

2-6-2020



ELEKTRISCHE TRACTOREN

Een beoordeling van de acceptatie van agrarische
producenten richting de elektrificatie van de tractorindustrie

BSc Bedrijfs- en Consumentenwetenschappen

Bachelor scriptie, Bedrijfseconomie (BEC)

Jort Hoestra – 991216347030



Auteursgegevens

Auteur: Jort Hoestra
Email: Jort.hoestra@wur.nl
Telefoonnummer: +31 6 48787858
Studentnummer: 991216347030

Algemene gegevens

Universiteit: Wageningen University & Research
Studie: BSc Bedrijfs- en Consumentenwetenschappen
Leerstoelgroep: Bedrijfseconomie (BEC)
Begeleider: dr. J. Sok
Examinator: prof.dr.ir. H. Hogeveen
Vakcodes: YSS-81812, BEC-50906, BEC-50904 en BEC-50903
ECTS: 25
Datum: 2-6-2020

DISCLAIMER

This report is written by a student of Wageningen University as part of the bachelor programme under the supervision of the chair Business Economics.

This is not an official publication of Wageningen University and Research, and the content herein does not represent any formal position or representation by Wageningen University and Research. This report cannot be used as a base for any claim, demand or cause of action and Wageningen University and Research is not responsible for any loss incurred based upon this report.

It is not allowed to reproduce or distribute the information from this report without the prior consent of the Business Economics group of Wageningen University (office.bec@wur.nl)

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ‘Elektrische tractoren: Een beoordeling van de acceptatie van agrarische producenten richting de elektrificatie van de tractorindustrie.’ Deze scriptie is geschreven ten behoeve van de afronding van mijn bachelor Bedrijfs- en Consumentenwetenschappen.

Gedurende de uitvoering van mijn eerste grote wetenschappelijke onderzoek heb ik een hoop geleerd in het doen van onderzoek. Door de versnelde afronding van mijn bachelor was dit een intensieve periode maar tegelijkertijd een mooie uitdaging. Met de kennis van mijn begeleider in onder andere de agrarische economie en mijn interesse in de elektrificatie van de auto-industrie zijn we samen tot een onderzoek naar elektrische tractoren gekomen. Al snel werd de actualiteit van dit onderwerp duidelijk, waaruit een mooie samenwerking met het bedrijf Boerderij is ontstaan. Met de kennis die verkregen is hoop ik bij te dragen aan de ontwikkelingen richting een CO₂ neutrale agrarische sector.

Als eerste wil ik mijn scriptiebegeleider dr. J. Sok bedanken voor de onvoorwaardelijke steun en het vertrouwen in het aangaan van dit onderzoek. Gedurende deze periode heeft mijn begeleider telkens gezorgd voor enthousiasme en een kritische blik, wat mij gemotiveerd heeft gedurende het onderzoek. Hiernaast wil ik dr. J.A. Rossi Borges, Boerderij en Sawtooth software en bedanken voor de hulp in de samenstelling en verspreiding van de vragenlijst. Als laatste heeft de steun en hulp van mijn ouders en studiegenoten in deze drukke periode ervoor gezorgd dat ik dit onderzoek succesvol af heb kunnen ronden, waar ik hen dan ook in hun bijdrage voor wil bedanken.

Jort Hoestra

Wageningen, 17 mei 2020

Inhoud

Voorwoord.....	2
1 Introductie.....	4
2 Achtergrondinformatie.....	6
2.1 Geschiedenis	6
2.2 Huidige status elektrische tractoren (Jaar 2020)	7
3 Theoretisch kader	9
3.1 Actieradius en laadtijd.....	10
3.2 Aanschafprijs en onderhoudskosten.....	11
3.3 Technische attributen	14
3.4 Frequentie van aankoop	15
3.5 Overzicht van motivatoren en barrières	16
4 Methodologie	18
4.1 Onderzoekspopulatie.....	18
4.2 Data	18
4.3 Onderzoeksopzet	19
4.4 Best-Worst scaling	19
4.5 Verklarende variabelen	21
5 Resultaten	22
5.1 Steekproefeigenschappen.....	22
5.1.1 Sociaal-demografische eigenschappen	22
5.1.2 Bedrijfseigenschappen.....	23
5.2 Relatief belang van Best-Worst Scaling attributen	24
5.3 Verklarende variabelen voor de Best-Worst Scaling	26
5.3.1 Melkveehouders en akkerbouwers	27
5.3.2 Aantal uren dagelijks gebruik.....	28
5.3.3 Adoptiegedrag	29
6 Discussie en aanbevelingen	31
6.1 Samenvatting van de onderzoeksresultaten.....	31
6.2 Interpretatie van de resultaten	31
6.3 Beperkingen	32
6.4 Aanbevelingen	33
7 Conclusie	34
Appendices	35
Appendix A. Kostenvergelijking.....	35
Appendix B. Vragenlijst.....	37
Appendix C. Resultaten.....	43
Referenties.....	44

1 Introductie

De afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en de klimaatverandering heeft tot veel onderzoek geleid. Het gebruik van fossiele brandstoffen zorgt voor een van de grootste bijdrages aan het broeikaseffect en daarmee de opwarming van de aarde (Rolim, Gonçalves, Farias, & Rodrigues, 2012). Verschillende onderzoeken laten zien dat mobiliteit en klimaatverandering alles met elkaar te maken hebben. Binnen de mobiliteitssector moet er daarom geschakeld worden richting alternatieve bronnen van energie (Covert, Greenstone, & Knittel, 2016). Binnen deze sector wordt er dan ook geëxperimenteerd met alternatieve energiebronnen; deze overschakeling naar alternatieve bronnen van energie wordt de energietransitie genoemd.

Het gebruik van fossiele brandstoffen zou verminderd kunnen worden door veranderingen in de samenstelling van brandstof of door het gebruik van alternatieve energiebronnen. Inmiddels vindt er binnen de auto-industrie een transitie plaats naar hybride en volledig elektrische voertuigen (Bakker & Farla, 2015). Sinds 2010 zijn volledig elektrische auto's al beschikbaar voor de consument (Bakker & Farla, 2015). Bij het gebruik van een elektrische auto vindt er geen CO₂-uitstoot plaats. Steeds meer innovaties zorgen ervoor dat de meestgenoemde nadelen als het bereik, de laadsnelheid en de aanschafprijs worden verholpen. Door deze innovaties en het stimulerende overheidsbeleid krijgt de verkoop van elektrische auto's een steeds groter aandeel in de totale autoverkoop (Larson, Viáfara, Parsons, & Elias, 2014).

Ondanks dat er binnen de agrarische sector maatregelen worden genomen om de uitstoot te verminderen wordt er binnen klimaatdoelstellingen weinig aandacht geschonken aan emissiearme landbouwvoertuigen zoals elektrische tractoren (Burgers, 2019). Uit onderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) blijkt dat de agrarische sector verantwoordelijk is voor ongeveer 46% van de totale stikstofuitstoot in natuurgebieden (Schreuder, 2019). De Nederlandse politiek heeft zich bezonnen op maatregelen om de uitstoot van stikstof van onder andere veehouderijen te verminderen. Met deze regelgeving wordt het agrarische bedrijven moeilijker gemaakt om vergunningen te krijgen voor uitbreidingsplannen. Tevens moeten agrarische bedrijven met een hoge emissie in de buurt van natuurgebieden worden uitgekocht (van Dijk, 2019). Zo is er een conflict ontstaan tussen de Nederlandse politiek en agrarische producenten.

De werkelijke stikstof uitstoot van landbouwvoertuigen is niet te berekenen (de Loonwerker, 2019). Gegevens van de CO₂-uitstoot zijn wel bekend, zo was de totale CO₂-uitstoot van tractoren in Nederland in 2011 3.910 miljoen kilogram. Ter vergelijking; de totale uitstoot van vrachtwagens in Nederland in hetzelfde jaar was 1.707 miljoen kilogram (Willems, Molnar-in 't Veld, & Ligterink, 2014). Uit een onderzoek van Silvis, Smekens, Verhoog en Daniëls (2015) blijkt dat met een deels elektrisch aangedreven tractor 17,5% minder diesel wordt gebruikt.

Binnen de landbouwsector wordt grotendeels gebruikgemaakt van tractoren die alleen fossiele brandstoffen gebruiken, diesel is de meestgebruikte brandstof (Beliën, Studiedienst, & Vandenbosch, 2011). Dit is te verklaren door de relatief lage dieselprijzen van dit moment. Net als in de auto-industrie is er vanuit de Europese Unie regelgeving voor de uitstoot van verbrandingsmotoren in de agrarische sector (Silvis et al., 2015). Er wordt verwacht dat er in

de toekomst strengere regelgeving zal komen, die de uitstoot van koolstofdioxide van tractoren terug moet brengen (Beliën et al., 2011).

Er zijn veel verschillende alternatieve energiebronnen beschikbaar. Voorbeelden hiervan zijn biobrandstoffen, aardgas, waterstof en elektriciteit. De omschakeling naar tractoren met een volledig elektrische aandrijflijn kan net als in de auto-industrie voorafgegaan worden door een fase waarin hybridemotoren een grotere rol zullen spelen. Hoewel de nadruk in deze scriptie zal worden gelegd op tractoren die volledig elektrisch zijn aangedreven, welke geen gebruik maken van fossiele brandstoffen, zal ook de hybridetechniek meegenomen worden.

Om de overgang naar elektrische tractoren mogelijk te maken kunnen de kosten een grote rol gaan spelen. Wanneer in de toekomst gebruik wordt gemaakt van fiscale regelgeving zoals een aanschafsubsidie voor elektrische tractoren, zal dit voor de agrarische sector een extra stimulans kunnen vormen om elektrische tractoren te adopteren. Omdat er in deze scriptie vooral gekeken wordt naar mogelijkheden voor agrarische producenten beperkt deze scriptie zich tot de private sector. Er zal in deze scriptie niet worden ingegaan op de kosten die gemaakt worden door de publieke sector om externe effecten tegen te gaan, evenals de waarde van deze beperkingen.

Via fiscale regelgeving wordt er geprobeerd om de verkoop van duurzamere tractoren te stimuleren. Met de afschaffing van de rode diesel, die voorheen werd gebruikt in tractoren, werden de brandstofuitgaven hoger. Ook wordt er in de vorm van de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (VAMIL) en de Milieu-investeringsaftrek (MIA) de mogelijkheid geboden om een fiscaal voordeel te behalen met behulp van emissiearme tractoren (Luman, 2008). Ondanks deze maatregelen zijn er tot op heden nog maar weinig hybride of elektrische tractoren beschikbaar voor de verkoop (Reindsen, 2019). Door verschillende producenten van agrarische voertuigen is er de afgelopen vijf jaar geëxperimenteerd met elektrische tractoren. Aan de hand van verschillende studiemodellen werd er ingegaan op de mogelijkheden omtrent elektrische tractoren en autonome technieken voor de toekomst.

Vanuit de probleemstelling over de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, het veranderende klimaat, de beschikbaarheid van alternatieve energiebronnen en de geringe opkomst van elektrische tractoren, komen we tot het doel van dit onderzoek. Het doel van dit onderzoek is duidelijk te krijgen welke factoren van invloed kunnen zijn om een transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken, vanuit het perspectief van de individuele agrarische producent.

Er zijn een aantal wezenlijke verschillen in attributen tussen tractoren met een verbrandingsmotor en een elektromotor. Hiernaast kunnen voorkeuren voor verschillende attributen inzicht geven in het adoptiegedrag van boeren. Dit brengt ons tot de hoofdvraag van dit onderzoek: ‘Welke factoren zijn voor agrarische producenten van belang om de transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken?’

Om de hoofdvraag te beantwoorden zal eerst een literatuuronderzoek uitgevoerd worden waarbij de volgende deelvraag centraal staat: ‘Welke economische en technische factoren zullen voor elektrische tractoren verschillen ten opzichte van de huidige tractoren met een verbrandingsmotor?’

De tweede deelvraag luidt: ‘Hoe zijn verschillen in attributen van elektrische tractoren ten opzichte van tractoren met een verbrandingsmotor van invloed op het adoptiegedrag van agrarische producenten?’ Deze vraag wordt beantwoord aan de hand van een enquête waarin een ‘stated preference method’ gebruikt wordt (Louviere, Flynn, & Marley, 2015).

Producenten van agrarische voertuigen kunnen aan de hand van resultaten die voortkomen uit dit onderzoek inspelen op wat agrarische bedrijven zelf aangeven als de meest belangrijke factoren tijdens een investeringsselectie, om zo de transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken. Tevens kan de overheid zien waar de mogelijkheden op het gebied van beleid liggen om de transitie richting elektrische tractoren te faciliteren.

Deze scriptie is vertrokken vanuit een introductie van het onderzoek en het probleem. In hoofdstuk 2 volgt achtergrondinformatie over (elektrische) tractoren. Zo wordt gekeken naar de geschiedenis van (elektrische) tractoren en technische eigenschappen. In hoofdstuk 3 wordt het theoretisch kader gepresenteerd, die inzicht geeft in factoren waarin elektrische tractoren verschillen ten opzichte van tractoren met verbrandingsmotoren. Hoofdstuk 3 zal aan de hand van het theorieonderzoek antwoord geven op de eerste deelvraag. Hoofdstuk 4 zal uitleg geven over de methodologie die gebruikt is om de enquête te vormen. Vervolgens zal de data die voortkomt uit de enquête in hoofdstuk 5 geanalyseerd en besproken worden om zo een antwoord te kunnen geven op de tweede deelvraag. Hierna zal hoofdstuk 6 een weergave vormen van de belangrijkste bevindingen uit de vragenlijst, welke vervolgens bediscussieerd worden. Tevens zullen in hoofdstuk 6 beperkingen en verdere mogelijkheden voor onderzoek besproken worden. Als laatste zal in hoofdstuk 7 een conclusie worden gegeven, waarin de hoofdvraag van dit onderzoek wordt beantwoord.

2 Achtergrondinformatie

2.1 Geschiedenis

De oorspronkelijke uitvinder van de tractor is Nicolas Joseph Cugnot, in 1770 werd deze in opdracht van het leger gebouwd (Wagenaar Hummelinck, 2018). De tractor is ontstaan als voertuig dat nodig was om voorwerpen zonder eigen aandrijving te trekken. Door een gebrek aan dieren en de toenemende mechanisatie van de landbouw werd dit voertuig meer en meer gebruikt. De tractor is in het verleden voor verschillende doeleinden gebruikt; tegenwoordig wordt het voertuig voornamelijk gebruikt in de landbouw (Brassley, 2000). Tegen het einde van de negentiende eeuw zijn tractoren als landbouwvoertuigen ontstaan, voor de aandrijving werd er toen gebruikgemaakt van een stoommachine. Stoommachines waren erg omslachtig en vaak niet efficiënt. In de tweede industriële revolutie werden de eerste verbrandingsmotoren ontwikkeld, welke als eerste werden gebruikt in de auto-industrie. Begin twintigste eeuw werd de verbrandingsmotor ook gebruikt in tractoren (Brassley, 2000).

Ontwikkelingen die plaatsvinden in bijvoorbeeld de auto- en vrachtwagenindustrie worden hierna vaak ook geïmplementeerd in landbouwvoertuigen (Luman, 2008). Voornamelijk ontwikkelingen die worden gedaan in de motorisering zijn vaak even goed bruikbaar in bijvoorbeeld tractoren. Voorbeelden van deze ontwikkelingen zijn de toevoeging van turbo's, katalysatoren en AdBlue bij dieselmotoren (Blomsma, 2017). Dit heeft ervoor gezorgd dat tractoren sinds de overschakeling naar de verbrandingsmotor steeds minder vervuilende stoffen zijn gaan uitstoten en efficiënter zijn geworden (Vreemann, 2016). De meest recente ontwikkeling is de implementatie van een aandrijving met een elektromotor.

Het afgelopen decennium heeft er een verschuiving plaatsgevonden naar auto's die gebruikmaken van een elektrische aandrijflijn. De implementatie van voertuigen met een elektrische aandrijflijn is begonnen met voertuigen die gebruik maakten van zowel een verbrandingsmotor als een elektrische motor. Inmiddels wordt er door elke grote autofabrikant een voertuig aangeboden dat gebruik maakt van een elektrische motor, in de vorm van hybride of volledig elektrische auto's (Caban, Zarajczyk, Szmigielski, & Górniak, 2018). In het jaar 2000 kwamen de eerste auto's met een hydride aandrijflijn beschikbaar voor de consument, dit waren de Honda Insight en de Toyota Prius (Heutel & Muehlegger, 2010). Een hybride aandrijflijn kan in vergelijking met een conventionele aandrijflijn een deel van de energie terugwinnen, door tijdens het afremmen met regeneratie de batterij op te laden. Soms wordt in een hybride aandrijflijn gebruikgemaakt van een verbrandingsmotor, die als generator werkt om de elektrische motor aan te drijven.

In het begin van de twintigste eeuw was een groot gedeelte van de verkochte auto's aangedreven op elektriciteit (Helmers & Marx, 2012). Uiteindelijk werd door de lage olieprijs de elektrische auto aan de kant gezet. De eerste moderne volledig elektrische auto die beschikbaar kwam voor de consument was de Tesla Roadster, welke in 2008 werd geïntroduceerd (McFadden, 2018). De accu's van een volledig elektrische aandrijflijn moeten altijd opgeladen worden met behulp van een stekker om te kunnen rijden. Ondanks dat voor het opwekken van deze elektriciteit vaak fossiele brandstoffen worden gebruikt, zorgen volledig elektrische aangedreven auto's voor minder CO₂-uitstoot per kilometer in vergelijking tot auto's met een verbrandingsmotor (Heutel & Muehlegger, 2010).

In 1950 werd voor het eerst gebruikgemaakt van de hybride techniek in tractoren. De eerste moderne tractor die gebruikmaakte van zowel een verbrandingsmotor als een elektrische motor was het studiemodel de Eltrac E135, die in 1998 werd geïntroduceerd (Caban et al., 2018). Het model maakte gebruik van zowel een diesel als een elektrische motor. Doordat grote fabrikanten van landbouwmachines nog sceptisch zijn over de overschakeling naar elektrische tractoren, zijn er tot op heden echter nog geen elektrische tractoren te koop (Caban et al., 2018). Wel zijn er de afgelopen jaren een aantal studiemodellen van grote landbouwvoertuig fabrikanten gepresenteerd. Voorbeelden hiervan zijn de John Deere µ-Hybrid 7530E Premium, de Rigitrac SKE 50, de John Deere SESAM, de John Deere GridCon en de Fendt e100 Vario. Het eerste productiemodel ter wereld op elektrische aandrijving is geproduceerd door Paul van Ham uit Wageningen. In 2017 produceerde hij de Multi Tool Trac, welke gebruikmaakt van een hybride systeem met generator (Visscher, 2017).

