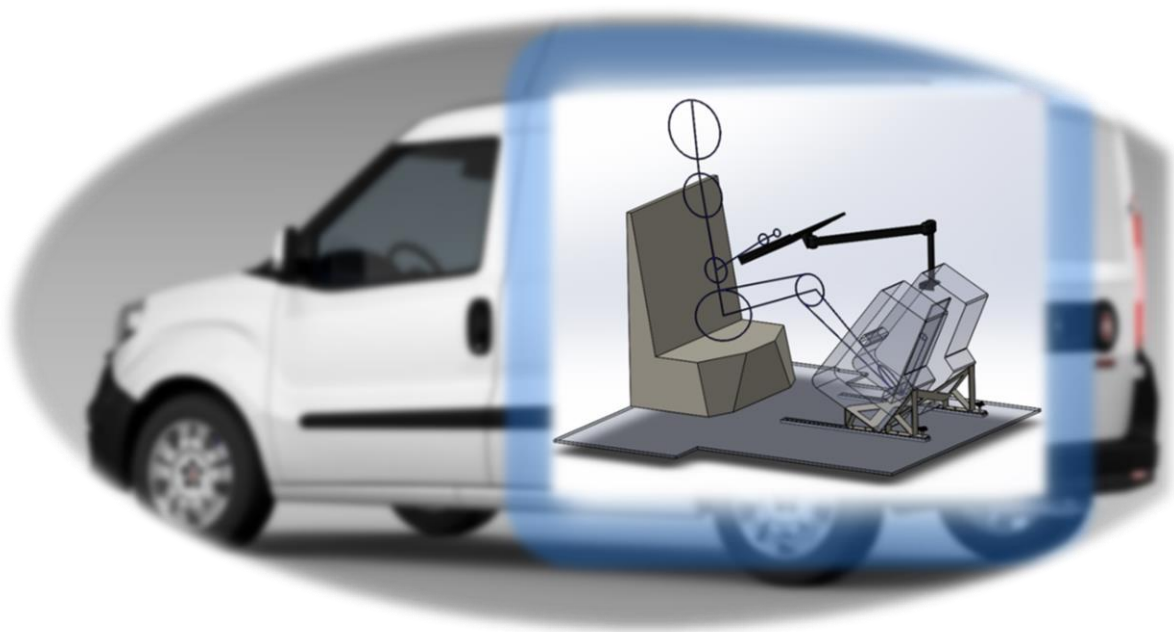


exo·L



Het ergonomisch ontwerp van een zit-scan-opstelling
achter in een bedrijfsauto.



Mario Beekman
Den Haag, juni 2016
Opleiding Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool

Het ergonomisch ontwerp van een zit-scan-opstelling achter in een bedrijfsauto.

Mario Beekman (08054118)

Begeleider HHS: Bert Broeren

2e Begeleider: Aad Lagerberg

Bedrijf: EXO-L

Den Haag, juni 2016

Opleiding Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool

Voorwoord

Voor u ligt het verslag waar ik gedurende mijn afstudeerperiode intensief aan heb gewerkt. Een leerzame periode in het zelfstandig werken aan een project. Het resultaat is een ontwerp advies van een ergonomische opstelling, een behoefte die is ontstaan bij de verstrekker van deze opdracht; het bedrijf EXO-L. EXO-L wil ik van harte bedanken voor deze opdracht, een opdracht welke voor mij inhoudelijk de juiste interesses en raakvlakken met de opleiding bood. Het verslag dient als advies voor EXO-L en is geschreven ter beoordeling van de opleiding BewegingsTechnologie aan de Haagse Hogeschool.

Grote dank gaat uit naar Bert Broeren. Hij was mijn begeleider vanuit de Haagse Hogeschool. Hij wist mij tijdens onze contactmomenten steeds op het goede spoor te houden en te voorzien van inspirerende adviezen. Deze ondersteuning heb ik als erg prettig ervaren. Andere mensen die ik wil bedanken voor de bijdrage aan dit eindresultaat zijn, Aad Lagerberg als mijn tweede begeleider en Rochus van der Doef die de verbeterpunten altijd van een extra positieve lading wist te voorzien. Ook wil ik de medestudenten van de opleiding BewegingsTechnologie bedanken die tijd vrij wilde maken om mij van advies te voorzien.

Tot slot wil ik een speciaal woord van dank richten aan de mensen die dagelijks met mij te maken hebben. Mandy, mijn familie en mijn vrienden, dank voor het steeds opnieuw interesse naar mijn vooruitgang blijven tonen, het geduld met mij te behouden en helpen stoom af te blazen.

Veel plezier met het lezen van mijn afstudeerverslag.

Mario Beekman,

Den Haag, juni 2016

.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.	5
Verklarende woordenlijst.	6
1. Inleiding	7
Probleemstelling	7
Doelstelling	7
2. Analyse	8
2.1. De scanner	8
2.1.1. Technische specificaties van de scanner.	9
2.1.2. Berekening energie verbruik van de scanner en rand elektronica.	10
2.1.3. Gevoeligheid van de scanner.	12
2.1.4. Enkelhoek in de scanner.	13
2.2. Doelgroep EXO-L.	14
2.2.1. Antropometrie.	14
2.2.2. Mens model SolidWorks	17
2.2.3. Bewegingsuitslagen menselijk lichaam.	18
2.2.4. Binnenmaten van de auto.	18
2.2.5. Bewegingsanalyse, instappen in de auto.	19
2.3. Modellen.	21
2.3.1. Variabelen in het zijaanzicht	21
2.3.2. Variabelen in het bovenaanzicht	22
3. Eisen (en Wensen)	22
4. Concepten.	23
4.1. Morfologische kaart.	23
4.2. Kardinale methode.	24
5. Tussenevaluatie.	24
6. Tweede analyse	25
6.1 Variabelen in het zijaanzicht.	25
6.2 Variabelen in het bovenaanzicht.	26
7. Aanvullende eisen (en Wensen)	27
8. Alternatief ontwerp.	27
8.1. Morfologische kaart.	27
8.2. Kardinale methode.	28
9. Ontwerp van de houding en de zit-scan-opstelling in de bedrijfsauto.	29
9.1. Houding model zijaanzicht.	29
9.2. Houding model bovenaanzicht.	30
9.3. Verwezenlijking in bedrijfsauto.	30
10. Evaluatie.	37
11. Discussie	38
12. Conclusie	38
Literatuurlijst	40
Bijlage	44

Samenvatting.

EXO-L is een bedrijf dat een enkelbrace op maat maakt dat het inversietrauma van de enkel helpt te voorkomen. Voor het vervaardigen van dit product is het nodig om scans van de enkels te maken. Het bedrijf EXO-L biedt de service om de scans bij de cliënt aan huis te maken maar wil tevens de cliënt zelf kunnen ontvangen. Zo is de vraag ontstaan naar een mobiele scan opstelling. Voor de opstelling dient de huidige scanner van EXO-L, welke binnen het bedrijf zelf is ontworpen, als basis te worden gebruikt. Voor het ontwerp van de mobiele scan-opstelling is rekening gehouden met technische facetten van de scanner zoals; afmeting, energie voorziening en technische beperkingen van de scanner. Tevens is rekening gehouden met antropometrie en bewegingsuitslagen van gewrichten. Met SolidWorks zijn er 'stick figure' modellen gemaakt, gebaseerd op menselijke gewrichtsafmetingen. De modellen representeren lichaamslengte afmetingen van de kleinste 1447 mm (P10 meisje 12-13 jaar), langste 1955 mm (P90 man 20-30 jaar) en ouderen (P10 vrouw 60+) binnen de doelgroep van EXO-L. Door de scanmogelijkheden toe te passen op de modellen is een ergonomisch verantwoorde zit-scan-opstelling ontworpen. Deze opstelling vormt het advies voor de zit-scan-opstelling. Het bedrijf heeft echter al een bedrijfsauto in het bezit, waar de afmetingen uit het optimale advies niet bij aansluiten. Er is verder gezocht naar een passende oplossing en een alternatief ontwerp gemaakt. In het belang van dit alternatieve ontwerp is extra aandacht besteed aan de invloed die de hoekstand van de enkel in de scanner heeft op de houding en positie van de rest van het lichaam. Zo is een alternatieve zit-scan-opstelling ontworpen die past binnen de afmetingen van de huidige bedrijfsauto. De zitting is zo gepositioneerd dat er bij het instappen in de auto gebruik gemaakt kan worden van de zijschuifdeur. De zitting heeft een vaste hoogte gekregen. Door de afstand van de scanner tot de zitting instelbaar te maken, wordt het verschil in lichaamslengte van de diverse cliënten door middel van een beenlengte verstelling opgelost. Het ontwerp van de alternatieve zit-scan-opstelling is ontworpen om tegemoet te komen aan de huidige bedrijfsauto die het bedrijf al in het bezit heeft. Dit is een beperking dat er voor gezorgd dat de uiteindelijke zit-scan-opstelling niet optimaal is en in de discussie zal dit verder worden toegelicht.

Het uiteindelijke ontwerpadvies is tot stand gekomen door verschillende eisen en wensen samen te voegen. Hierin zijn alle onderdelen die komen kijken bij het proces van het scannen van een enkel meegenomen; van het instappen van de proefpersoon tot de energielevering van de scanner. Er wordt gestreefd naar een ontwerp dat voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid vereist. Het eindresultaat is een alternatief- ergonomisch verantwoorde ontwerpadvies waar de klanten van EXO-L comfortabel en efficiënt in de huidige bedrijfsauto gebruik van kunnen maken.

Verklarende woordenlijst.

EXO-L

EXO-L is het product dat bescherming biedt tegen het verzwikken in de enkel. Het product is afkomstig van het gelijknamige bedrijf.



De EXO-L.

Inversie beweging

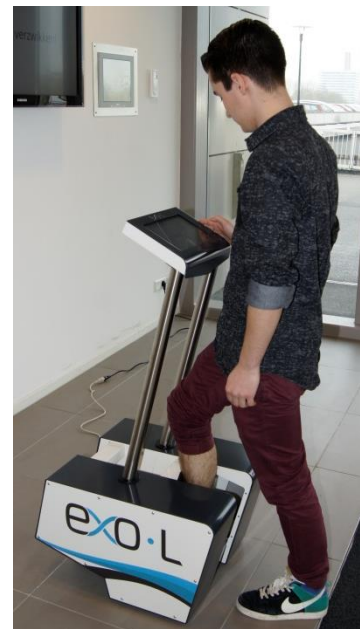
Ook wel verstuipte enkel of verzwikken van de enkel genoemd. Dit is de beweging waarbij een kracht op de buitenrand van de voet een naar binnen klappend moment van de voet t.o.v. het onderbeen creëert.

Inversie trauma

Wanneer de kracht bij de inversie beweging te groot wordt kan dit leiden tot verrekken of scheuren van ligamenten in de enkel.

Stand-alone-scanner

De Stand-alone-scanner is de scanner waarmee een uitwendige 3D scan van de enkel kan worden gemaakt. Deze scan wordt gemaakt van iedere cliënt die de EXO-L wil gaan gebruiken. Aan de hand van deze scan kan een EXO-L worden gemodelleerd.



De Stand-alone-scanner.

Dorsaalflexie (stand)

Dorsaalflexie is de naam van de bewegingsrichting waarbij de voet in het enkelgewricht naar boven wordt bewogen / met de bovenzijde van de voet richting het onderbeen wordt gebogen. Ook wordt er over dorsaalflexie gesproken wanneer het onderbeen richting de voet beweegt. Een stilstaande houding binnen deze bewegingsrichting wordt een dorsaalflexie stand genoemd.

Ligamenten

Ligamenten zijn stevige banden van vezelig bindweefsel, die bij de bevestiging van tegen elkaar bewegende delen van het lichaam (gewrichten) een rol spelen.

Antropometrie

Antropometrie beschrijft statistische data over de verdeling van menselijke lichaamsmaten.

Work Envelope

Een Work Envelope is een grafische weergave waarin staat weergegeven wat het bereik van een persoon is in zijn werkomgeving.

1. Inleiding.

In Nederland zijn ongeveer 500.000 mensen/sporters (EXO-L, 2016) die last hebben van een inversie trauma ofwel verzwikking van de enkel. Dagelijks wordt deze groep groter. Dit kunnen mensen zijn die incidenteel verzwikken maar ook mensen die chronisch verzwikken tot wel een aantal keer per wedstrijd of training. Het bedrijf EXO-Ligament B.V. biedt een product aan op de markt genaamd de EXO-L. De EXO-L helpt het verzwikken van de enkel te voorkomen. De EXO-L onderscheidt zich van alle andere verzwikkingshulpmiddelen door dat deze uniek op maat gemaakt wordt. Door nieuwe innovatieve middelen zoals 3D scannen en 3D printen wordt de EXO-L voor iedere enkel uniek op maat gemaakt.

