



MultiToolTrac

ROWCROP 80

OPZOEK NAAR EEN NIEUWE TOEPASSING

Openbaar

Door Ard Klompe | 4-5-2016

Voorwoord

Voor u ligt een artikel over de totstandkoming van een conceptmodel in opdracht van Multi Tool Trac BV en als stage voor mijn studie werktuigbouwkunde in de master Design Engineering. Het laat zien hoe het huidige product van Multi Tool Trac BV in een andere vorm toegepast kan worden om op deze manier een groter deel van de markt aan te spreken. Daarnaast hoop ik dat het artikel nieuwe inzichten kan geven voor het bedrijf en zijn nadere toekomst. Dit is mijn beweegreden geweest om het in deze vorm op te schrijven. De bijlage is apart bijgevoegd.

Voor mijn stage had ik het genoeg om voor een bedrijf gespecialiseerd agrarische techniek een opdracht te doen. Het bleek een stuk kleiner dan verwacht en het werd duidelijk dat het eigenlijk een bedrijf in wording is. Anders dan verwacht dus, maar desalniettemin erg interessant. Ik heb daarbij veel geleerd van Paul van Ham en Eelco Osse en de andere collega's in het kantoor en genoten van de sfeer. Op deze manier heb ik gezien hoe het eraan toe gaat binnen een klein bedrijf en hoe een bedrijf tot stand komt. Bedankt daarvoor. Veel plezier met lezen.

Inhoudsopgave

Het verhaal.....	6
Een nieuw idee.....	6
Van schaalvergroting naar schaalverkleining.....	6
Intunen op het juiste niveau.....	7
Opzoek naar draagvlak.....	7
Afzetmarkt	8
Werkzaamheden	8
Interview.....	8
Concurrentie.....	9
Het resultaat mag er wezen.....	9
Modulair ontwerpen	9
De stuurinrichting	10
Op gewicht ontwerpen	11
Volledig elektrisch aandrijven	12
Zicht	12
Klaar voor de toekomst!	12
De markt op met een visie	13

Het verhaal

Voedselproductie is al jaren een punt van discussie. De bewustwording van milieu en omgeving zorgt voor strengere controles en hogere eisen voor de productie van voedsel. Daarentegen moet het wel betaalbaar blijven en groeit de vraag naar producten. Oftewel, een goed moment voor een alternatieve natuurvriendelijke productiemethode gericht op efficiëntie. Dat dacht Paul van Ham ook, eigenaar van 'van Ham Organisatie en Advies BV' en initiator van de Multi Tool Trac (MTT). Zijn passie en overtuiging voor de onbereden beddenteelt hebben gezorgd voor een oplossing van het mechanisatie probleem binnen deze manier van telen. Met als oplossing de Multi Tool Trac, een elektrische werktuigdrager met een variabele spoorbreedte van 2,25 naar 3 meter.

Nederland telt ongeveer 40 akkerbouwers die volgens dit rijpadensysteem werken. (onberedenbeddenteelt, sd) Een groot nadeel van deze teelt is dat er amper mechanisatie beschikbaar is. Tot werktuigdrager omgebouwde voertuigen zijn oud en trekkers die zijn verbreed zijn niet berekend op de krachten die erop komen. Naast dat ze regelmatig stuk gaan is het erg lastig om met deze breedte over de openbare weg te rijden en worden ze daar door de buurt op aangekeken, omdat ze de weg kapot rijden.

De MTT met zijn 2,25 meter spoorbreedte maakt dit gemakkelijker. Het concept voor het landbouwvoertuig is bedacht samen met zeven boeren en is tot uitwerking gekomen in het ontstaan van de BV Multitooltrac, een samenwerkingsverband van drie bedrijven. De Multi Tool Trac kan drie werkgangen in één keer uitvoeren. Het heeft daarvoor drie aankoppelingspunten voor machines, een verplaatsbare cabine die zorgt voor beter zicht op de werktuigen en vier stuurbare wielen, zodat hij

ondanks zijn lengte met een draaicirkel van 12 meter kan keren op de kopakkers.