2.2 Huidige status elektrische tractoren (Jaar 2020)

Een overschakeling naar alternatieve bronnen van energie zal nodig zijn door het schaarser worden van fossiele brandstoffen en de opwarming van de aarde. In de mobiliteitssector is elektriciteit de meest voorkomende alternatieve bron van energie. De afgelopen jaren hebben verschillende fabrikanten op grote beurzen de mogelijkheden laten zien op het gebied van elektrische tractoren. Ondanks het tonen van deze studiemodellen lijkt de serieproductie van elektrische tractoren nog niet van start te zijn gegaan. Door de ontwikkelingen op het gebied van precisielandbouw en de automatisering van machines neemt de interesse in dergelijke landbouwmachines toe. Hiernaast kan de implementatie van precisielandbouw zorgen voor optimalisatie van de productie.

De grootse fabrikant van landbouwmachines, John Deere, kwam in 2016 met een conceptversie van een elektrische tractor. Een bestaand model werd omgebouwd tot een elektrische versie met als naam SESAM (Sustainable Energy Supply for Agricultural Machinery). Met een vermogen van 300 kW zou de elektrische tractor genoeg kracht moeten hebben in vergelijking tot een tractor met een verbrandingsmotor. Het accupakket van 130 kWh zou voor een actieradius van 55 kilometer moeten zorgen (van der Boom, 2017).

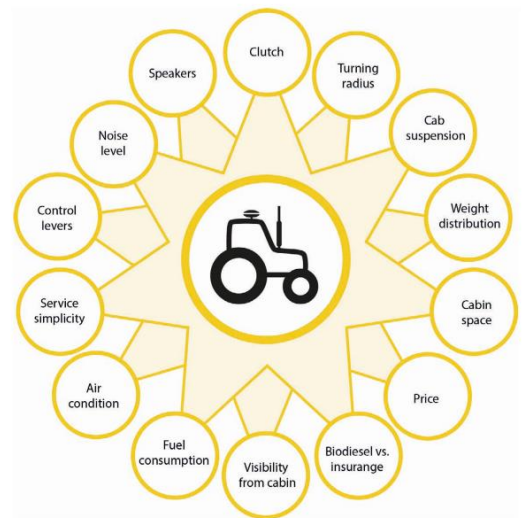
De latere conceptversie genaamd GridCON werd in samenwerking met John Deere, de universiteit Kaiserslautern en B.A.U.M. Consult GmbH gebouwd (Wilson, 2019). Het is een vergelijkbare tractor als de eerdere John Deere Sesam, maar dan zonder accu's en cabine. John Deere laat hiermee de mogelijkheden zien van onbemande tractoren. Vanwege het grote elektrische snoer aan de voorkant van de tractor is een accu niet meer nodig. Tevens maken de autonome functies van de tractor het mogelijk om geprogrammeerde routes te rijden. Deze ontwikkelingen zorgen ervoor dat de tractor een stuk lichter kan zijn.

In 2017 heeft het tractorbedrijf Fendt de e100 Vario geïntroduceerd; het bedrijf claimt hiermee de eerste volledig elektrische tractor in handen te hebben die klaar is voor productie. De tractor is gebouwd met het oog op kleinschalige werkzaamheden, vooral voor veehouders, bosbouwbedrijven en gemeenten (Allison, 2017). Om met werktuigen overweg te kunnen zijn er 2 stekkeraansluitingen aanwezig waarmee 150 kilowatt geleverd kan worden (van der Boom, 2017). Tot nu toe lijkt dit het model wat het meeste geschikt is voor het gebruik in de praktijk. Dit model is echter nog niet volledig beschikbaar voor verkoop, tot op heden wordt er alleen nog getest om te kijken wat de ervaringen van agrarische producenten zijn. Het voertuig wordt aangedreven door een 50 kW elektrische motor, in combinatie met een accupakket van 100 kWh, waarmee in de praktijk minimaal 5 uur gereden kan worden. Het bedrijf Rigitrac heeft met haar SKE50 ook een elektrische tractor geproduceerd die in dezelfde vermogens- en gewichtsklasse valt als de Fendt e100 Vario. Het accupakket is kleiner met 80 kWh, waarmee maximaal 5 uur gereden zou kunnen worden (Huiden, 2019).

Met de precieze implementatie van het gebruik van elektrische motoren in tractoren wordt nog geëxperimenteerd. Net als in de auto-industrie zou het de meest voor de hand liggende optie zijn om eerst de hybride techniek te implementeren (Mousazadeh et al., 2011). Ondanks dat er in het verleden meerdere studiemodellen zijn geweest met hybride motoren in tractoren, zijn deze nooit grootschalig beschikbaar geweest. Huidige ontwikkelingen laten zien dat de grote landbouwmachine fabrikanten vooral bezig zijn met volledig elektrische tractoren. Door technologische ontwikkelingen in de accu industrie kan een directe overgang naar volledig elektrische tractoren wellicht meer voor de hand liggen (Wilson, 2019). Ook zou de benodigde elektriciteit voor elektrische tractoren binnen de landbouw zelf opgewekt kunnen worden, bijvoorbeeld met zonne- of windenergie of een biogas installatie (van der Boom, 2018). Het zelf duurzaam kunnen opwekken van deze energie zou uiteindelijk kunnen zorgen voor een CO₂ neutrale agrarische sector.

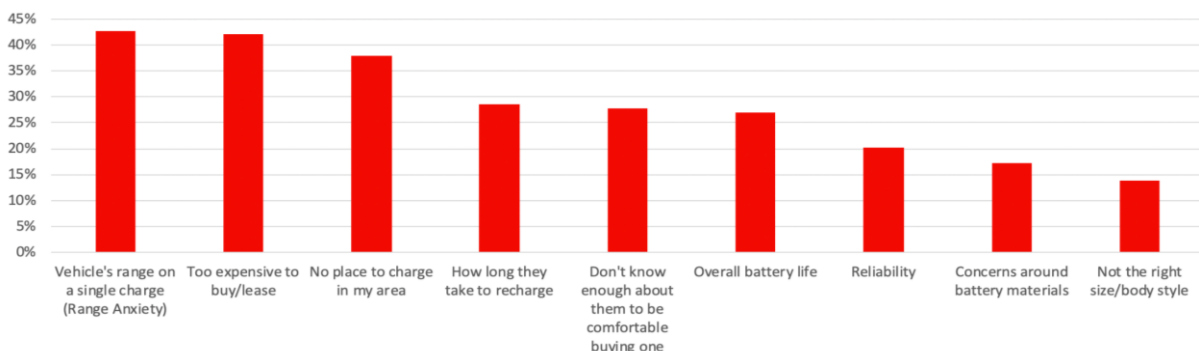
3 Theoretisch kader

Om tot een theoretisch kader te komen is er gekeken naar verschillende onderzoeken die direct of indirect betrekking hebben op het adoptiegedrag van elektrische tractoren door agrarische producenten. Het onderzoek van Grönovation (2016) geeft een weergave van het aankoopgedrag van agrarische ondernemers wanneer een nieuwe tractor wordt gekocht. Factoren die mogelijk een rol kunnen spelen in de investeringsselectie voor tractoren met een verbrandingsmotor zijn te zien in figuur 1. Het type bedrijf en daarbij horende het gebruik van een tractor zal bepalen aan welke aspecten de meeste waarde wordt gehecht. Of dezelfde aspecten ook voor elektrische tractoren van toepassing zullen zijn is nog onbekend, dit zal in dit literatuuronderzoek bekeken worden.



Figuur 1. Eigenschappen van een tractor die door de potentiële koper van de tractor overwogen kunnen worden (Grönovation, 2016)

De beperkte informatie die tot op heden beschikbaar is omtrent de elektrificatie van tractoren leidt tot weinig informatie over het gebruik in de praktijk. Om mogelijke complicaties van elektrificatie te bekijken is het onderzoek van Autolist (2019) als basis gebruikt. In dit onderzoek zijn de voornaamste redenen voor het niet kopen van een elektrische auto voor consumenten onderzocht, waarvan de resultaten zijn weergegeven in figuur 2. Vanwege de relatie tussen ontwikkelingen in de auto-industrie en agrarische industrie zou dit onderzoek mogelijk vergelijkbare complicaties voor de implementatie van elektrische tractoren kunnen geven. Gezien tractoren een ander doelende hebben dan auto's, kunnen bij de introductie van elektrische tractoren mogelijk andere technische aspecten van belang zijn (Luman, 2008).



Figuur 2. Wat is de grootste reden voor het niet kopen van een elektrische auto? (Autolist, 2019)

Om de overgang naar elektrische tractoren mogelijk te maken is er vanuit de gebruikers zelf vraag nodig. Zonder deze gebruikers wordt het immers niet mogelijk om deze innovatie een succes te laten worden (Schuitema, Anable, Skippon, & Kinnear, 2013). Net als bij de introductie van elektrische auto's kan het voorkomen dat er in het begin weinig vertrouwen is in elektrische tractoren. Het blijkt dat agrarische bedrijven zelden overstappen naar een ander merk tractor vanwege het vertrouwen in lokale dealers en de loyaliteit die hierbij is opgebouwd (Luman, 2008). Het vertrouwen in de huidige verbrandingsmotoren in tractoren kan ook de adoptie van elektrische tractoren lastig maken (Schuitema et al., 2013). Hiernaast kan het gebrek aan kennis van elektrische tractoren negatieve gevoelens opwekken.

In de auto-industrie is te zien dat ontwikkelingen met betrekking tot elektrificatie snel plaats kunnen vinden. Zo wordt er constant geprobeerd om de prijzen te verlagen en de actieradius toe te laten nemen, om zo te voldoen aan de wensen van de consument. Vanwege de dynamische omgeving is het dan ook mogelijk dat de informatie over de aspecten die in dit hoofdstuk behandeld zullen worden over een aantal jaar niet meer van toepassing zullen zijn.

3.1 Actieradius en laadtijd

Uit het onderzoek van Autolist (2019) blijkt dat de actieradius de grootste reden vormt voor het niet kopen van een elektrische auto. Gezien het opladen van elektrische voertuigen veel tijd in beslag neemt kan dit een probleem vormen. De actieradius wordt in de meeste industrieën gedefinieerd als de maximaal mogelijke afstand die gehaald kan worden op een volle accu of tank. In de agrarische sector wordt dit vaak anders benaderd. Voor tractoren is het minder van belang hoeveel kilometer er per liter brandstof gereden kan worden (Hofsté, 2015). Er wordt voornamelijk gelet op het verbruik per uur en de hoeveelheid vermogen per liter brandstof (Vreemann, 2016). Een maximale afstand die gehaald kan worden op een volle tank wordt door fabrikanten niet gegeven. Gezien verschillende tractoren gebouwd zijn voor verschillende doeleinden valt er geen onderlinge vergelijking te maken tussen het brandstofverbruik van verschillende soorten tractoren.

De studiemodellen van elektrische tractoren die tot op heden geproduceerd zijn geven niet allemaal een actieradius in kilometers weer, sommigen geven een mogelijk aantal uren dat de machine kan rijden. Elektrische tractoren zullen bijna geen energie verbruiken bij het stilstaan, in tegenstelling tot tractoren met een verbrandingsmotor (Wang, 2016). Het elektriciteitsverbruik per uur zal om deze reden niet representatief zijn. Een meetwaarde die afhangt van het werkelijk aantal gereden uren of meters zal een betere indicatie kunnen geven. In de auto-industrie worden voor elektrische auto's verschillende meetcycli gebruikt die consumenten een indruk kunnen geven van de actieradius van voertuigen. Om uiteindelijk een vergelijking tussen de actieradius van verschillende tractoren te kunnen maken zal eenzelfde meetcyclus ontwikkeld moeten worden.

Net als bij tractoren met een verbrandingsmotor kan het verbruik van elektriciteit voor verschillende elektrische tractoren afwijken van wat door fabrikanten wordt opgegeven. Dit verbruik hangt af van technische aspecten van de tractor zelf en het werk dat wordt verricht. Door uiteenlopende toepassingen van tractoren zal een praktijk actieradius altijd af kunnen wijken van wat door fabrikanten vermeld wordt. De rolweerstand is een belangrijke factor, factoren die van invloed kunnen zijn op de rolweerstand zijn bijvoorbeeld het totale gewicht van een tractor, de breedte van de band, de ondergrond, de klimaatomstandigheden en wat er wordt getrokken. Het plaatsen van een grotere accu zou ervoor zorgen dat de actieradius van een elektrische tractor toeneemt, echter zorgt het ook voor een toename van het gewicht en daarmee de rolweerstand (Reynolds & Kandlikar, 2007).

Voor voertuigen met een verbrandingsmotor gaat er veel energie verloren in de aandrijflijn. Doordat elektrische motoren direct op de wielen kunnen worden geplaatst, zal er bij de voortstuwing minder energie verloren gaan (Hofsté, 2015). Ondanks dit, zorgen elektrische motoren ook voor een verlies van energie, een voorbeeld is de opwarming van een elektrische motor. De hoeveelheid aangedreven wielen en het aantal motoren hebben hierbij een directe invloed op het totale energieverbruik (Lutsey & Sperling, 2005). Aandrijving van alle wielen is vooral op onverharde wegen handig, omdat een tractor zo meer grip heeft.

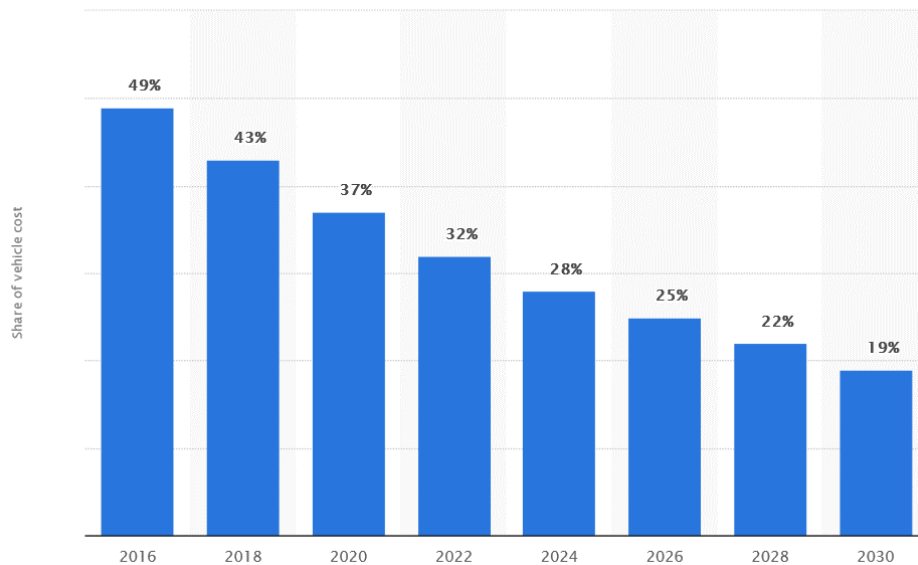
De laadtijden kunnen een mogelijk probleem vormen voor agrarische producenten die op een dag veel gebruikmaken van een tractor. Uit een onderzoek van Agri Peilingen (2018) blijkt dat 58% van de boeren een laadtijd van maximaal 2 uur acceptabel zou vinden. Het opladen van een accu zorgt voor een onderbreking van het werk, wat gezien kan worden als verspilling van tijd. De laadtijd van het studiemodel de John Deere Sesam bedraagt bijvoorbeeld zo'n 3 uur (van der Boom, 2017). Om het probleem van laadtijden te voorkomen zijn alternatieven zoals het omwisselen van accu's vaak als oplossing ter sprake gekomen (Kerns, 2016). Hiernaast laten ontwikkelingen in de auto-industrie zien dat het mogelijk wordt om accu's steeds sneller op te laden (Davis, 2019).

De afstand of het aantal uren per dag dat een tractor gebruikt wordt kan verschillen per producent en agrarische sector. Elke agrarische producent zal dus individueel het dagelijks aantal gebruiksuren van tractoren moeten bepalen. Elektrische tractoren kunnen opgeladen worden buiten de operationele uren, waardoor het werk niet onderbroken hoeft te worden. De laadtijd of de actieradius hoeft zo niet voor elk bedrijf een probleem te vormen. Wat de werkelijke actieradius van elektrische tractoren gaat zijn en of dit voldoet aan de behoeften van agrarische producenten moet nog blijken. Bij een autofabrikant als Tesla kan er door de koper zelf worden gekozen wat de grootte van het accupakket moet zijn en uit hoeveel elektrische motoren de aandrijving moet bestaan. Afhankelijk van deze keuzes zal de actieradius variëren. Hetzelfde concept zou toegepast kunnen worden voor elektrische tractoren.

3.2 Aanschafprijs en onderhoudskosten

De kosten van tractoren zijn onder te verdelen in vaste en variabele kosten (Kay, Edwards, & Duffy, 2016). Hoe de samenstelling van deze kosten voor elektrische tractoren uit zal vallen moet nog blijken. De hoogte van de aanschafprijzen voor elektrische tractoren zijn tot op heden nog niet bekend. Op basis van de gegevens die bekend zijn uit de auto-industrie is wel te zien dat de samenstelling van vaste en variabele kosten voor elektrisch aangedreven voertuigen verschilt in vergelijking tot voertuigen met een verbrandingsmotor. De aanschafprijs van elektrische auto's ligt significant hoger dan vergelijkbare modellen met een verbrandingsmotor (Hagman, Ritzén, Stier, & Susilo, 2016). De hoge aanschafprijs kan voor consumenten een grote reden zijn om uiteindelijk niet tot aanschaf over te gaan (figuur 2). Een hoge aanschafprijs zorgt zo voor een hogere mate van vaste kosten gedurende het bezit van een tractor.