3D scannen

Voor het vervaardigen van de EXO-L wordt als eerst een scan van de enkel gemaakt. Het scannen gebeurt door middel van een stand-alone-scanner (zie afbeelding 1). Wanneer een cliënt besloten heeft om een EXO-L aan te schaffen wordt vanuit EXO-L de service geboden om bij de cliënt thuis, of op een locatie naar wens, scans van de enkels te maken. De huidige scan-methode is echter niet optimaal voor het aan huis uitvoeren van een 3D scan. De scanner is lastig te verplaatsen vanwege de omvang en het gewicht. Daarbij kost het veel tijd om de scanner in en uit de auto te halen.

Bedrijfsauto

De manier waarop het bedrijf wil bereiken dat ze op locatie toch cliënten kunnen ontvangen is door middel van een bedrijfsauto met daarin een zit-scan-opstelling. Het bedrijf is in het bezit van een bedrijfsauto; Fiat Doblo. Het bedrijf wil dat deze auto wordt voorzien van een inrichting met een scan opstelling. De basis van de stand-alone-scanner dient te worden gebruikt als scan-unit in de scan opstelling.

Probleemstelling.

Op dit moment heeft het bedrijf een eenvoudige zitting in de auto aangebracht. Deze zitting gecombineerd met de scanner vormt alleen geen comfortabel, werkbare opstelling. Hierdoor is de vraag naar een ergonomisch ontworpen zit-scan-opstelling welke in de huidige auto te gebruiken is ontstaan. Het doel van dit rapport is om hierin een advies te geven. De opdracht hierbij luidt:

Ontwerp een ergonomische zit-scan-opstelling voor de bedrijfsauto waarmee met de huidige scanner scans kunnen worden gemaakt.

Doelstelling.

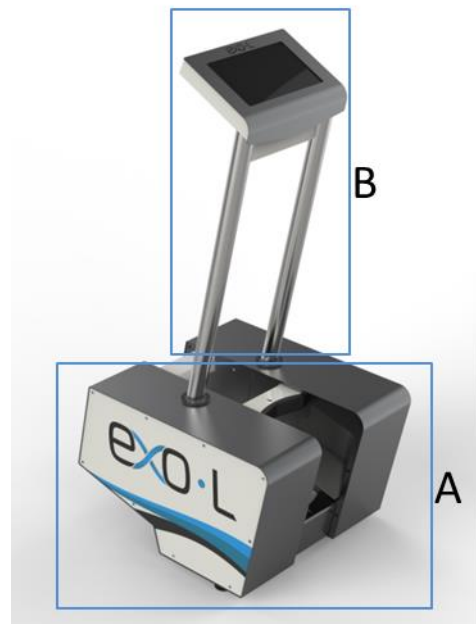
Er zal een nieuwe zit-scan-opstelling voor de bedrijfsauto worden ontworpen. In het ontwerp van deze opstelling zal rekening worden gehouden met een ergonomisch verantwoorde zithouding. Door middel van een antropometrisch model zal de opstelling theoretisch worden onderbouwd. Volgens de randvoorwaarden wordt er een acceptabel doel gesteld wanneer 80% van de leeftijdsgroep van de Nederlandse gebruikers van EXO-L de enkels kan laten scannen in de auto met behulp van de opstelling. Het streven is naar een ontwerp die voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid vereist.

2. Analyse.

2.1. De scanner.

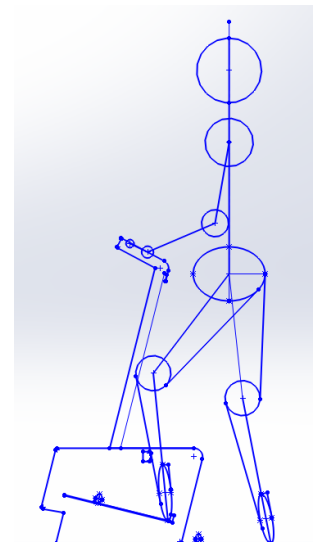
Het principe van de scan berust op een foto techniek waarbij binnen enkele seconden tientallen foto's worden gemaakt. Deze foto's worden door software samengevoegd zodat er digitaal een driedimensionaal scan bestand ontstaat van de enkel. De 3D enkel-scan vormt de basis voor de persoonlijk op maat gemaakte EXO-L. Daarna kan de EXO-L hier omheen worden gemodelleerd.

De scanner, of wel Stand-Alone-Scanner, bestaat uit twee componenten. Het eerste component is de basis (afbeelding 1A) van de scanner. Hierin zitten de camera's en de elektronica van de scanner. Daar tussen zit een voet-plateau waar de voet tijdens het scannen op geplaatst moet worden. Het tweede component van de scanner is het bedieningsscherm (afbeelding 1B). Het bedieningsscherm is een Touchscreen. Deze wordt met de basis verbonden door middel van twee buizen. Door de rechter buis loopt een datakabel die zorgt voor de verbinding tussen de elektronica in het eerste component (basis) en het tweede component (scherm) van de scanner. De software op het scherm is ook door EXO-L ontwikkeld. De scanner en software zijn zo ontwikkeld dat deze zonder begeleiding zelfstandig door een cliënt gebruikt kan worden. Het programma doorloopt stap voor stap met een cliënt de handelingen die verricht moeten worden om beide enkels te scannen. Het maken van een scan gebeurt rechtopstaand aan de Stand-alone-scanner. De stappen die nu doorlopen moeten worden om een goede duidelijke scan te maken zijn als volgt;



Afbeelding 1. Stand-Alone-Scanner.

- De cliënt dient beide benen tot boven de knieën te ontbloten (schoenen en sokken moeten uit). De enkels worden om de beurt gescand.
- De voet die gescand gaat worden, wordt geplaatst op het voetplateau. In de scanner zitten twee contactschakelaars; een hiel contactschakelaar en een scheen contactschakelaar. De scanner werkt pas wanneer beide schakelaars zijn ingedrukt. Door met de hiel en de scheen de contactschakelaars tegelijkertijd in te drukken wordt de enkel op de juiste plaats gehouden om een goede scan te kunnen maken.
- Door middel van een knop op het Touch screen bevestigt de cliënt nu zelf dat de scans kunnen worden gemaakt. Op het scherm wordt nu aangegeven dat het been een aantal seconden niet mag worden bewogen. Dit is het moment waarop de scan wordt gemaakt.
- Vervolgens wordt hetzelfde herhaald bij de andere enkel.



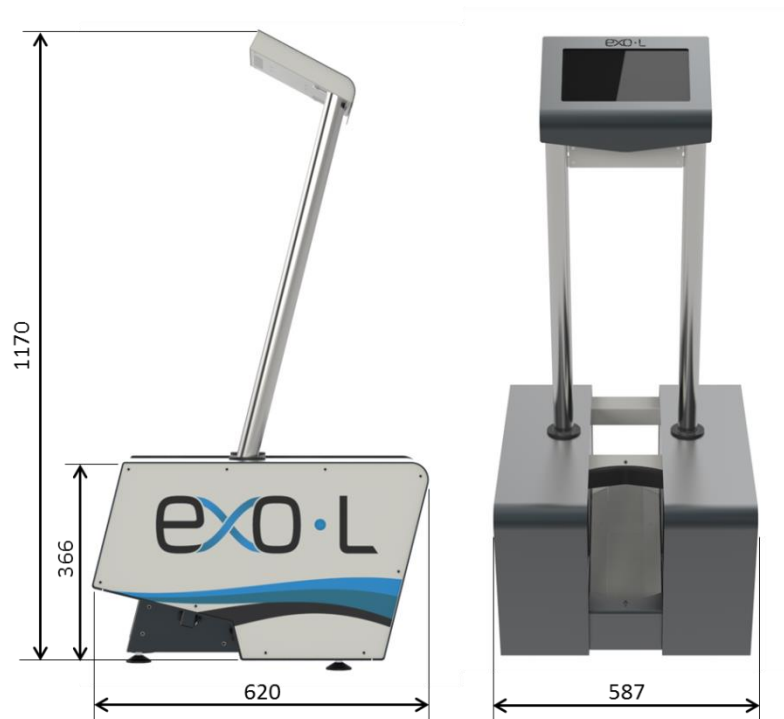
Tekening 1. Stick figure van een cliënt aan de Stand-Alone-Scanner

Per been duurt het scannen ongeveer 20 seconden. Hierna hoeft de cliënt alleen nog het eigen emailadres in te voeren en te bevestigen en het scannen is voltooid.

Eis 1: Het “basis component” van de Stand-Alone-Scanner dient als scanner unit te worden gebruikt voor de zit-scan-opstelling.

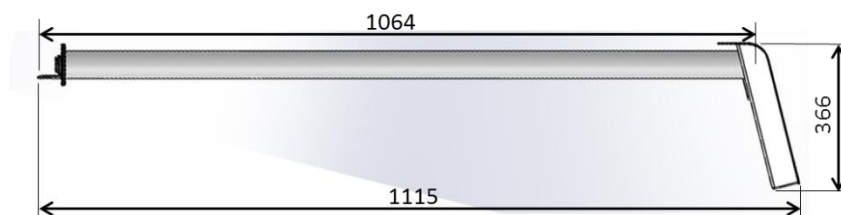
2.1.1. Technische specificaties van de scanner.

De Stand-Alone-Scanner heeft de volgende afmetingen.



Afbeelding 2. Zij- en voor- aanzicht van de Stand-Alone-Scanner met globale maatgeving (in mm).

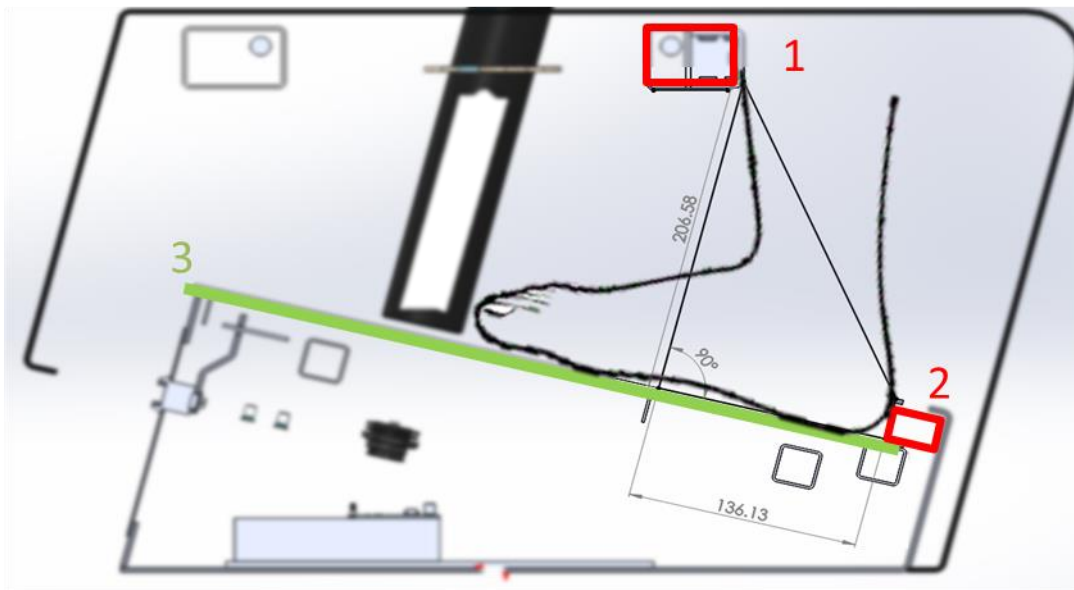
Het scherm met buizen is los te nemen van de basis. Op deze manier blijft er een basis over van 620x587x366 mm. De afmeting van het scherm met buizen buiten het frame zijn de volgende.



Afbeelding 3. Bedieningsscherm van de Stand-Alone-Scanner met globale maatgeving (in mm).

Het scherm maakt een hoek van 104° met de palen.

De scheen,- en hiel- contactschakelaars hebben een vaste plaats in de scanner. Deze schakelaars in de scanner kunnen niet ten opzichte van elkaar worden verplaatst. Het been dat gescand wordt moet zelf hierin compenseren door in de enkel dorsaalflexie te leveren en zo de schakelaars op te zoeken. In tekening 2 is in een technische tekening een doorsnede van de scanner te zien. Hierin zijn exact de vaste maatvoering van de schakelaars in de scanner aangegeven. In het groen (nr. 3) is het voetplateau aan gegeven en in het rood (nr. 1 en 2) zijn de contactschakelaars aangegeven waarbij 1 het scheencontact is en 2 het hiel-contact.



Tekening 2. Doorsnede van zijaanzicht basis scanner; 1 scheencontactschakelaar, 2 hielcontactschakelaar, 3 voetplateau.

Het bedieningsscherm van de scanner inclusief de buizen nemen onnodig veel ruimte in bij een zit-scan-opstelling achter in een auto. Echter is het bedieningsscherm van de scanner niet noodzakelijk voor het gebruiken van de scanner. De software waarmee de scanner wordt aangestuurd kan ook vanaf een laptop worden bediend. In dit geval moet een laptop door middel van de datakabel met de scanner worden verbonden.

2.1.2. Berekening energie verbruik van de scanner en rand elektronica.

Om de scanner van energie te voorzien, gebruikt deze een voeding. Standaard wordt de voeding van de netspanning (stopcontact) gebruikt. Het is onbekend hoeveel vermogen de scanner gebruikt. Bij gebruik van een laptop wordt er vanuit gegaan dat deze op een eigen accu werkt. Wanneer een laptop voor de bediening van de scanner wordt gebruikt, vervalt het bedieningsscherm van de scanner zelf als energieverbruiker.