Een nieuw idee

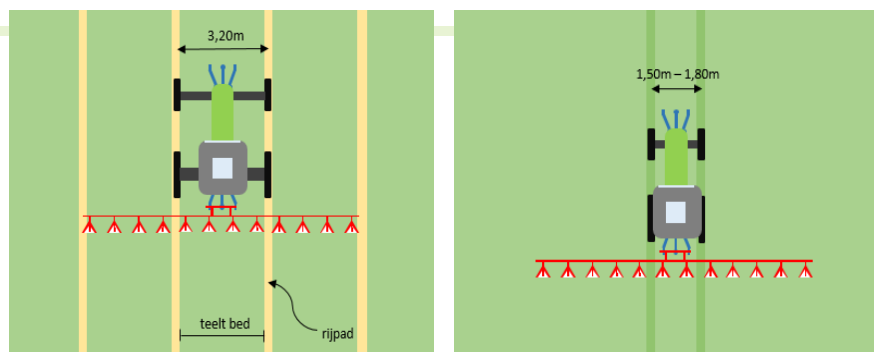
Na de presentatie van het prototype van de MTT, ontstonden er dermate veel positieve reacties dat ook andere toepassingsgebieden interessant werden. Interessant genoeg om het concept van MTT toe te passen op de conventionele teelten en hiervoor nieuwe conceptmodellen te creëren. Kenmerkend aan de MTT zijn de uitschuifbare assen. Alhoewel dit misschien de eerste uitgangspunt van het ontwerp was is dit niet wat het concept van de MTT interessant maakt. Het goede zicht, de vier gestuurde wielen en de volledig elektrische besturing en aandrijving vormen samen de belangrijkste eigenschappen. Dit biedt veel nieuwe mogelijkheden. Goed zicht leent zich uitstekend voor schoffelwerk, vier gestuurde wielen leveren veel wendbaarheid op en een elektrische aandrijving creëert bouwvrijheid en mogelijkheden tot modulair bouwen. De boeren in mijn interviews hadden het grootste commentaar op het gewicht. Deze is in vergelijking met de concurrentie op de markt flink hoger, zie bijlage A. Een nieuw conceptmodel dat met zijn gewicht kan concurreren met andere merken kan de positie van MTT sterk verbeteren.

Kortom, het idee voor een klein licht, wendbaar voertuig dat genoeg ruimte biedt voor schoffelwerktuigen kwam al snel bovendrijven.

Van schaalvergroting naar schaalverkleining

Het CBS toont aan dat schaalvergroting in de akkerbouw nog steeds een grote rol speelt (Akkerbouwbedrijven: meer hectares per hectare, 2014). Kort gezegd zorgt de schaalvergroting voor het gebruik van steeds grotere machines met als gevolg dat er steeds grotere landbouwvoertuigen

Met onbereden beddenteelt wordt het land gemarkeerd door rijpaden van ongeveer 30 centimeter, die om de drie meter zijn aangelegd. Het idee is dat alle mechanisatie gebruik maakt van de rijpaden, terwijl de planten tussen de paden groeien. Dit voorkomt structure schade in de ondergrond en geeft tot 20% hogere opbrengst (onberedenbeddenteelt (OBT), 2016) (Chamen, 2013).



Figuur 1: een voorbeeld van onbereden beddenteelt (links) en een conventionele manier van werken (rechts)

nodig zijn. Deze zwaarder wordende mechanisatie zorgt voor steeds diepere sporen, waardoor verdichting van de grond optreedt. Dit verslechtert de structuur van de grond en zorgt voor lagere opbrengsten. (Ham, 9de jaargang, nr 3) Grondverdichting is een belangrijk probleem binnen de akkerbouw. Los van alternatieve teelten, zoals de onbereden beddenteelt, wordt de noodzaak van lichtere mechanisatie met oog op de toekomst steeds belangrijker. In Nederland is deze trend al sterk ingezet in vergelijkbare sectoren door de komst van robots, zoals bijvoorbeeld in de veeteelt. (Lely, 2016) Langzamerhand komen er ook steeds meer soortgelijke ontwikkelingen voor de akkerbouw. (White paper Robotisering, 2015) Grootschalige toepassing, zoals in de melkveehouderij, is momenteel nog niet binnen handbereik. Naast een juridisch aspect zijn de ontwikkelingen nog niet ver genoeg en is het momenteel simpelweg te duur.

Intunen op het juiste niveau

De ontwikkelingen in het gebruik van GPS hebben er in de akkerbouw voor gezorgd dat alternatieve teelten als precisielandbouw en onbereden beddenteelt nu mogelijk zijn. De geschiedenis leert dat ontwikkeling van dit soort nieuwe landbouwmethodes hand in hand gaan met technische innovaties en alleen een succes kunnen worden als deze technieken in grote mate worden geaccepteerd. De mate van acceptatie is in dat geval een belangrijk aspect. Voor de ontwikkeling van een product en zijn toetreden tot de markt zijn hier verschillende groepen te onderscheiden. Vaak als iets enorm innovatief is, kent het ontwerp geen vergelijkbare producten en zal het acceptatieniveau in het begin laag zijn. De groep die het nieuwste van het nieuwste wel wil hebben worden ook wel de 'innovators' genoemd, dat is de eerste groep. Vervolgens zal de tweede groep de 'early adapters' het product zijn eerste bekendheid geven, waarna de derde en grootste groep de 'early majority' zorgt voor de naamsbekendheid van het product. Deze laatste groep kenmerkt zich als kritisch en gaat alleen voor echte kwaliteit. Voor een snelle ontwikkeling van het product is het streven de laatste groep zo snel mogelijk aan te spreken. Om hierop in te spelen, zal het nieuwe ontwerp beter geaccepteerd worden als het vergelijkbaar is met een soortgelijk product om zijn kwaliteit te testen. Voor een nieuwe MTT is een makkelijke vergelijking te maken met de trekker, dus zullen de ontwerpeisen (gewicht, draaicirkel,