De hogere aanschafprijs van elektrische auto's kan grotendeels verklaard worden door de prijzen van accu's. De kosten van een accu namen voorheen meer dan de helft van de totaalprijs van een elektrische auto in, in de toekomst zal dit significant afnemen. De grootschalige productie en ontwikkeling van accu's in de auto-industrie zorgt ervoor dat de productiekosten van accu's aan het afnemen zijn. Er wordt geschat dat in 2030 de kosten van een accu in een elektrische auto nog maar 19% van de totaalprijs zullen bedragen, de afname van de kosten voor accu's is te zien in figuur 3. Wanneer elektrische tractoren op de markt zouden komen kan er geprofiteerd worden van de dalende kosten van accu's vanuit de auto-industrie.



Figuur 3. De Kosten van de accu in percentage van de totale kosten voor elektrische voertuigen vanaf 2016 tot 2030 (Bloomberg New Energy Finance, 2017)

De variabele kosten, ook wel de operationele kosten genoemd, variëren met het gebruik van een tractor (Kay et al., 2016). Kosten voor onderhoud en brandstof vormen de grootste operationele kosten voor tractoren met een verbrandingsmotor. De onderhouds- en brandstofkosten van een elektrische tractor kunnen een stuk lager uitvallen (Hagman et al., 2016). Minder draaiende onderdelen in elektrische motoren zorgen voor minder interne slijtage. Hiernaast worden bijvoorbeeld de remmen minder belast, omdat er afgeremd kan worden op de motor met behulp van regeneratie (Logtenberg, Pawley, & Saxifrage, 2018). Daarentegen zijn er ook onderhoudskosten die voor elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor gelijk zullen zijn, voorbeelden hiervan zijn ruitenwissers en banden.

De totale kosten die voor een tractor worden gemaakt bestaan voor gemiddeld 50% uit uitgaves aan brandstof (Luman, 2008). Voorheen werd er in tractoren gebruikgemaakt van rode diesel, dit was diesel dat onder een lager accijnstarief viel. De afschaffing van rode diesel heeft ervoor gezorgd dat de prijs van brandstof voor boeren is gestegen (Hofsté, 2015). Hierdoor is het brandstofverbruik steeds belangrijker geworden voor de agrarische producenten. Sinds de afschaffing van de rode diesel zijn boeren steeds meer opzoek naar zuinigere tractoren, tractorfabrikanten proberen hierop in te spelen. In de auto-industrie wordt met het gebruik van een elektrische auto gemiddeld 80% bespaard op de uitgaves in brandstof (Logtenberg et al., 2018). Eenzelfde besparing voor boeren zou een significante invloed kunnen hebben op de operationele kosten van tractoren.

De accu van elektrische voertuigen kan ook een vorm van onderhoudskosten vormen, wanneer deze niet meer voldoende capaciteit levert en vervangen moet worden. Voor de auto-industrie wordt er voorspeld dat de accu's even lang mee zullen gaan als de auto's zelf (Logtenberg et al., 2018). Accu's nemen in capaciteit af wanneer ze vaker worden gebruikt, het gebruiksniveau zal zo bepalen wat de actieradius in de toekomst zal zijn. Wanneer een accu telkens volledig leeg wordt gereden en vervolgens tot het maximum wordt volgeladen neemt de capaciteit van een accu af. Autofabrikanten geven hierdoor vaak aanwijzingen mee die ervoor moeten zorgen dat de degradatie van de accu's beperkt wordt. Gemiddeld

genomen degradeert een accu van een elektrische auto met 2,3% per jaar (Coren, 2019). Omdat er nog geen elektrische tractoren op de markt zijn, zijn de gegevens over de mogelijke degradatie van de accu voor een elektrische tractor niet beschikbaar.

Om de aannames met betrekking tot de vaste en operationele kosten te testen, is er een kostenvergelijking gemaakt. Dit model geeft een weergave van de mogelijke kostenverschillen tussen een tractor met een verbrandingsmotor en een tractor met een elektrische motor. Gezien de werkelijke productie van elektrische tractoren nog niet van start is gegaan zijn er assumpties gemaakt op het gebied van de aankoopprijs, de levensduur, het energieverbruik, de onderhoudskosten en de restwaarde. Het model en de assumpties die hiervoor gemaakt zijn worden gepresenteerd in appendix A. In deze berekening is er geen rekening gehouden met mogelijke voorkeuren voor technische attributen, deze zullen behandeld worden in het praktijkonderzoek. De waarde die wordt gehecht aan niet-financiële attributen kan namelijk per gebruiker verschillen.

Door het prijsniveau van elektrische auto's wordt verwacht dat elektrische tractoren duurder zullen zijn dan tractoren met een verbrandingsmotor. Aan de hand van een vergelijking in aanschafprijzen is berekend hoeveel elektrische auto's gemiddeld gezien duurder zijn dan een vergelijkbare versie met een verbrandingsmotor (appendix A, tabel 7). Om een juiste vergelijking te maken is er gekozen voor auto's die zowel te verkrijgen zijn met een verbrandingsmotor als een elektrische motor. Uit een vergelijking van vier verschillende modellen blijkt dat elektrische auto's gemiddeld 40,28% duurder zijn dan de variant met een verbrandingsmotor. Om een beeld te geven van een mogelijke aanschafprijs van elektrische tractoren is hetzelfde opslagpercentage gebruikt voor de berekening in appendix A.

Tabel 1 geeft een samenvatting van de totale berekening uit appendix A. Dit overzicht laat zien dat ondanks de vaste kosten voor elektrische tractoren hoger zijn, de totale jaarlijkse kosten lager uitvallen. De operationele kosten zijn significant lager, wat grotendeels veroorzaakt wordt door de besparingen in brandstofuitgaven.

Tabel 1: Overzicht kostenvergelijking

	Tractor met verbrandingsmotor		Elektrische tractor	
Vaste kosten per jaar	€	13.692,86	€	19.208,34
Operationele kosten per jaar	€	24.408,00	€	11.370,00
Totale jaarlijkse kosten	€	38.100,86	€	30.578,34

Om de verkoop van elektrische tractoren te stimuleren kan fiscale regelgeving compensatie tegen de hogere aanschafprijs bieden. Uit een onderzoek van Sierzechula, Bakker, Maat en van Wee (2014) blijkt dat er een positieve relatie is tussen stimulerende fiscale regelgeving en de adoptie van elektrische auto's. In de milieulijst van de rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) bestaat al regelgeving waarbij volledig elektrisch aangedreven mobiele werktuigen een fiscaal voordeel kunnen behalen. Elektrisch aangedreven mobiele werktuigen mogen zo gebruikmaken van 36% Milieu-investeringsaftrek (MIA) en 75% Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil). De MIA van 36% houdt in dat boeren jaarlijks 36% van de investeringskosten in een elektrische tractor zouden mogen aftrekken van de fiscale winst. De toepassing van de MIA wetgeving is tevens gemodelleerd op basis van de berekening in appendix A, de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Fiscaal voordeel MIA

Jaarlijks aftrekbaar van fiscale winst	€ 45.450,72
Netto voordeel MIA (winst tot en met € 200.000)	€ 7.499,37
Netto voordeel MIA (winst boven € 200.000)	€ 11.362,68

In de introductiefase van de elektrische auto werd door verschillende gemeentes tevens een aanschafsubsidie verleend. Vanaf juni 2020 tot eind 2025 geeft de Nederlandse overheid aanschafsubsidies voor particulieren om de verkoop van elektrische auto's te stimuleren. Dezelfde stimuleringsmaatregelen zouden geïntroduceerd kunnen worden wanneer elektrische tractoren beschikbaar komen voor de verkoop.

Met behulp van een lease constructie voor elektrische tractoren kan de investering in vaste activa afnemen (Kay et al., 2016). De onzekerheid omtrent de hoge aanschafprijs en veroudering kan hiermee deels weggenomen worden. De lagere kosten voor onderhoud kunnen de hoge aanschafprijs in een lease contract compenseren. Hetzelfde geldt voor het mogelijke huren van batterijen, wat ook wordt toegepast in de auto-industrie. Agrarische bedrijven die een laag belastbaar inkomen hebben kunnen minder profijt hebben van de fiscale regelgeving omtrent afschrijving, waardoor een lease contract netto goedkoper uit kan vallen (Kay et al., 2016).

3.3 Technische attributen

Technische eigenschappen van tractoren kunnen voor boeren van groot belang zijn voor de uitvoering van werkzaamheden. Een aantal technische aspecten uit figuur 1 die voor elektrische tractoren anders zullen zijn zullen hier behandeld worden. Verschillen in technische aspecten kunnen namelijk ook van invloed kunnen zijn bij een investeringsselectie voor elektrische tractoren.

Uit een onderzoek van Aybek, Kamer en Arslan (2010) blijkt dat het geluidsniveau wat geproduceerd wordt door tractoren grote impact kan hebben op de gezondheid van de bestuurders. De bestuurders van de tractoren krijgen door het geluidsniveau bijvoorbeeld een hogere werkdruk en verlies aan concentratie. Het hoge geluidsniveau heeft ervoor gezorgd dat de meeste tractoren tegenwoordig voorzien zijn van een cabine. Met een cabine kan een deel van het geluid dat geproduceerd wordt door de motor tegen worden gehouden. Tevens wordt er geprobeerd om het geluidsniveau van de verbrandingsmotoren zelf te reduceren. Hiernaast hebben de trillingen die de verbrandingsmotor genereert ook een negatieve invloed op de gezondheid van de bestuurder. Zo blijkt het dat bijvoorbeeld de trillingen van verbrandingsmotoren in tractoren tot pijn in de onderrug kan leiden (Bovenzi & Betta, 1994). Elektrische tractoren zouden kunnen zorgen voor een daling van het geluidsniveau en de trillingen. Elektrische motoren maken namelijk nauwelijks geluid wanneer ze in werking zijn, alleen het geluid van de banden zou te horen zijn op hogere snelheden.

De tractor, ook wel trekker genoemd, heeft als voorname eigenschap dat het andere voorwerpen mee kan trekken. Volgens boeren is het vermogen van tractoren een van de belangrijkste aspecten voor het dagelijkse gebruik (Hofsté, 2015). Om voor verschillende doeleinden een tractor te produceren, wordt er gebruikgemaakt van verschillende vermogensklassen. Voor het trekken van voorwerpen en het verrichten van werkzaamheden op lage snelheden is vooral het koppel een belangrijke factor (Moreda, Muñoz-García, &

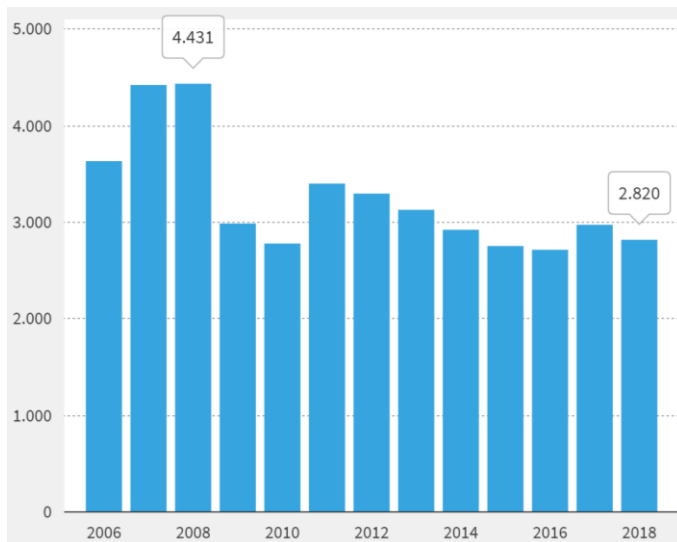
Barreiro, 2016). Een hoger koppel laat zien dat een motor meer en zwaarder werk kan leveren. Tractoren die gebruikmaken van een verbrandingsmotor leveren op een erg laag toerental veel koppel, hierdoor ontstaat veel trekkracht en grip. Juist elektrische motoren kunnen vanuit stilstand maximaal koppel leveren, waarmee ze geschikt zouden zijn voor het gebruik in de landbouw (Hofsté, 2015). Met behulp van individuele elektromotoren per wiel wordt het tevens mogelijk om de meeste grip te benutten en de gewassen beter te beschermen (Moreda et al., 2016).

Hiernaast kunnen elektrische tractoren op technisch gebied veel mogelijkheden bieden, dit is te zien bij de Multi Tool Trac. Doordat elk wiel individueel wordt aangedreven kunnen elektrische tractoren gebruikmaken van een verstelbare spoorbreedte (Hofsté, 2015). Voor het rijden op wegen kan de breedte omlaag worden gebracht, op het land kan het vergroten van de spoorbreedte zorgen voor minder verdichting van de bodem en tijdsbesparing. Ook het aantal rijpaden kan omlaag gebracht worden door de toename van de spoorbreedte. Door middel van de individuele elektromotoren kan elk wiel apart sturen, wat zorgt voor een wendbaardere machine met een kleinere draairadius. In combinatie met het GPS systeem kan de machine hierdoor zo precies mogelijk binnen de rijpaden blijven rijden met een afwijking van 2cm (Hofsté, 2015). Deze ontwikkelingen laten zien dat het bijvoorbeeld in de akkerbouw mogelijk wordt om minder schade aan te brengen aan de ondergrond, wat zorgt voor een hogere opbrengst en een betere kwaliteit van de gewassen (OEM group, 2019).

3.4 Frequentie van aankoop

Het moment waarop een nieuwe tractor gekocht wordt hangt af van vele factoren, voorbeelden hiervan zijn de technologische veroudering of hoge onderhoudskosten (Kay et al., 2016). Zowel de vaste als variabele kosten uit hoofdstuk 3.2 zullen een grote rol spelen in de vervanging van een tractor. De frequentie van aankoop hangt daarmee samen met de economische levensduur van een tractor. Wanneer het voor een agrarisch bedrijf niet meer economisch verantwoord is om een tractor te blijven gebruiken zal het verstandig zijn om een nieuwe machine aan te schaffen, dit wordt de economische levensduur genoemd.

De verkoop van tractoren in Nederland vindt voornamelijk plaats via dealers, ook komt het voor dat fabrikanten zelf een verkooporganisatie in Nederland gevestigd hebben. Nederland heeft rond de 600 dealers van landbouwvoertuigen (Fedecom, 2016). Naar verhouding is dit een erg groot aantal, wat te verklaren is doordat afnemers graag voor een dealer in de buurt kiezen. Door de schaalvergroting die plaatsvindt in de agrarische sector kunnen tractoren efficiënter worden ingezet, het aantal dealers en de verkoop van het aantal tractoren neemt hierdoor steeds verder af, dit is te zien in figuur 4. Door de toename in het vermogen, de luxe en de functionaliteiten neemt de aanschafprijs van tractoren wel toe (Luman, 2008). De gemiddelde nieuwprijs van tractoren met een verbrandingsmotor in Nederland ligt tussen de € 80.000,- en € 100.000,- (Luman, 2008)



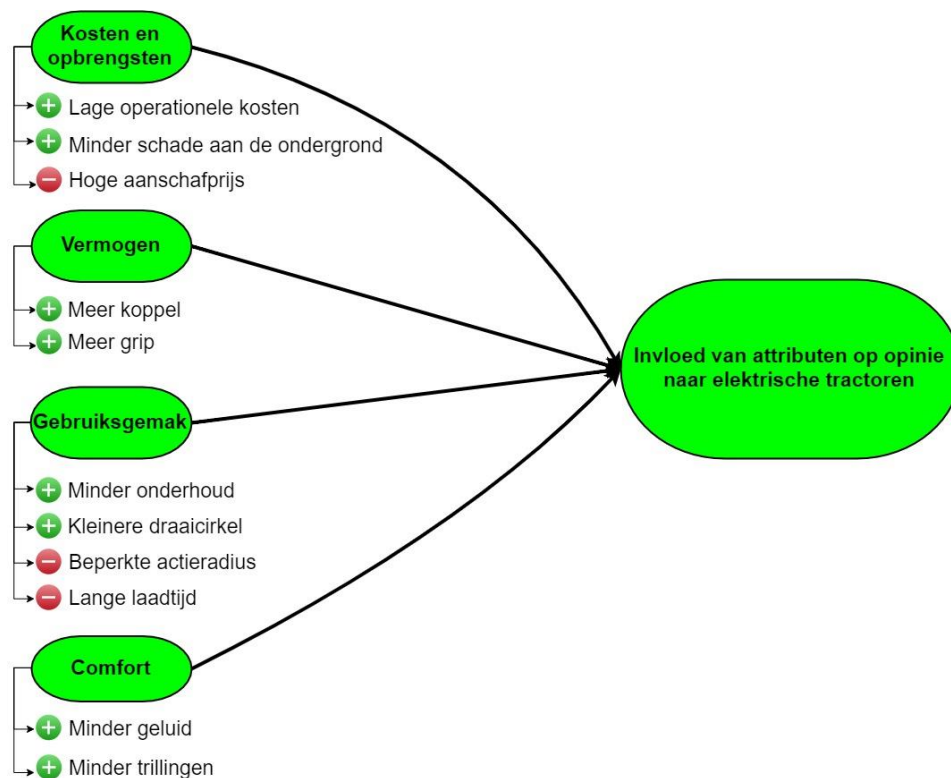
Figuur 4. Aantal tractoren afgeleverd aan eindgebruikers (landbouw- en smalspoortrekkers) (Boerderij, 2019).

De frequentie van aankoop van tractoren zal per bedrijf verschillen, de levensduur van een tractor hangt namelijk af van de bedrijfsactiviteiten die worden verricht. Het aantal uren dat de tractor wordt gebruikt, het onderhoud en het type activiteiten, kunnen allemaal een rol spelen in de bepaling van de levensduur (Luman, 2008). De vaste kosten zullen in het begin een relatief groter onderdeel vormen van de totale jaarlijkse kosten, vanwege de hoge afschrijving. Naarmate de machine verouderd neemt de gemiddelde afschrijving per jaar af (Kay et al., 2016). Precies het tegenovergestelde geldt voor de variabele kosten, omdat er in het begin nog weinig onderhoud nodig is en reparaties onder de garantie kunnen vallen. Een gebruikte oudere tractor zal vervolgens meer kosten kwijt zijn aan onderhoud door slijtage, waardoor meer onderdelen vervangen moeten worden. Gemiddeld gezien is de economische levensduur van een tractor met een verbrandingsmotor 7 tot 8 jaar (Luman, 2008).