Om te bepalen welke capaciteit er nodig is voor een tweede accu in de auto is een berekening gemaakt van alle energie verbruikers. Met behulp van een Cresta Digitale energiemeter is gemeten hoeveel het verbruik van de scanner is. De energiemeter wordt tussen de scanner en het stopcontact in geplaatst. Er zijn twee situaties van de scanner gemeten. Bij de eerste meting heeft de scanner 26 uur aangestaan zonder gebruikt te worden (het verbruik is geregistreerd bij 20 uur en bij 26 uur). En bij de tweede meting zijn er een uur lang constant scans met de scanner gemaakt. De volgende metingen zijn overigens uitgevoerd over de complete Stand-alone-scanner (basis + bedieningsscherm).

De volgende functies zijn tijdens de energiemeting gemeten:

	Voltage	Tijdsduur van de meting	Verbruik	Verbruik omgerekend per uur (verbruik / tijdsduur)
Eerste meting (scanner constant aan zonder te scannen)	235 V	20 uur	0,8 kWh	0,04 kWh
	235 V	26 uur	1,04 kWh	0,04 kWh
Tweede meting (scanner constant aan en constant scans maken)		1 uur	0,05 kWh	0,05 kWh

Om te bepalen wat de scanner verbruikt wordt gerekend aan de hand van het vermogen (P) per uur welke zijn verkregen met de energiemeter.

$P = \text{Verbruik tijdens duur van de meting (in kWh)} / \text{duur van de meting (in uren)}$

$P = 0,8\text{kWh}/20 \text{ uur}$ of $1,04/26 = 0,04\text{kWh} = 40\text{W}$

$P = 0,05\text{kWh}/1 \text{ uur} = 0,05\text{kWh} = 50\text{W}$

Ondanks dat de scanner niet constant aan het scannen is wanneer deze aanstaat, is er gekozen om met het hoogste vermogen rekening te houden in de berekeningen voor het kiezen van een accu. Voor het verbruik van de scanner wordt gerekend met 50 Watt.

Wanneer de scanner achter in een afgesloten auto wordt gebruikt, wordt rekening gehouden met extra verlichting in de auto. Twee LED spots van 8 Watt leveren 550 Lumen (dit is de lichtsterkte die op kantoor werkplekken wordt toegepast). Tijdens het scannen staat de verlichting weer uit (zie; 2.1.3. Gevoeligheid van de scanner) daarom wordt in de berekening van alle elektronica met gemiddeld verbruik van een uur per dag rekening gehouden.

Om de elektronica een uur te laten werken dient een vermogen van 66 Watt (scanner + twee LED spots) te worden geleverd. Standaard accu's leveren een spanning van 12 volt (in plaats van 235 volt uit het stopcontact) en de inhoud van een accu wordt aangeduid in Ampère uur (Ah). Het is belangrijk om te weten hoeveel stroom (I) een accu minimaal moet leveren bij 66 Watt;

$$I = P / U$$

$$I = 66 / 12 = 5,5 \text{ A}$$

Met een accu die een stroom van 5,5 A levert kan de scanner een uur worden gebruikt. Dit is echter in een ideale omstandigheid waarbij nog geen rekening is gehouden met het intern verlies van bedrading, omvormer en de accu zelf. De levensduur van een accu wordt beïnvloed door het niveau tot waar deze iedere keer ontladen wordt. Een accu die tot ongeveer 30 tot 50% wordt ontladen kan dubbel zo lang mee gaan dan wanneer deze 50 tot 70% wordt ontladen (zie Bijlage 1). Om de levensduur van een accu te sparen wordt in de berekening met een veiligheidsmarge van maximaal 40% ontlading rekening gehouden. Voor het interne verlies wordt rekening gehouden met 80% rendement van een accu.

Benodigde accu bij een uur veilig gebruik;

$$I / \text{veiligheidsmarge} * 100 / \text{rendement} * 100 \\ 5,5 / 40 * 100 / 80 * 100 = 17,2 \text{ A}$$

Om de scanner een uur aan te laten staan / te gebruiken dient een accu van minimaal 17 Ampère uur te worden gebruikt. Omdat het scannen van één persoon (twee enkels) maximaal 5 minuten duurt, is een accu duur van een uur op een dag voldoende.

Eis 2: Naast de standaard accu van de auto moet een extra stroombron van minimaal 17 Ampère uur in de auto worden geplaatst voor de extra elektrische componenten.

2.1.3. Gevoeligheid van de scanner.

In de scanner zitten verschillende prestatie gevoelige componenten zoals camera apparatuur en elektronica die van invloed zijn op de nauwkeurigheid van een scan.

- Beweging, verplaatsing en trilling

De componenten zijn dusdanig gevoelig dat na verplaatsing (vervoer, optillen/neerzetten) van de scanner er een kalibratie scan moet worden uitgevoerd. Een kalibratie scan verloopt hetzelfde als het scannen van een enkel. Dezelfde stappen worden doorlopen alleen wordt een kalibratie plaat geplaatst op de plek waar normaal gesproken de enkel wordt geplaatst. Een scansessie omvat de enkelscans en de kalibratiescan. Het is belangrijk dat de scanner tijdens een scan sessie niet verplaatst of schokkerig bewogen wordt (F. van der Berg - ontwerper EXO-L, persoonlijke communicatie, november 2014). Het maakt hierbij niet uit of de kalibratie voor of na het scannen van een cliënt wordt uitgevoerd.

Behalve dat de scanner gevoelig is voor beweging, zijn er nog meer factoren die invloed hebben op de kwaliteit van de enkelscans. Om een scan van de enkel te maken worden de camera's direct op de enkel gericht. Dit houdt in dat er geen afscherming bevindt in de vorm van bijvoorbeeld een transparant venster tussen de enkel en de camera. De componenten in de kast staan daardoor ook direct blootgesteld aan de buitenlucht. Er zijn bepaalde externe factoren die invloed kunnen hebben op de nauwkeurigheid van de scanner.

- Licht

Het scannen berust op een fototechniek met een camera. De camera geeft in een korte tijd tientallen flitsen waarvan de reflectie door een lens wordt opgevangen. Door te veel licht uit de omgeving kunnen deze opnamen mislukken. De scanner functioneert het beste bij kunstlicht en bij voorkeur in een licht gedimde omgeving.

- Vocht / temperatuur wisseling

Vocht- / temperatuurwisseling kan de elektronica in de scanner aantasten. Dit kan corrosievorming opleveren wat kan resulteren in elektronische storing. Ook kunnen deze voor condensvorming op lenzen en spiegels zorgen, wat er voor kan zorgen dat opnamen van scans mislukken.

- Stof en vuil

Stof en vuil kunnen lenzen en spiegels van de camera's bevuilden waardoor de opnamen van scans kunnen mislukken.

Tijdens het rijden met de auto moet er rekening worden gehouden dat de scanner veilig vervoerd kan worden zonder dat de scanner door de auto kan verplaatsen.

Eis 3: De scanner moet stabiel en gefixeerd tijdens het scannen kunnen worden opgesteld.

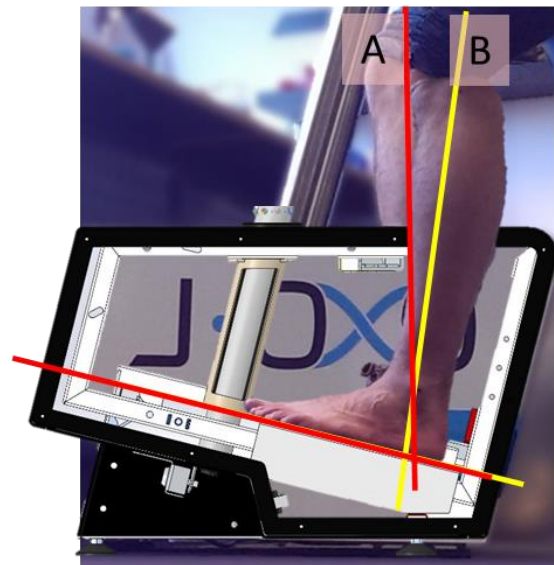
Eis 4: De scanner mag tijdens het scannen niet veel daglicht opvangen, het licht wordt bij voorkeur gedimd.

Eis 5: De scanner mag niet worden blootgesteld aan vocht, stof en vuil.

Eis 6: De scanner moet veilig gefixeerd kunnen worden vervoerd.

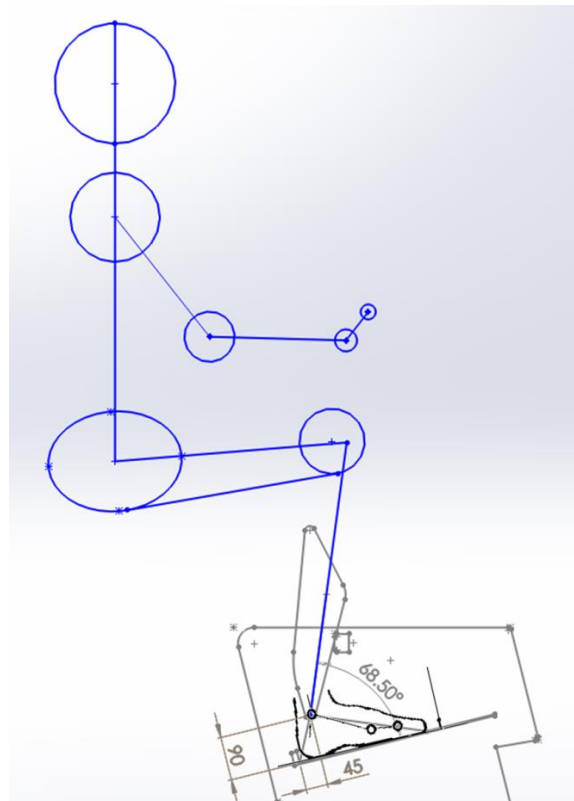
2.1.4. Enkelhoek in de scanner.

Door afwezigheid van een vaste enkelhoek in de scanner kan geen vaste waarde aan de enkelhoek worden gekoppeld. Tijdens het meten wordt iedere enkelhoek bepaald door de vaste afmeting van de scanner. Het been in de scanner komt in enkele graden dorsaalflexie te staan (afbeelding 4, A) ten opzichte van een been dat in een neutrale sta houding staat (afbeelding 4, B). Om hoeveel graden dorsaalflexie het hier gaat wordt bepaald door de lengte van ieder individueel been en de positie van het daarbij komend enkelgewricht.



Afbeelding 4 Houding van het been in de scanner, bovenbeen enkele graden in dorsaalflexie stand.

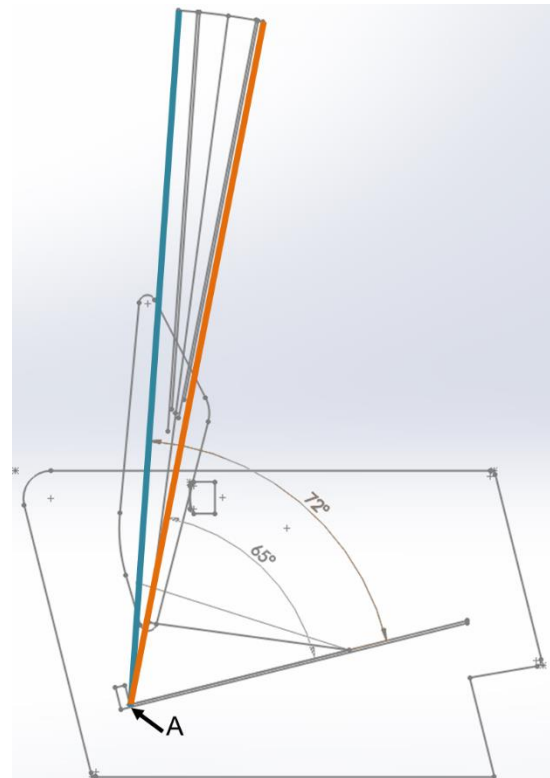
Voor het ontwerpen van een zit-scan-opstelling is het belangrijk om te weten welke hoek de enkel in de scanner maakt. In de scanner moet de hiel contact maken met de hielcontactschakelaar en de voorzijde van de tibia wordt tegen de scheencontactschakelaar geplaatst. Omdat dit vaste punten zijn is de hoekstand die in de enkel ontstaat afhankelijk van de omvang en de lengte van onderbeen en voet. Met andere woorden, een klein verschil van de enkelhoek in de scanner levert een groot verschil in de zitpositie van het lichaam door verandering van de kniehoek en daaraan gekoppeld ook de heuphoek. Dit geldt voor zowel staand als zittend scannen. De exacte hoek, die de enkel in de scanner maakt verschilt per persoon en is niet bekend, daarom is dit door middel van een testgroep met de scanner gemeten (zie Bijlage 2). Uit de test is tevens gebleken dat de enkel in de scanner, bij gebruik van verschillende personen met dezelfde lichaamslengte, niet standaard in een zelfde enkelhoek hoeft te resulteren. Verschillende enkelhoeken moeten wel in één opstelling kunnen worden gemeten. Uit de testgroep is duidelijk geworden dat er niet vast te stellen valt welke enkelhoek een cliënt in de scanner maakt. Daarom worden alle verschillende enkelhoeken tussen de kleinste en grootst gemeten hoeken meegenomen in verdere concepten/ontwerpen. Gemiddeld is



Tekening 3. De hoogte en diepte ligging van de positie van het enkelgewricht in deze afbeelding worden als gemiddeld beschouwd ter behoefte van de verklaring in tekening 4.

een enkelhoek van 69° gemeten met een bereik van 65° tot 72°. Wanneer een ontwerp met een enkelhoek variant van 65° en een variant van 72° wordt uitgewerkt en de daarbij resulterende lichaamshouding ook toelaatbaar is, betekent dit dat alle hoek varianten die tussen de 65° en 72° liggen ook haalbaar zijn.