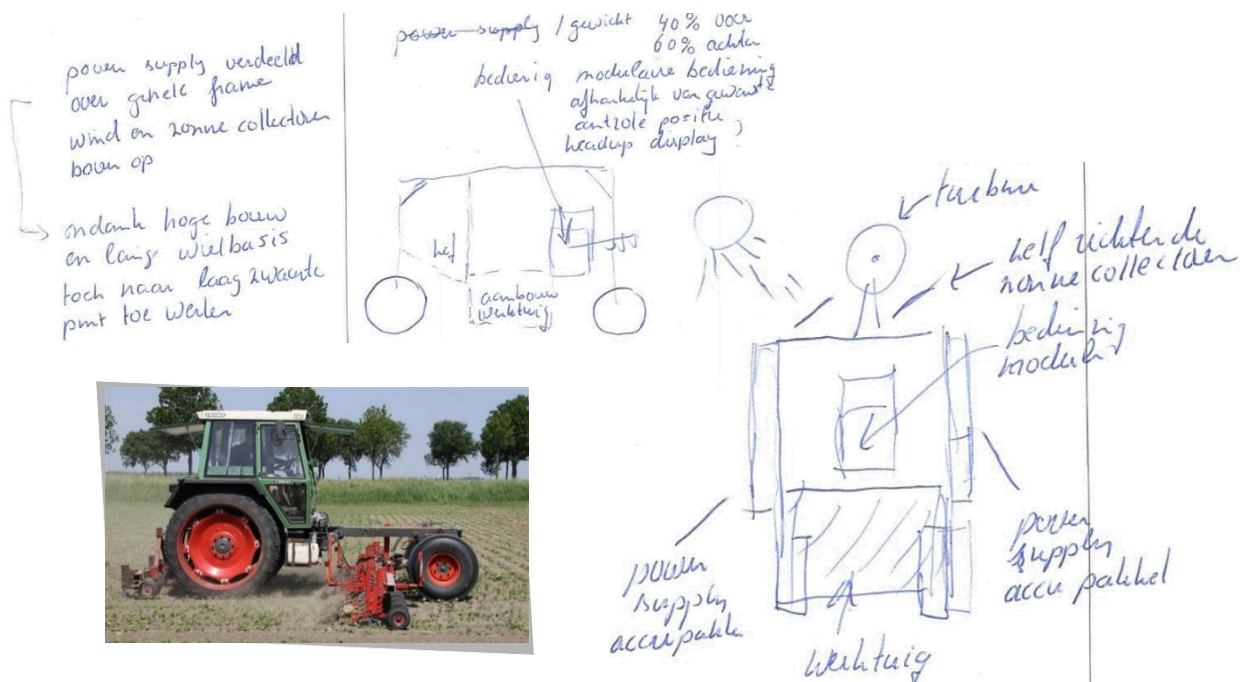
etc.) hierop aangepast worden om de kans op succes te vergroten.

Een eerste voorbeeld hiervan is het gebruik van GPS. Naast de onbereden beddenteelt wordt een variatie op het rijpadensysteem veel toegepast. Er wordt in dat geval niet op 3 meter maar op 1,5 meter gereden, omdat de meeste machines en trekkers zijn ingesteld op deze breedte. Alleen op het moment van oogsten wordt er in veel gevallen vanaf geweken, omdat dit in de praktijk lastig blijkt in combinatie met een vaste spoorbreedte. De onbereden beddenteelt kan op deze manier nooit volledig uitgevoerd worden, waardoor het lastig is om de voordelen ervan in te zien. Op dit moment zal er daarom een breder publiek geïnteresseerd zijn in een spoorbreedte van 1,5 meter. Een andere veel voorkomende spoorbreedte is 2,25 meter. Echter is deze breedte teeltafhankelijk en wordt met name met de teelt van uien gebruikt.

Het is duidelijk dat het vinden van de aansluiting tussen de boer (de klant) en het concept van MTT de grootste uitdaging is. Naast een onderzoek op basis van de afzetmarkt, huidige en toekomstige ontwikkelingen en de type werkzaamheden heb ik de mening van 4 representatieve klanten gevraagd. Hiermee probeer ik een beeld te krijgen wat de klant belangrijk acht en of er draagvlak is voor het idee dat is geschetst. Deze resultaten zijn vergeleken met de sterke punten van de MTT (goed zicht, vier gestuurde wielen en een volledig elektrische aandrijving) om een zo goed mogelijke toepassing te creëren.

Opzoek naar draagvlak

Het idee is om deze toepassing te vinden bij andere veelvoorkomende teeltgroepen. Dit is grofweg in te delen in vier sectoren; gangbare en-/of biologische akkerbouw en-/of veeteelt. Om het makkelijker te maken is er gekozen voor één bepaalde sector; de biologische akkerbouw. Dit is gekozen om met name twee redenen. Biologisch staat bekend om zijn innovatieve en open karakter en de akkerbouw heeft meer werkzaamheden die betrekking hebben op landbouwvoertuigen. Daarnaast wordt de MTT momenteel ook alleen in de akkerbouw toegepast, dit biedt een goede vergelijking en een mooie aanvulling op het huidige pakket wat MTT kan bieden.



