugal echt mogelijk. Het is voor 95% een stabiel klimaat en goed te meten met data. Maar daarnaast zijn er wel veel andere factoren die van belang zijn. Zoals arbeid: Doet degene die het blad afsnijdt het wel goed, maar ook de biologiecontrole. "Wordt de witte vlieg tijdig gespot en bestrijdt?"

Marc zegt: dit jaar kom je bijvoorbeeld luis tegen, volgend jaar trips en het jaar daarna de witte vlieg. Als je inmiddels 5 jaar verder bent en het scenario van de witte vlieg dient zich weer aan, dan doet men alles uit het hoofd hoe dit ook alweer bestrijdt moest worden. Die data in een Excel is men dan allang vergeten. **(dataverzameling en -vermenigvuldiging op 1 plek is dus noodzaak)**

3. *Wat zijn volgens u de belangrijkste uitdagingen binnen uw bedrijf voor de komende 3 en 5 - 10 jaar? Bijv. Sterke concurrentie; kosten van productiemedewerkers; schaarste van personeel met ervaring en schaarste van goed opgeleid personeel, anders... Welke acties heb je ondernomen om deze uitdagingen aan te gaan?*

Ontwikkeling van het management in Portugal op een bedrijfskundige manier en men zich een eigen visie kan ontwikkelen. Hierbij gaat het om Deborah en Jonathan. Men moet meer senior worden, **minder afhankelijk worden van Ferry en volledig autonoom** de dagelijkse operatie kunnen draaien. Daarnaast moet men zich een eigen visie ontwikkelen. De acties die het MT in Nederland **heeft ondernomen zijn dat zij het gesprek met hen hierover zijn aangegaan en dat zij managementtraining zullen krijgen**. Redden zij het niet, dan zullen we toch mettertijd lokaal een nieuwe directeur moeten aantrekken omdat geen van ons vanuit Nederland daar wil gaan wonen. Tevens moeten de principes van autonoom telen bij hen bekend zijn. We zijn ervan overtuigd dat het succes van een bedrijf valt of staat met de persoon die er dagelijks zit. Op de langere termijn (ca. 10 jaar) is het **de concurrentie uit Afrikaanse landen**. De rassen (de kwaliteit) wordt steeds beter en men kan heel goedkoop produceren. Marc weet nog niet hoe ze daar op in moeten spelen. Wel is **Marc van mening dat Zuidgeest/ Atlantic Growers een continue kwaliteit kunnen bieden. Dit wordt erg gewaardeerd door de afnemers van hun.**

De Afrikaanse landen hebben soms toch te maken met een piek in de warmte en daardoor een mindere kwaliteit. Daarnaast kan het zijn dat door de ontwikkeling van het management in Portugal men tijdig aanvoelt dat de concurrentie te heftig wordt en er daardoor een andere teelt in de kas gaat. Tevens geeft **Marc aan dat de producten die Zuidgeest/ Atlantic Growers kweken al behoorlijk exclusief zijn en men dat onder plastic of minder te controleren teelt niet kunt delen.**

4. *Wat heeft u reeds gehoord over autonoom telen (of data gedreven telen)? Kent u kwekers die deze techniek al toepassen?*

Ja ik weet dat er recent een geslaagde proef is geweest met komkommers (red: Autonomous Greenhouse Challenge 2018) en het past volgens mij helemaal in het plaatje van Plant Empowerment, het data gedreven telen. Ik heb wel echt het idee dat we daar (Plant Empowerment) als bedrijf ook pas in het begin staan. **Ik ken verder nog geen telers die een dergelijke automatisering op basis van data toepassen.** De data van LetsGrow.com gebruiken we niet voor Portugal. De basis is hier vanuit Nederland om mee te kijken met de teelt en zijn adviezen voor de teelt daarop te baseren. Ik vind de toepassing van **LetsGrow.com vrij lastig vanwege de 'andere taal' dat het spreekt**. Ik weet eigenlijk vanuit de Priva klimaatcomputer precies welke lijn ik eruit moet vissen. Bij de LetsGrow tool heb ik dat niet.

In LetsGrow.com hebben we met Peter Geelen (teeltadviseur en een van de oprichters van 'Plant Empowerment') diverse grafieken gemaakt voor het licht en de temperatuur samen om daar info uit te halen en uiteindelijk op te kunnen sturen in de kas. Deze haal ik niet uit mijn Priva computer.

Eigenlijk vind ik dat alle datastromen van bijv. ToGrow en Grodan **te veel wordt om het op te zoeken**. Die **data zou eigenlijk op 1 plaats gecentreerd moeten worden** om er mee aan de slag te gaan. Stel het is zondagochtend en er zijn ontwikkelingen gaande in de kas. Dan moet je om met goede informatie te kunnen sturen dus eerst naar LetsGrow, dan naar Grodan, ook naar ToGrow en dan moet je naar je Priva computer waar eigenlijk al 95% van die data aanwezig is. Dan is het eenvoudig om te zeggen dat 'ik pak enkel de data uit mijn Priva computer'.

KPN is hier ook geweest om te praten over hoe zij de data gedreven tuinbouw kunnen gaan faciliteren. Als conclusie kwam daaruit dat men eigenlijk ondervond dat er een platform gebouwd zou moeten worden om die data centraal te hebben en met elkaar te verenigen. Een autonoom telen model moet op basis van gecombineerde data deze beslissingen nemen en zou hierin voorzien.

**** Stuk toelichting over Autonomous Greenhouse Challenge bij de WUR en definitie autonoom telen ****

Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen (hierna: autonoom telen). Het doel van autonoom telen is om de 'gegevens' of 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige controle over uw teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

Daar geloof ik zeker in zegt Marc, zolang er gebruik gemaakt wordt van goede en betrouwbare sensoren.

5. Overweegt u autonoom telen als potentiële innovatie voor uw bedrijf?

Indien ja:

Vanuit onze huidige leverancier Priva merk ik dat men niet erg open staat voor het gebruik van externe data. Men houdt het vooral bij de data die door de sensoren van Priva wordt gegenereerd.

Over data gedreven telen in Portugal:

'Ik verwacht dat autonoom telen in stappen gaat. Nu sturen we al per etmaal, met bijvoorbeeld 'hoeveel licht wil ik het komende etmaal in de kas hebben?'. Uiteindelijk moeten we dus meer data in 1 model krijgen waardoor er goede gefundeerde beslissingen kunnen worden genomen.

Vanuit Priva hebben we een klein toeltje in de computer zitten: "**Etmaal strategie**" dat vind ik een eerste stap en gebruiken wij ook als stuurmiddel. Het is echter nog niet helemaal hufteer proof. Het haalde al de helft van mijn aanpassingen op de dag weg".

We overwegen het zeker in Portugal omdat we zien dat het overbrengen van ervaringen naar Portugal vanwege taal en cultuurbarrières lastig is en het eveneens lastig is om goede teeltmensen te vinden, echter is het ook belangrijk dat de werkende systemen in de lokale taal beschikbaar is.

Financieel zie ik daar best wel wat ruimte voor vanwege de grote oppervlakte van het bedrijf. Als ik zie dat we bijvoorbeeld een kilo meer productie kan halen per m2 dan heeft dat wel een flinke financiële impact van bijvoorbeeld een paar ton in slechts 1 jaar.

Marc geeft aan dat zij zodra een goed concept beschikbaar is met gecombineerde data, en vanuit een gerenommeerde partij wordt aangeboden zij als een van de eersten zullen instappen.

De mensen moeten wel enigszins begrijpen wat er gebeurt, zie je daar uitdagingen in?