Het is lastig bij ieder persoon te bepalen waar de positie van het enkel gewricht ligt. Daarom wordt voor het gemak van het ontwerpen in de tekening een punt gekozen waar alle mogelijke posities van het enkelgewricht tussen liggen. In tekening 4 is de richting van het onderbeen uitgezet onder de meest uiteenlopende mogelijkheden. Nu wordt een fictief enkelgewricht gekozen bij (zie tekening 4; A); het uiteinde van het lijnstuk van de voet (dorsaal) en uiteinde van het lijnstuk van het onderbeen (distaal). Wanneer vanuit het fictieve gewrichtspunt een enkelhoek van 65° en van 72° wordt uitgezet, wordt zichtbaar dat alle andere mogelijkheden hier tussen vallen.



Tekening 4. Plaatsing van een fictief enkelgewricht ten gunste van het ontwerp.

Eis 7: Van ieder ontwerp wordt een variant van de enkelhoek in 65° en een variant van de enkelhoek in 72° uitgewerkt. Alle tussenliggende hoekvarianten zijn ook mogelijk.

Eis 8: Het enkelgewrichtpunt wordt in het belang van het ontwerp gekozen op het snijpunt van het voet-lijnstuk en het onderbeen-lijnstuk.

2.2. Doelgroep EXO-L.

De doelgroep voor de EXO-L wordt gevormd door jonge en oude, actief bewegende mensen. Deze mensen zijn door een inversietrauma slecht of niet meer in staat hun hobby, sport of zelfs alledaagse bezigheid uit te oefenen. Behalve de inversietrauma zijn er verder geen algemeen kenmerkende lichamelijke problemen bij deze cliënten waarmee in een ontwerp van een zit-scan-opstelling rekening dient te worden gehouden.

2.2.1. Antropometrie.

Een randvoorwaarde is dat 80% binnen de leeftijdsgroep van de gebruikers van EXO-L de nieuwe opstelling in de auto kan gebruiken. De leeftijd van mensen die op dit moment de EXO-L gebruiken varieert van 13 tot 72 jaar oud. Dit betekent dat volgens de DINED anthropometric database (TUDelft, 2004) deze doelgroep op basis van de leeftijd terug te vinden zijn binnen de populaties;

- Dutch children, kima1993 (selectie; 12 to 13 years)
- Dutch adults dined2004 (selectie; DINED 2004 (20-30 years))
- Dutch adults dined2004 (selectie; DINED 2004 (60 plus))

In het ontwerp moet rekening worden gehouden dat 80% van de populatie uit de gekozen doelgroep gebruik kan maken van het ontwerp. Om het grootste deel van deze 80% te bereiken wordt de grootste lichaamslengtemaat bepaald door P90 en de kleinste lichaamslengte maat bepaald door

P10. Om te bepalen binnen welke populaties de grootste en de kleinste lichaamslengte maten worden bereikt zijn alle lichaamslengtes in een Excel tabel geplaatst (zie Bijlage 3). Zo wordt duidelijk dat de grootste lichaamslengtemaat wordt gevonden bij; P90 van *Dutch adults dined2004, male - DINED 2004 (20-30 years)* met een lengte van 1951mm. De kleinste lichaamslengte wordt dan gevonden bij; P10 van *Dutch children, kima1993, female - 12 to 13 years* met een lengte van 1467 mm. Deze lichaamslengten vormen de twee uitersten van de gehele doelgroep daarom worden er van deze twee lengtes een model voor het ontwerp gemaakt. voor de uiterste heupbreedte is de vrouw P10 van *Dutch adults dined2004, female - DINED 2004 (60 plus)* is ook opgenomen bij de modellen hier wordt bij 6.2 Variabelen in het bovenaanzicht dieper op in gegaan.. Daarom wordt ook een model gemaakt voor deze lichaamslengte (Tabel 2).

	Populations (DINED)	Selection (DINED)	Measures (DINED)	Standing / lichaamslengte, mm (DINED)	Aanduiding (Exo-L ontwerp)
1	Dutch adults dined2004	male - DINED 2004 (20-30 years)	P90	1951	P90 man 20-30
2	Dutch adults dined2004	female - DINED 2004 (60 plus)	P10	1522	P10 vrouw 60+
3	Dutch children, kima1993	female - 12 to 13 years	P10	1467	P10 meisje 12-13

Tabel 1. Gegevens voor de doelgroep volgens de DINED anthropometric database.

De totale lichaamslengte maat die is gevonden uit de DINED data wordt bij benadering op gezocht in de tabel "Menselijke gewrichtsafmetingen" (Broeren, 2011). De afmetingen van de stick-mens modellen (zie; "mens model SolidWorks") zijn uiteindelijk gebaseerd op de waarden uit deze tabel. Hierbij worden zo nodig P90 maten naar boven en P10 maten naar beneden afgerond. In tabel 3 staat per model welke gevonden DINED data gaat corresponderen met data uit Menselijke gewrichtsafmetingen. De rest van de lichaamslengtematen tussen de gewrichten kan hieruit worden herleid.

	Aanduiding (Exo-L ontwerp)	Standing / lichaamslengte, mm (DINED)	Menselijke gewrichtsafmetingen mm (Antropometrische Data)
1	P90 man 20-30	1951	1956
2	P10 vrouw 60+	1522	1524
3	P10 meisje 12-13	1467	1448

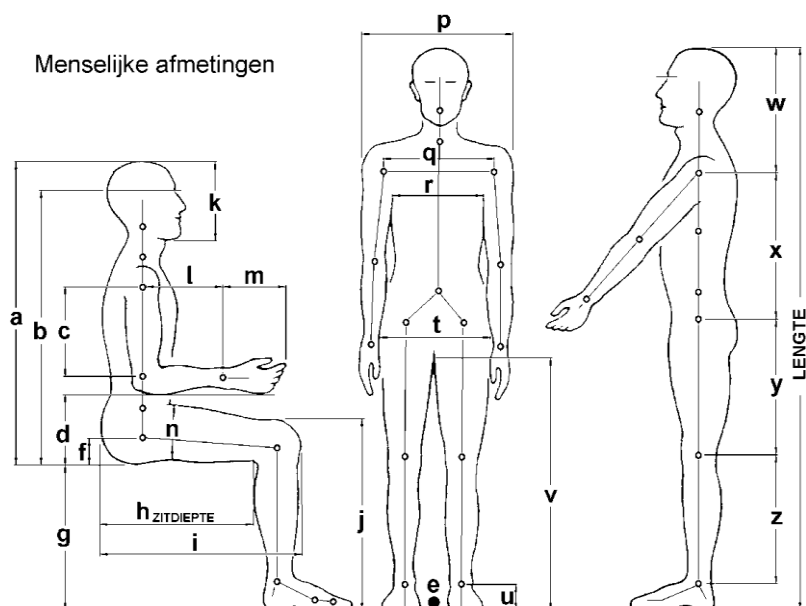
Tabel 2. Lichaamslengte; DINED die corresponderen met lichaamslengte tabel; menselijke gewrichtsafmetingen.

De relevante waarde uit tabel "Menselijke gewrichtsafmetingen" zijn in tabel 4 samengevat. De complete tabel is terug te vinden in de Bijlage 4.

	Lengte	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R	T1	T2	U	V	W	X	Y	Z
3	1448	765	663	241	180	36,7	64	353	386	498	447	211	213	155	127	351	272	218	274	259	76	665	315	386	340	330
2	1524	798	696	251	191	62,1	64	378	408	523	470	213	221	165	135	376	292	234	290	274	79	709	330	404	361	351
1	1956	1011	886	315	251	92,5	104	488	528	688	622	249	282	224	185	521	401	358	432	406	97	937	401	505	480	472
	1981	1024	897	318	254	94,3	104	495	533	693	630	257	284	229	188	526	409	366	442	417	99	953	406	513	485	478

Tabel 3. Tabel menselijke gewrichtsafmetingen waarbij relevante waarde zijn gemarkeerd.

De data uit tabel "Menselijke gewrichtsafmetingen" is omschreven in tabel 5 die verwijst naar tekening 4. De schuin gedrukte lengte maten in tabel 5 beschrijven uitwendige maten van het lichaam. Met deze uitwendige maten worden bot, spier en vet bedoeld waar rekening mee wordt gehouden.



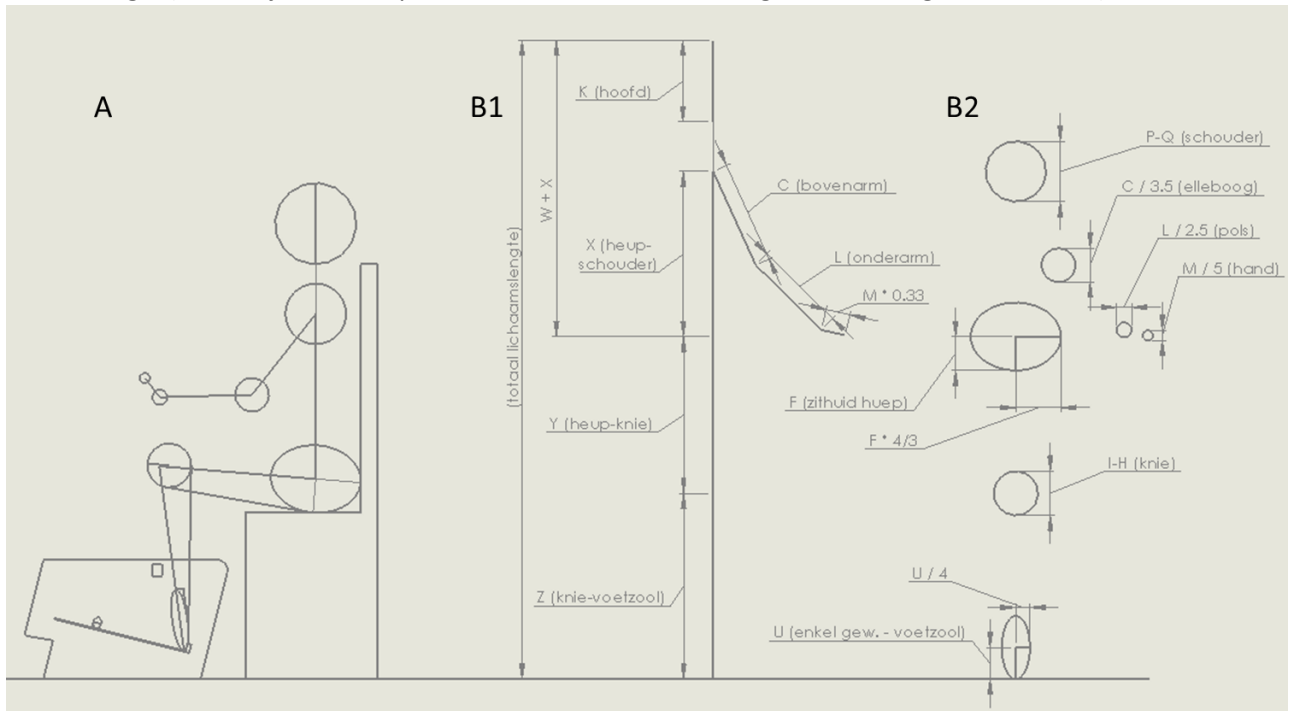
Figuur 1. Maatlijnen verwijzing tabel 4.

		1	2	3
Aanduiding		P90 man 20-30	P10 vrouw 60+	P10 meisje 12-13
Lengte	Omschrijving (tekening 3)	(1951) 1956	(1522) 1524	(1460) 1448
K	Hoofd	249	213	211
W + X	Samen gesteld	906	734	701
X	Schouder-Heup	505	404	386
Y	Heup-Knie	480	361	340
Z + U	Samen gesteld	569	430	406
C	Bovenarm	315	251	241
L	Onderarm	282	221	213
M	Hand ($M \cdot 1/3$)	75	55	52
P-Q	Cirkel schoudergewicht	163	142	133
C/3,5	Cirkel ellebooggewicht	90	72	69
L/2,5	Cirkel polsgewicht	113	88	85
$M \cdot 1/5$	Cirkel hand	45	33	31
I-H	Cirkel kniegewricht	158	150	112
F	1/2 ellips breedte heupgewricht	104	64	64
$F \cdot 4/3$	1/2 ellips lengte heupgewricht	139	85	85
U	1/2 ellips = enkel hoogte	97	79	76
$U \cdot 1/4$	1/2 ellips breedte	24	20	19
Lengte	(U+W+X+Y+Z)	1955	1525	1447

Tabel 4. Overzicht van alle lichaamslengte maten welke gebruikt worden voor de 'stick figure' modellen. Dit zijn de gemarkeerde waarde uit tabel 4.