Figuur 2 : resultaat van de interviews in visuele weergave (getekend door Daan Moelker)

Afzetmarkt

In een onderzoek naar een goede afzetmarkt voor de MTT bleken naast Nederland, Duitsland en Frankrijk goede afzetmarkten. (Stokkingreef, 2014-2015) Het onderzoek geeft de grootte van de afzetmarkt met zijn afzetgebieden kijkend naar de gangbare en biologische akkerbouw. Interessant voor ons is te weten welk type bedrijven er veel voorkomen binnen de biologische sector, omdat dit wat zegt over de behoefte voor een bepaald type voertuig. Op zoek naar het grootste aantal bedrijven van een bepaald type zien we in Duitsland dat met het grootste aantal biologisch bedrijven een gemiddelde van ongeveer 30 hectare heeft, zie bijlage B. In Nederland en Frankrijk heeft een gemiddelde biologisch bedrijf gemiddeld respectievelijk 36,6 en 42 hectare grond. (Dossier biologisch landbouw, 2015) (Skal, 2015) Allemaal relatief kleine bedrijfsgroottes waarbij een kleiner type voertuig beter zal aansluiten.

Werkzaamheden

Verschillende type werkzaamheden vragen verschillende type trekkers (de specialistische machines, zoals zelfrijdende spuitmachines, zijn buiten beschouwing gelaten). De werkzaamheden op het land zijn seizoensafhankelijk en daarom op te delen in voorjaar, zomer en najaar-werk. In een nader onderzoek in bijlage C naar de werkzaamheden valt op dat van de drie typen vermogen (tractie, hefvermogen en torsievermogen op de aftak-as) het hefvermogen

gemiddeld het zwaarst wordt belast. Met name voor de biologische sector vinden de lichtere werkzaamheden plaats door het jaar heen en de zwaardere in het voor en najaar. Het lichtere werk bevat met name schoffelwerk en al het werk waarbij smalle banden (ook wel cultuurbanden) nodig zijn om tussen de planten door te rijden. Door dit repeterend karakter zijn de kopakkers niet met hetzelfde product ingezaaid en is bedoeld om over te draaien. Voor een zo groot mogelijke efficiëntie wordt als standaard hiervoor 6 meter aangehouden. Dit vraagt naast voertuig met genoeg hefvermogen een voertuig met een grote wendbaarheid.

Interview

De vraag is of dit wel klopt, een interpretatie van de werkzaamheden geeft nog geen garantie voor de behoefte van de boer. De interviews zullen hier een beeld van geven. Vier boeren zijn geïnterviewd met vragen op het gebied van hun werkzaamheden, beleidsvoering, hoe zij dit in uitvoering brengen en waar zij perspectieven zien voor een elektrisch aangedreven voertuig, zoals de MTT. Als toevoeging is gevraagd naar de visie voor de mechanisatie van de toekomst.

Tijdens mijn interviews werd duidelijk dat het toekomstbeeld van deze boeren niet bestaat uit een volledig geautomatiseerd mechanisatiepark, maar voor specifieke taken zal er op het gebied van automatisering veel mogelijk zijn. Verder heeft de ontwikkeling van de brandstofcel een hoge

verwachting, is de New Holland supersteer en de oude Fendt werktuigdrager favoriet. (Fendt GT) Drie van de vier boeren zien een elektrische werktuigdrager wel zitten en vindt zicht naar voren op het schoffelwerktuig belangrijk. Deze rijdt dan op cultuur-banden en is bedoeld voor lichte werkzaamheden door het jaar heen. Kleine oogst en zaai werkzaamheden zijn daarbij een pré. De andere boer vertrouwt volledig op het GPS-systeem en ziet liever een kort en wendbaar voertuig met meer vermogen. Alle vier de boeren hadden wel een gemeenschappelijk beeld over de kosten. De prijs van het voertuig moet sterk samenhangen met de uren die hij kan maken. Brede inzetbaarheid is dus van belang. Daarnaast noemde één boer een meerwaarde van 25% in de verkoopprijs acceptabel.

Concurrentie

Na de 2^{de} wereldoorlog ondervond de mechanisatie in de landbouw een enorme groei, waarbij een enorme variatie aan multifunctionele voertuigen werd gemaakt, waaronder de werktuigdrager. De plaatsing van het werktuig zorgde voor een goed overzicht op het werk en een efficiënte krachtoverbrenging door een goede gewichtsverdeling en korte afstand tot het aandrijf wiel. Door een toename in grootte van machines en een toename in populariteit van de trekker heeft de werktuigdrager het moeten afweten en verdween langzaam uit het beeld van de akkerbouwer. Desondanks, neemt zijn populariteit nu weer toe dankzij de groei van de biologische sector en vraag naar schoffelwerktuigen. Het Italiaanse merk Mazotti is hier een goed voorbeeld van. (Serie multi: multi 400/600/1100, sd) Net als de Fobro-mobil is dit een werktuigdrager met de constructie hoog over de machine heen. (Fobromobil Dg2, sd).