Nee eigenlijk niet, vanwege de kostprijs die over het algemeen lager ligt en de marges die beter zijn kunnen we daar over het algemeen betere mensen aantrekken. Het niveau in productiewerkers in NL is lager dan in Portugal, dit kan ook omdat we als directie hier lopen.

Op de vraag of het naast Portugal ook interessant is voor Honselersdijk en Maasdijk geeft Marc aan dat hij het wel eerst in NL uit zou rollen omdat zij korter op de bal zitten en dus dichter bij mogelijke fouten om in te grijpen.

Op de vraag of Marc denkt dat het algoritme het beter weet dan zij zelf geeft hij aan dat hij verwacht dat de data het beter weet dan hij zelf. De data kan beter beslissingen maken dan de groene vingers. Dit is niet bij iedereen binnen het bedrijf het geval, met name de oudere krachten zijn van de groene vingers en sceptisch op data gedreven telen.

Met het introduceren van Plant Empowerment zijn we veel meer naar data gaan kijken. Dit is niet altijd goed gegaan maar over de lange termijn gezien is de efficiency (productie per m2) wel verhoogd en daarmee zijn ook de 'oudere mannen' binnen het bedrijf overtuigd geraakt van data gedreven telen.

Dit kwam niet enkel door de data maar meer door het ter discussie brengen van bepaalde feiten met de onderbouw van data waardoor discussies op een ander niveau terecht zijn gekomen. Niet alles

van Plant Empowerment werkt voor ons. De helft van de dingen die we geleerd hebben, hebben we ook alweer teruggedraaid omdat we gezien hebben, dit is de grens. Wat we vooral van data gedreven telen (vanuit Plant Empowerment) hebben geleerd is dat we de constatering van een fenomeen in de kas, nu eerder in het proces doen waardoor we tijdig kunnen bijsturen met kleine aanpassingen.

Ik ben ervan overtuigd dat de leverancier van een dergelijk autonoom telen model die de data het beste bij elkaar kan brengen, de 'wedstrijd' gaat winnen.

Prijs is uiteindelijk belangrijk, zeker op de korte termijn moet er naar kosten gekeken worden. Op de lange termijn moet het rendabel zijn. Met data gedreven telen **weet ik niet of het direct energiebesparend werkt**. Maar we zien ook dat we op bepaalde momenten weer energie zijn gaan gebruiken omdat we hebben gemerkt dat op sommige momenten de energie input belangrijk is gebleven (denk aan meer licht of hogere temperatuur in de kas).

Prijs is wel doorslaggevend maar het is niet zo dat we verwachten dat het een teeltmanager zal uitsparen en dat hoeft ook niet. Sec dus een hogere opbrengst per m2.

Vergelijk het met het aardwarmteproject. Het afgelopen jaar is het niet rendabel gebleken vanwege de historisch lage gasprijs. Echter kijken we daar naar de lange termijn en zal het aardwarmteproject ook daarin rendabel worden.

Indien nee:

- *Waarom niet?*

Marc geeft tevens aan (min. 23.10 van opname) dat er iedere keer andere kwaaltjes en ziektes zich voor kunnen doen. Dat maakt het volgens hem lastig om op afstand/ autonoom te telen. **Het draaiboek voor die specifieke ziekte moet namelijk wel bekend zijn in het algoritme.** Als het even druk is of iemand is ziek, dan gebeurt dat scouten namelijk niet en dat kan cruciaal zijn. Het scouten is nu niet altijd een routineklus en er wordt vaak pas ergens gekeken/ gescout op gevoel als het niet goed is. Dan ben je vaak al te laat.

6. *Vindt u dat dergelijke innovatie wordt aangemoedigd? Bijvoorbeeld door overheidssubsidies.*

Als ik autonoom telen met het Aardwarmte project vergelijk waarbij dat project vooral draait op de SDE+ subsidie **vind ik dat het absoluut meer gestimuleerd zou moeten worden.** Het ligt eraan of de Nederlandse overheid de Nederlandse glastuinbouw wil behouden of niet.

Door het aardwarmte project hebben we van **de 3.000.000 kuub gas het afgelopen jaar 2.000.000 kuub bespaard.** Dat zijn natuurlijk wel serieuze cijfers en dat geeft impact.

7. *Kunt u een voorbeeld geven van een innovatie dat jullie recent hebben geïmplementeerd in het bedrijf?*

Pack-IT digitaliseert de productstromen in ons totale bedrijf en is voor ons een grote innovatie. We **wilden meer overzicht hebben en minder administratieve handelingen.** We zijn op dit moment aan het implementeren en daarna kunnen we pas echt bepalen wat het financieel oplevert.

Het heeft ons nu al belangrijke managementinformatie gegeven, maar ook de voorraden van het fust. Voorheen deed een persoon dit door het magazijn in te lopen, nu komt dat automatisch naar boven.

Tevens geeft dit voor ons de mogelijkheid om een **directe connectie te leggen met onze verkooppartner Harvest House.** Zij schieten de vraag bij ons het systeem in.

Voorheen keken we altijd op tegen de investeringskosten.

Ook het hele **oogststelsel** is voor ons een procesinnovatie geweest. Voor de sector geen innovatie, maar voor ons wel. **Hierdoor weten we nu precies wat de oogst per persoon en per pad is.**

Dit deden we al maar konden we niet goed uit elkaar houden waardoor we enkel de totale opbrengst wisten, maar niet de opbrengst per persoon of per pad.

Op 7 hectare was die machine niet te betalen, maar op 10 hectare wel (men heeft recent er 3 hectare bij gekocht in Honselersdijk).

Onze **financiële man is gestart met Power BI** (ook een procesinnovatie) waarmee hij nu dashboards maakt en een goede managementrapportage kan afgeven. Hierdoor zijn we **sneller en actueler op de hoogte van arbeidscijfers.**

8. *Na dit interview is telefonisch nog de vraag gesteld over de behoefte aan bewijsvoering alvorens de innovatie in de organisatie te adopteren. Hierop is het volgende antwoord gekomen:*

"Instappen in deze innovatie zou de organisatie naar een volgend niveau brengen", aldus Marc. Hiervoor hoeft men niet zozeer bewijs te zien van de werking van de innovatie. Het gaat erom hoe het concept

wordt aangeboden, waarbij data op een plek moet samenkomen en het model de data goed moet kunnen interpreteren als tevens welke teelt elementen worden meegenomen in het autonoom telen concept (bijv. arbeidsprestaties van medewerkers; scouten van ziektes en plagen). Marc geeft aan dat zij kritisch zullen kijken naar hoe de leverancier de data denkt te verzamelen en welke keuzes het model daarop maakt.

Case 2: Nature's Miracle

Naam respondent: mr. Sulaih Saleem

Bedrijfsnaam: Nature's Miracle

Locatie bedrijf: Uttar Pradesh, India

Generieke informatie:

- *Teelttype (bijv. tomaten, paprika's, sla etc...):*
 Snacktomaten
 Snackpaprika's
 Komkommers
 Tarwe gras
 Paprika's
 Aardbeien
 Nature's Miracle teelt 'hydroponic': Hydrocultuur is het kweken van planten zonder grond te gebruiken. Hydrocultuurbloemen, kruiden en groenten worden geplant in inerte groeimmedia en voorzien van voedingsrijke oplossingen, zuurstof en water.
 Nature's Miracle kweekt een 'premium' groente, met belangrijke karakteristieken als goede smaak en een gezond (vrij van pests en ziekten) teeltomgeving. De prijs van een paprika van Nature's Miracle in vergelijking tot een reguliere paprika in India is ongeveer 5x zo hoog. De doelgroep is vooral de hoger opgeleide mensen en de welvarende mensen. Nature's Miracle is overigens de enige in India die de wijze van hydroponic telen toepast.
- *Aantal hectare:*
 5 hectare.
- *Jaren tuinbouwervaring respondent:*
 Ca. 1 jaar
- *Opleidingsniveau:*
 WO
 Opleidingsniveau van de teeltmanagers is bij allen W.O. Dit is nodig vanwege de high-en teeltmethodiek bij Nature's Miracle.
- *Scope van verantwoordelijkheden:*
 Directeur operations voor Nature's Miracle.
 Beslissingsbevoegd voor personeel en operationele zaken, rapporteert aan investeerder.
 Wanneer er een beslissing genomen moet worden met grote belangen (nieuwe teeltlocatie of nieuw procesautomatiseringssysteem) dan voedt Sulaih met zijn collega's van marketing & sales de eigenaar van de organisatie. Hierdoor hebben zij een grote invloed op hun beslissingen.
 Stuurt o.a. de teeltmanagers aan. Geen sales & marketing.