Gezien de kosten voor onderhoud aan elektrische tractoren erg laag zullen zijn kan de economische levensduur van een elektrische tractor mogelijk verlengd worden (Hagman et al., 2016). Voor elektrische tractoren zal de economische levensduur en daarbij de frequentie van aankoop grotendeels bepaald worden door het niveau van batterijdegradatie. Naarmate batterijen vaker worden opgeladen neemt de capaciteit af. Net als bij tractoren met een verbrandingsmotor zou een mogelijke uren of kilometerstand een indruk geven van de staat van het batterijpakket. Ook zou het risico voor de degradatie van de accu afgekocht kunnen worden door accu's te huren van bijvoorbeeld de fabrikant of gebruik te maken van operationele lease.

3.5 Overzicht van motivatoren en barrières

De literatuur die beschikbaar is op het gebied van elektrische tractoren en elektrische auto's laten zien wat de mogelijke voordelen en nadelen kunnen zijn bij de overgang richting elektrische tractoren. Er is een overzicht gemaakt van de mogelijke motivatoren en barrières voor de adoptie van elektrische tractoren door agrarische producenten, welke in figuur 5 is weergegeven. Zo worden de economische en technische verschillen tussen elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor duidelijk, waarmee antwoord wordt gegeven om de eerste deelvraag. Deze informatie kan toe worden gepast in het kwantitatieve praktijk onderzoek, zodat de resultaten uit het theorieonderzoek geoperationaliseerd kunnen worden.



Figuur 5. Overzicht van motivatoren en barrières

Kosten en opbrengsten

Als eerste kunnen de initiële aanschafprijzen van elektrische tractoren hoger uitvallen vanwege de hoge prijs van accu's. Hiernaast kunnen de operationele kosten lager uitvallen door besparingen in brandstof uitgaven, ook kunnen de fiscale voordelen en de lagere onderhoudskosten een voordeel vormen. Verschillende technische innovaties die worden toegepast in studiemodellen van elektrische tractoren laten zien wat de mogelijkheden zijn voor elektrische tractoren. Door minder schade aan te brengen aan de ondergrond, kunnen de opbrengsten met een elektrische tractor mogelijk toenemen. Een toename van de opbrengsten zou agrarische bedrijven kunnen motiveren om tot aanschaf over te gaan. De lagere operationele kosten zouden ook een motivator kunnen vormen voor het kopen van een elektrische tractor, de hogere aanschafprijzen kunnen agrarische producenten doen afschrikken en vormen daarmee een barrière.

Vermogen

Elektrische motoren kunnen bij lage snelheden een hoog koppel leveren. Tevens ontstaat de mogelijkheid om meerdere motoren te plaatsen wat zorgt voor een toename van de grip. Verschillende hoeveelheden en groottes van elektromotoren maken het mogelijk om voor diverse doeleinden een tractor te creëren. Het vermogen van elektrische tractoren zou agrarische producenten zo kunnen motiveren om te investeren in een elektrische tractor.

Gebruiksgemak

Een voorbeeld van een ontwikkeling op technisch gebied is de kleinere draaicirkel, welke het besturen gemakkelijker maakt. De afstand die op een volle accu gereden kan worden kan een agrarisch producent echter wel beperken in het dagelijks gebruik. Afhankelijk van het bedrijf kan de actieradius zorgen voor een beperkende factor en vormt daarmee een barrière. Tevens kan het opladen van accu's meer tijd in beslag nemen dan de tijd die nodig zal zijn voor het tanken van diesel. De tijdsplanning van een agrarisch bedrijf kan hierdoor invloed hebben op de adoptie van elektrische tractoren. Het opladen buiten operationele uren zorgt niet voor een barrière, echter zullen de meeste het laadprobleem wel zien als een barrière. De daling in het onderhoud aan elektrische tractoren zorgt voor tijdsbesparing, wat voor agrarische bedrijven een motivator zal zijn. Technische ontwikkelingen die mogelijk zijn voor elektrische tractoren kunnen aantrekkelijk zijn en hierdoor motiveren tot aankoop.

Comfort

Het lagere niveau van trillingen en de afname van het geluid voor elektrische tractoren zorgt voor een toename van het rijcomfort. Bestuurders zullen hierdoor geconcentreerder te werk kunnen gaan, ook zal het ten goede komen aan de gezondheid van de bestuurders. Agrarische bedrijven zullen dit als een verbetering zien, waardoor het kan motiveren tot aanschaf van een elektrische tractor.

4 Methodologie

In dit hoofdstuk zullen de stappen en methoden worden doorlopen die gebruikt zijn om antwoord te geven op de tweede deelvraag; 'Hoe zijn verschillen in attributen van elektrische tractoren ten opzichte van tractoren met een verbrandingsmotor van invloed op het adoptiegedrag van agrarische producenten?' De resultaten die antwoord zullen geven op deze deelvraag zullen behandeld worden in hoofdstuk 5. De resultaten die zijn verkregen tijdens het literatuuronderzoek in hoofdstuk 3 vormen de basis voor dit praktijkonderzoek.

4.1 Onderzoekspopulatie

De populatie waar dit onderzoek betrekking op heeft zijn boeren die werkzaam zijn in de agrarische sector. Dit onderzoek heeft zich beperkt tot boeren omdat de investeringsselectie van boeren voor dit onderzoek van het grootste belang is. Agrarische bedrijven zullen van belang zijn voor het succes van de elektrische tractor, gezien andere gebruikers mogelijk op andere manieren gebruikmaken van tractoren zijn zij niet meegenomen in dit onderzoek. Zo wordt onderzocht welke factoren van belang zullen zijn om de transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken. Omdat de vragenlijst online ingevuld is hangt de steekproeftrekking af van de selectie door de respondenten zelf.

4.2 Data

Het doel van dit onderzoek is om te kijken hoe de transitie richting elektrische tractoren gefaciliteerd kan worden en te kijken of hierbij voldaan kan worden aan de eisen van de boeren. De data voor dit onderzoek is verzameld via een enquête die verspreid is door een nieuwsbericht op de website van Boerderij en Trekker. Ook zijn de lezers van deze bladen via de mail gevraagd de vragenlijst in te vullen. De afname van de vragenlijst tussen 10 maart 2020 en 21 april 2020 heeft geleid tot 246 compleet ingevulde vragenlijsten.

4.3 Onderzoeksopzet

Voor de afname van de vragenlijst is er gebruikgemaakt van de software van Sawtooth. Voor het gebruik van deze software is er na een motivatie een academische licentie toegekend voor dit onderzoek. In vergelijkbare onderzoeken met betrekking tot elektrificatie werd er gebruikgemaakt van de ‘Best–Worst Scaling’(BWS)-methode. Met de Sawtooth software werd deze methode ondersteund, ook werd het randomiseren van de volgorde van de attributen zo mogelijk.

De vragenlijst start met een onderdeel waarmee zeker wordt dat de juiste populatie deelneemt aan het onderzoek, de verschillende agrarische sectoren zijn met behulp van dit onderdeel direct gespecificeerd. De respondenten die behoren tot de onderzoekspopulatie zijn vervolgens gevraagd om toestemming te geven voor het gebruik van de resultaten. De vragenlijst bestond uit de volgende vier verschillende onderdelen; eerst werd aan de hand van enkele vragen over technische en economische aspecten van elektrische tractoren de kennis van respondenten getest. Hierna kregen de respondenten in deel twee uitleg over de BWS, zodat de keuzekaarten ingevuld konden worden. Vervolgens is een selectie van stellingen weergegeven, waarmee de opinie van de respondenten richting het overheidsbeleid duidelijk is geworden. Het laatste gedeelte bevatte vragen over karakteristieken van het agrarisch bedrijf en de respondenten zelf. De volledige vragenlijst is te vinden in appendix B.

4.4 Best-Worst scaling

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van een ‘stated preference’(SP)-methode. SP-methodes worden gebruikt voor het testen van hypothetische scenario’s. Gezien er nog geen productiemodellen van elektrische tractoren beschikbaar zijn voor de verkoop, is het van belang een hypothetische methode te gebruiken. Om dit scenario te creëren zijn de respondenten gevraagd te veronderstellen dat elektrische tractoren beschikbaar zijn voor de verkoop. Om mogelijke aankoopbeslissingen van boeren te simuleren is er gebruikgemaakt van een BWS, deze methode behoort tot een van de SP-methodes.

In een BWS wordt de respondenten gevraagd te discrimineren tussen de attributen door aan te geven welke het minst en meest belangrijk zijn (Louviere et al., 2015). Door het wegvallen van een numerieke schaal wordt voorkomen dat er sprake kan zijn van een vooringenomenheid op basis van de schaal. Doordat respondenten moeten discrimineren tussen attributen wordt de relatieve voorkeur duidelijk (Orme, 2013). Zo kan een overzicht worden verkregen van de voorkeur voor bepaalde attributen.

Elektrische tractoren zijn nog niet beschikbaar voor de verkoop, hierdoor is er nog geen informatie uit de praktijk beschikbaar. Wel kunnen verwachtingen worden geschetst op basis van elektrificatie in andere sectoren. Aan de hand van het literatuuronderzoek is een selectie van de belangrijkste technische en economische verschillen tussen elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor gemaakt. In de BWS zijn er in totaal acht attributen tegen elkaar afgezet. De afwezigheid van informatie over elektrische tractoren uit de praktijk zou ertoe kunnen leiden dat de respondenten mogelijk nog niet bekend zijn met deze innovatie. Uit dit oogpunt is voorafgaand aan het BWS-experiment een overzicht gegeven waarin alle acht attributen uitgelegd zijn. Met figuur 6 zijn de belangrijkste technische en economische verschillen duidelijk gemaakt. De weergave van dit overzicht voorafgaand aan het onderzoek heeft ervoor gezorgd dat de respondenten hun voorkeur hebben gebaseerd op basis van dezelfde informatie.

Aankoopprijs	De aankoopprijs van elektrische trekkers zal hoger zijn.
Operationele kosten	Doordat elektrische trekkers worden aangedreven met behulp van elektriciteit en er sprake is van minder (interne) slijtage, zijn de kosten van brandstof en onderhoud lager.
Vermogen	Elektrische motoren kunnen direct vanuit stilstand maximaal vermogen leveren, ook de individuele aandrijving van de wielen kan zorgen voor meer grip.
Werktijd en actieradius	Elektrische trekkers gebruiken een accu. Het aantal uren of kilometers dat gereden kan worden op een lading is hierdoor beperkt. Het opladen van de accu zal meer tijd in beslag nemen dan het tanken van diesel.
Comfort	Het merendeel van de trillingen en het geluid van een verbrandingsmotor worden bij een elektrische trekker weggenomen.
Levensduur	De levensduur van een elektrische trekker is nog onzeker, deze zal grotendeels afhangen van de accucapaciteit.
Uitstoot	Bij de aandrijving van een elektrische trekker vindt er geen uitstoot van CO ₂ plaats.
Investeringsaftrek	Fiscale regelgeving maakt het mogelijk om een gedeelte van de investering in elektrische trekkers af te trekken van de winst. Ook wordt de mogelijkheid tot een flexibelere afschrijving geboden. Dit zorgt voor belasting- en rentevoordelen.

Figuur 6. Uitleg attributen

Om te bepalen hoeveel attributen de respondenten per keuzekaart te zien kregen is er gekeken naar het onderzoek van Chrzan en Patterson (2006). Hierin wordt geadviseerd om per set vier of vijf attributen te gebruiken. Vanuit het software programma van Sawtooth en het onderzoek van Orme (2005), werd er geadviseerd elk attribuut minimaal drie keer voor elke respondent te laten verschijnen. Om het totaal aantal keuzekaarten in dit onderzoek te berekenen is er gebruikgemaakt van formule 1. Er is gekozen om de respondenten elk attribuut drie keer te laten zien, om zo het aantal keuzekaarten te beperken. De respondenten hebben elk zes verschillende keuzekaarten te zien gekregen met daarop vier attributen per keer. Door aan te geven welke van de attributen binnen de reeks het ‘meest belangrijk’ en ‘minst belangrijk’ was, is er een rangschikking verkregen van het belang van elk van de attributen. Een voorbeeld van een keuzekaart uit de enquête is gegeven in figuur 7.

$$(1) \quad \text{Aantal keuzekaarten} = \frac{3K}{k}$$

Waarin;

3 = het aantal keer dat elk attribuut verschijnt

K = het totaal aantal attributen

k = het aantal items per keuzekaart

Overweeg hoe belangrijk verschillende attributen zijn wanneer u voor de keuze zou staan om een elektrische trekker te kopen.

Alleen rekening houdend met de volgende vier attributen, wat is het Meest Belangrijke en wat is het Minst Belangrijke wanneer u een elektrische trekker zou kopen?

(6 van 6)

Meest Belangrijk	Elektrische trekker	Minst Belangrijk
☐	Comfort	☐
☐	Levensduur	☐
☐	Aankoopprijs	☐
☐	Werktijd en actieradius	☐

Figuur 7. Voorbeeld keuzekaart Best-Worst scaling

4.5 Verklarende variabelen

Voorkeuren van boeren voor bepaalde attributen, de zogenaamde preferenties, zullen variëren over de respondenten. Met behulp van de BWS is een rangschikking verkregen van deze preferenties. Heterogeniteit in de voorkeuren kan op verschillende manieren worden gemodelleerd. In dit onderzoek wordt heterogeniteit in voorkeuren verbonden aan de bedrijfseigenschappen van de respondenten. Deze informatie is nodig om een verklaring te kunnen geven over het belang van verschillende attributen. Het gebruik van de tractoren is zo bekend geworden en er kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende agrarische sectoren. Deze cross-sectionele data geeft een indicatie van de investeringsselectie, het gebruik en het mogelijke adoptiegedrag van boeren richting elektrische tractoren.

Na afloop van de BWS is als eerste een vraag gesteld waarmee het adoptiegedrag van de respondenten voor elektrische tractoren duidelijk is geworden. Ook achtergrondinformatie over de bedrijven kan van belang zijn, zo zijn de respondenten gevraagd naar de omvang en locatie van hun bedrijf. Gezien het literatuuronderzoek liet zien dat de actieradius een belangrijke factor was, is er een vraag gesteld waarin het gemiddelde gebruik per dag duidelijk is geworden. Verder is er informatie verkregen over de wijze waarop boeren tractoren aanschaffen (lease of koop en nieuw of tweedehands), hoeveel tractoren een boer gebruikt en hoe de tractorwerkzaamheden uit worden gevoerd (zelf of door loonwerkers). De volledige vragenlijst inclusief alle verklarende variabelen is te vinden in appendix B.

Op basis van verschillen tussen groepen wordt gekeken welke variabelen de voorkeur naar verschillende attributen kunnen verklaren. Gezien niet alle variabelen de voorkeur voor attributen zullen verklaren, zullen niet alle vragen uit de vragenlijst in de analyse besproken worden. De gekozen variabelen en de aanleiding voor het kiezen van deze variabelen zijn weergegeven in hoofdstuk 5.3.

5 Resultaten

5.1 Steekproefeigenschappen

De representativiteit van de steekproef kan worden onderzocht aan de hand van de sociaal-demografische eigenschappen. De variabelen die hierin zijn meegenomen zijn het geslacht, het geboortjaar, de provincie, het opleidingsniveau en het inkomen uit landbouwactiviteiten. Voor verdere informatie over de achtergrond van de agrarische producenten in de steekproef zijn in hoofdstuk 5.1.2 de bedrijfseigenschappen van de respondenten weergegeven.

5.1.1 Sociaal-demografische eigenschappen

Een weergave van de sociaal-demografische eigenschappen van de steekproef is te vinden in tabel 3. Het geslacht van de steekproef bestaat voor 98% (240) uit mannen en voor slechts 1% (2) uit vrouwen. Landelijke zijn gemiddeld een derde van de mensen die werkzaam zijn op landbouwbedrijven vrouwen, vrouwen zijn daarmee weinig aanwezig in de steekproef (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2018). Het geboortjaar van de respondenten ligt gemiddeld op 1969,90, dit komt neer op een leeftijd van 50 jaar. Uit de onderzochte groep respondenten zijn de meeste provincies in dezelfde mate aanwezig in de steekproef. De provincies Drenthe (11) en Utrecht (9) zijn beide met 4% in mindere mate aanwezig terwijl de provincies Noord-Brabant en Gelderland met 14% (35) respectievelijk 12% (29) in grotere mate aanwezig zijn in de steekproef. Met 43% (107) heeft het grootste gedeelte van de respondenten na zijn of haar middelbare school deelgenomen aan middelbaar beroepsonderwijs (MBO). Hierna volgt de groep welke hoger onderwijs heeft gevolgd, 33% (82) van de respondenten heeft hoger beroepsonderwijs (HBO) gevolgd en 7% (16) wetenschappelijk onderwijs (WO). Hiernaast komt gemiddeld 71,98% van het inkomen van de respondenten voort uit landbouwactiviteiten.

Tabel 3: Sociaal-demografische eigenschappen (N=246)

Variabele	Steekproef (N=246)
Geslacht	
Man	98% (240)
Vrouw	1% (2)
Wil ik niet zeggen	2% (4)
Geboortjaar (gemiddelde)	1969.90
Provincie	
Groningen	9% (22)
Friesland	7% (16)
Drenthe	4% (11)
Overijssel	10% (24)
Flevoland	7% (16)
Gelderland	12% (29)
Utrecht	4% (9)
Noord-Holland	8% (19)
Zuid-Holland	9% (22)
Zeeland	9% (23)
Noord-Brabant	14% (35)
Limburg	8% (20)

Opleidingsniveau

Basisonderwijs	1% (3)
VMBO (of MAVO)	7% (18)
HAVO/VWO	8% (20)
MBO	43% (107)
HBO	33% (82)
WO	7% (16)
Inkomen uit landbouwactiviteiten (gemiddelde)	71,98%

5.1.2 Bedrijfseigenschappen

Het grootste gedeelte van de respondenten zijn melkveehouders (84) of akkerbouwers (84). Samen representeren de melkveehouders en de akkerbouwers 68% van de totale steekproef, coherent zijn de resterende sectoren in mindere mate aanwezig. De agrarische producenten hebben gemiddeld gezien 72,76 hectare grond in gebruik. Gezien de bedrijfsomvang in hectare varieert per sector, is het gemiddeld aantal hectare per agrarische sector weergegeven in appendix C (tabel 10). De gemiddelde bedrijfsomvang voor de respondenten in de vollegrondsgroente is zo 177,11 hectare en voor akkerbouwers 105,25 hectare. Schapenhouders en pluimveeouders bezitten daarentegen veel minder grond met 2 respectievelijk 13,25 hectare. Met 53% (131) heeft het grootste gedeelte van de respondenten 2 tot 3 tractoren in bezit. Tevens hebben de respondenten gemiddeld genomen 26,91 jaar ervaring als boer. Als laatste wordt gemiddeld 25,64% van de tractorwerkzaamheden uitbesteedt aan loonbedrijven.