Op het gebied van elektrische landbouwvoertuigen heeft een Zwitsers merk 'Rigitrac' een mooi prototype gebouwd met de Rigitrac EWD 120 met standaard vier even grootte gestuurde wielen. (Mobile power, SYNCHRONMOTOR, 2012) (Datenblatt EWD) . Deze trekker komt voorlopig echter nog niet op de markt. Naast deze bijzondere trekkers is de grootste concurrent de New Holland Supersteer (ook veel genoemd bij de interviews) die dankzij een slim stuursysteem een draaihoek van 76° creëert. (Supersteer system, sd). De Fendt werktuigdrager wordt niet meer geproduceerd en is enkel in gebruikte staat voor een relatief hoge

prijs te verkrijgen, maar biedt wel een goed voorbeeld van een populaire werktuigdrager. (Fendt 395 GTA Traktoren gebraucht, sd)

Het resultaat mag er wezen

Verschillende ontwerp sessies leverden de eerste concepten, waarna in discussies met de opdrachtgever voor een ontwerp is gekozen. Hulpmiddelen waren onder andere een morfologisch overzicht, waarin voor verschillende functies oplossingen uiteengezet zijn, te zien in de bijlage E.

Specificaties

Om direct een indruk te krijgen van het model zijn de bijhorende specificaties als volgt:

- elektrische aandrijflijn met 4 x 15 kW nominaal en 4 x 30 kW maximaal
- vervangbaar accu-pakket met totaal vermogen van 15 kWh
- Range extender: moderne 4 cilinder dieselmotor van 81kW (110 PK) met efficiënte hoogtoeren generator (95.4%).
- 4 aangedreven en gestuurde wielen voor kleine draaicirkel (5.3 meter) en optimale trekkracht onder alle omstandigheden
- volledig elektronische besturing via Canbus, voorbereid voor master-slave en auto-steering
- elektrokasten altijd direct bereikbaar (±1.5m hoogte)
- 2 posities voor hefinrichting en aftakas (PTO)
- de cabine is traploos verticaal verstelbaar tot 3.2 meter hoog.
- spoorbreedte van 1.5 meter
- wielbasis 2.5 meter

Naast deze punten zijn er nog een paar eigenschappen terug te vinden in het model. De besturing is bijvoorbeeld gerealiseerd met servomotoren. Het accupakket is snel vervangbaar door deze aan de achterkant eruit te schuiven en hij is op een modulaire wijze aan elkaar gezet om zo de uitwisselbaarheid en optie tot variëren te vergroten. De functies en eigenschappen als licht van gewicht, goed zicht op de werktuigen, wendbaarheid en de elektrische aandrijving staan centraal in het ontwerp. De uitwerking zal daarom aan de hand van deze onderwerpen worden toegelicht.

Modulair ontwerpen

Het model is modulair ontworpen. Het ontwerp is zo opgesteld dat groepen onderdelen onafhankelijk van andere groepen ontworpen kunnen

worden, waarbij de groepen door slechts enkele onderdelen worden verbonden. Het idee is ontstaan vanuit de gedachte dat elke boer andere behoeftes heeft, omdat het zijn eigen bedrijf op een unieke manier invult. Daarnaast is het elektrisch aandrijfsysteem erg geschikt voor modulair ontwerp, omdat het wordt verbonden met kabels die eenvoudig te variëren zijn en maken dat de verbinding naar een volgende module makkelijk is aan te passen. Op deze manier kan een deel van het ontwerp makkelijk worden aangepast zonder dat de rest wordt beïnvloed. Zo kan iedere boer straks zijn eigen unieke werktuigdrager bestaande uit zijn specifieke tools combineren, oftewel hij kan zijn eigen 'Multi Tool Trac' samenstellen.

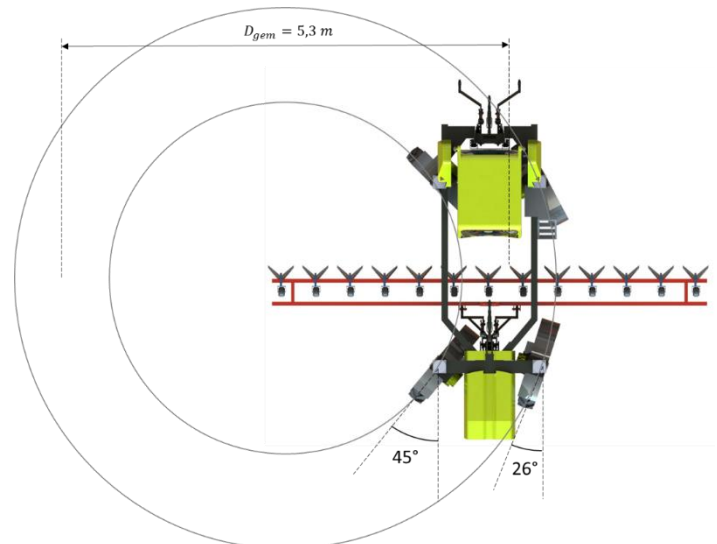
Door het hele ontwerp heen zijn modules gebruikt om ontwerpkeuzes te maken. Deze vereenvoudiging geeft bijvoorbeeld veel inzicht bij de configuratie van het hele model, omdat er veel minder opties zijn. Allereerst zijn vier modules uitgezocht die de basis vormen; het frame, de wielunits, de cabine en het motorblok+generator tegenover de cabine om het evenwicht te vormen. Vervolgens zijn alle mogelijke opties per module vergeleken en dit heeft tot het eindresultaat geleid. Op deze manier is het ontwerpproces een stuk eenvoudiger.