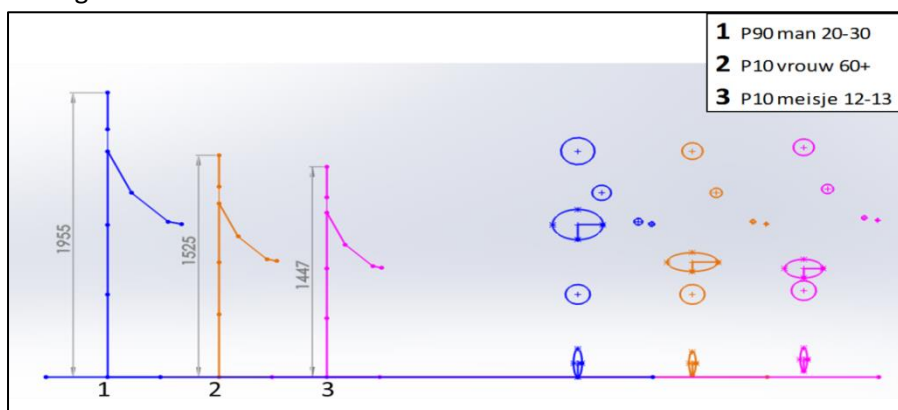
2.2.2. Mens model SolidWorks

Met behulp van het technisch tekenprogramma SolidWorks is er een 'stick figure' model vervaardigd waarin alle maten uit tabel 5 zijn toegepast. De wijze waarop alle maten worden toegepast is te zien in tekening 5 (Deze wijze van toepassen verklaart tevens de volgorde van lengtes uit tabel 5).



Tekening 5. Links (A) is een compleet model in zit weergegeven waarvan alle lijnstukken gekoppeld zijn aan de corresponderende lijnstukken rechts (B) opgesplitst in B1 lengte maten en B2 uitwendige maten verwijzing tabel 5.

Voor het maken van een model is gekozen voor SolidWorks. In SolidWorks is een optie waarmee lijnstukken met dezelfde lengte aan elkaar kunnen worden gekoppeld. Door de maten op de plaats van de letters in te vullen (zie; tekening 5, B1 en B2) wordt daarop direct het model aangepast (tekening 5A). Omdat er drie mens modellen met verschillende lichaamsmaten worden beschreven komen soms ook variërende uitkomsten als resultaat uit bepaalde variabelen (beschreven bij Modellen). De maten die gemeten worden in SolidWorks zijn slechts aannames aan de hand van modellen en tabel gegevens, deze zouden kunnen afwijken van de werkelijkheid. In tekening 6 is te zien hoe de drie SolidWorks modellen zich ten opzichte van elkaar verhouden in rechtopstaande houding



Tekening 6. De drie verschillende modellen naast elkaar.

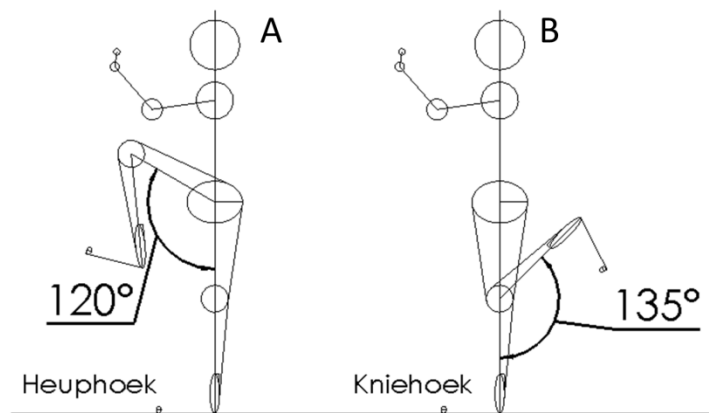
Eis 9: De opstelling wordt ontworpen voor drie modellen die de doelgroep afgrenzen; de kleinste (P10 meisje 12-13 jaar), langste (P90 man 20-30 jaar) en ouderen (P10 vrouw 60+).

2.2.3. Bewegingsuitslagen menselijk lichaam.

Bij het ontwerpen van een zit-scan-opstelling dient er rekening te worden gehouden met de beperking van gewrichtsuitslagen. De gewrichten van een lichaam zijn passief beperkt tot een maximale hoekuitslag. Dit wil zeggen dat een gewricht niet verder kan bewegen doordat betrokken ligamenten een uiterste toelaatbare lengte bereiken over dit gewricht. Bij het ontwerpen dient met de beperking van de volgende gewrichten rekening te worden gehouden;

- De gemiddelde maximale excursie bij een passieve beweging van een normaal heupgewricht, bedraagt in de flexierichting ten opzichte van de nulstand 120 graden.
- De gemiddelde maximale excursie bij een passieve beweging van een normaal kniegewricht, bedraagt in de flexierichting ten opzichte van de nulstand 135 graden.

De bewegingen zoals hierboven beschreven, worden gemeten vanuit de anatomische houding. De nulstand van de gewrichten in de anatomische houding is een rechtopstaande houding van het lichaam. In het ontwerp worden de hoeken niet vanuit de anatomische stand beschreven maar vanuit het betrokken gewricht. 120° anteflexie in het heupgewricht betekent voor de heuphoek in het ontwerp een hoek van ($180^\circ - 120^\circ =$) 60°. In het kniegewricht betekent een flexie van 135° voor de kniehoek in het ontwerp een hoek van ($180^\circ - 135^\circ =$) 45°. In het enkelgewricht bepaalt de scanner de hoek die de enkel in de dorsaalflexie richting maakt (zie; Enkel houding in de scanner).



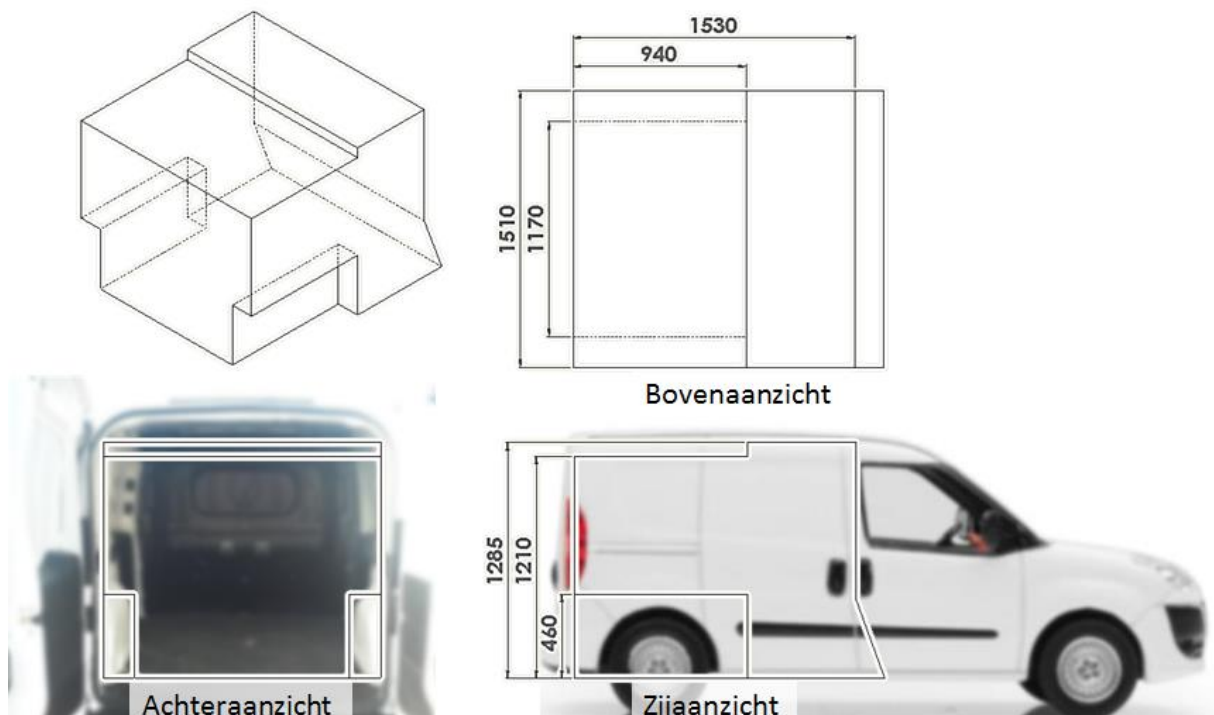
Tekening 7. Uiterste hoekstand van de heuphoek (A) en de kniehoek (B).

Eis 10: -De hoekstandsmogelijkheid van de heup is anatomisch in anteflexie richting beperkt en ligt tussen 60° en 180°.

Eis 11: -De hoekstandsmogelijkheid van de knie is anatomisch in flexie richting beperkt en ligt tussen 45° en 180°.

2.2.4. Binnenmaten van de auto.

Het bedrijf heeft een bedrijfsauto Fiat Doblo cargo 263. De auto heeft aan de achterzijde twee openslaande deuren en aan de rechterzijde van de auto een schuifdeur. In deze auto wil het bedrijf een zit-scan-opstelling gerealiseerd hebben. Het bodemvlak is door EXO-L voorzien van een 20 mm dikke MDF plaat, ook de wielkasten zijn voorzien van een rechthoekige houten betimmering. Om inzicht te krijgen in de werkbare binnenruimte van de auto, is een driedimensionale technisch tekening gemaakt met deze afmetingen van de auto (zie; tekening 8). Maten in de tekening zijn bij het opmeten al zonodig tot halve centimeters naar beneden afgerond.



Tekening 8. Werkbare maten (in mm) van de binnenruimte van de auto.

De uiterste hoogte (U) van de bodem van de auto tot het dak bedraagt 1285 mm. Wanneer een veiligheid afstand van 50 millimeter als acceptabel wordt gekozen, komt de uiterste hoogte voor een zit-scan-opstelling uit op $(1285-50)$ 1235 mm.

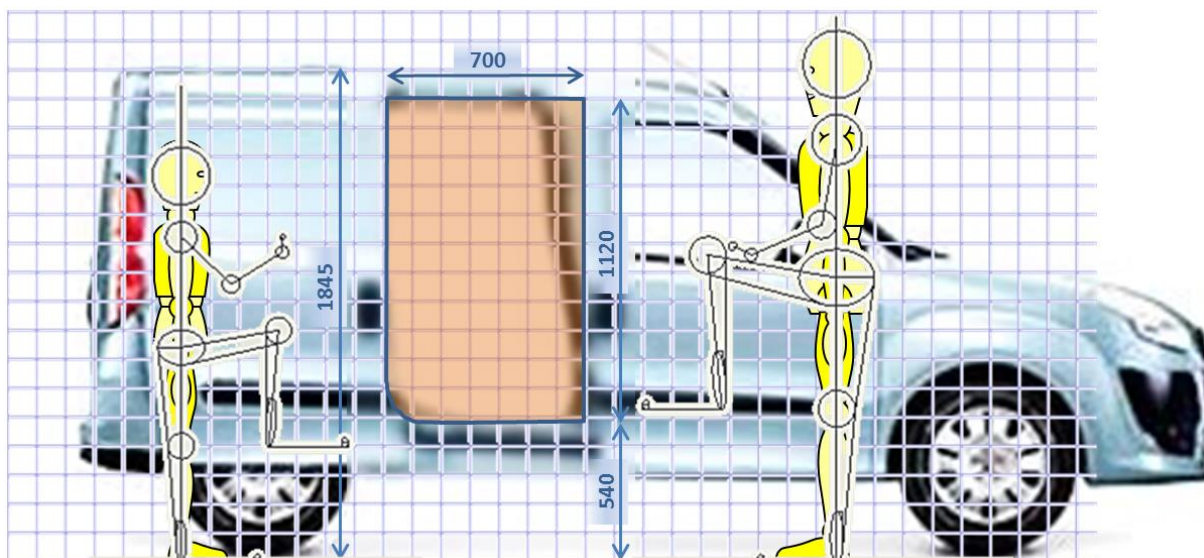
Eis 12: De modellen in het ontwerp waarbij de auto wordt toegepast mogen niet hoger steken dan een verticale hoogte van 1235 mm vanaf het bodemvlak.

2.2.5. Bewegingsanalyse, instappen in de auto.

Aan de rechter zijkant van de auto zit een schuifdeur, het bodemvlak (laaddrempel) bevindt zich hier op een hoogte van 540 mm vanaf de grond. Vanaf deze hoogte begint de ingang van de schuifdeur zoals aangegeven in tekening 9. De uiterste doorganghoogte van deze ingang komt daarmee op $(540+1120)$ een hoogte van 1660 mm ten opzichte van het wegdek (zie tekening 9).