Tabel 4: Bedrijfseigenschappen (N=246)

Variabele	Steekproef (N=246)
Agrarische sector	
Melkveehouderij	34% (84)
Akkerbouw	34% (84)
Rundveehouderij	5% (12)
Kalverhouderij	1% (3)
Varkenshouderij	1% (2)
Schapenhouderij	1% (2)
Boomteelt en vaste planten	2% (5)
Paardenhouderij	2% (5)
Pluimveehouderij	2% (4)
Fruitteelt	1% (3)
Vollegrondsgroente	4% (9)
Bloembollen/Snijbloemen	3% (7)
Geitenhouderij	0% (1)
Champignonteelt	0% (0)
Een andere agrarische sector	10% (25)
Aantal tractoren op het bedrijf	
1 of minder	10% (25)
2 tm 3	53% (131)
4 tm 5	22% (55)
6 of meer	15% (36)
Gemiddelde	3.62

Aantal hectare grond	
25 of minder	28% (69)
26 tm 50	24% (59)
51 tm 75	17% (42)
76 tm 100	13% (33)
101 of meer	18% (44)
Gemiddelde	72.76
Aantal jaar ervaring als boer (gemiddelde)	26.29
Tractorwerkzaamheden uitgevoerd door loonbedrijven (gemiddelde)	25.64%

5.2 Relatief belang van Best-Worst Scaling attributen

Om de preferenties van de respondenten voor attributen te kunnen rangschikken, is er gebruikgemaakt van een BWS. In de BWS zijn de respondenten gevraagd wat de meest en minst belangrijke attributen zijn bij de aanschaf van een elektrische tractor. Alle attributen zijn drie keer in de keuzekaarten verschenen. De wetenschappelijke literatuur laat zien dat er verschillende methodes zijn om een BWS te analyseren, in dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van zogenaamde BWS-scores (Marley & Louviere, 2005; Ochieng' & Hobbs, 2016; Lee, Soutar, & Louviere, 2008).

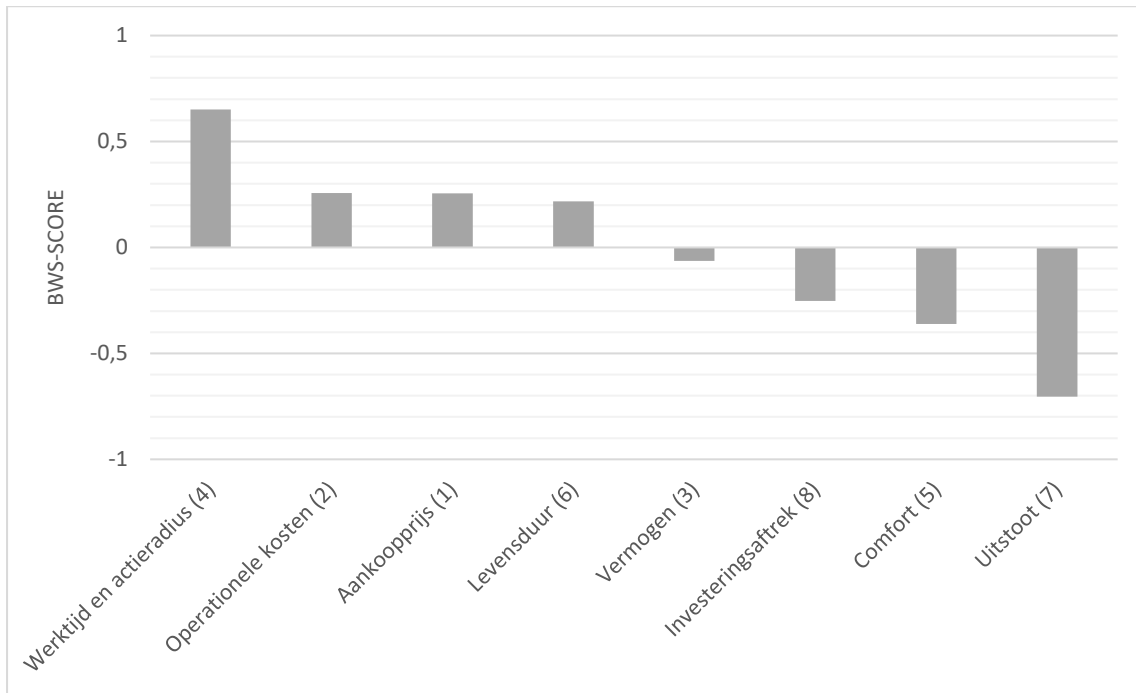
Om de attributen te rangschikken is de BWS-score van alle attributen berekend. Deze score is berekend door het aantal keren dat een attribuut als 'minst belangrijk' is gekozen af te trekken van het aantal keer dat dit attribuut als 'meest belangrijk' is gekozen. Formule 2 is gebruikt om deze BWS-score te berekenen. Vervolgens is ervoor gekozen om de BWS-scores weer te geven op een schaal van -1 tot +1. Deze schaal is verkregen door de BWS-score te delen door het aantal respondenten vermenigvuldigt met het aantal keer dat ze dit attribuut te zien hebben gekregen. Positieve waarden op de BWS-score laten zien dat het betreffende attribuut vaker is gekozen als 'meest belangrijk' dan 'minst belangrijk'. Andersom geldt voor de negatieve scores dat het betreffende attribuut vaker is gekozen als 'minst belangrijk' dan 'meest belangrijk'. De uitkomsten van de BWS zijn weergegeven in tabel 5.

$$(2) \quad \text{BWS-score} = \text{Aantal keer gekozen als meest belangrijk} - \text{aantal keer gekozen als minst belangrijk}$$

Tabel 5: Belang van attributen voor elektrische tractoren (N=246)

Attribuut (nummer)	Totaal meest belangrijk	Totaal minst belangrijk	BWS-score	BWS-score (schaal -1 tot +1)	Rang op basis BWS-score
Aankoopprijs (1)	274	85	189	0,256	2
Operationele kosten (2)	267	79	188	0,255	3
Vermogen (3)	105	152	-47	-0,064	5
Werktijd en actieradius (4)	497	16	481	0,652	1
Comfort (5)	31	297	-266	-0,360	7
Levensduur (6)	212	51	161	0,218	4
Uitstoot (7)	20	540	-520	-0,705	8
Investeringsaftrek (8)	70	256	-186	-0,252	6

Figuur 8 geeft een simpele weergave van de BWS-scores van de attributen, gerangschikt op score van hoog naar laag. De scores zijn weergegeven op basis van een schaal die loopt van -1 tot +1, welke voortkomen uit tabel 5. Zo is te zien dat het attribuut ‘werktijd en actieradius’ veruit als meest belangrijk wordt gezien. Hierna worden de ‘aankoopprijs’, ‘operationele kosten’ en ‘levensduur’ gezien als de meest belangrijke attributen. De attributen waar de minste waarde aan wordt gehecht zijn ‘vermogen’, ‘investeringsaftrek’ en ‘uitstoot’. Opvallend is het dat veruit de minste waarde wordt gehecht aan het wegvallen van uitstoot van elektrische tractoren.



Figuur 8. BWS-score van de attributen voor elektrische tractoren (N=246)

In de onderzoeken van Marley en Louviere (2005) en Lee et al. (2008) wordt tevens een methode gebruikt waarin de kans op het kiezen van een attribuut afgezet wordt tegen het meest belangrijke attribuut als referentiepunt. Zo kunnen conclusies worden getrokken over het relatieve belang van de attributen. Dit wordt gedaan door het aantal keer dat een attribuut als ‘meest belangrijk’ is gekozen te delen door het aantal keer ‘minst belangrijk’ (B/W), om vervolgens de wortel hiervan te nemen, dit is weergegeven in formule 3. Het attribuut welke uit deze berekening de hoogste waarde krijgt is de meest belangrijke en wordt in de berekening gesteld op 100%. De andere attributen worden vervolgens afgezet tegen dit attribuut, waardoor het relatieve belang ten opzichte van het meest belangrijke attribuut duidelijk wordt. Formule 4 laat zien hoe dit relatieve belang berekent is. De uitkomst van deze berekening valt te interpreteren als een percentage (bijvoorbeeld 20%) zo waarschijnlijk om gekozen te worden ten opzichte van het meest belangrijke attribuut (Louviere et al., 2015).

$$(3) \quad \text{Wortel Best/ Worst (B/W)} = \sqrt{\frac{\text{Aantal keer gekozen als meest belangrijk}}{\text{Aantal keer gekozen als minst belangrijk}}}$$

$$(4) \quad \text{Gestandaardiseerde wortel (B/W)} = \frac{\text{Wortel Best/ Worst (B/W)}}{\text{Max. wortel Best/ Worst (B/W)}} \times 100\%$$

Formule 3 en 4 zijn toegepast op de resultaten uit dit onderzoek, de uitkomsten zijn te vinden in tabel 6. ‘Werktijd en actieradius’ wordt in dit onderzoek gezien als het meest belangrijke attribuut, waardoor dit attribuut de waarde 100 toegewezen heeft gekregen. Alle andere attributen zijn afgezet tegen dit attribuut, op basis van de score die is verkregen met de wortel van B/W. De attributen kunnen met deze methode onderling vergeleken worden. Zo valt af te lezen dat het belang van het attribuut ‘levensduur’ 36,6% is en die van het attribuut ‘uitstoot’ maar 3,5%. De kans dat een boer bij het kopen van een elektrische tractor de levensduur als ‘meest belangrijk’ kiest is zo 36,6% ten opzichte van het meest gekozen attribuut ‘werktijd en actieradius’. Andersom kan ook gezegd worden dat ‘werktijd en actieradius’ ongeveer drie keer meer belangrijk is dan de ‘operationele kosten’ (33%) en tien keer meer belangrijk dan de ‘investeringsaftrek’ (9,4%). Het relatieve belang van de attributen ‘aankoopprijs’, ‘operationele kosten’ en ‘levensduur’ liggen bij deze methode wederom dicht bij elkaar in de buurt, wel is de volgorde van deze attributen veranderd.

Tabel 6: Relatief belang van attributen voor elektrische tractoren (N=246)

Attribuut (nummer)	Wortel Best/ Worst (B/W)	Gestandaardiseerde wortel (B/W)	Rang op basis van wortel (B/W)
Aankoopprijs (1)	1,795	32,2	4
Operationele kosten (2)	1,838	33,0	3
Vermogen (3)	0,831	14,9	5
Werktijd en actieradius (4)	5,573	100,0	1
Comfort (5)	0,323	5,8	7
Levensduur (6)	2,039	36,6	2
Uitstoot (7)	0,192	3,5	8
Investeringsaftrek (8)	0,523	9,4	6

5.3 Verklarende variabelen voor de Best-Worst Scaling

Door verder onderscheid te maken tussen verschillende groepen respondenten kunnen verklaringen voor verschillen in voorkeuren van attributen gevonden worden. Uit de vragenlijst is een selectie van variabelen gemaakt welke voorkeuren voor attributen kunnen verklaren. In deze paragraaf zal de invloed van de geselecteerde variabelen op de voorkeur voor de attributen uit de BWS worden geanalyseerd. Aan de hand van de onderlinge vergelijking van deze resultaten kunnen conclusies worden getrokken voor welke sectoren elektrische tractoren beter toepasbaar zijn. Tevens kan de voorkeur in combinatie met het adoptiegedrag inzicht geven in de motivatoren en barrières voor elektrische tractoren.

Als eerste wordt 68% van de steekproef gerepresenteerd door twee agrarische sectoren, het grootste gedeelte van de steekproef bestaat zo uit melkveehouders en akkerbouwers. Gezien beide sectoren andere tractorwerkzaamheden uitvoeren is er in hoofdstuk 5.3.1 gekeken wat dit voor invloed heeft op de voorkeur voor attributen uit de BWS. Dit is gedaan door de voorkeur voor attributen af te zetten tegen beide sectoren.

Hiernaast is er op basis van het literatuuronderzoek gebleken dat de actieradius van elektrische tractoren net als in de auto industrie kan zorgen voor een barrière voor de adoptie van elektrische tractoren. Uit dit belang is de respondenten gevraagd gedurende hoeveel uren per dag er gebruik wordt gemaakt van tractoren. Zo is de voorkeur voor attributen in hoofdstuk 5.3.2. geanalyseerd door groepen te creëren op basis van het gemiddelde dagelijkse

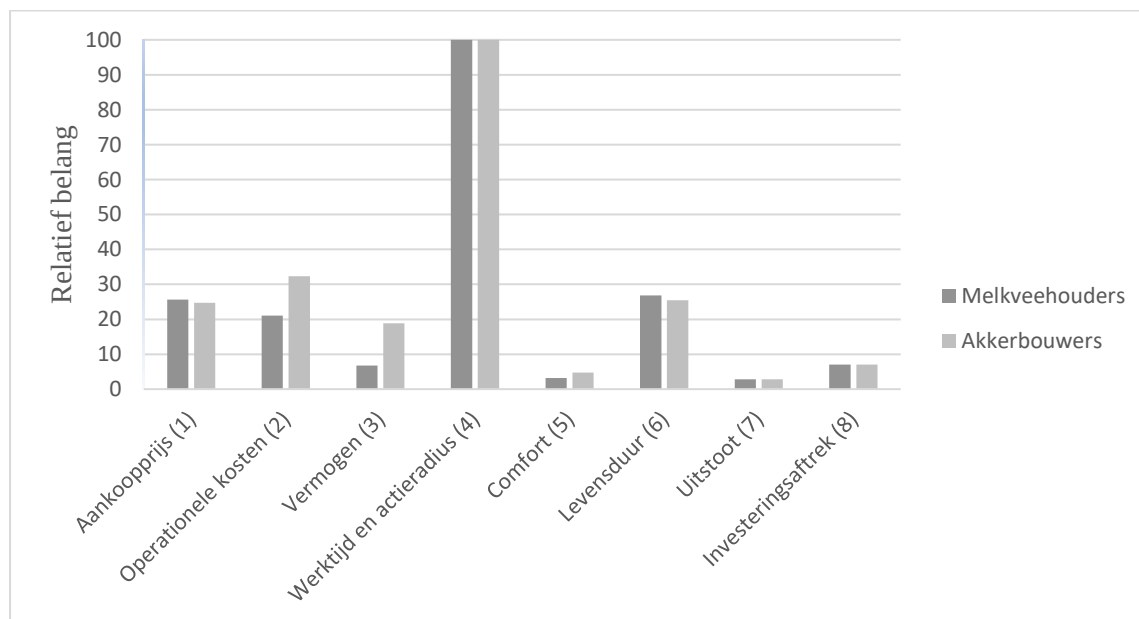
tractorgebruik in uren. Hiermee is bekeken hoe verschillen in het dagelijkse urengebruik van tractoren de voorkeur voor attributen kan verklaren.

Als laatste blijkt het dat bijna de helft van de respondenten (46%; ‘zeer onwaarschijnlijk’ en ‘onwaarschijnlijk’) niet binnen tien jaar een elektrische tractor aan zouden schaffen. Daarbij blijkt dat slechts 18% (‘waarschijnlijk’ en ‘zeer waarschijnlijk’) van de respondenten bereidt is om binnen 10 jaar een elektrische tractor aan te schaffen. Om de onderliggende redenen van het adoptiegedrag te onderzoeken, is in hoofdstuk 5.3.3 de bereidheid tot aanschaf afgezet tegen de voorkeur voor attributen. Zo is duidelijk geworden welke attributen een barrière vormen en welke kunnen motiveren om een elektrische tractor aan te schaffen.

De resultaten in hoofdstuk 5.3.2 en 5.3.3 zullen met een andere methode geanalyseerd worden in vergelijking tot hoofdstuk 5.3.1. Waar in hoofdstuk 5.3.1 wordt gekeken naar het relatieve belang ten opzichte van het meest belangrijke attribuut, is er gekozen om dit voor de hierop volgende paragrafen niet te doen. Gezien in hoofdstuk 5.3.2 het gemiddelde van het aantal uren over het hele jaar is genomen, is het berekenen van het relatieve belang van attributen niet mogelijk. Hiernaast zijn er in hoofdstuk 5.3.3 vijf verschillende groepen ontstaan, deze komen voort uit de bereidheid van de respondenten om een elektrische tractor aan te schaffen. Het analyseren met behulp van het relatieve belang zou met de vijf groepen voor gecompliceerde resultaten zorgen. Voor hoofdstuk 5.3.2 en 5.3.3 is om deze redenen de MaxDiff Analyzer van de Sawtooth software gebruikt.

5.3.1 Melkveehouders en akkerbouwers

Om een vergelijking tussen de melkveehouders en akkerbouwers te maken zijn de BWS-scores en het relatieve belang van de attributen voor beide sectoren op eenzelfde manier berekend als in hoofdstuk 5.2. De resultaten van deze berekening zijn te vinden in appendix C (tabel 11). Figuur 9 geeft een vergelijking van het relatieve belang van de attributen tussen beide agrarische sectoren. Elk van de attributen zijn hier afgezet tegen het attribuut ‘werktijd en actieradius’, wat in beide sectoren als meest belangrijk is beoordeeld op basis van de wortel van B/W.



Figuur 9. Relatief belang van de attributen uit de BWS tussen melkveehouders (N=84) en akkerbouwers (N=84)

De score op basis van de wortel van B/W is voor akkerbouwers op het meest belangrijke attribuut 'werktijd en actieradius' lager dan die van melkveehouders. Dit terwijl de BWS-score voor de akkerbouwers op dit attribuut hoger is. Het verschil tussen de rangschikking op basis van beide methodes is ontstaan doordat relatief gezien meer akkerbouwers gekozen hebben voor het attribuut 'werktijd en actieradius' als minst belangrijk. Door akkerbouwers is dit attribuut vijf keer als minst belangrijk gekozen terwijl dit door melkveehouders slechts 2 keer is gekozen. Vanwege het lage aantal keren dat dit attribuut als minst belangrijk wordt gekozen geeft de BWS-score in deze situatie een betere weergave van de werkelijke voorkeur. 'Werktijd en actieradius' is hierdoor voor akkerbouwers van groter belang dan voor melkveehouders.