Interview vragen:

1. *In hoeverre maakt uw organisatie gebruik van data voor het teeltmanagement?*
Hoe helpt het uw organisatie in uw dagelijkse business?

Wij maken gebruik van zeer veel data, zoals marktdata, salesdata en klimaatdata en oogstdata. Hierdoor weten we in hoeverre de klant het product en de prijs voor het product waardeert. Daarnaast kijken we naar voor welke producten die we produceren een grote vraag is en voor welke een lagere vraag. Ook kijken we dagelijks naar de data in de klimaatcomputer, zoals de temperatuur, de hoeveelheid licht en de luchtvochtigheid in de kas. Dit combineren we met de data van hetgeen we geoogst hebben. We kijken naar volume en kwaliteit maar ook hoeveel geld en effort kost het om een bepaald product te maken t.o.v. de afzet. Een product (bijv. rode paprika) met een minder hoge verkoopprijs, maar met een zeer vereenvoudigd productieproces kan hierdoor erg interessant zijn. Sulaih geeft dan aan bij zijn marketing & sales team dat zij zich meer moeten focussen in de commerciële uitingen op de rode paprika.

We bekijken de sales data na enkele weken en hierop beslissen we hoeveel ruimte/ hoeveel afdelingen van de teelt voor bijvoorbeeld rode paprika ingedeeld moet worden. Men past het aanbod dus op de vraag aan.

Ook bekijken we jaardata voor wanneer we moeten starten met de nieuwe teelt, bijvoorbeeld door de nieuwe teelt met 15 dagen uit te stellen om zodoende hoge energiekosten te besparen.

(Nadere info: de energiekosten vormen volgens Sulaihi bij Nature's Miracle ca. 70% van de kostprijs van het product. Dit komt omdat de luchtvochtigheid zeer hoog is en de buitentemperatuur idem dito (ca. 40 – 45 graden gedurende de zomerperiode).

2x keer per teeltcyclus praten we en nemen we beslissingen over hoeveel allocatie naar welke teelt moet (eerst beslissing en daarna review).

Data in de klimaatcomputer worden continu geanalyseerd en daar wordt op gestuurd in de kas.

2. Hoe worden teeltstrategieën in uw bedrijf ontwikkeld? Wie ontwikkeld deze?

In hoeverre zijn deze strategieën gebaseerd op ervaring en in hoeverre op data?

Wanneer wij kansen zien (o.b.v. vraag in de markt) dan gaan wij eerst kijken in ons 'testcentrum' in hoeverre het op hydroponic wijze geteeld kan worden en kunnen we er een goed business model van maken. Zo had recent de eigenaar van ons bedrijf aangegeven dat er een grote vraag is naar tarwegras in Singapore. Toen zijn we dat op kleine schaal gaan telen om het vervolgens daarna groter uit te rollen.

Voor elke zone in de kas hebben we een 'hoofddeeltmanager'. Er zijn vier zones en per zone zijn er nog 2 teeltmanagers. De hoofddeeltmanager is verantwoordelijk voor het aanpassen van de stuurmechanismen in de klimaatcomputer. Dit doen zijn doorlopend.

Iedere hoofddeeltmanager heeft een specialisme op de teelt (zoals (rode) paprika, snacktomaat etc.) In iedere zone wordt een andere teelt gehouden.

3. Wat zijn volgens u de belangrijkste uitdagingen binnen uw bedrijf voor de komende 3 en 5 - 10 jaar? Bijv. Sterke concurrentie; kosten van productiemedewerkers; schaarste van personeel met ervaring en schaarste van goed opgeleid personeel, anders...

Welke acties heb je ondernomen om deze uitdagingen aan te gaan?

We hebben onze hoofddeeltmanagers naar Nederland gestuurd voor een training van 3 maanden om de hydroponic teeltwijze onder de knie te krijgen. Nu moeten we ervoor zorgen dat deze mensen de kennis in India over kunnen dragen. Arbeidskosten zijn zo laag dat dit geen uitdaging is voor ons. Een goed opgeleide teeltmanager in India kost net zo veel als een productiemedewerker in Nederland. Kennisoverdracht is dus wel key.

Opschaling is een grote uitdaging voor ons en moet de volgende stap zijn voor een levensvatbaar businessmodel.

Het is erg kostbaar om de 5 hectare rendabel te maken. De vaste kosten voor een zone zullen bij opschaling van de tuin door de lage arbeidskosten maar fractioneel toenemen. Om geld te maken, moeten we opschalen en het verkrijgen van stukken grond is een grote uitdaging omdat de kosten hiervan erg hoog zijn.

En vanwege de hoge energie- (stroom-) kosten zal dit zeker in de toekomst voor ons een uitdaging zijn. In de zomer om te koelen maar in de winter om te verwarmen omdat de buitentemperatuur ook onder nul gaat in de winter.

Concurrentie zie ik nog niet komen. Onze teeltwijze is een kapitaalintensieve wijze en ik zie het niet gebeuren dat er andere partijen bij komen die dit (in India) ook zullen doen. Enkel wanneer de overheid bepaalde grote tuinbouwprojecten subsidieert, dan zal dit gaan veranderen. Wij maken met ons testcentrum ook geen winst, dat is ook niet onze business case. De winst moet gehaald worden uit de verkoop van onze teelt op grotere schaal. Een tomaat door Nature's Miracle geteeld is wel 20x de prijs van een regulier geteelde tomaat. De doelgroep is dan ook de welvarende mensen en goed opgeleide mensen die zich bewust zijn van de gezondheidsvoordelen van het product.

Op de korte termijn zie ik vooral uitdagingen om de hydro geteelde producten bekend te maken met daarbij de voordelen ervan voor de consument.

V.w.b. het verhogen van de productie per m2 begrijp ik vanuit de consultants vanuit NL dat we reeds op 80 a 90% zitten van de maximale capaciteit. Wanneer we richting de 100% gaan dan zullen de energiekosten enorm toenemen waardoor het niet rendabel is. Ik zie dus vooralsnog geen mogelijkheden om met de huidige productiefaciliteiten de productie te verhogen. We moeten eerst opschalen.

4. Wat heeft u reeds gehoord over autonoom telen (of data gedreven telen)?

Kent u kwekers die deze techniek al toepassen?

Ik heb beperkte kennis over dit onderwerp, hetgeen wat ik weet komt van Nederlandse tuinbouwleveranciers over wat ze aan mij verteld hebben. Ik begrijp dat de beslissingen bij autonoom telen genomen worden met behulp van a.i.. Dat is hetgeen dat ik ervan weten, maar ik hoor er graag meer over want ik ben ervan overtuigd dat een computer betere beslissingen kan nemen dan mensen kunnen op basis van data.