Naar het instappen in de auto is een video bewegingsanalyse verricht. Van deze video zijn screenshots gemaakt, toegevoegd in Bijlage (Bijlage 5, poses 2 t/m 6). Wanneer het proces van instappen tot het zitten in de auto beschouwd wordt, kan deze beweging worden opgedeeld in zes poses met verandering van steunvlak;

- Pose 1: het staan op twee benen buiten de auto.
- Pose 2: het optillen van een been.
- Pose 3: wordt het opgetilde been in de auto gezet.
- Pose 4: het tweede been buiten de auto wordt opgetild.
- Pose 5: op twee benen stand in de auto.
- Pose 6: zitten in de auto.



Tekening 9. Instap hoogte met links een P10 vrouw 60+ model (1524 mm) en rechts een P90 man 20-30 model (1955 mm).

De testpersoon in de video (lichaamslengte 1850 mm) heeft geen specifieke instructies gehad behalve in te stappen. Toch wordt na een aantal keer instappen een automatische voorkeur zichtbaar om met het linkerbeen als eerst de auto in te stappen. Aan de hand van deze manier van instappen worden de zes poses beschreven. In de eerste pose staat een cliënt naast de zij-ingang van de auto, deze pose behoeft weinig uitleg. In de tweede pose heft de cliënt het linker been, dit kan gepaard gaan met de ondersteuning van de rechterhand in of tegen de auto. Hierdoor verplaatst het lichaamszwaartepunt zich boven het standbeen en in de richting van de hand die tegen de auto steunt. Wanneer het opgetilde been in de auto wordt geplaatst, verdeelt het lichaamszwaartepunt zich over het buiten staande been, het binnen staande been en de hand in de auto. Dit is de derde pose. Dit is het moment dat de romp boven dit steunvlak door de deuropening naar binnen wordt bewogen. In de vierde pose wordt de rechterbeen ook opgetild en de auto in bewogen. Het steunvlak wordt nu gevormd door de voet en de hand die al in de auto staan en de linker hand die in de auto wordt bijgeplaatst. De rechervoet wordt nu achter/onder het linkerbeen door bewogen en naast de andere voet geplaatst, dit vormt de uitgangspositie van de vijfde pose. Het steunvlak wordt nu bepaald door de twee voeten en de twee handen. Nu kan de cliënt gemakkelijk gaan zitten, dit is de laatste fase. Pose zes, het steunvlak wordt nu gevormt door de billen op de zitting en de voeten op het bodemvlak. Wanneer deze stappen worden doorlopen door een persoon waarvan het lichaam lenig of lang genoeg is, is het instappen op deze manier wel mogelijk. Echter is het niet voor iedereen mogelijk het bovenbeen hoog genoeg te heffen om deze in één keer op het bodemvlak in de auto te plaatsen. Voor een opstapje of "optrede" toegepast op overige gebruiksfuncties dan een reguliere trap van een woning geldt een maximale hoogte van 210 mm (Bouwbesluit, 2012). Door het plaatsen van een opstapje met een optrede van 180 mm wordt voor de gehele doelgroep een oplossing geboden voor de instaphoogte.

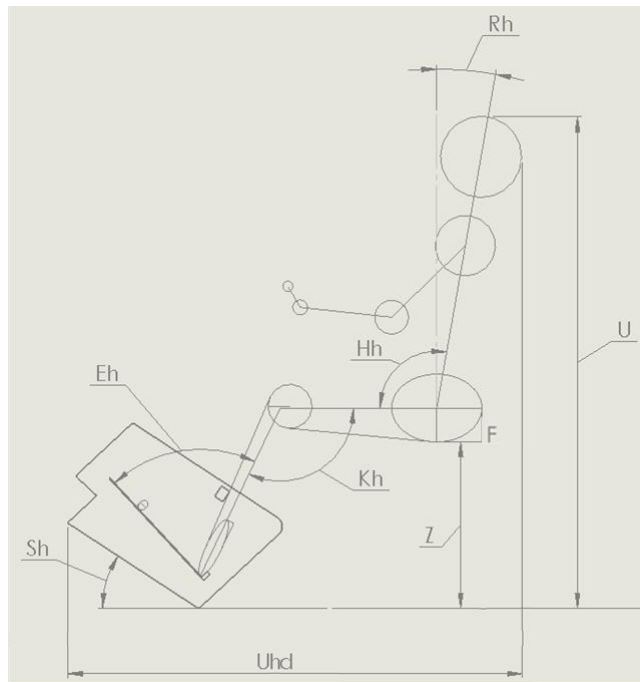
Eis 13: Er moet voor instappen aan de zijkant van de auto een opstapje bijgeplaatst worden met een optrede van 180 mm.

2.3. Modellen.

Bij een ontwerp voor een zit-scan-opstelling dient voor de benodigde ruimte met twee aanzichten rekening te worden gehouden, namelijk zijaanzicht en bovenaanzicht. In het zijaanzicht wordt vooral rekening gehouden met mogelijkheden en beperkingen van gewrichtshoekuitslagen vanuit anatomisch perspectief. Daarbij wordt gekeken naar de uiterste hoogte van het model in een ontwerp. De modellen zijn in verschillende houdingen gezet.

2.3.1. Variabelen in het zijaanzicht

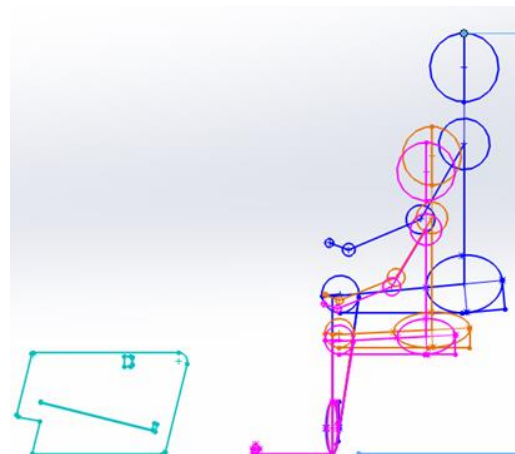
Als eerst wordt het ontwerp voor het zijaanzicht uitgewerkt. Het ontwerp van het zijaanzicht wordt bepaald door negen variabelen. Deze variabelen zijn; het fixatiepunt (F), de uiterste hoogte (U), de zithoogte (Z), de scannerhoek (Sh), de enkelhoek (Eh), de kniehoek (Kh), de heuphoek (Hh) en de romphoek (Rh), zie tekening 10. Voor het ontwerp in het zijaanzicht wordt er voor de ontwerprijheid vanuit gegaan dat er geen beperking in beenlengte (uiterste houdingsdiepte, Uhd) is. De uiterste hoogte (U) is niet instelbaar maar het resultaat van de instellingen van alle andere variabelen. Wel is de uiterste hoogte een bepalende factor wanneer er een maximale hoogte voor de zit-scan-opstelling bestaat. De hoek die de enkel in de scanner maakt (Eh) is verkregen met behulp van de testmeeting onder 27 proefpersonen (zie; Enkel houding in de scanner). Een aantal van de variabelen zijn beperkt naar wens instelbaar. Dit zijn het fixatie punt(F), de kniehoek (Kh), de heuphoek(Hh), romphoek (Rh), de scannerhoek (Sh) en de zithoogte (Z).



Tekening 10 Zie tekst voor uitleg.

Eis 14: Het streven is naar een ontwerp die voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid van de variabelen vereist.

Voor de zit-scan-opstelling wordt als uitgangshouding de neutrale zithouding gekozen. Deze neutrale zithouding houdt in dat de voeten plat op de grond staan en het enkelgewricht, het kniegewricht en het heupgewricht in een 90° houding staan (zie tekening 11). Wanneer de modellen met verschillende lichaamslengtes in een neutrale zithouding worden geplaatst valt direct het eerste effect van het lengteverschil van de drie modellen op. Namelijk het verschil in zithoogte en zitdiepte tussen de modellen onderling. Er kunnen verschillende concepten worden gemaakt waarbij de scanner wordt toegepast op de normale zithouding.



Tekening 11. Neutrale zithoogte zonder scanner; enkel 90°, knie 90°, heup 90°. Uitgelijnd op; enkel/hiel.

2.3.2. Variabelen in het bovenaanzicht

Het bovenaanzicht beschrijft technisch de vloeroppervlakte die benodigd is voor de zit-scan-opstelling. Er zijn twee variabelen toonaangevend voor het bovenaanzicht; de zitbreedte (Zb) en de uiterste houdingsdiepte (Uhd). Het bovenaanzicht krijgt pas een invulling wanneer een definitief ontwerp bekend is uit het zijaanzicht.

3. Eisen (en Wensen)

De eisen die na ieder stukje analyse tot stand zijn gekomen zijn hier nog een keer opgesomd. De wensen zijn mondeling vanuit EXO-L voortgekomen.

Eisen:

- 1. Het “basis component” van de Stand-Alone-Scanner dient als scanner unit te worden gebruikt voor de zit-scan-opstelling.
- 2. Naast de standaard accu van de auto moet een extra stroombron van minimaal 17 Ampère uur in de auto worden geplaatst voor de extra elektrische componenten.
- 3. De scanner moet stabiel en gefixeerd tijdens het scannen kunnen worden opgesteld.
- 4. De scanner mag tijdens het scannen niet veel daglicht opvangen, het licht wordt bij voorkeur gedimd.
- 5. De scanner mag niet worden blootgesteld aan vocht, stof en vuil.
- 6. De scanner moet veilig gefixeerd kunnen worden vervoerd.
- 7. Van ieder ontwerp wordt een variant van de enkelhoek in 65° en een variant van de enkelhoek in 72° uitgewerkt. Alle tussenliggende hoekvarianten zijn ook mogelijk.
- 8. Het enkelgewrichtpunt wordt in het belang van het ontwerp gekozen op het snijpunt van het voet-lijnstuk en het onderbeen-lijnstuk.
- 9. De opstelling wordt ontworpen voor drie modellen die de doelgroep afgrenzen; de kleinste (P10 meisje 12-13 jaar), langste (P90 man 20-30 jaar) en ouderen (P10 vrouw 60+).
- 10. De hoekstandsmogelijkheid van de heup is anatomisch in anteflexie richting beperkt en ligt tussen 60° en 180°.
- 11. De hoekstandsmogelijkheid van de knie is anatomisch in flexie richting beperkt en ligt tussen 45° en 180°.
- 12. De modellen in het ontwerp waarbij de auto wordt toegepast mogen niet hoger steken dan een verticale hoogte van 1235 mm vanaf het bodemvlak.
- 13. Er moet voor instappen aan de zijkant van de auto een opstapje bijgeplaatst worden met een optrede van 180 mm.
- 14. Het streven is naar een ontwerp die voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid van de variabelen vereist.

Wensen:

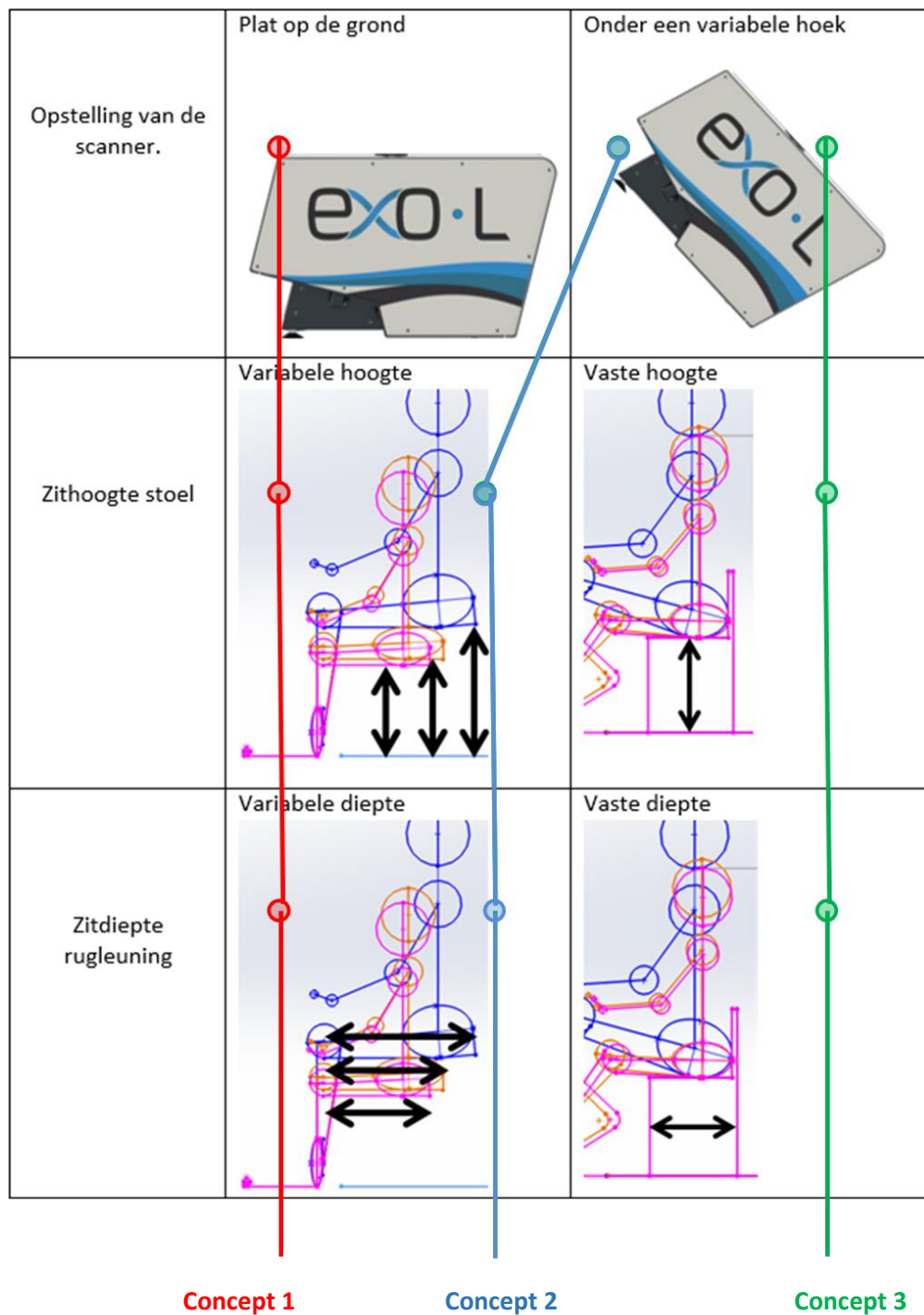
- a. Opberg ruimte voor klein materiaal onderweg.
- b. Folderdisplay in de auto voor de “Point of sale” materiaal (posters en informatie flyers).
- c. Het geheel ontwerp moet de professionele EXO-L huisstijl uitstralen.