De stuurinrichting

Een stuurhoek van maximaal 45° per wiel zorgt samen met vier gestuurde wielen voor een totale stuurhoek van 90° en draaicirkel van 5,3 meter, zie Figuur 3. Dit is 14° scherper ten opzichte van de New Holland supersteer. Het betekent dat er met een werkgang van 4,5 meter breed in één keer omgedraaid kan worden, zonder te hoeven steken. Tijdens het draaien op de kopakker zal de cabine omhoog verplaatst zijn. Dit geeft genoeg ruimte, zodat alle vier de wielen kunnen sturen. Daarbij creëert de hoge positie een goed overzicht tijdens het keren. Hoe deze stuurinrichting is ontstaan wordt nu eerst kort toegelicht.

Sturen boven het wiel

Na de conceptvorming van verschillende concepten bleek de stuurinrichting moeilijk te realiseren. Er was te weinig ruimte om een goede onafhankelijke stuurinrichting te krijgen per wiel. Om het moment (dat ontstaat door plotseling remmen of een hoge tractie) op de as en het frame zo klein mogelijk te houden waren de wielen op een traditionele manier (met as) aan elkaar verbonden.



Figuur 3: Een weergave van de draaicirkel met daar bijhorende stuurhoek

Uit nader onderzoek blijkt tractie minder van belang voor dit type werktuigdrager; de heffunctie is bijvoorbeeld belangrijker, zie bijlage C. Dit inzicht bracht de oplossing om de stuurinrichting niet tussen maar boven de wielen te plaatsen. Hiermee verplaatst het draaipunt verder naar buiten, ontstaat er meer ruimte voor de stuurinrichting en kan er scherper gestuurd worden, tot wel 45° per wiel. Een nadeel van dit systeem is dat hetzelfde draaipunt in de verticale as een moment moet opvangen over de horizontale as. Daarnaast heeft de verplaatsing een extra frame-deel tot gevolg om de as van het wiel met het draaipunt boven het wiel te verbinden.

Benodigde tractie

Om te kijken of dit idee haalbaar is wordt berekend hoeveel tractie er nodig is, en of dit is op te vangen door een constructie met realistische afmetingen, zie bijlage G, H. Het blijkt dat een verticale wielophanging met realistische afmetingen sterk genoeg is. Een constructie met een dikte van 50 mm en een breedte van 300 mm ondervindt bij een maximale tractie van 24,5 kN een doorbuiging van 0,5 mm en blijft onder de maximaal toegestane spanning.

Het moment in het draaipunt wordt door kegellagers opgevangen en is mogelijk te combineren met een elektromotor voor de aansturing van de wielen. Dit kan op twee manieren. De eerste optie is dit te doen via een zwenkunit waar het lagerhuis wordt aangedreven door een wormwiel, (ATB automation, 2016). Bij de tweede optie wordt de gelagerde as via een vertraging met een gelijkstroommotor aangestuurd. Door een te lage

draaisnelheid van de zwenkunit (1 omwenteling per minuut) is de zwenkunit niet geschikt als aandrijving, maar is het vanwege zijn compacte vorm en beschikbaarheid als compleet inkoopdeel een goede optie voor in de toekomst. De aansturing vindt nu plaats door middel van een servomotor met een reductor. (overzicht servomotoren, 2016) (Bonfiglioli LC series, 2016) Dit betekent dat de wielunit wanneer het op lagedruk staat en een contactoppervlak van xxxx m² genereert, het per wiel xxx kg aan gewicht kan verdraaien. Uitgaande van een wrijvingscoëfficiënt van xxx.

De wielen

De grootte van de wielunit is gemaakt voor een maximale wieldiameter van xxx mm. Deze maat is voor alle vier de wielen hetzelfde en speciaal gekozen voor de nieuwe MTT op basis het draagvermogen dat is gerelateerd aan de druk in de band. Dit is gedaan voor beschikbare maten met een bandbreedte van xxx mm. Zie bijlage I. De gekozen banddiameter is berekend om bij hoge snelheid (40km/h) op lagedruk (1 bar) ruim tweemaal het eigengewicht te kunnen dragen.

Het frame

Om de wielophanging compleet te maken zijn de "wielunits" verbonden door middel van het frame. Om vering in dit hele systeem toe te passen is er in eerste instantie gekozen voor het meest simpele systeem. Een star frame waarbij de voorwielen pendelend zijn verbonden door middel van een scharnierpunt in het midden van het frame. Dit maakt de stuurinrichting compleet.

Op gewicht ontwerpen

Binnen het vakgebied wordt een trekker vaak beschouwd als een lichte of zware trekker in plaats van een sterke of zwakke. Dit zegt veel over hoe belangrijk gewicht is voor de gebruiker. Veel gewicht betekent veel grip en een betere overdracht van het vermogen. Een nadeel van veel gewicht is dat het diepe sporen maakt en structuurschade in de grond veroorzaakt. Het gewicht en de trekkracht zijn dus sterk met elkaar verbonden. Het specifiek gewicht is daarom een belangrijk kenmerk van een landbouwvoertuig en wordt aangegeven door het gewicht ten opzichte van het vermogen (kg/kW). De gemiddelde waarde ligt rond de 60 kg/kW. Hoger is gunstig voor trekwerk en lager voor werk dat geen trekkracht nodig heeft, zoals aftak-as-werk voor het vrezen van ruggen. (Specifiek gewicht, juni 2013) De

nieuwe MTT is niet bedoeld voor zware trekwerkzaamheden, dus is er gestreefd naar een specifiek gewicht onder de xx kg/kW.