- **Toelichting over autonoom telen door interviewer –**

Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen (hierna: autonoom telen). Het doel van autonoom telen is om de 'gegevens' of 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige controle over uw teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

5. Overweegt u autonoom telen als potentiële innovatie voor uw bedrijf?

Indien ja:

- *Waarom?*
- *Wanneer?*
- *Denkt u dat autonoom telen een belangrijke bijdrage kan leveren aan de toekomst van uw bedrijf?*
- *Zijn er beperkende factoren? (Bijv. Ondersteunende (IT) systemen; kennis; medewerkers voor implementatie etc.)*

In de huidige situatie van COVID-19 zou het erg prettig zijn als we niet afhankelijk zijn van mensen die beslissingen moeten nemen op basis van data en gevoel. Als dit beslisproces volledig geautomatiseerd gebeurd kan dat voor ons zeker een kans zijn. Personeelskosten zijn voor ons geen issue en dat is dus geen reden om dit concept toe te passen. Wat voor ons wel een issue is, is dat goed opgeleide mensen die we op een dure studie hebben gestuurd, weer kunnen vertrekken.

Hierdoor moeten we iedere keer mensen op training sturen, hetgeen ons erg veel geld kost en het dus fijn zou zijn als meer van deze kennis in 'het autonoom telen model' geborgen zou zijn.

Tevens ben ik ervan overtuigd dat een menselijke fout ook voor een grote kostenpost kan zorgen. Ik zie geen barrières om autonoom telen toe te passen. Echter zullen wij het pas doen als we hebben opgeschaald. Het zal uiteindelijk een rekensom worden van wat heeft het gekost en wat levert het op. Onze eigenaar is een zeer technologie-gedreven persoon en dat willen we als organisatie ook zijn en uitstralen.

We zien onszelf als innovators en zullen de eerste zijn die een dergelijke technologie zullen gebruiken. Bewijs is niet zozeer nodig, we hebben een groot vertrouwen in de ontwikkelingen die 'de Nederlanders' ons brengen en weten dat Hoogendoorn een erg goede job heeft gedaan met de procesautomatisering in de kas.

6. Ziet u autonoom telen als underperforming of gelooft u dat het betere beslissingen zal nemen dan u en uw medewerkers?

Een jaar geleden toen ik bij Nature's Miracle kwam werken was men vooral bezig met het kijken naar data van wat er real-time in de kas gebeurd. Nu weet ik dat we uit de klimaatcomputer veel meer data kunnen halen waarmee we goede en waardevolle analyses kunnen maken. Met de ervaring van Hoogendoorn en de data die zij hebben van specifieke teelten ben ik ervan overtuigd dat zij een goed autonoom telen model kunnen opstellen dat beter presteert dan onze mensen.

7. Vindt u dat dergelijke innovatie wordt aangemoedigd? Bijvoorbeeld door overheidssubsidies.

De eigenaar van onze organisatie jaagt innovatie aan, maar de Indische overheid is erg terughoudend in het (financieel) stimuleren van innovatie in de tuinbouw.

Bijvoorbeeld, de laatste jaren hebben we geprobeerd om een vergunning te krijgen om trips en luis met biologische middelen te bestrijden, dit willen wij graag met Koppert oppakken. Echter lukt dit tot op heden niet vanwege de zeer sterke lobby die er is vanuit leveranciers van agrarische chemische bestrijdingsmiddelen. Men is in India dus erg traag in het adopteren van nieuwe technologieën. Zo worden er wel folie kassen (kassen met ramen van sterk plastic folie) gesubsidieerd, maar geen glazen kassen. Daarnaast wordt de teelt op substraatmatten met druppelaars wel gesubsidieerd maar de hydroponic wijze niet. Hiervoor zullen we nog wel 10 tot 15 jaar moeten wachten.

8. *Kunt u een voorbeeld geven van een innovatie dat jullie recent hebben geïmplementeerd in het bedrijf?*

Vorig jaar hebben we ons verwarmingssysteem geoptimaliseerd op basis van data.

Daarnaast hebben we ook ons arbeidsregistratiesysteem vernieuwd door op basis van hun gedeelde locatie te kunnen zien of medewerkers aanwezig zijn in de kas.

Ook hebben we op gebied van **irrigatiemanagement** een verbetering toegepast waardoor we nu **minder water uit de grond hoeven te onttrekken** door het toepassen van een waterbassin. Dit bespaart ons veel **energiekosten**.

Case 3: JEM Farms

Naam respondent: Blake Fisher

Bedrijfsnaam: JEM Farms

Locatie bedrijf: Ontario, Canada

Generieke informatie:

- *Teelttype (bijv. tomaten, paprika's, sla etc...):*
Druiftomaten
Paprika's
Komkommers
- *Aantal hectare:*
11 hectare
- *Jaren tuinbouwervaring:*
Ca. 5 jaar teeltervaring
- *Opleidingsniveau:*
Bachelor
- *Scope van verantwoordelijkheden:*
Hoofd teeltmanagement

Interview vragen:

9. *In hoeverre maakt uw organisatie gebruik van data voor het teeltmanagement?
Hoe helpt het uw organisatie in uw dagelijkse business?*

We maken gebruik van het dataplatform LetsGrow al is dat door de drukte de laatste tijd wat afgenomen en ik probeer daar nu weer wat meer gebruik van te maken. Wij gebruiken vanuit LetsGrow de oogstvoorspelling voor tomaten. Daarnaast exporteer ik zelf data uit de Hoogendoorn computer zoals 24 uren data over temperatuur, luchtvochtigheid en PAR in de kas. Hierdoor wil ik een meer gebalanceerde aansturing van de kas hebben in plaats van dat ik continu achter de feiten aan loop.

Tevens zijn we in gesprek met Ecoation, de aanbieder van een scout robot. Ik heb hen gevraagd om samen te gaan werken met LetsGrow of dat in ieder geval de data samen komt. De Ecoation is namelijk een momentopname en een paar uur later kan het weer volledig anders eruit zien vanwege een hogere/ lagere luchtvochtigheid en temperatuur in de kas. Daarnaast zou Ecoation interessant kunnen zijn om te kunnen zien welke oogstmedewerkers 'hardhandig' omgaan met de planten, hetgeen we nu pas later te zien krijgen en we de persoon er niet op kunnen aanspreken omdat we niet weten of deze de schade heeft aangericht.

10. *Hoe worden teeltstrategieën in uw bedrijf ontwikkeld? Wie ontwikkeld deze?
In hoeverre zijn deze strategieën gebaseerd op ervaring en in hoeverre op data?*

Ik zou graag de strategie aanpassen op de marktprijs van het product, echter zijn we met het bedrijf nog niet zo ver. Deze discussie had ik recent ook met Ecoation en bij hen gaf ik aan dat ik mij eerst liever een marathon ren met dezelfde snelheid (en dus een constante, liefst hoge, productie) in plaats van een sprint. Wel kijk ik naar hoe we bijvoorbeeld het formaat van de komkommers kunnen vergroten omdat een positief effect heeft op de prijs. Dat doe ik door het aantal bladeren op de plant te kijken maar ook de hoeveelheid licht in combinatie met de temperatuur in de kas bekijk ik om dit te verbeteren.

Dus momenteel maak ik deze strategieën op basis van wat ik weet uit ervaring, op basis van data uit de sensoren in de kas en wat ik reeds heb geleerd van enkele cursuslessen van Het Nieuwe Telen (Plant Empowerment). Met de sensoren die wij binnenkort zullen krijgen zal ik de benodigde data kunnen binnen halen en zal dit de gekozen strategie moeten bevestigen of ontcrachten.

Jamie, zijn vader en grootvader hebben allen 'groene vingers' en zijn daarom meer van het nemen van beslissingen op basis van gevoel. Om hen te overtuigen laat ik data zien om mijn keuzes voor de teelt strategieën te onderbouwen.