Het streven is naar een ontwerp die voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid vereist.

4. Concepten.

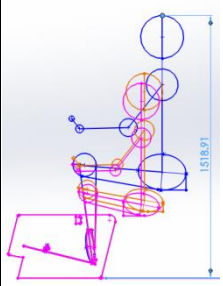
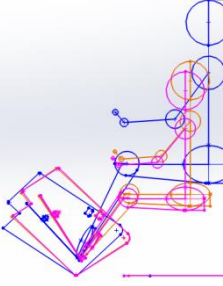
4.1. Morfologische kaart.

In de morfologische kaart worden verschillende mogelijkheden benaderd die kunnen leiden naar concept ontwerpen. Hieruit worden 3 concepten samengesteld. De concepten worden beoordeeld met een waardering waarna één concept tot het beste ontwerp leidt voor het advies van een ergonomisch verantwoorde zit-scan-opstelling.



4.2. Kardinale methode.

Er wordt een waardering van 1 t/m 3 toegepast op variabelen die de instelbaarheid beïnvloeden. Een oplossing die de minste instelbaarheid vereist krijgt de hoogste waardering (=3). Een oplossing die veel instelbaarheid vereist krijgt een lage waardering (=1).

	Concept 1	Concept 2	Concept 3
			
Gemak scanner toepassing	3	1	1
Zithoogte	1	1	3
Rugleuning	1	1	3
Ruimte om de scanner te benaderen	1	2	3
Totaal	6	5	10

In concept 1 is de bodem van de scanner gelijk gehouden met horizontaal (de vloer). De zithoogte is gelijk gehouden aan de neutrale zithoogte (tekening 11). De verschillende modellen zijn uitgelijnd door de scanner een vaste positie te geven, met als effect dat de positie van de rugleuning varieert.

In concept 2 blijft het bovenbeen horizontaal evenwijdig met de zitting. Dit zorgt er voor dat de scanner met de voorrand moet kantelen op het grondvlak. De verschillende modellen zijn uitgelijnd aan het kantelpunt van de scanner hierdoor varieert ook hier, net als bij concept 1, de positie van de rugleuning.

In concept 3 is iets afgeweken van de neutrale zithouding voor de modellen. De positie van de zithoogte en de rugleuning zijn namelijk voor alle modellen gelijk gebracht naar de zithoogte en zitdiepte van het kleinste model in neutrale zithouding, twee verstellingen komen hiermee te vervallen. Er komt één verstelling voor in de plaats. Dit is de variërende horizontale positie van de scanner voor ieder model ten opzichte van de zitting / stoel. De scanner komt onder een hoek te staan en maakt een kantelpunt met het grondvlak net als bij concept 2.

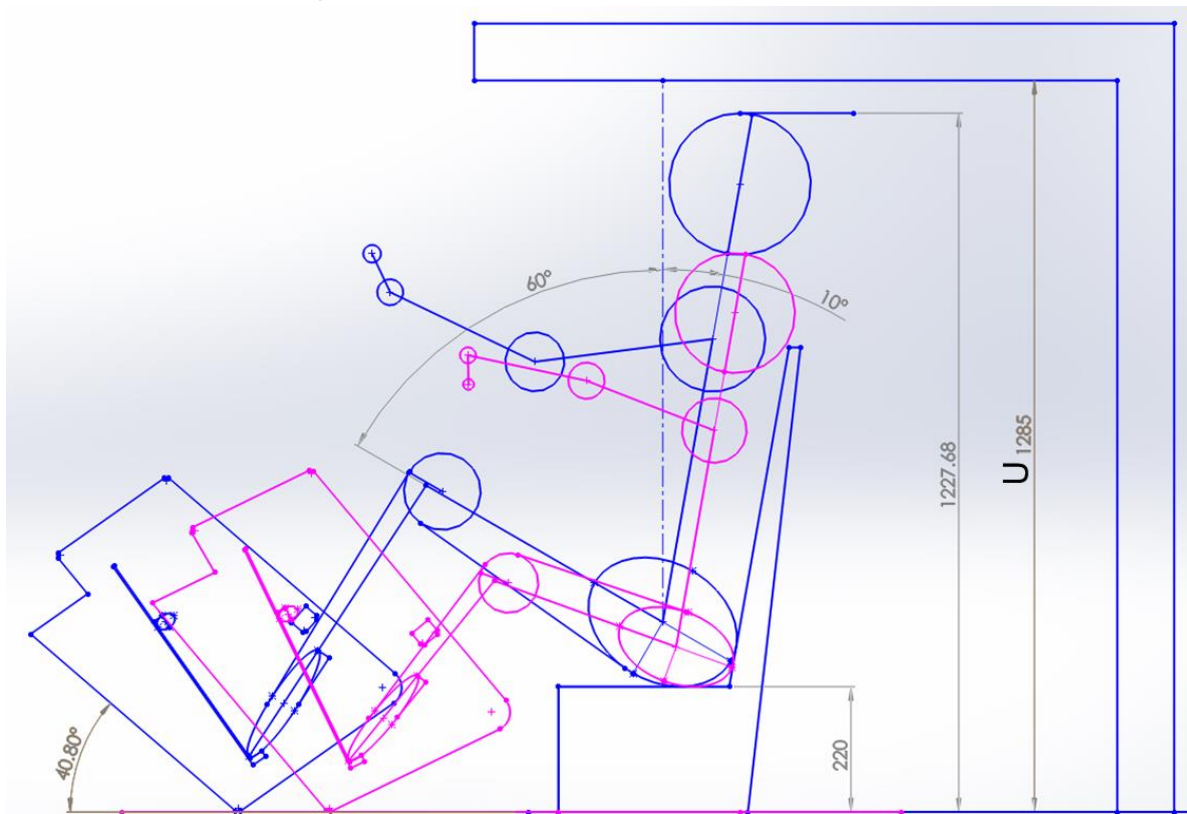
5. Tussenevaluatie.

Uit de score komt concept 3 als beste model uit de morfologische kaart. De enige verstelling in dit concept is de afstand van de scanner tot aan de stoel. Er treden geen beperkingen op in de betrokken hoekstanden van de heup,- of kniegewrichten en er is genoeg ruimte tussen de stoel en de scanner om deze te kunnen benaderen. Concept 3 is het meest ideaal om uit te werken tot een

ontwerp voor een ergonomisch verantwoorde zit-scan-opstelling. Omdat er in dit ontwerp nog geen rekening wordt gehouden met de beperkingen van de huidige bedrijfsauto past iedere uiterste houdingslengte uit de doelgroep in dit ontwerp. Het langste model (P90 man 20-30) in dit concept heeft een hoogte van 1372 mm. Helaas is dit te hoog voor de huidige bedrijfsauto. Om een zit-scan-opstelling in de huidige bedrijfsauto te kunnen opstellen moet rekening worden gehouden met de beperkingen van deze specifieke auto. Naar aanleiding van deze twee factoren is de analyse een deel uitgebreid.

6. Tweede analyse

6.1 Variabelen in het zijaanzicht.



Tekening 12. Langste model P90 man 20-30 samen met beperkte vrijheden; Uiterste hoogte (1285 mm), zithoogte (220 mm) en romphoek (10°).

In het zijaanzicht (tekening 12) zijn de beperkende variabelen van de bedrijfsauto meegenomen. Er wordt voornamelijk rekening gehouden met het grootste model (*P90 man 20-30, lengte 1955 mm*) omdat deze lichaamslengte de meeste beperking oplevert voor de variabelen. Het kleinste model is ook in de tekening geplaatst, om duidelijk te maken dat deze nog steeds wel in dezelfde opstelling past. De uiterste binnen hoogte (1285 mm) van het dak van de bedrijfsauto is vooraf als vaste waarde opgegeven. In een eerdere eis werd al gesteld dat voor de veiligheid de maximale houdingshoogte niet hoger zou mogen steken dan 1235 mm. Hier wordt de lengte van de uitwendige zithuid + heupgewricht tot de bovenkant van het hoofd ($906 + 104$ mm, zie; tabel 4, F, W, X) vanaf gehaald. De hoogte die nu over blijft is de maximale hoogte van de zitting namelijk, $1235 - (906 + 104) = 225$ mm, afgerond 220 mm.

Er is een kanteling van 10° naar achter toegepast in de rugleuning. Deze 10° kanteling brengt twee voordelen mee. Het heupgewricht is in anteflexie richting beperkt tot 60° (zie; 2.2.3. Bewegingsuitslagen menselijk lichaam), door de romp 10° naar achter te kantelen biedt dit ten opzichte van de scanner 10° extra bewegingsvrijheid. Anderzijds kan de 10° ook worden gebruikt om de knie nog verder te kunnen flecteren. De heuphoek kan naar 60° worden gebracht en dit laat een kleinere kniehoek toe. De bovenrand van de rugleuning heeft een hoogte van 820 mm vanaf het bodemvlak. Hiermee worden, door middel van de rugleuning, de langste mensen tot de schouder, en de kleinste mensen tot het hoofd ondersteund.

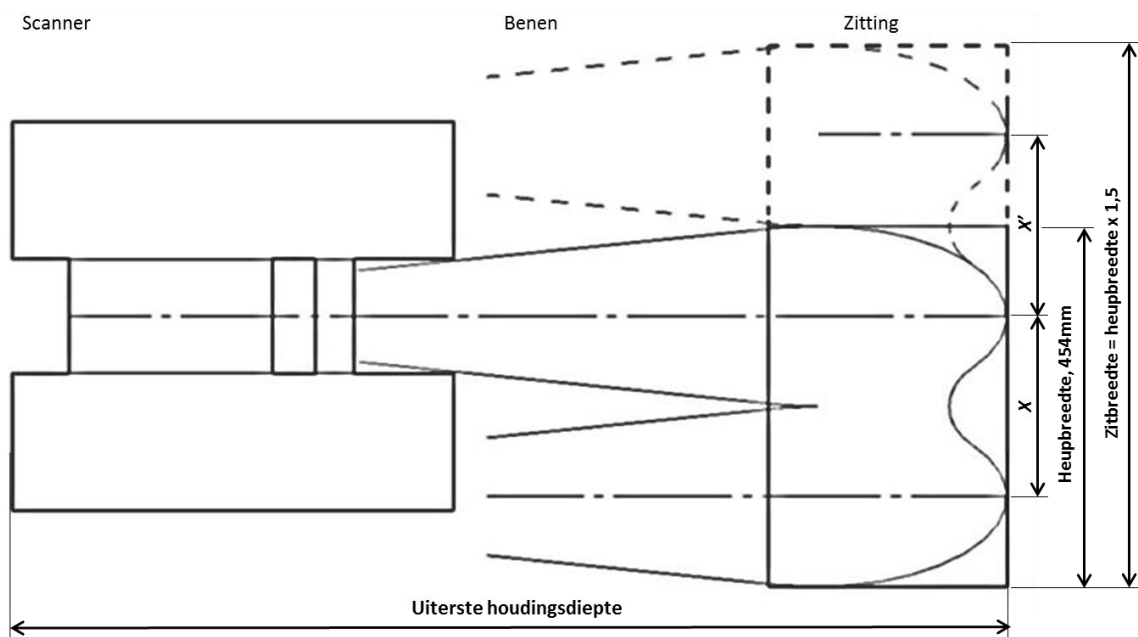
6.2 Variabelen in het bovenaanzicht.

Uiterste houdingsdiepte

Zoals in de drie concepten vanuit het zijaanzicht zichtbaar is, is de uiterste houdingsdiepte afhankelijk van de lichaamslengte van de cliënt. Het langste model, *P90 man 20-30 (1955 mm)*, neemt de meeste ruimte in en is daarom toonaangevend voor de uiterste houdingsdiepte.