Ontwerp van onderdelen

Met het ontwerp is er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van standaard onderdelen en van vergelijkbare onderdelen van de originele MTT. Op deze manier kunnen dezelfde leveranciers worden gebruikt en hoeft er weinig zelf ontworpen te worden. Er blijven dan slechts een paar onderdelen over; het frame, het accupakket en de stuurinrichting. Het frame wordt kort toegelicht.

Het frame bestaat uit een eenvoudige frameconstructie gebaseerd op een ladderframe. Het heeft een starre wentel-as om te zorgen dat de voor en achterwielen onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen. Een volledig onafhankelijke wielophanging is in eerste instantie niet nodig. De framebalk is hol met als doel ruimte te bieden voor het accupakket. Voor het materiaal is gebruik gemaakt van gehard constructiestaal. Staal is een gebruikelijk materiaal binnen de landbouw omdat het erg sterk en taai is, daarnaast is het goed bewerkbaar. Naar andere materialen als hout of kunststof is geen onderzoek gedaan.

Gewicht van onderdelen

Een groot voordeel ten opzichte van de huidige MTT is het ontbreken van uitschuifbare assen. Verder is er gewicht bespaard op een kleinere cabine, lichtere motor en generator, kleinere wielmotoren en kleinere accu. Voor het berekenen van het totaalgewicht van de nieuwe MTT is een schatting gemaakt. Per module is het gewicht bepaald aan de hand van het oude model of een vergelijkbaar onderdeel. De optelsom geeft een massa van xxx kg. En is dus lager dan het eerder berekende specifiek gewicht. Het gewicht per module is weergegeven in bijlage J.

Naast het gewicht speelt de gewichtsverdeling een grote rol in het gedrag van de werktuigdrager. De keuze voor vier gelijke wielen heeft direct gevolg voor de gewichtsverdeling. Voor een zo goed mogelijke drukverdeling wordt de massa het liefst gelijk verdeeld over alle wielen. Deze drukverdeling is belangrijk, omdat een gelijke verdeling ervoor zorgt dat het maximale vermogen op alle vier de wielen gebruikt kan worden. Er is daarom gekozen voor een gewichtsverdeling van 50-50 (voor-achter). Om dit te bereiken is er een afweging gemaakt tussen de onderdelen voor en achter.

Alleen het frame en de het accupakket zijn verdeeld over beide kanten. Zoals gebruikelijk kan het gewicht worden aangepast door extra gewichten toe te voegen. Bijvoorbeeld in de vorm van extra accu's, of een accu als frontgewicht.

Volledig elektrisch aandrijven

Een van de interessante aspecten van de MTT is de volledige elektrische aandrijving. Ook bij het nieuwe model is dit volledig doorgevoerd. De aandrijving voor de wielen komt nu van vier elektromotoren verwerkt in de wielen. Deze wielmotoren maken een verbinding tussen de wielen in de vorm van een aandrijf-as en differentieel overbodig. Dit levert een hoop bouwvrijheid op. Terug te zien in het gebruik van wielunits en de verplaatsbare cabine.

Naast bouwvrijheid maakt het elektrisch systeem efficiënt gebruik van zijn energie. De elektromotoren halen energie uit een accupakket en het accupakket wordt bijgeladen door een generator aangedreven door een brandstofmotor. Op deze manier kan de brandstofmotor constant op een gunstig toerental draaien en vangt het accupakket de pieken op. Een brandstof motor wordt namelijk pas efficiënt bij een hoger toerental, omdat het koppel daar afhankelijk van is. Bij een elektromotor is dit niet het geval; het levert altijd een maximaal koppel dat alleen bij hoge toerental zal afnemen. Dit maakt het uitermate geschikt voor wisselende werkzaamheden, waarbij het toerental niet constant is. Een al bekendere vorm van deze indirecte overbrenging is de combinatie met hydromotoren. Alhoewel deze vorm een hoge energiedichtheid heeft en waarschijnlijk goedkoper is, is het rendement lager dan bij elektromotoren. Daarnaast ondervinden veel systemen na verloop van tijd problemen met olie lekkages. Een elektrisch systeem heeft hier geen last van, maar zal zich nog wel moeten bewijzen in de praktijk.

Daarnaast kan een elektromotor voor een korte tijdsduur twee keer zijn vermogen leveren. Dit levert een voordeel bij het inzetten van machines. De accu die de wielmotoren energie levert heeft een capaciteit van xxx kWh. Deze is proportioneel aan één wielmotor, zodat het een kwartier lang alle wielmotoren op vol vermogen kan voeden. De accu wordt bijgeladen door middel van een aggregaat, bestaande uit een generator en een motor. Hiervoor zijn dezelfde producten gekozen als bij de MTT alleen dan met een lager vermogen,

respectievelijk een generator met een efficiëntie van 95% en een motor van xxx kW. De verhouding tussen de onderdelen van de aandrijflijn is zo gekozen dat de brandstofmotor in de meeste gevallen zo efficiënt mogelijk en op constant toerental kan draaien. Het kost bijvoorbeeld 1,5 liter brandstof om zes uur lang een vermogen van 55kWh te leveren.