Dus resume, met de nieuwe sensoren kan ik hen laten zien en overtuigen met de beschikbare data waar ik de laatste 6 maanden met Plant Empowerment mee bezig ben geweest (Lees: Blake heeft bewijsvoering nodig).

Je geeft aan dat je je beslissingen steeds meer maakt op basis van data in plaats van gevoel, kun je aangeven of dat terug te zien is in stijgende omzet/ productiecijfers?

Bij de komkommers hebben we de meeste sensoren (PAR sensor) en dubbele lichtschermen hangen. Deze afdeling geeft mij de meeste informatie. Ik zie daar ten opzichte van vorig jaar een toename van 20% in de omzet. Echter durf ik niet hardop te zeggen dat dit enkel aan mijn methode is toe te wijzen, maar er zal een zekere winst toe te wijzen zijn aan de methode met gebruik van data.

11. *Wat zijn volgens u de belangrijkste uitdagingen binnen uw bedrijf voor de komende 3 jaar en 5 - 10 jaar? Bijv. Sterke concurrentie; kosten van productiemedewerkers; schaarste van personeel met ervaring en schaarste van goed opgeleid personeel, anders... Welke acties heb je ondernomen om deze uitdagingen aan te gaan?*

De komende jaren willen we de maximale productiecijfers kunnen bereiken. We zijn in oktober gestart met een verlichte kas van 5 hectare en dit gaan we het komend jaar verder uitbreiden. In combinatie van data uit goede sensoren moet dit ons productieniveau op een constant hoog niveau brengen. Dit maakt ons voor de lange termijn een krachtigere organisatie. (Door meer productie per m2). We verlengen door de toevoeging van de lichtunits in de kas de productie met enkele weken en tevens doen we dit ook met ons productiepersoneel. We hebben roosters gemaakt waarbij mensen in shifts werken van 's ochtends vroeg tot vroeg in de avond.

We kijken momenteel naar Work-IT om dit voor de arbeidsregistratie toe te passen. We willen met dit softwareprogramma de mensen enerzijds meten, maar belangrijker nog, we willen hen incentives geven naar hun prestatie. Hierdoor moet de productie per tijdseenheid omhoog gaan en stijgt tevens hun inkomen mee.

12. *Wat heeft u reeds gehoord over autonoom telen (of data gedreven telen)?*

Kent u kwekers die deze techniek al toepassen?

Ik heb nog niet eerder gehoord dat de aansturing autonoom al zou kunnen. Wel over data gedreven telen, waarbij meer beslissingen in het teeltproces geautomatiseerd worden. Tevens zijn we in gesprek met leveranciers die meer data voor ons kunnen verzorgen.

Ik heb met diverse Canadese teeltmanagers gesproken over de Plant Empowerment theorie. Toen dit in 2018 uitkwam waren veel van deze Canadese telers sceptisch en zeiden: 'oke, leuk die theorie maar het is erg geënt op besparen van energie en dat zorgt voor een wat zwakkere plant'.

Ik zie dat niet zo nu ik mij meer verdiep in de theorie en zie de mogelijke reductie in energiekosten als bijkomend voordeel.

Kunt u het aandeel loonkosten t.o.v. totale kosten aangeven?

Bij ons zijn de loonkosten ca. 30% evenals de energiekosten.

Denkt u dat autonoom telen of data gedreven telen underperforming is ten opzichte van de mens?

Ik denk dat het absoluut een combinatie is van de twee. Het is nodig om een mens te laten kijken naar de beslissing die gemaakt moet worden. Ik denk niet dat je zonder te checken de computer de beslissing zou moeten laten nemen. Niet op dit moment althans, ik denk dat het nog te nieuw is om een algoritme dit te laten beslissen. Er moet veel, heel veel historische data komen om de computer zelf autonoom te laten beslissen.

**** Toelichting over de methode van autonoom telen/ Data Driven Growing ****

Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen (hierna: autonoom telen). Het doel van autonoom telen is om de 'gegevens' of 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige controle over uw teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

13. *Overweegt u autonoom telen als potentiële innovatie voor uw bedrijf?*

Indien nee:

▪ *Waarom niet?*

Als je hiermee bedoelt dat we de handen van de pc moeten afhouden, dan denk ik dat wij daar nog niet voor open staan, dat is nog te nieuw en onzeker voor ons. Maar als het na een 3 a 4 jaar bij andere klanten is bewezen dan zou het voor ons wel erg aanspreken. Zeker als het bewezen is in onze teeltsoorten.

Bewijs bestaat bijvoorbeeld uit een aantoonbare toename van omzet/ productieaantallen en bedieningsgemak.

Overigens, als er een mogelijkheid is om een trialversie te doen voor een bepaalde periode dan zouden wij daar zeker voor open staan. En dan voor een of enkele afdelingen van onze teelt.

Ik kan er tevens wel een voorstander van zijn en het pushen, maar hetgeen in de kas staat is niet mijn investering maar dat van de bedrijfseigenaren.

Uiteindelijk komt het aan op de terugverdientijd en de risico's die zo gering gemaakt kunnen worden.

De mensen moeten wel enigszins begrijpen wat er gebeurt, zie je daar uitdagingen in?

Ja, er heerst een cultuur binnen JEM Farms waarbij teeltmanagement een 'gevoels- en ervaringsding' is. Het totale management van de organisatie zal op basis van een duidelijk onderbouwde theorie en veel overtuigende data van een betere performance door data gedreven telen overtuigt kunnen worden maar we zullen hierin niet voorop lopen als organisatie.

Denk je dat de (betaalbare) sensoren op een goed kwaliteitsniveau zijn om de data voor dergelijke beslissingen te kunnen bieden?

Ja, en het vertrouwen dat we hebben in de kwaliteit van sensoren is de reden dat we pas in de uitbreiding die we hebben besteld bij Hoogendoorn een aantal sensoren zoals de planttemperatuur camera, PAR (licht/ straling-) sensor etc. gekocht.

Ik denk dat de nieuwe sensoren voor ons moet gaan bevestigen dat we kunnen vertrouwen op de data uit sensoren en dat we dan kunnen bepalen of we de toegevoegde waarde van Data Driven Growing zien en het de investering waard is.

14. Vindt u dat dergelijke innovatie wordt aangemoedigd? Bijvoorbeeld door overheidssubsidies.

We ontvangen geen subsidies vanuit de overheid op het reduceren van bijvoorbeeld gas of elektra, maar vanuit de organisatie is er wel geld beschikbaar als wij iets kunnen doen om te besparen op hulpbronnen.

15. Kunt u een voorbeeld geven van een innovatie dat jullie recent hebben geïmplementeerd in het bedrijf?

1. Aquabalance software: heeft ons geholpen de tanks op een gebalanceerd niveau te houden. Tevens balanceert het het niveau van water in de plant zodat de plant op het juiste moment de juiste hoeveelheid water krijgt. Hierdoor zal de plant beter groeien.

Het belangrijkste is dat al deze innovaties best wat geld kosten en ze moeten allen hun meerwaarde bewijzen om het blijvend toe te passen. We zouden eigenlijk best wel wat meer van LetsGrow gebruik willen maken maar dan zouden we ook 1 a 2 FTE moeten aannemen om de data te analyseren en dat wordt een te kostbare zaak. Als dit door een computer kan worden gedaan bespaard dat dus wel arbeidskosten.