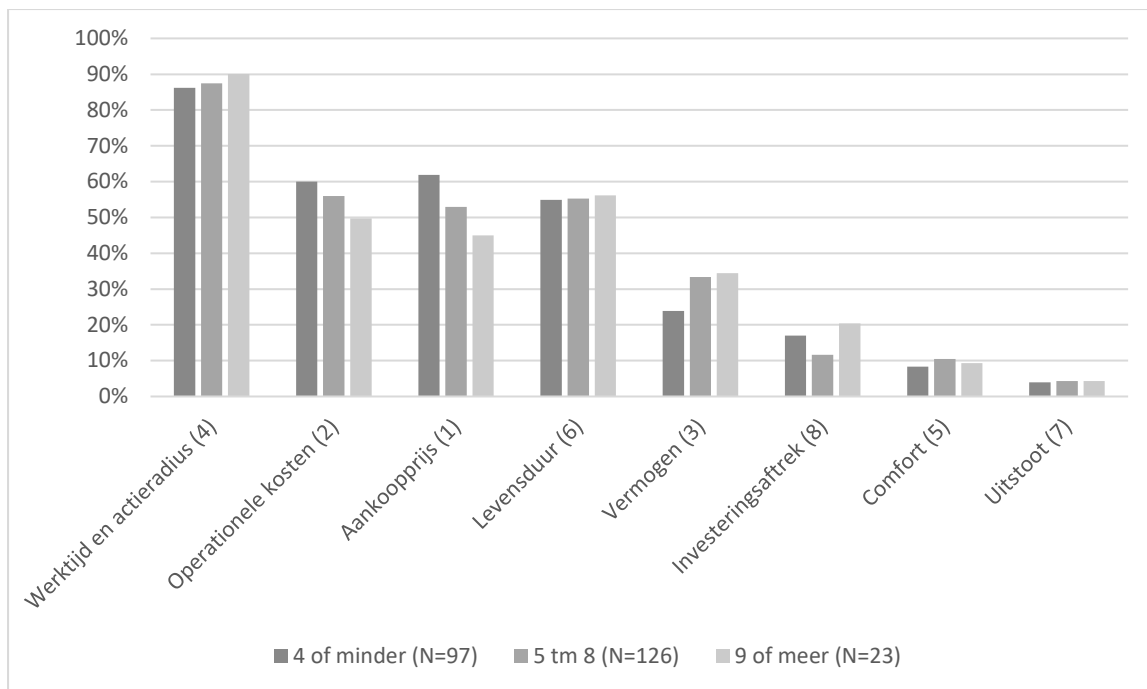
Voor het relatieve belang van de attributen 'operationele kosten' en 'vermogen' zijn de grootste verschillen tussen beide sectoren te zien. Het relatieve belang van de 'operationele kosten' voor melkveehouders is 21,003 vergeleken met 32,289 voor akkerbouwers. Voor de akkerbouwers zijn de 'operationele kosten' ongeveer anderhalf keer meer belangrijk dan voor melkveehouders. Het relatieve belang voor het attribuut 'vermogen' is 6,748 voor melkveehouders tegenover 18,898 voor akkerbouwers, waaruit geconcludeerd kan worden dat de kans dat akkerbouwers het attribuut 'vermogen' kiezen ongeveer drie keer zo groot is in vergelijking tot melkveehouders. In figuur 9 is te zien dat voor het relatieve belang van de attributen 'uitstoot' en 'investeringsaftrek' weinig verschil zit tussen beide sectoren.

5.3.2 Aantal uren dagelijks gebruik

Tractorfabrikanten hebben met hun studiemodellen laten zien dat dat een elektrische tractor op een acculading vier tot vijf uur op één acculading moet kunnen rijden. Afhankelijk van de sector kan het gebruik door verschillen in oogstseizoenen variëren. Om de invloed van het aantal uren per dag dat de tractor wordt gebruikt op de voorkeur voor attributen uit de BWS te meten zijn verschillen in het gebruik per seizoen achterwege gelaten. In plaats hiervan is het gemiddeld aantal uren gebruik per dag genomen, over het gehele jaar.

Er is gekozen om de steekproef op te delen in drie verschillende groepen, welke zijn gecreëerd op basis van het dagelijks urengebruik. Deze groepen zijn voortgekomen uit het maximaal aantal uren dat tractoren op één acculading kunnen rijden. De eerste groep maakt dagelijks gemiddeld gezien tot en met vier uur gebruik van een tractor. Op basis van de informatie van de tractorfabrikanten zou deze groep dagelijks genoeg moeten hebben aan één acculading. De tweede groep gebruikt dagelijks gemiddeld gezien vijf tot acht uur een tractor. Gedurende de dag zal deze groep bij ingebruikname van een elektrische tractor een keer moeten opladen. Als laatste is een groep gerecreëerd voor de boeren die dagelijks negen of meer uren gebruikmaken van een tractor, op basis van de huidige verwachtingen zouden zij meerdere keren per dag bij moeten laden. De resultaten van de vergelijking tussen het aantal uren per dag en voorkeuren voor attributen zijn weergegeven in figuur 10.

De groep welke gemiddeld gezien het minste aantal uren per dag een tractor gebruikt (4 of minder), heeft een grotere kans om de attributen 'operationele kosten' en 'aankoopprijs' als meest belangrijk te zien, met 60,01% respectievelijk 61,84%. Zo is er in figuur 10 te zien dat hoe meer uren gebruik wordt gemaakt van een tractor, hoe kleiner de kans is dat de attributen 'operationele kosten' en 'aankoopprijs' worden gekozen als 'meest belangrijk'. De attributen 'werktijd en actieradius', 'levensduur', 'vermogen' en 'comfort' hebben een grotere kans om gekozen te worden naarmate er meer uur per dag gebruik wordt gemaakt van een tractor.



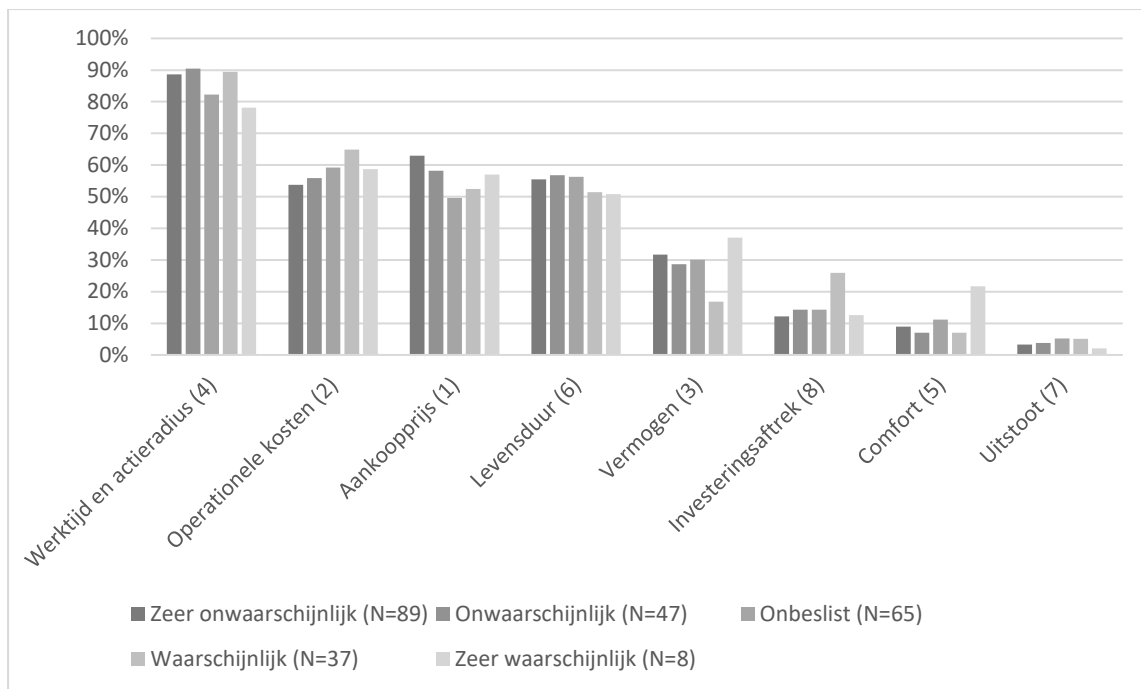
Figuur 10. Gemiddeld dagelijks gebruik in uren afgezet tegen de voorkeuren voor attributen uit de BWS (N=246)

5.3.3 Adoptiegedrag

Aan de hand van de vraag met betrekking tot de bereidheid om binnen tien jaar een elektrische tractor te kopen is inzicht verkregen in het adoptiegedrag van de respondenten. Door deze bereidheid af te zetten tegen de attributen uit de BWS is onderzocht welke attributen motiveren om een elektrische tractor te kopen en welke mogelijk een barrière kunnen vormen voor de adoptie van elektrische tractoren.

De distributie van de bereidheid om binnen tien jaar een elektrische tractor te kopen is niet volledig gelijk verdeeld. Zo blijkt dat met 46% ('zeer onwaarschijnlijk' en 'onwaarschijnlijk') een meerderheid van de respondenten niet bereid is om binnen tien jaar een elektrische tractor aan te schaffen. Hiernaast hebben slechts acht respondenten aangegeven 'zeer waarschijnlijk' binnen tien jaar een elektrische tractor te willen kopen. De kleine omvang van deze groep kan zorgen voor uitschieters wanneer de bereidheid om tot aanschaf over te gaan wordt afgezet tegen de preferentie voor attributen.

In figuur 11 zijn de uitkomsten van deze vergelijking weergegeven, waarbij de attributen gerangschikt zijn op de kans dat het attribuut gekozen wordt. Als eerste is voor de respondenten die 'zeer onwaarschijnlijk' of 'onwaarschijnlijk' over willen gaan op een elektrische tractor het attribuut 'werktijd en actieradius' van groter belang in vergelijking tot de andere respondenten. De kans dat dit attribuut voor deze groepen als meest belangrijk wordt gezien is 88,61% respectievelijk 90,43%.



Figuur 11. Bereidheid om binnen tien jaar een elektrische tractor aan te schaffen afgezet tegen de voorkeuren voor attributen uit de BWS (N=246)

Voor de ‘aankoopprijs’ laten de respondenten die ‘zeer onwaarschijnlijk’ of ‘onwaarschijnlijk’ een elektrische tractor aan zouden schaffen een groter verschil zien tegenover de resterende respondenten, met als kans 62,99% respectievelijk 58,23% om als meest belangrijk gekozen te worden. Tevens heeft het attribuut ‘levensduur’ ook een grotere kans om gekozen te worden door de respondenten die ‘zeer onwaarschijnlijk’ of ‘onwaarschijnlijk’ hebben geantwoord, met 55,50% respectievelijk 56,83%. Het attribuut ‘operationele kosten’ heeft een grotere kans om gekozen te worden door de groepen ‘waarschijnlijk’ en ‘zeer waarschijnlijk’, met 64,88% respectievelijk 58,72%. De groep ‘zeer waarschijnlijk’ geeft vervolgens een grotere voorkeur aan de attributen ‘comfort’ en ‘vermogen’ dan de andere groepen. Het attribuut ‘investeringsaftrek’ heeft een grotere kans om gekozen te worden door de groep die ‘waarschijnlijk’ over zou willen gaan tot aanschaf van een elektrische tractor.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat elektrische tractoren een lagere actieradius, hoge aanschafprijs en onzekere levensduur hebben. Hiertegenover stonden de voordelen van de lagere operationele kosten, meer vermogen, investeringsaftrek, verbeterd comfort en geen uitstoot. Voorafgaand aan de BWS zijn deze voor- en nadelen weergegeven, waarin de verschillen tussen elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor duidelijk zijn gemaakt. Uit de resultaten van de BWS blijkt dat de attributen ‘werktijd en actieradius’, ‘aankoopprijs’ en ‘levensduur’ barrières vormen om een elektrische tractor aan te schaffen. Dit komt voort uit de grotere kans dat deze attributen gekozen worden door de respondenten die ‘zeer onwaarschijnlijk’ of ‘onwaarschijnlijk’ over zullen gaan tot aanschaf van een elektrische tractor, waardoor deze attributen gezien kunnen worden als een barrière. Omgekeerd kunnen de attributen ‘operationele kosten’, ‘comfort’, ‘vermogen’ en ‘investeringsaftrek’ gezien worden als motivatoren. Dit blijkt uit het resultaat dat deze attributen een grotere kans hebben om gekozen te worden door de groep respondenten die wel binnen tien jaar over wil gaan tot de aanschaf van een elektrische tractor.

6 Discussie en aanbevelingen

6.1 Samenvatting van de onderzoeksresultaten

In dit onderzoek is er aan de hand van een literatuurstudie een vragenlijst gecreëerd met als doel te onderzoeken welke factoren voor agrarische producenten van belang zijn om de transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken. De literatuurstudie heeft hierbij de basis geboden door het identificeren van economische en technische verschillen tussen elektrische tractoren in vergelijking tot tractoren met een verbrandingsmotor. De vragenlijst heeft deze verschillen vervolgens getest onder de agrarische producenten, om zo de relatieve voorkeur voor attributen te identificeren. Met behulp van deze relatieve voorkeur is inzicht verkregen in mogelijke motivatoren en barrières voor de adoptie van elektrische tractoren.

De resultaten van het literatuuronderzoek laten zien dat voor elektrische tractoren vele technische en economische factoren anders zullen zijn in vergelijking tot tractoren met een verbrandingsmotor. Op economisch gebied is de initiële aanschafprijs voor elektrische tractoren hoger, wat grotendeels veroorzaakt wordt door de hoge kosten van de accu's. De operationele kosten zijn daarentegen weer lager door de lagere onderhoudskosten, mogelijke fiscale voordelen en een besparing in brandstofkosten door de lagere prijs van stroom. Op technisch vlak zijn er meer verschillen gevonden; zo zal de actieradius beperkt kunnen zijn, wat in combinatie met de lange laadtijd nadelig kan zijn voor agrarische bedrijven die dagelijks veel uren gebruikmaken van tractoren. Vanwege de beperkt beschikbare informatie is de levensduur van elektrische tractoren nog onduidelijk, de degradatie van de accu zal hier de grootste invloed op hebben. Daarentegen zijn er op technisch vlak ook voordelen gevonden voor elektrische tractoren. Er valt te spreken van een verbeterd comfort, geen uitstoot van CO₂ en de toename van het vermogen en grip.

Uit de vragenlijst is een rangschikking verkregen van het relatieve belang van de economische en technische aspecten die in het literatuuronderzoek geïdentificeerd zijn voor elektrische tractoren. Hieruit blijkt dat de agrarische producenten bij de aankoop van een elektrische tractor de werktijd en actieradius het meest belangrijke attribuut zouden vinden. Hierna wordt het meeste belang gehecht aan de aankoopprijs, de operationele kosten en de levensduur. Deze drie attributen zijn voor de respondenten ongeveer van hetzelfde belang. Als laatste wordt het vermogen, de investeringsaftrek, het comfort en de uitstoot als het minst belangrijk beoordeeld.

6.2 Interpretatie van de resultaten

Het resultaat dat slechts 18% van de respondenten binnen tien jaar over zou gaan tot aanschaf van een elektrische tractor laat zien dat veel van de boeren nog niet overtuigd zijn van de elektrificatie van de tractorindustrie. Het vertrouwen in de huidige techniek kan hiervoor een verklaring vormen, in het literatuuronderzoek werd zo geïdentificeerd dat boeren een grote waarde hechten aan merkloyaliteit. Gezien tractoren voor boeren essentieel zijn voor de dagelijkse werkzaamheden en daarbij hun inkomen, zullen boeren op dit vlak dan ook zo veel mogelijk risico's vermijden.

De resultaten laten zien dat de actieradius veruit als meest belangrijk wordt gezien. Dit komt overeen met de verwachtingen uit het literatuuronderzoek. In het onderzoek van Autolist (2019) werd dit namelijk ook gezien als de belangrijkste reden voor het niet kopen van een elektrische auto. Wanneer deze resultaten tegen de groepen van het dagelijkse aantal

gebruiksuren worden afgezet is er tevens een verschil te zien in het belang van de actieradius. Dit verschil is echter niet groot genoeg om de groep mensen die minder uur per dag gebruik maken van een tractor een ander attribuut boven de actieradius te laten kiezen. Wanneer duidelijk wordt wat het werkelijke aantal uren is wat met een elektrische tractor gereden kan worden, kan het probleem van de actieradius voor een gedeelte van de boeren wegvallen.

Opvallend is het dat veruit de minste waarde wordt gehecht aan het feit dat elektrische tractoren geen CO₂ uitstoten. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de uitstoot geen directe invloed heeft op de bruikbaarheid of op economische aspecten. Verder is het mogelijk dat de respondenten sceptisch zijn over de werkelijke reductie in uitstoot, bijvoorbeeld wanneer het opwekken van elektriciteit en de vernietiging van accu's in overweging wordt genomen. Om te zorgen dat boeren het belangrijker vinden om geen CO₂ uit te stoten moeten zij overtuigd zijn van de milieuvoordelen die elektrische tractoren zouden bieden.

Uit de vergelijking tussen de akkerbouwers en melkveehouders blijkt op basis van de BWS-scores dat de actieradius voor akkerbouwers belangrijker is. Dit is een samenhangende relatie, gezien de bedrijfsomvang in hectare voor akkerbouwers een stuk groter is. Bovendien gebruiken beide sectoren de tractoren voor andere doeleinden. Hiernaast blijkt dat akkerbouwers ten opzichte van de melkveehouders, op basis van het relatieve belang, meer waarde hechten aan de lagere operationele kosten en de toename in het vermogen. Het relatieve belang voor de akkerbouwers van de toename in grip kan verklaard worden doordat er met meer grip minder schade wordt aangericht aan de gewassen.