Naast alle voordelen lijkt het systeem met twee energiebronnen nu nog omslachtig. Met name omdat de accu en brandstofmotor nog relatief groot zijn, maar door de opkomst van elektrisch aangedreven voertuigen zullen accu's verbeteren en wordt dit systeem steeds beter toepasbaar. Er zijn al ontwikkelingen waarbij xxx Wh/kg wordt gehaald. (Alles over laadtijden, bereik en accu's, 2012) Uiteindelijk zal de actieradius niet meer een probleem zijn en wordt de brandstofmotor overbodig.

Zicht

Alhoewel GPS al op volle schaal wordt toegepast, blijft de boer graag in controle. Dit is één van de beweegredenen geweest om een werktuigdrager te bouwen. Om dit voordeel maximaal te benutten is getracht de bestuurder zo laag mogelijk bij de grond te brengen. De machine zit niet meer ver voorop in de hef, maar vlak voor de bestuurder achter de voorwielen. Dit maakt dat de bestuurder in verhouding veel meer naar beneden kijkt in plaats van naar voren en zal het meer energie kosten om de werktuigdrager te besturen. Tenzij, de cabine zo laag staat dat de bestuurder de horizon en de machine weer in één oogopslag kan zien, dan werkt het weer een stuk plezieriger. Dit principe is toegepast.

Daarentegen biedt het veel overzicht tijdens het keren en heeft de bestuurder er geen last van zolang het geen scherpe bochten hoeft te maken.

Klaar voor de toekomst!

Het conceptmodel dat in afgelopen alinea's is gevormd geeft een idee over hoe het concept van MTT toegepast kan worden in een andere markt dan MTT tot nu toe gewend is. De kenmerken van de markt zijn weergegeven, en de belangrijkste eigenschappen van MTT die daarbij horen zijn vertaald in het model. Daarnaast is getracht de 'early majority' aan te spreken door op deze gebieden de vergelijking te maken met bestaande favorieten, voortkomend uit de interviews. Zo is er

een verbetering in stuurhoek van 90° vergeleken met 76° van de New Holland supersteer, is het specifiek gewicht lager dan het gemiddelde specifieke gewicht van trekkers en is er gebruik gemaakt van zoveel mogelijk standaard inkoopdelen, zoals cabine, motor en hefinrichting. Naast vergelijkbare eigenschappen zijn er unieke eigenschappen die voor MTT in deze markt het verschil moeten maken. Een positie vlak achter de machine op slechts 1.3m hoogte geeft een unieke bestuurservaring en een volledig elektrische aandrijflijn en bediening (waarbij enkel de accu wordt bij gevoed door een brandstofmotor) zorgt voor een laag brandstofgebruik, omdat de motor op constant vermogen in zijn meest efficiënte toerental de accu bij voedt.

De markt op met een visie

Wil het ontwerp de markt bereiken lukt dit niet met alleen het conceptmodel. In één van de voorafgaande alinea's is uitgelegd hoe het ontwerp modulair is opgebouwd. Een nuttige toepassing voor dit model, maar misschien ook een nuttige toepassing voor het hele bedrijf. Door de korte historie en specifieke doelgroep van het bedrijf bereikt het een kleine markt. Daarnaast bouwt het klant specifieke producten, waardoor het veel engineeringwerk vraagt. Een combinatie van deze feiten maakt dat het werken met modules een goede uitgangspositie kan zijn. De elektrische manier van aandrijven en sturen biedt deze mogelijkheid en kan daarmee een voorsprong geven op de concurrent.

Een aantal voordelen op een rijtje. In het onderhoud of reparatie kan een volledige module direct worden vervangen met een leen-module tijdens werkzaamheden. Dit is een stuk goedkoper als een leen-trekker. Als tweede kan iedere module afzonderlijk worden doorontwikkeld en verbeterd. Het meest kritische onderdeel kan als eerste worden aangepakt en snel weer terug op de markt worden gezet. Dit vereenvoudigt het ontwerp-proces en verkort de doorlooptijd van ontwikkeling enorm, omdat er telkens kleine hapklare stukjes de markt op gaan. Als laatste kan de boer zijn eigen MTT samenstellen. Dit kan bijvoorbeeld door de boer op de website verschillende onderdelen te laten kiezen, waarna het totaalplaatje kan worden getoond en hij bij wijze van met een klik op de knop zijn nieuwe MTT in productie zet. Op deze manier kan er naast een snelle levertijd ook klant specifiek

worden ontwikkeld en levert het veel voordelen op ten aanzien van de huidige ontwikkeling.

Momenteel is dit misschien nog een te grote stap richting de toekomst, maar het geeft aan dat MTT een paar ijzersterke punten als basis heeft waarmee ze, tenzij ze goed worden benut, het voortouw kunnen nemen in een groenere en gebruiksvriendelijkere toekomst voor de boer en dat is waar het om draait.