Case 4: Food Ventures

Naam respondent: Dirk Aleven

Bedrijfsnaam: Food Ventures

Locatie bedrijf: Georgië, Oekraïne en Kazachstan

Generieke informatie:

- *Teelttype (bijv. tomaten, paprika's, sla etc...):*
Tomaten in Kazachstan
Diverse groente in Georgië en Oekraïne.
- *Aantal hectare:*
5 hectare in Kazachstan, moet over een paar jaar 20 hectare zijn.
- *Jaren tuinbouwerfaring:*
Dirk: > 10 jaar ervaring
- *Opleidingsniveau:*
WO
- *Scope van verantwoordelijkheden:*
Dirk Aleven is CEO van Food Ventures. Food Ventures ontwikkelt hightech kassen in ontwikkelende landen. Het matcht lokale investeerders met NL kennis. Daarbij maakt het gebruik van NL teeltmanagers die lokaal mensen opleiden (duurt 3 a 4 jaar) en coördineert het de bouw, legal, saleskanalen etc. Tevens investeert Dirk met Food Ventures ook mee en wanneer het in bedrijf gaat neemt het de verantwoordelijkheid voor de gehele operatie.

Interview vragen:

16. *In hoeverre maakt u gebruik van data voor het teeltmanagement?*

Hoe helpt het u in uw dagelijkse zaken?

We werken met Hoogendoorn klimaatcomputers hetgeen al een data genererend teeltsysteem is. Tevens zijn we nu recent met LetsGrow gestart omdat we die data ook kunnen gebruiken in onze besluiten. Het geeft geobjectiverde besluiten.

Dus jullie nemen besluiten op basis van data omdat de data het wellicht beter weet dan de mens?

Nouja, ik denk niet dat het zo causaal is maar ik wil dat we onze besluiten nemen op basis van data, maar er blijft een deel gevoel in zitten. Het is spel van een samenhang van meerdere omstandigheden waar je zelf wat van moet vinden. Dat is de rol van de teler, die moet het op basis van data doen en niet enkel een rondje door de kas lopen en denken dat het zo wel goed is.

17. *Hoe worden teeltstrategieën in uw bedrijf ontwikkeld? Wie ontwikkeld deze?*

In hoeverre zijn deze strategieën gebaseerd op ervaring en in hoeverre op data?

Wij analyseren de data vanuit de klimaatcomputer en dataplatform LetsGrow. Op basis van de ervaring van de teeltmanagers van Food Ventures die de data bekijken, weet men welke strategie ingezet moet worden.

18. *Wat zijn volgens u de belangrijkste uitdagingen binnen uw bedrijf voor de komende 3 jaar en 5 - 10 jaar? Bijv. Sterke concurrentie; kosten van productiemedewerkers; schaarste van personeel met ervaring en schaarste van goed opgeleid personeel, anders...*

Welke acties heb je ondernomen om deze uitdagingen aan te gaan?

De uitdaging zit 'm vooral in het goed op niveau krijgen van de teelt. Het is niet makkelijk om het technisch maximale uit de kas te halen. Daar ben je 2 tot 3 jaar mee bezig om dat niveau te bereiken. Dus als je opschaalt ben je ook weer tijd kwijt om op dat niveau te geraken. Dat heeft met het begrijpen van klimaat te maken maar ook met het moeten runnen in een moeilijke omgeving. Denk aan toeleveranciers, afnemers, personeel, de bouw van de kas etc.

Zie je uitdagingen op arbeids gebied?

Nouja, vooral het opleiden van de mensen en zorgen dat zij volgens onze protocollen werken. Ik maak mij niet zorgen om het verloop van de mensen die wij opleiden. We staan erop als erg goede werkgever waar mensen met respect behandeld worden en een goed salaris verdienen en met plezier werken.

Goed werkgeverschap loont zich?

Jazeker!

19. Wat heeft u reeds gehoord over autonoom telen (of data gedreven telen)?

Kent u kwekers die deze techniek al toepassen?

Ik volg de Autonomous Greenhouse challenge van de WUR op de voet. Waar ik het in zie is dat de settings voor de klimaatcomputer handmatig worden ingevoerd op basis van wat de teler wil. Daar zie ik een groot lerend vermogen in door data. Met goede data die patronen kan herkennen die zegt dat je in bepaalde omstandigheden eens niet je luchtramen moet open zetten maar dicht houden. Dit kan veel beter en consequenter door een algoritme dan door een teler. Daardoor heeft een teler er minder werk aan. Ik vind namelijk dat het momenteel nog redelijk primitief gaat.

Denk je dat de techniek zover is dat je het maken van beslissingen aan de computer over kan laten?

Ja, 100%. Alleen het wordt soms gepresenteerd als de eindoplossing maar dat denk ik niet. Alsof "ik koop een kas, zet daar een klimaatcomputer in en er komen vanzelf tomaten uit". De klimaatsettings zijn een essentieel onderdeel van wat je moet doen, zeker in de landen waar Food Ventures actief is vanwege het soms strenge klimaat. Ik geloof dat er dus heel snel zaken geautomatiseerd kunnen worden echter is dat maar een klein deel van het succes. Er zit veel werk in het kiezen van de juiste rassen, het op peil houden van de juiste arbeid en het controleren van de arbeid, volgens biologische en voedselveiligheidsnormen gaan werken. Dat stukje klimaatbeheersing gaat nu eigenlijk nog te ouderwets. Het zijn veel repeterende handelingen die je prima kunt automatiseren. Dat kan een algoritme veel beter dan een teler. Het geeft een verbeterslag in de organisatie doordat je beschikt over betere tools.

*** Toelichting over de methode van Data Driven Growing van LetsGrow.com met het 3 jaar plan***
 Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen (hierna: autonoom telen). Het doel van autonoom telen is om de 'gegevens' of 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige controle over uw teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

20. Overweegt u autonoom telen als potentiële innovatie voor uw bedrijf?

Indien ja:

Ja, dat is de reden dat we het dataplatform LetsGrow voor Food Ventures aan het implementeren zijn in Kazachstan. Ons eerste doel is betrouwbare de data op 1 plek verzamelen op de juiste manier, anders krijg je 'crap in – crap out'. Als we dat eenmaal hebben dan gaan we kijken, hoe nemen we nu onze besluiten en hoe kunnen we meer onze besluiten linken aan de data die we zien om de productie te optimaliseren. Bijvoorbeeld, 'dit zijn de criteria en we zien dat onze data dat ondersteund'. Wanneer we daarin op de toppen van ons kunnen zitten en we een aantal jaren ervaring hebben opgebouwd op de locatie, zullen we onze teeltoppervlakte verder uitbreiden. Met een autonoom telen model kunnen we repeterende beslissingen in deze fase autonoom laten uitvoeren en kunnen we ons focussen op het betrekken van een tweede of derde teelt bij de bestaande teelt.

De term die door LetsGrow daaraan gegeven wordt, namelijk "Data Gedreven Telen" vond ik een keer geen gelul of fantasie over "we kraken de voedselcodes", maar dit is gewoon betere besluiten nemen op basis van beschikbare data.

Ik heb vertrouwen in de mogelijkheden met onze klimaatcomputer en ik zie daar wel een businessmodel voor in NL dat je niet de NL-ers hoeft in te vliegen bij de klant maar we leiden ze op en de data analisten in NL die ook van de tuinbouw weten en die op afstand goed naar kunnen kijken. Het mensenprobleem wordt hiermee dus minder want nu moet ik hen per se op locatie hebben. Dat is niet schaalbaar in ons businessmodel. Dat kan ik niet op 200 hectare in 4 verschillende landen doen. Met dit concept maakt het ons businessmodel dus schaalbaar. Echter zoals ik eerder zei is dit slechts

een deel van het totale proces want we moeten nog steeds mensen aansturen, tomaten plukken en in een doos stoppen.

Indien nee:

▪ *Waarom niet?*

Het is belangrijk dat het vooral goede en betrouwbare data is waar je mee werkt, dat is nu niet altijd het geval. En er is namelijk heel veel data, er zijn cijfers over irrigatie, meststoffen, marktcijfers en cetera, maar het staat allemaal op verschillende plekken.