6.3 Beperkingen

Vanwege de beperkte informatie op het gebied van kosten is in het literatuuronderzoek een rekenvoorbeeld gemaakt waarin een elektrische tractor vergeleken wordt met een tractor met een verbrandingsmotor. Voor deze berekening zijn enkele assumpties gedaan, welke mogelijk kunnen verschillen van de werkelijke situatie. Hiervoor zijn onder andere gegevens gebruikt uit de elektrificatie in de auto-industrie, omdat veel van deze informatie nog niet beschikbaar is voor elektrische tractoren. Deze berekening dient dan ook alleen ter illustratie om de verschillen in de vaste en variabele kostenstructuur weer te geven tussen elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor.

Met behulp van het platform van Boerderij en Trekker zijn er 428 compleet ingevulde vragenlijsten verzameld. 182 van deze respondenten zijn na de eerste vraag niet meer meegenomen in het onderzoek, gezien zij niet behoorde tot de onderzoekspopulatie. Mogelijk maken deze respondenten wel gebruik van tractoren maar zijn zij niet werkzaam in de agrarische sector. Tevens zijn er 276 respondenten die de vragenlijst niet af hebben gerond, waardoor een gedeelte van de resultaten verloren is gegaan. Ondanks dat met de BWS op een gemakkelijke manier de relatieve voorkeur tussen verschillende attributen duidelijk wordt, heeft dit wel gezorgd voor een afname van de omvang van de steekproef. Het grootste gedeelte van de respondenten is namelijk gestopt met het invullen van de vragenlijst gedurende de BWS.

Verder is gekeken om voor de data-analyse gebruik te maken van een latent class model om groepen te creëren op basis van de BWS. Gedurende de analyse bleek dat voor het analyseren van een latent class model extra programma's nodig waren. Uiteindelijk is gekozen om de data te analyseren met behulp van de Sawtooth software en andere methodes die in de wetenschappelijke literatuur gebruikt zijn voor de BWS, buiten een latent class model om. Zo

is het gelukt om met behulp van enkele variabelen verschillen in voorkeuren voor attributen te verklaren. De methode die gebruikt is kan mogelijk toegankelijker zijn voor lezers die minder kennis hebben op statistisch gebied. Wanneer er wordt gekozen om verder onderzoek te doen met de verkregen data kan een latent class model een goede toevoeging zijn. Met behulp van een latent class model kunnen meerdere verbanden tegelijk geanalyseerd worden en zouden verschillen statistisch sterker onderbouwd kunnen worden.

6.4 Aanbevelingen

Uit de voorkeur voor attributen van de agrarische producenten blijkt dat de aankoopprijs en de operationele kosten van groot belang zijn tijdens een investeringsselectie. In dit onderzoek is een rekenvoorbeeld gegeven van een mogelijke kostenvergelijking tussen een elektrische tractor en tractoren met een verbrandingsmotor. Het belang dat de boeren hechten aan de aankoopprijs en de operationele kosten van tractoren laat zien dat een verder onderzoek met verschillende kostenscenario's mogelijk van belang kan zijn. In combinatie met dit onderzoek zou een verdere kostenvergelijking de boer kunnen helpen in zijn investeringsselectie en inzichten kunnen geven over mogelijke toekomstscenario's.

Daarnaast legt dit onderzoek alleen de focus op elektrische tractoren voor agrarische producenten. In de agrarische sector wordt er echter gebruikgemaakt van vele andere machines, mogelijk is ook voor deze machines elektrificatie mogelijk. Tevens zijn agrarische producenten niet de enige gebruikers van tractoren, zo zouden bijvoorbeeld gemeentes of loonwerkers een andere voorkeur kunnen hebben voor de attributen. De resultaten uit dit onderzoek zijn dan ook niet generaliseerbaar naar ander gebruikers dan agrarische producenten. Een verder onderzoek voor andere landbouwmachines en verschillende gebruikers van tractoren zou zo bij kunnen dragen aan de resultaten in dit onderzoek.

De resultaten uit de vragenlijst zouden gebruikt kunnen worden voor een data-analyse die zich focust op de invloed van overheidsmaatregelen. In de vragenlijst zijn enkele stellingen weergegeven welke de houding van boeren richting de overheid duidelijk heeft gemaakt. Gedurende de data-analyse is er gekozen om de resultaten van dit gedeelte van de vragenlijst niet mee te nemen. In verder onderzoek zou deze informatie wel gebruikt kunnen worden om de invloed van overheidsmaatregelen op dergelijke investeringsbeslissingen te meten.

Uit dit onderzoek blijkt dat bijna de helft van de boeren nog niet over zouden gaan tot aanschaf van een elektrische tractor. Hierbij is de huidige fiscale regelgeving voor elektrische mobiele werktuigen nog niet van groot belang tijdens van een investeringsselectie. Wanneer elektrische tractoren beschikbaar zouden komen voor de verkoop, zouden de overheden deze informatie kunnen gebruiken. Met behulp van stimuleringsmaatregelen kan het adoptiegedrag van elektrische tractoren vergroot worden. Wanneer in de introductiefase van elektrische tractoren de juiste stimulerende maatregelen zoals aanschafsubsidies genomen worden, kan dit ervoor zorgen dat bijvoorbeeld de hogere aanschafprijs een minder groot nadeel wordt.

Tot slot kunnen fabrikanten van agrarische voertuigen de voorkeur van agrarische producenten richting specifieke attributen meenemen in de ontwikkeling van elektrische tractoren. Zo blijkt uit dit onderzoek dat de actieradius de grootste barrière kan vormen voor de adoptie van elektrische tractoren. Het kan hierdoor voor de fabrikanten van belang zijn om tijdens de ontwikkeling van elektrische tractoren de focus te leggen op de accutechniek. Samen zal dit ervoor zorgen dat de kans groter wordt dat elektrische tractoren geaccepteerd worden door de agrarische producenten.

7 Conclusie

In dit onderzoek is een literatuurstudie gecombineerd met een vragenlijst om zo tot een antwoord te komen op de hoofdvraag van dit onderzoek; ‘Welke factoren zijn voor agrarische producenten van belang om de transitie richting elektrische tractoren mogelijk te maken?’ Als eerste is met behulp van de literatuurstudie duidelijk geworden wat de verschillen zijn tussen elektrische tractoren en tractoren met een verbrandingsmotor. De voordelen die elektrische tractoren met zich mee zouden brengen en daarmee zouden motiveren tot aankoop, zijn de lagere operationele kosten, de toename van het vermogen en grip, het verbeterde rijcomfort, de fiscale voordelen en het wegvallen CO₂-uitstoot. Hiertegenover zijn enkele nadelen geïdentificeerd die een barrière zouden kunnen vormen voor de adoptie van elektrische tractoren, hieronder valt de hoge aanschafprijs, de beperkte actieradius, de lange laadtijd en de onzekere levensduur. Deze nadelen van elektrische tractoren hebben allen te maken met beperkingen op het gebied van accutechniek.

Uit dit onderzoek blijkt dat de meerderheid van de agrarische producenten de komende tien jaar nog niet over zou gaan tot aanschaf van een elektrische tractor. Door het belang van de attributen te testen onder de agrarische producenten is gebleken dat de actieradius van elektrische tractoren de grootste barrière is voor de adoptie van elektrische tractoren. De beperkte actieradius in combinatie met de laadtijden zorgt, afhankelijk van het gebruik, voor een onderbreking van het werk. Hiernaast laten de resultaten zien dat na de actieradius, de aankoopprijs, de operationele kosten en de levensduur het meest belangrijk zijn voor de agrarische producenten. Als laatste wordt het minste waarde gehecht aan het vermogen, de investeringsaftrek, het comfort en de uitstoot.

Door welke boeren de elektrische tractor gebruikt zal worden is afhankelijk van de technische eigenschappen van de werkelijke productiemodellen. Wel kan geconcludeerd worden dat naarmate tractoren meer uur per dag gebruikt worden, de actieradius steeds belangrijker zal zijn. Elektrische tractoren zullen zo beter toepasbaar zijn voor boeren die minder uur per dag tractorwerkzaamheden uitvoeren. Wanneer gekeken wordt naar de toepasbaarheid van elektrische tractoren tussen akkerbouwers en melkveehouders kan geconcludeerd worden dat de akkerbouwers een groter nadeel zullen ondervinden van de lagere actieradius dan de melkveehouders. Daar staat tegenover dat de lagere operationele kosten en de toename in grip een groter voordeel zijn voor de akkerbouwers.

Al met al blijkt dat de actieradius, de aankoopprijs en de levensduur op basis van de literatuurstudie en de vragenlijst de grootste barrières kunnen vormen voor de adoptie van elektrische tractoren door agrarische producenten. Deze barrières zouden in de toekomst mogelijk minder groot kunnen worden door ontwikkelingen op het gebied van accutechniek. Hierbij vormen de operationele kosten, het comfort, het vermogen en de investeringsaftrek voordelen voor agrarische producenten, waarmee deze factoren de transitie richting elektrische tractoren zouden kunnen stimuleren. Gezien de techniek van elektrische tractoren nieuw zal zijn voor de agrarische producenten, zal het ook van belang zijn om in de introductiefase van de elektrische tractor boeren vooral kennis te laten maken. Overheidsbeleid kan hierin een belangrijke rol gaan spelen.

Appendices

Appendix A. Kostenvergelijking

Tabel 7: Prijsverschil tussen elektrische auto's en auto's met een verbrandingsmotor

Merk en model	Consumenten adviesprijs	Procentueel hogere aankoopprijs
Volkswagen e-Golf 2020	€ 34.005	30,81%
Volkswagen Golf Benzine	€ 25.995	
DS 3 Crossback E-tense	€ 43.290	39,24%
DS 3 Crossback Benzine	€ 31.090	
Hyundai KONA Electric comfort	€ 36.795	50,21%
Hyundai KONA Benzine comfort	€ 24.495	
MINI electric	€ 34.900	40,84%
MINI One Benzine	€ 24.780	
Gemiddelde		40,28%

Tabel 8: Kostenvergelijking Fendt 207 F Vario S3

Assumpties

Aankoopprijs exclusief btw	€	90.000,00
Restwaarde (25% van de aankoopprijs)	€	22.500,00
Gemiddelde waarde	€	56.250,00
Levensduur in jaren		7
Aantal draaiuren op jaarbasis		1500
Interest percentage		4%
Gemiddelde prijs per liter diesel 2019	€	1,2072
Gemiddelde jaarlijkse onderhoudskosten in percentage van de aankoopprijs		7%
Gemiddeld brandstofverbruik in liters per uur		10
Algemene kosten in percentage van de aankoopprijs		2%

Vaste kosten

Afschrijving	€	9.642,86
Interest	€	2.250,00
Algemene kosten	€	1.800,00
Totale jaarlijkse vaste kosten	€	13.692,86

Operationele kosten

Onderhoud	€	6.300,00
Brandstof	€	18.108,00
Totale jaarlijkse operationele kosten	€	24.408,00
Totale jaarlijkse kosten	€	38.100,86

Kosten per uur

Vaste kosten per uur	€	9,13
Operationele kosten per uur	€	16,27
Totale kosten per uur	€	25,40

Tabel 9: Kostenvergelijking Fendt E100 Vario

Assumpties			
Aankoopprijs exclusief btw	€	126.252,00	
Restwaarde (25% van de aankoopprijs)	€	31.563,00	
Gemiddelde waarde	€	78.907,50	
Levensduur in jaren		7	
Aantal draaiuren op jaarbasis		1500	
Interest percentage		4%	
Gemiddelde prijs per KWH stroom 2019	€	0,2173	
Gemiddeld lagere onderhoudskosten van een elektrische aangedreven voertuig		23%	
Gemiddelde jaarlijkse onderhoudskosten in percentage van de aankoopprijs		5,39%	
Gemiddeld hogere aankoopprijs elektrisch aangedreven voertuig		40,28%	
Gemiddeld energieverbruik in KWH per uur (100KWH/ 5 uur)		20	
Algemene kosten in percentage van de aankoopprijs		2%	
MIA 2020		36%	
Vennootschapsbelasting (tot en met € 200.000) 2020		16,5%	
Vennootschapsbelasting (boven € 200.000) 2020		25%	
Vaste kosten			
Afschrijving	€	13.527,00	
Interest	€	3.156,30	
Algemene kosten	€	2.525,04	+
Totale jaarlijkse vaste kosten	€	19.208,34	
Operationele kosten			
Onderhoud	€	4.851,00	
Energieverbruik	€	6.519,00	+
Totale jaarlijkse operationele kosten	€	11.370,00	
			+
Totale jaarlijkse kosten	€	30.578,34	
Kosten per uur			
Vaste kosten per uur	€	12,81	
Operationele kosten per uur	€	7,58	+
Totale kosten per uur	€	20,39	

Appendix B. Vragenlijst

Beste deelnemer,

Fijn dat u bereid bent om deze vragenlijst in te vullen. De redacties van Boerderij, Trekker en Wageningen Universiteit presenteren u een vragenlijst die ingaat op het toekomstige gebruik van elektrische trekkers. Wij verwachten dat u voor het beantwoorden van deze vragen ongeveer 15 minuten voor nodig heeft.

Wanneer u vragen heeft over de vragenlijst stuur dan gerust een e-mail naar de redactie: trekker@misset.com

Pagina 1

Deze vragenlijst is alleen van toepassing op boeren. Wanneer u niet als boer in een van de volgende sectoren werkzaam bent, beantwoordt de volgende vraag dan met 'Ik ben niet werkzaam als boer in de agrarische sector'.

In welke agrarische sector bent u hoofdzakelijk actief met uw bedrijf?

- ☐ Ik ben niet werkzaam als boer in de agrarische sector
- ☐ Melkveehouderij
- ☐ Akkerbouw
- ☐ Rundveehouderij
- ☐ Kalverhouderij
- ☐ Varkenshouderij
- ☐ Schapenhouderij
- ☐ Boomteelt en vaste planten
- ☐ Paardenhouderij
- ☐ Pluinveehouderij
- ☐ Fruitteelt
- ☐ Vollegrondsgroente
- ☐ Bloembollen/Snijbloemen
- ☐ Geitenhouderij
- ☐ Champignonteelt
- ☐ Een andere agrarische sector

Pagina 2

De resultaten die voortkomen uit dit onderzoek kunnen mogelijk gebruikt worden voor artikelen van Boerderij of Trekker. Tevens zullen de resultaten geanalyseerd worden in een afstudeeropdracht aan Wageningen universiteit door Jort Hoestra (BSc) onder begeleiding van dr. J (Jaap) Sok en dr. JA (Joao) Rossi Borges.

Wanneer u op de 'volgende' knop klikt gaat u door naar de vragenlijst en geeft u tevens toestemming dat uw antwoorden in het onderzoek verwerkt worden. Uw antwoorden zullen strikt vertrouwelijk worden behandeld.

Pagina 3

Economische en technische eigenschappen

De volgende 4 vragen gaan in op enkele economische en technische eigenschappen van elektrische trekkers. De stellingen dienen beantwoordt te worden met 'Juist' of 'Niet juist'.

Elektrische trekkers stoten geen CO₂ uit

- ☐ Juist
- ☐ Niet juist

Elektrische trekkers zijn al beschikbaar voor de verkoop

- ☐ Juist
- ☐ Niet juist

De onderhoudskosten voor elektrische motoren zijn lager dan die van verbrandingsmotoren

- ☐ Juist
- ☐ Niet juist

Elektrische trekkers worden gekenmerkt door hun grote werktijd en actieradius

- ☐ Juist
- ☐ Niet juist

Pagina 4

Verschillen tussen elektrische trekkers en trekkers met een verbrandingsmotor

We gaan nu in op factoren die bij de aankoop van een nieuwe trekker van belang zullen zijn. Er wordt in deze situatie verondersteld dat elektrische trekkers beschikbaar zijn voor de verkoop.

We geven u eerst een overzicht van de verschillen tussen elektrische trekkers en trekkers met een verbrandingsmotor. Deze informatie heeft u nodig voor de beantwoording van de volgende 6 vragen. Lees deze informatie goed door, u heeft deze nodig voor de vragen die volgen.

Aankoopprijs	De aankoopprijs van elektrische trekkers zal hoger zijn.
Operationele kosten	Doordat elektrische trekkers worden aangedreven met behulp van elektriciteit en er sprake is van minder (interne) slijtage, zijn de kosten van brandstof en onderhoud lager.
Vermogen	Elektrische motoren kunnen direct vanuit stilstand maximaal vermogen leveren, ook de individuele aandrijving van de wielen kan zorgen voor meer grip.
Werkijd en actieradius	Elektrische trekkers gebruiken een accu. Het aantal uren of kilometers dat gereden kan worden op een lading is hierdoor beperkt. Het opladen van de accu zal meer tijd in beslag nemen dan het tanken van diesel.
Comfort	Het merendeel van de trillingen en het geluid van een verbrandingsmotor worden bij een elektrische trekker weggenomen.

Levensduur	De levensduur van een elektrische trekker is nog onzeker, deze zal grotendeels afhangen van de accucapaciteit.
Uitstoot	Bij de aandrijving van een elektrische trekker vindt er geen uitstoot van CO ₂ plaats.
Investeringsaftrek	Fiscale regelgeving maakt het mogelijk om een gedeelte van de investering in elektrische trekkers af te trekken van de winst. Ook wordt de mogelijkheid tot een flexibelere afschrijving geboden. Dit zorgt voor belasting- en rentevoordelen.

Wanneer u op de 'volgende' knop klikt zullen er 6 keuzekaarten volgen waarin steeds 4 attributen worden getoond en u gevraagd wordt voorkeuren aan te geven.

Pagina 5

Overweeg hoe belangrijk verschillende attributen zijn wanneer u voor de keuze zou staan om een elektrische trekker te kopen.

Alleen rekening houdend met de volgende vier attributen, wat is het Meest Belangrijke en wat is het Minst Belangrijke wanneer u een elektrische trekker zou kopen?

(6 van 6)

Meest Belangrijk	Elektrische trekker	Minst Belangrijk
☐	Comfort	☐
☐	Levensduur	☐
☐	Aankoopprijs	☐
☐	Werktijd en actieradius	☐

Pagina 6

Hoe groot is de kans dat u binnen nu en 10 jaar over gaat tot aanschaf van een elektrische trekker?

- ☐ Zeer onwaarschijnlijk
- ☐ Onwaarschijnlijk
- ☐ Onbeslist
- ☐ Waarschijnlijk
- ☐ Zeer waarschijnlijk

Pagina 7

De Nederlandse politiek bezint zich op maatregelen om de uitstoot van stikstof terug te brengen. Ook de agrarische sector moet daaraan bijdragen. Kunt u aangeven in welke mate u het eens bent met de volgende stellingen?