▪ *Implementatie factoren?*

Wanneer er een systeem beschikbaar komt is het raadzaam dit in de taal van de medewerkers te hebben. Het Engels van hen is niet zo goed en wanneer het erg inhoudelijk wordt, zal het lastig worden begrepen.

Zie je nog andere implementatie barrières?

Uiteindelijk is het interessante nog, wie is de eigenaar van de data? Wie gaat de intelligentie opbouwen? Bij alle platforms is dat best lastig, je wilt namelijk een zo goed mogelijke teler zijn en je wilt niet dat je daarmee andere telers ook heel erg goed maakt. Bescherming van data dus. Dit zie ik als een stukje intellectueel eigendom en je wilt dat dat niet op straat komt te liggen en dat andere telers er een voordeel uit kunnen trekken. Dit is voor ons essentieel om te bepalen of we met een partij zaken gaan doen.

Is bewijsvoering van het succes van autonoom telen noodzakelijk?

Nee, iedere locatie is anders vanwege een ander klimaat, andere rassen of een andere afzetmarkt met een andere behoefte. Dit maakt vergelijken erg lastig en niet relevant.

21. *Vindt u dat dergelijke innovatie wordt aangemoedigd? Bijvoorbeeld door overheidssubsidies.*
Dat we van afvalgas gebruik maken voor onze energie heeft niet te maken met subsidies want die krijgen we niet. Het is enkel dat we daardoor wat lagere energiekosten hebben en het de locatie dus voor ons gunstiger maakte in Kazachstan.

Nee, geen subsidies.

22. *Kunt u een voorbeeld geven van een innovatie dat jullie recent hebben geïmplementeerd in het bedrijf?*

Work-IT hebben we aangekocht en zijn we nu aan het implementeren. Ook daarbij wilden we data genereren en vervolgens te objectiveren. Ik wil niet aansturen op een glimlach en goede moed, maar op basis van cijfers. Daardoor kunnen we de mensen beter laten presteren.
Het personeel is nu nog geen issue en personeel is goedkoop, maar op lange termijn zijn goede mensen altijd moeilijk te vinden.

Case 5: Mavruz

Naam respondent: Çengiz Cenc

Bedrijfsnaam: Mavruz

Locatie bedrijf: Çanakkale - Turkije

Generieke informatie:

- *Teelttype (bijv. tomaten, paprika's, sla etc...):*
Tomaten
- *Aantal hectare:*
4,5 hectare, uitbreiding moet over enkele jaren voor verdubbeling zorgen.
- *Jaren tuinbouwerfaring:*
Cengiz: ca. 2-3 jaar ervaring in tuinbouw
Teeltman (vrouw) met 14 jaar teeltverfaring
Consultant van Delphy die de teeltmanagers van Mavruz helpen.
Tevens hebben we 6 engineers/ managers die nog nagenoeg geen ervaring hadden en inmiddels dus een ruim jaar teeltverfaring hebben nu.
- *Opleidingsniveau:*
WO
- *Scope van verantwoordelijkheden:*
Investeerder/ Member of the Board/ gezamenlijk beslissingsbevoegd, stuurt niet de dagelijkse teelt en operatie aan.

Interview vragen:

9. *In hoeverre maakt uw organisatie gebruik van data voor het teeltmanagement?*
Hoe helpt het uw organisatie in uw dagelijkse business?

We werken met ca. 65 verschillende sensoren in de kas. Wij verzamelen deze gegevens in onze klimaatcomputer en exporteren de gegevens vervolgens naar Excel om de data met elkaar te verenigen en te vergelijken. Onze telers gebruiken deze data om de temperatuur en de luchtvochtigheid in de kas te kunnen coördineren.

Persoonlijk probeer ik met de data uit de klimaatcomputer dat ik naar Excel geëxporteerd krijg te kijken in hoeverre er verbeteringen worden doorgevoerd. Ik heb vernomen dat het platform LetsGrow dat op een makkelijkere en snellere manier kan. Tevens heb ik begrepen dat LetsGrow foto's kan maken van het gewas, hetgeen voor ons erg interessant kan zijn. Ook kijken we naar de inzet van drones in de kas. Zij kijken naar ongedierte in het gewas die kunnen leiden tot gewas schade. We hebben ca. 150.000 planten in onze kas staan, dit maakt het voor de teeltmannen erg lastig om al deze planten te checken. Zij kunnen steekproeven nemen, maar hierdoor kun je belangrijke informatie over mogelijke ziektes en plagen missen.

Met een dergelijk systeem hoeven we niet meer te vertrouwen op de steekproeven, maar kunnen we naar bijv. een 95% nauwkeurigheid om een goede voorspelling te maken van de oogst en kunnen we ziektes en plagen eerder de kop in drukken.

10. *Hoe worden teeltstrategieën in uw bedrijf ontwikkeld? Wie ontwikkeld deze?*

In hoeverre zijn deze strategieën gebaseerd op ervaring en in hoeverre op data?

Elke dag worden deze strategieën opgesteld en aangepast, want iedere dag is weer anders, ondanks dat we de weersvoorspellingen hebben van bijv. de komende week. Maar zeker gedurende de zomerperiode wanneer de plant ca. 25 – 30 cm per week groeit moeten we continu leren en bijsturen. Wekelijks kijken we ook naar de plant hoe deze groeit en houden dit bij in een Excel document. We houden de steekproef hierbij zo groot mogelijk om de ontwikkeling van de plant te monitoren. We communiceren en discussiëren met z'n allen hierover via meetings maar ook op dagelijkse basis via WhatsApp.

Doen jullie het teeltmanagement volledig anders dan vorig jaar toen jullie net gestart waren?

Niet volledig anders, al moesten we wel met z'n allen nog leren. Dit jaar zullen we het vermoedelijk wel beter gaan doen (hogere productie en omzet) gelet op de cijfers van april en mei.

11. *Wat zijn volgens u de belangrijkste uitdagingen binnen uw bedrijf voor de komende 3 jaar en 5 - 10 jaar? Bijv. Sterke concurrentie; kosten van productiemedewerkers; schaarste van personeel met ervaring en schaarste van goed opgeleid personeel, anders...*

Welke acties heb je ondernomen om deze uitdagingen aan te gaan?

De sterke concurrentie zal er altijd zijn. We willen met Mavruz een onderscheidend merk met hoge kwaliteit tomaten opbouwen. Ik zie niet de uitdaging in het vinden van goede mensen, ook niet in het verzamelen van accurate gegevens. Want het verzamelen van gegevens is mogelijk op veel verschillende manieren. Belangrijk (uitdaging) is hierbij wel de wijze waarop data kan worden verzameld en het ontvangen van juiste en accurate data omdat je veel belangrijke beslissingen gaat nemen op basis van deze data.

We hebben in de kas een variatie aan tomaten. Ik zie het als uitdaging om in de toekomst iedere individuele plant op de meest efficiënte manier te monitoren en te benaderen.

We hebben in de kas namelijk 8 verschillende afdelingen om de temperatuur en luchtvochtigheid te regelen en 12 afdelingen om de irrigatie te regelen. Hierdoor zouden we dus eigenlijk al de planten in verschillende afdelingen op verschillende wijze kunnen managen. Een 'robot' die van de planten een foto kan maken kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren.

U wilt dus eigenlijk een individuele plantbenadering?

Ja, maar dit is met de huidige technologie niet haalbaar, zelfs niet op deze nog redelijk beperkte schaal waarop wij nu produceren. In mijn verleden toen ik manager was van een Macdonalds locatie gaf ik wel eens consultancy aan het GFK waarbij mijn stelling was dat wanneer je een topkwaliteit wilt nastreven, je minstens 10% van je productie (op dat moment inkomende ingrediënten of uitgaande hamburgers) zou moeten controleren. Dat zou betekenen dat wij in de kas nu ca. 15.000 planten zouden moeten checken. Dat is onhaalbaar. Dus iets zou dit moeten gaan doen met een hoge snelheid en tegen lage kosten. Dit is erg belangrijk voor ons.

U gaf aan dat Mavruz zich kan onderscheiden met een hoge kwaliteit tomaat? Is topkwaliteit een doel an sich?

Ja absoluut. Het afgelopen jaar hebben we onze tomaten naar Nederland geëxporteerd. Ik zie Nederland toch als toplevel als het gaat om kwaliteit en niveau van telen. Dit is voor ons een erg goed teken dat we dit kunnen bereiken.

We nemen geen genoegen met een mindere kwaliteit, 100% klanttevredenheid is daarom ook ons doel. Ik ben ervan overtuigd dat de technieken er al zijn om dit te kunnen bereiken.

Ik denk dat de wijze waarop er wordt geteeld in kassen dezelfde filosofie ten opzichte van traditioneel telen in de open lucht. Je wilt op basis van data in de kas een optimaal klimaat behalen zodat het gewas de meest efficiënte oogst kan brengen.

12. *Wat heeft u reeds gehoord over autonoom telen (of data gedreven telen)?*

Kent u kwekers die deze techniek al toepassen?

Zover ik weet is data gedreven telen gebaseerd op data gecreëerd door de klimaatcomputer en wordt dit verzameld in het programma en met elkaar 'vermenigvuldigd'.

Kunt u een inschatting geven van de arbeidskosten ten opzichte van de totale kosten?

Dit is ca. 20%.

Kosten voor verpakking en mesttoevoegingen vormen ca. 30% van de kosten.

Denk je dat de techniek zover is dat je het maken van beslissingen aan de computer over kunt laten?

Ja absoluut.

**** Toelichting over de methode van Data Driven Growing van LetsGrow.com met het 3 jaar plan****
Momenteel is er steeds meer aandacht voor autonoom telen of data gedreven telen (hierna: autonoom telen). Het doel van autonoom telen is om de 'gegevens' of 'de computer' te laten beslissen welke acties moeten worden ondernomen om te reageren op omstandigheden binnen en buiten de kas. De teler is verantwoordelijk voor het bepalen van de strategische doelen, maar door een uniek algoritme te gebruiken aangevuld met nauwkeurige gegevens van sensoren, zal de computer de volledige

controle over uw teeltproces overnemen. Hierdoor kan de teler zich concentreren op zijn arbeids- / productiebeheer of commerciële activiteiten van het bedrijf.

13. Overweegt u autonoom telen als potentiële innovatie voor uw bedrijf?

Indien ja:

▪ *Waarom?*

Ja, de toepassing van data gedreven telen kan voor ons een toevoeging zijn in onze denkwijze. Het kan een belangrijke bijdrage leveren om beter de prestaties te kunnen monitoren hetgeen uiteindelijk leidt tot betere prestaties omdat we meer data voor handen zullen hebben.

Als autonoom telen beschikbaar komt, zullen wij als een van de eersten instappen om het uit te proberen. Bewijs van andere telers uit Turkije is hiervoor niet nodig omdat condities overal verschillend zijn en vergelijken daarom lastig maakt. We willen hier juist in voorop lopen. Uiteraard moet het zich wel bewijzen wanneer wij het zouden toepassen. Het is hierbij van belang of het een eenmalige aanschaf is of dat het concept op basis van een abonnement moet worden afgesloten. Bij een eenmalige investering die hoger zal zijn dan een jaarlijks bedrag, zal de afweging om te starten meer overtuiging nodig hebben van de werking ervan. We zullen dus na een eerste periode de resultaten analyseren en op die basis bekijken of we ermee doorgaan.

Een trial zal niet werken, daarvoor zal de periode waarin het wordt toegepast te lang zijn om de resultaten te zien.

▪ *Wanneer?*

We zouden nu kunnen starten met het verkrijgen van meer data, binnen gehaald door meer sensoren en meer steekproeven. Maar voordat we met een dergelijke innovatie verder zullen gaan moeten we de organisatie verder opbouwen naar een stabiele en meer ervaren organisatie. Daar gaan nog enkele jaren overheen. Er is tevens nog altijd ruimte voor verbetering met de huidige mensen en middelen die we hebben.

▪ *Zijn er beperkende factoren? (Bijv. Ondersteunende (IT) systemen; kennis; medewerkers voor implementatie etc.)*

Een belangrijk element om met een nieuwe innovatie te starten is de aanwezigheid van de Turkse taal. De teeltmanagers in de kas spreken zeker niet allemaal (goed) Engels. Het moet dus beschikbaar zijn in het Turks. Voor specifiek een innovatie waarbij het doel is om autonoom te telen is het belangrijk dat de systemen met elkaar goed kunnen communiceren en errors worden geminimaliseerd.

Indien nee:

▪ *Waarom niet?*

De pricing is voor ons erg belangrijk, maar daarnaast letten we in het huidige stadium (opstartfase) waarin we ons als bedrijf bevinden erg op de kosten die we maken als onderneming. Er moeten zo nu en dan nog investeringen worden gedaan om het bedrijf verder op te bouwen, dat maakt het kiezen voor een dergelijk traject van data gedreven telen voor mij een kritische kosten-baten afweging.

14. Vindt u dat dergelijke innovatie wordt aangemoedigd? Bijvoorbeeld door overheidssubsidies.

Sinds COVID-19 is het bewustzijn bij de Turkse overheid en bevolking ontstaan dat we de afhankelijkheid van voedsel uit export moeten verminderen. Er zal meer lokaal geproduceerd moeten worden. Hierdoor zijn en zullen er meer ideeën ontpoppen om tuinbouwprojecten op te zetten in Turkije, hetgeen ge-support zal worden door de overheid. Door bijv. sneller vergunningen te verlenen voor nieuwe tuinbouwprojecten etc.

15. Kunt u voorbeelden geven van procesinnovaties die jullie recent hebben geïmplementeerd in het bedrijf?

- We zijn als Mavruz nog maar ca. 2 jaar bezig. Destijds hebben we gekozen om te investeren in een energiebesparend systeem door de restwarmte van de lokale fabriek te gebruiken in onze kas. We onttrekken daarmee de warmte uit het vocht en de fabriek gebruikt het restproduct (water/ vocht) in hun productieproces. Win-win dus. Dit moet op lange termijn geld besparen maar hier gaat een grote investering aan vooraf.
 - Naast de energiebesparende factor speelde de impact op het milieu en het zijn van een rolmodel voor de industrie ook een belangrijke rol om dit project aan te gaan.

- Tevens hebben we een oogscansysteem bij de entree geplaatst om te herkennen wie er werkzaam is die dag. Dit is ter controle om zeker te weten dat de persoon aanwezig is die ingepland staat om te werken.
- Als derde kan genoemd worden dat wij als eerste aanbieder in Turkije online onze tomaten verkopen (www.mavruz.com). Hierdoor hebben we meer invloed op het neerzetten van ons merk als kwalitatief hoogstaand en ontvangen we een structureel hogere prijs voor ons product. Al is de afzet via dit kanaal nu nog minimaal.

Ik geloof erg in de mogelijkheden van technologische procesinnovatie in de tuinbouw. Denk hierbij aan het kunnen scouten van ziektes en plagen met een robot of m.b.v. drones kunnen overzien hoe de planten er bijstaan en vanaf boven de ontwikkeling van de plant kunnen meten. Deze innovatie zullen we bij Mavruz in de komende tijd op de voet volgen.