	Sterk mee oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Sterk mee eens
Overheidsinstanties zijn meer geïnteresseerd in je aanhouden voor het doen van verkeerde dingen, dan je te helpen het juiste te doen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet niet echt wat de milieuwet- en regelgeving van mij verwacht en dat interesseert me ook niet.	☐	☐	☐	☐	☐
Ik hou van de uitdaging om manieren te vinden om milieuwet- en regelgeving te omzeilen.	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe meewerkend of niet-meewerkend overheidsinstanties ook zijn, het is het beste om altijd met ze samen te werken.	☐	☐	☐	☐	☐
Het naleven van milieuwet- en regelgeving is het juiste ding om te doen.	☐	☐	☐	☐	☐

Pagina 8

Achtergrondinformatie over u en uw bedrijf

Tot slot...

In welke provincie is uw bedrijfslocatie gevestigd?

- ☐ Groningen
- ☐ Friesland
- ☐ Drenthe
- ☐ Overijssel
- ☐ Flevoland
- ☐ Gelderland
- ☐ Utrecht
- ☐ Noord-Holland
- ☐ Zuid-Holland
- ☐ Zeeland
- ☐ Noord-Brabant
- ☐ Limburg

Hoeveel jaar ervaring heeft u als boer?

Hoeveel hectare grond heeft uw bedrijf in totaal in gebruik?

Geef met de onderstaande balk aan hoeveel van uw inkomen voortkomt uit landbouwactiviteiten.



Pagina 9

Geef met de onderstaande balk aan wie de trekkerwerkzaamheden op uw bedrijf verricht.



Hoeveel uur per dag wordt er gemiddeld gebruikgemaakt van een trekker gedurende de volgende maanden?

Onder het totale gebruik moet het (eventuele) werk door loonwerkers meegenomen worden.

Gemiddeld aantal uren per dag	
Januari	
Februari	
Maart	
April	
Mei	
Juni	
Juli	
Augustus	
September	

Oktober

November

December

Pagina 10

Hoeveel trekkers gebruikt u op uw bedrijf?

Wanneer u besluit een nieuwe trekker aan te schaffen, waar gaat u voorkeur naar uit?

- ☐ Een nieuwe trekker kopen
- ☐ Een nieuwe trekker leasen
- ☐ Een tweedehands trekker kopen
- ☐ Een tweedehands trekker leasen

Hoeveel jaar geleden heeft u voor het laatst een trekker aangeschaft of bent u een nieuw leasecontract aangegaan?

Pagina 11

Wat is uw geslacht?

- ☐ Man
- ☐ Vrouw
- ☐ Wil ik niet zeggen

Wat is uw geboortjaar?

Wat is uw hoogst genoten opleiding?

- ☐ Basisonderwijs
- ☐ VMBO (of MAVO)
- ☐ HAVO/VWO
- ☐ MBO
- ☐ HBO
- ☐ WO

Pagina 12

Bedankt voor uw tijd en geduld bij het invullen van deze vragenlijst. Resultaten zullen gepubliceerd worden op de website van Boerderij en Trekker.

Heeft u nog vragen of opmerkingen? Neem dan contact op met Jort Hoestra via jort.hoestra@wur.nl of met de redactie via trekker@misset.com

Deze vragenlijst is in samenwerking met Boerderij en Trekker ontworpen door; Jort Hoestra (BSc), dr. J (Jaap) Sok en dr. JA (Joao) Rossi Borges.

Business Economics (BEC), Wageningen University & Research.

Pagina 13

Appendix C. Resultaten

Tabel 10: Gemiddeld aantal hectare per agrarische sector (N=246)

Agrarische sector	Aantal hectare
Melkveehouderij	63,14
Akkerbouw	105,25
Rundveehouderij	60,17
Kalverhouderij	35
Varkenshouderij	36,5
Schapenhouderij	2
Boomteelt en vaste planten	16,2
Paardenhouderij	41
Pluimveehouderij	13,25
Fruitteelt	34,67
Vollegrondsgroente	177,11
Bloembollen/Snijbloemen	38,14
Geitenhouderij	30
Champignonenteelt	-
Een andere agrarische sector	21,96

Tabel 11: Relatieve belang van de attributen voor elektrische tractoren tussenmelkveehouders (N=84) en akkerbouwers (N=84)

Attribuut (nummer)	Melkveehouders (N=84)			
	BWS-score	BWS-score (schaal -1 tot +1)	Wortel B/W	Gestandaardiseerde wortel (B/W)
Aankoopprijs (1)	82	0,325	2,258	25,653
Operationele kosten (2)	68	0,270	1,852	21,033
Vermogen (3)	-44	-0,175	0,594	6,748
Werktijd en actieradius (4)	153	0,607	8,803	100
Comfort (5)	-104	-0,413	0,282	3,206
Levensduur (6)	64	0,254	2,360	26,812
Uitstoot (7)	-172	-0,683	0,245	2,785
Investeringsaftrek (8)	-47	-0,187	0,618	7,017

Attribuut (nummer)	Akkerbouwers (N=84)			
	BWS-score	BWS-score (schaal -1 tot +1)	Wortel B/W	Gestandaardiseerde wortel (B/W)
Aankoopprijs (1)	48	0,190	1,516	24,718
Operationele kosten (2)	73	0,290	1,980	32,289
Vermogen (3)	12	0,048	1,159	18,898
Werktijd en actieradius (4)	183	0,726	6,132	100
Comfort (5)	-87	-0,345	0,290	4,732
Levensduur (6)	33	0,131	1,560	25,447
Uitstoot (7)	-193	-0,766	0,174	2,832
Investeringsaftrek (8)	-69	-0,274	0,434	7,075

Referenties

Agri Peilingen. (2018, 7 mei). *Schone energie op en rond de boerderij; hoe kijkt de boer daar tegenaan?* Geraadpleegd op 12 januari 2020, van <http://agripeilingen.nl/2018/schone-energie-boerderij-hoe-kijkt-de-boer-daar-tegenaan/>

Allison, R. (2017, 22 december). *Analysis: Is electric technology set to kill off diesel tractors?* Geraadpleegd op 7 januari 2020, van <https://www.fwi.co.uk/arable/analysis-electric-technology-set-kill-off-diesel-tractors>

Autolist. (2019, 19 augustus). *Survey: Price, range and weak charging network are top reasons consumers avoid EVs.* Geraadpleegd op 13 januari 2020, van <https://www.autolist.com/news-and-analysis/survey-electric-vehicles>

Aybek, A., Kamer, H. A., & Arslan, S. (2010). Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. *Applied Ergonomics*, 41(2), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.07.006>

Bakker, S., & Farla, J. (2015). Electrification of the car – Will the momentum last? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 14, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2014.07.002>

Beliën, B., Studiedienst, & Vandenbosch, A. (2011, 9 september). Focus op landbouwvoertuigen in het verkeer; Knelpunten en uitdagingen voor de constructeurs. *Landbouw & Techniek*, 15. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/301899>

Blomsma, A. J. (2017). *Wees zorgvuldig met AdBlue.* Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/407230>

Bloomberg New Energy Finance. (2017). *Projected battery costs as a share of large battery electric vehicle costs from 2016 to 2030* [Figuur]. Geraadpleegd van <https://www.statista.com/statistics/797638/battery-share-of-large-electric-vehicle-cost/>

Boerderij. (2019). *Trekkerverkoop in 2018 een derde lager dan in topjaar 2008* [Figuur]. *Boerderij*. Geraadpleegd van <https://www.boerderij.nl/Mechanisatie/Achtergrond/2019/11/Trekker-op-weg-naar-1000-per-kW-492807E/>

Bovenzi, M., & Betta, A. (1994). Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Applied Ergonomics*, 25(4), 231–241.
[https://doi.org/10.1016/0003-6870\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0003-6870(94)90004-3)

Brassley, P. (2000). Output and Technical Change in Twentieth-Century British Agriculture. *The Agricultural History Review*, 48(1), 60–84.

Burgers, R. (2019, 24 juli). *Is 6 Mton CO2 reductie landbouw voldoende voor behalen klimaatdoel?* Geraadpleegd op 6 januari 2020, van
<https://www.pigbusiness.nl/artikel/210227-is-6-mton-co2-reductie-landbouw-voldoende-voor-behalen-klimaatdoel/>

Caban, J., Zarajczyk, J., Szmigielski, M., & Górniak, B. (2018). Hybrid drive as a future in agricultural technology. *Proceedings of the Institute of Vehicles*, 117(3), 19–27.
Geraadpleegd van [http://www.zeszyty.waw.pl/artykuly/zn3\(117\)2018/019_027.pdf](http://www.zeszyty.waw.pl/artykuly/zn3(117)2018/019_027.pdf)

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, 8 maart). *Vrouw stabiele factor op boerderij*. Geraadpleegd op 14 april 2020, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/10/vrouw-stabiele-factor-op-boerderij>

Chrzan, K., & Patterson, M. (2006). Testing for the Optimal Number of Attributes in MaxDiff Questions . *Sawtooth Software Research Paper Series*. Geraadpleegd van
<https://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/mdoptimalatts.pdf>

Coren, M. J. (2019, 16 december). *How to make electric car batteries last longer*. Geraadpleegd op 10 januari 2020, van <https://qz.com/1768921/how-to-make-electric-car-batteries-last-longer/>

Covert, T., Greenstone, M., & Knittel, C. R. (2016). Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? *Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 117–138.
<https://doi.org/10.1257/jep.30.1.117>

Davis, N. (2019, 30 oktober). *Electric cars could be charged in 10 minutes in future, finds research*. Geraadpleegd op 12 januari 2020, van
<https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/30/electric-cars-could-be-charged-in-10-minutes-in-future-finds-research>

de Loonwerker. (2019, 15 oktober). *Hoeveel stikstof stoten landbouwtrekkers uit?* Geraadpleegd op 6 januari 2020, van
<https://www.deloonwerker.nl/nieuwsartikel/2019/hoeveel-stikstof-stoten-landbouwtrekkers-uit-/b24g14c26o2383/>

Fedecom. (2016 september). *De Agrotechniek Branche in Nederland* [Slides]. Geraadpleegd op 18 januari 2020, van <http://www.fedecom.nl/wp-content/uploads/2016/09/LTUTage.pdf>

Fendt. (2017). *Fendt: e100 Vario* [Afbeelding]. Geraadpleegd van
<https://www.mechaman.nl/landbouwmechanisatie/2017/09/07/fendt-e100-een-volledig-elektrische-trekker/>

Grönovation. (2016). *Why did you buy that tractor?* Geraadpleegd van
http://www.gronovation.com/PDF%20Downloads/Why_did_you_buy_that_tractor_v18Marc_h2016.pdf

- Hagman, J., Ritzén, S., Stier, J. J., & Susilo, Y. (2016). Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. *Research in Transportation Business & Management*, 18, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.01.003>
- Helmers, E., & Marx, P. (2012). Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-14>
- Heutel, G., & Muehlegger, E. (2010). *Consumer Learning and Hybrid Vehicle Adoption*. Geraadpleegd van https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/mrcbg/files/mrcbg_fwp_2010-04_Muehlegger_hybridvehicle.pdf
- Hofsté, D. (2015). *Twee concepten van een elektrische tractor die in lijn zijn met het huidige model van de Multi Tool Trac*. Geraadpleegd van https://essay.utwente.nl/67027/7/dionhofste_openbaar_bachelorverslag.pdf
- Huiden, F. (2019, 8 januari). *100% elektrische trekker van Rigitrac*. Geraadpleegd op 8 januari 2020, van <https://www.boerderij.nl/Mechanisatie/Nieuws/2019/1/100-elektrische-trekker-van-Rigitrac-378842E/>
- Kay, R. D., Edwards, W. M., & Duffy, P. A. (2016). *Farm Management* (8th edition). New York, Verenigde Staten: McGraw-Hill Education (Asia).
- Kerns, J. (2016, 19 juli). *Could Battery Swapping Ease Range Anxiety for EV Owners?* Geraadpleegd op 12 januari 2020, van <https://www.machinedesign.com/markets/automotive/article/21832083/could-battery-swapping-ease-range-anxiety-for-ev-owners>
- Larson, P. D., Viáfara, J., Parsons, R. V., & Elias, A. (2014). Consumer attitudes about electric cars: Pricing analysis and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69, 299–314. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.002>
- Lee, J. A., Soutar, G., & Louviere, J. (2008). The Best–Worst Scaling Approach: An Alternative to Schwartz’s Values Survey. *Journal of Personality Assessment*, 90(4), 335–347. <https://doi.org/10.1080/00223890802107925>
- Logtenberg, R., Pawley, J., & Saxifrage, B. (2018). *Comparing Fuel and Maintenance Costs of Electric and Gas Powered Vehicles in Canada*. Geraadpleegd van https://www.2degreesinstitute.org/reports/comparing_fuel_and_maintenance_costs_of_electric_and_gas_powered_vehicles_in_canada.pdf
- Louviere, J. J., Flynn, T. N., & Marley, A. A. J. (2015). *Best-Worst Scaling: Theory, Methods and Applications*. Cambridge, Verenigd Koninkrijk: Cambridge University Press.
- Luman, R. (2008). *Landbouwmachines*. Geraadpleegd van <http://www.fedecom.nl/wp-content/uploads/2016/09/Rapport-landbouwmachines-2008.pdf>
- Lutsey, N., & Sperling, D. (2005). Energy Efficiency, Fuel Economy, and Policy Implications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1941(1), 8–17. <https://doi.org/10.1177/0361198105194100102>

- Marley, A. A. J., & Louviere, J. J. (2005). Some probabilistic models of best, worst, and best–worst choices. *Journal of Mathematical Psychology*, 49(6), 464–480. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2005.05.003>
- McFadden, C. (2018, 4 september). A Brief History and Evolution of Electric Cars. Geraadpleegd op 6 januari 2020, van <https://interestingengineering.com/a-brief-history-and-evolution-of-electric-cars>
- Moreda, G. P., Muñoz-García, M. A., & Barreiro, P. (2016). High voltage electrification of tractor and agricultural machinery – A review. *Energy Conversion and Management*, 115, 117–131. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.018>
- Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K., & Sharifi, A. (2011). Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. *Energy Conversion and Management*, 52(3), 1700–1710. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.033>
- Ochieng', B. J., & Hobbs, J. E. (2016). Incentives for cattle producers to adopt an E. Coli vaccine: An application of best–worst scaling. *Food Policy*, 59, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.12.004>
- OEM group. (2019, 14 juni). *Multi Tool Trac: innovatie voor nog betere onbereden bedden teelt*. Geraadpleegd op 20 januari 2020, van <https://oem-group.com/blog/multi-tool-trac-innovatie/>
- Orme, B. (2005). Accuracy of HB Estimation in MaxDiff Experiments. *Sawtooth Software Research Paper Series*. Geraadpleegd van <http://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/maxdacc.pdf>
- Orme, B. (2013). MaxDiff system technical paper. *Sawtooth Software Research Paper Series*. Geraadpleegd van <https://www.sawtoothsoftware.com/download/techpap/maxdifftech.pdf>
- Reindsen, H. (2019, 28 maart). *Trekker zonder diesel snel te koop*. Geraadpleegd op 7 januari 2020, van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/03/28/trekker-zonder-diesel-snel-te-koop>
- Reynolds, C., & Kandlikar, M. (2007). How hybrid-electric vehicles are different from conventional vehicles: the effect of weight and power on fuel consumption. *Environmental Research Letters*, 2(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/1/014003>
- Rolim, C. C., Gonçalves, G. N., Farias, T. L., & Rodrigues, Ó. (2012). Impacts of Electric Vehicle Adoption on Driver Behavior and Environmental Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 706–715. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.788>
- Schreuder, A. (2019, 18 december). *Zoveel stikstofuitstoot? De boeren geloven er niets van*. nrc. Geraadpleegd van <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/12/18/zoveel-stikstofuitstoot-de-boeren-geloven-er-niets-van-a3984286>
- Schuitema, G., Anable, J., Skippon, S., & Kinnear, N. (2013). The role of instrumental, hedonic and symbolic attributes in the intention to adopt electric vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 48, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.10.004>

- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>
- Silvis, H. J., Smekens, K. E. L., Verhoog, A. D., & Daniëls, B. W. (2015). *Opties voor energie-neutrale agrosectoren in 2025*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/362115>
- van der Boom, N. (2017 november). Trekkers met stekkers. *AgriVisie*. Geraadpleegd van https://www.farmertronics.com/wp-content/uploads/2017/11/1925693_PDF.pdf
- van der Boom, N. (2018, 11 april). *Start John Deere elektro-revolutie?* Geraadpleegd op 7 januari 2020, van <https://www.boerenbusiness.nl/tech/artikel/10878172/start-john-deere-elektro-revolutie>
- van Dijk, W. (2019, 9 oktober). Stikstofbeleid heeft ingrijpende gevolgen voor boeren. *Barneveldse krant*. Geraadpleegd van <https://barneveldsekrant.nl/lokaal/natuur-en-milieu/stikstofbeleid-heeft-ingrijpende-gevolgen-voor-boeren-647980>
- Visscher, Q. (2017, 14 december). Wageningen brengt de elektrische tractor naar de boerenwereld. *de Gerderlander*. Geraadpleegd van <https://www.gelderlander.nl/de-vallei/wageningen-brengt-de-elektrische-tractor-naar-de-boerenwereld~a857d5816/?referrer=https://www.google.com/>
- Vreemann, G. (2016). *Veel schoner, amper zuiniger*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/407248>
- Wagenaar Hummelinck, H. (2018, 4 juli). *Tractor*. Geraadpleegd op 7 januari 2020, van <https://www.365autohistorie.nl/2018/07/04/no-437-tractor/>
- Wang, J. (2016). *Battery electric vehicle energy consumption modelling, testing and prediction: a practical case study*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Willems, R., Molnar-in 't Veld, H., & Ligterink, N. (2014). *Bottom-up berekening CO2 vrachtauto's en trekkers*. Geraadpleegd van <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/aanvullende%20onderzoeksbeschrijvingen/bottom-up-berekening-co2-vrachtauto-s-en-trekkers>
- Wilson, K. (2019, 14 juni). *John Deere trials electric tractor*. Geraadpleegd op 8 januari 2020, van <https://www.farmweekly.com.au/story/6217775/john-deere-trials-electric-tractor/>