Zitbreedte

Voor de zitbreedte is gezocht naar de breedste uitwendige afmeting van de heup (zie; Antropometrie, tabel 4 en figuur 3; t). De breedste afmeting voor de heup wordt gevonden bij de P90 van *Dutch adults dined2004 (selectie; DINED 2004 (60 plus))* met een breedte van 454 mm. Beide benen zullen worden gescand. De scanner kan verplaatst worden ten opzichte van de cliënt of de cliënt verplaatst zich ten opzichte van de scanner. Gezien de gevoeligheid en het gewicht van de scanner (zie 2.1.3. Gevoeligheid van de scanner) is het verplaatsen van de client een betere optie.



Tekening 13. In dit bovenaanzicht van de zitting en de scanner wordt een verklaring voor de breedte van de zitting gegeven.

Vanuit het boven perspectief komen de symmetrielijnen van de scanner en de stoel op één lijn met elkaar te liggen. Het been waarmee een cliënt in de scanner staat komt hierbij ook in het verlengde van de symmetrielijnen van de scanner. Om aansluitend de andere enkel te scannen, verplaatst de cliënt vervolgens een halve heupbreedte (zie tekening 13, x'), om opnieuw met het linker been in het verlengde van de scanner symmetrielijnen uit te komen. De zitbreedte wordt dus anderhalf keer de heupbreedte, dit is 681 mm ($454 \times 1,5$).

Eis: Het zitvlak van de stoel komt op een hoogte van 220 mm vanaf de auto bodemvlak.

Eis: De stoel wordt uitgebreid met een rugleuning die vanaf verticaal 10° naar achter wordt gekanteld.

Eis: De zitbreedte van de stoel moet 681 mm worden.

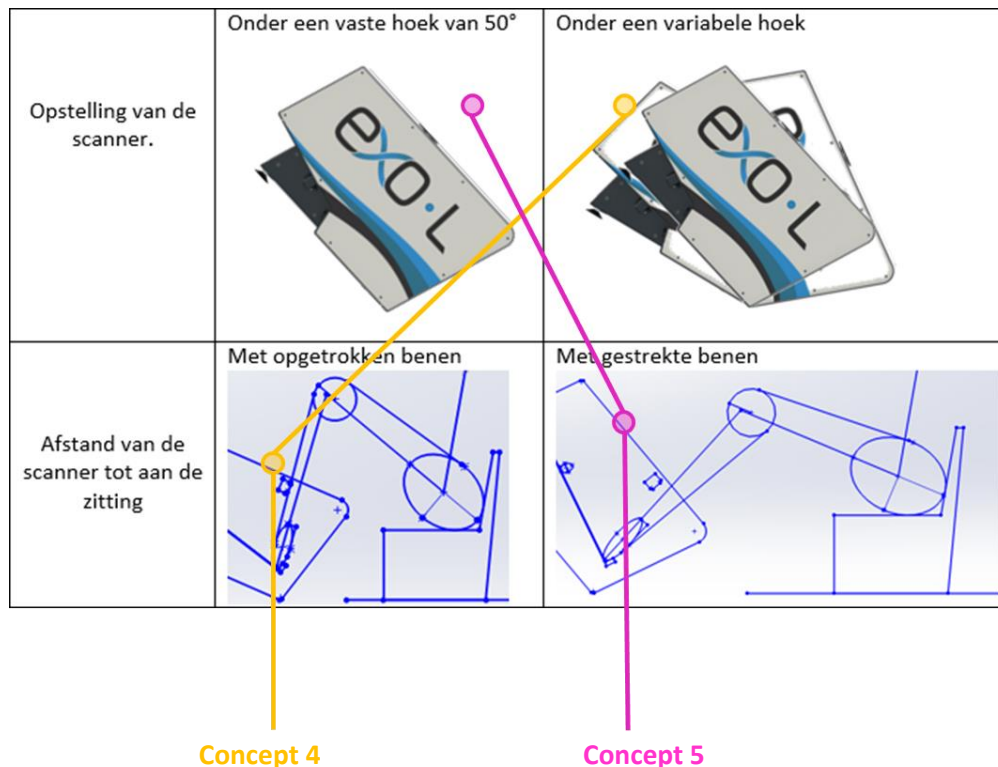
7. Aanvullende eisen (en Wensen)

- 15. Het zitvlak van de stoel komt op een hoogte van 220 mm vanaf de auto bodemvlak.
- 16. De stoel wordt uitgebreid met een rugleuning die vanaf verticaal 10° naar achter wordt gekanteld.
- 17. De zitbreedte van de stoel moet 681 mm worden.

8. Alternatief ontwerp.

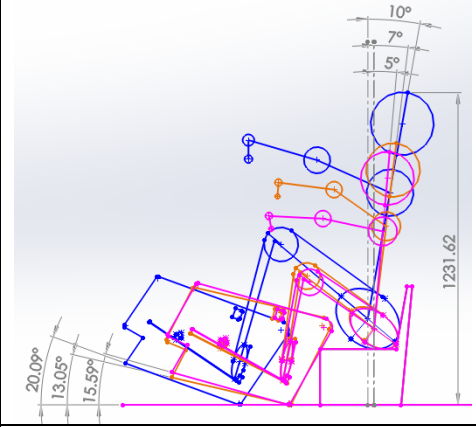
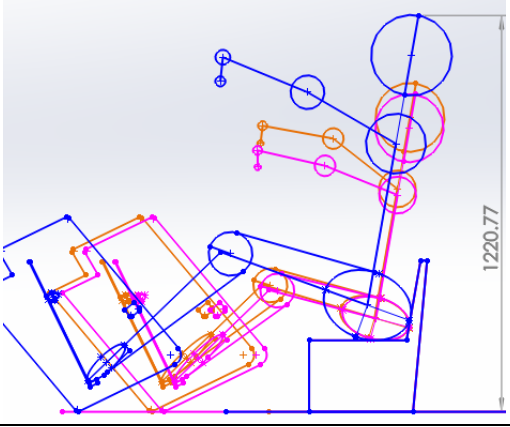
8.1. Morfologische kaart.

In het adviesontwerp zaten een aantal variabelen waar een hoge waardering aan werd gegeven. Daarom is bij het alternatieve ontwerp gekozen om een aantal van deze variabelen direct vanaf het begin toe te passen. De volgende variabelen komen niet opnieuw terug in de tweede morfologische kaart; de vaste zithoogte en de vaste zitdiepte van de zitting. Het vastleggen van de zithoogte en de zitdiepte brengt automatisch wel een nieuwe variabele met zich mee, de verstelling van de afstand van de scanner tot aan de zitting. Het optrekken van de benen is gekoppeld aan een variërende kantelhoek van de scanner anders zou de scanner niet meer op de grond kunnen staan. Hieruit worden 2 concepten samengesteld. De concepten worden beoordeeld met een waardering waarna één concept tot het beste ontwerp leidt voor een alternatief van een ergonomisch verantwoorde zit-scan-opstelling.



8.2. Kardinale methode.

Er wordt een waardering van 1 t/m 3 toegepast op variabelen die de instelbaarheid beïnvloeden. Een oplossing die de minste instelbaarheid vereist krijgt de hoogste waardering (=3). Een oplossing die veel instelbaarheid vereist krijgt een lage waardering (=1).

	Concept 4	Concept 5
		
Gemak scanner toepassing	1	2
Ruimte om de scanner te benaderen	1	3
Totaal	2	5

In concept 4 met de opgetrokken benen is het voordeel dat deze opstelling veel minder vloeroppervlakte nodig heeft dan bij concept 2. Voor de verschillende lengte-modellen is wel een verstelmogelijkheid nodig voor de scanner tot aan de zitting. Ook is een verstelling nodig voor het kantelen van de scanner. Echter brengen deze opgetrokken benen als nadeel mee dat er een variërende hoek van de scanner met de grond ontstaat. Een tweede nadeel ontstaat doordat beperking van verdere anteflexie mogelijkheid in het heupgewricht, dat de rug los komt van de rugleuning. Er blijft ook geen ruimte meer over om de scanner goed te kunnen benaderen of om het been dat niet gescand wordt naast de scanner te kunnen plaatsen.

In concept 5 is de scannerhoek vastgezet onder een hoek van 50°, zo worden de benen automatisch verder gestrekt. De scanner hoeft hier alleen nog maar versteld te worden in afstand tot de zitting. De scanner staat nu onder een vaste hoek met de grond waarbij alle modellen erin passen. Door de ruimte van het gestrekte been is meteen ruimte genoeg om de scanner te kunnen benaderen en het been dat niet gescand wordt naast de scanner te kunnen plaatsen. Het tweede concept komt met maar één instelling het beste uit de beoordeling om verder uitgewerkt te laten worden tot een ontwerp.

Uit de score komt concept 5 als beste model naar voren. De enige verstelling in dit concept is de afstand van de scanner tot aan de stoel. Er treden geen beperkingen op in de betrokken gewrichtsuitlagen van de heup, - of kniegewrichten. Daarbij is genoeg ruimte tussen de stoel en de scanner om deze bij het instappen te kunnen benaderen. De maximale hoogte vanaf het bodemvlak tot waar een cliënt met het hoofd uitsteekt, is met 1223 mm ook ruim toelaatbaar voor in de auto.

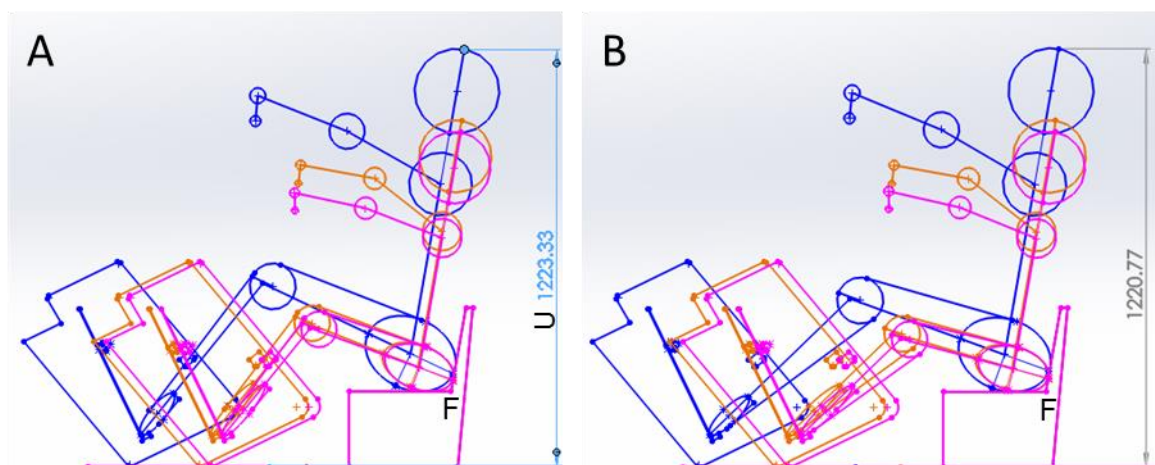
Concept 5 is het meest ideaal om uit te werken tot een alternatief ontwerp voor een ergonomisch verantwoorde zit-scan-opstelling in de bedrijfsauto.

9. Ontwerp van de houding en de zit-scan-opstelling in de bedrijfsauto.

Het eindresultaat van de zit-scan-opstelling en verwezenlijking hiervan in de bedrijfsauto wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt. Uit de voorgaande hoofdstukken zijn verschillende eisen (en wensen) naar voren gekomen en op basis hiervan zijn verschillende concepten bedacht. De verschillende opties zijn in het voorgaande hoofdstuk uitvoerig met elkaar vergeleken en hieruit is gebleken dat concept 5 tot het beste ontwerp leidt. In dit hoofdstuk wordt het ontwerp in de bedrijfsauto geplaatst en gedemonstreerd hoe de opstelling toegepast kan worden voor de hele doelgroep, beschreven door middel van een zij-, - en bovenaanzicht van de modellen in de bedrijfsauto. Vervolgens wordt de toepassing van het ontwerp in de bedrijfsauto toegelicht en verder uitgewerkt tot een totaaladvies. Hier wordt de bediening van de laptop aan toegevoegd waarbij rekening wordt gehouden met de uitvoerbaarheid van de gehele opstelling.

9.1. Houding model zijaanzicht.

Het ontwerp is dubbel uitgewerkt om het bereik aan te tonen van een enkelhoek uitslag van 65° tot 72° . Het verschil in resultaat van 7° verschil wordt duidelijk zichtbaar doordat de ontwerpen nu naast elkaar staan uitgewerkt. In tekening 14 wordt duidelijk dat tussen de verschillende enkelhoeken in de scanner geen beperking leveren op de houding van modellen met dezelfde lichaamslengte.



Tekening 14. Twee ontwerpen onder dezelfde omstandigheden waarbij de scannerhoek maximaal naar voorover is gekanteld (50°). Alleen de enkelhoek varieert; deze is bij A 65° en bij B 72° .

Het model zit gefixeerd met de heup (bil) distaal op de zitting en dorsaal tegen de rugleuning van de stoel. De scannerhoek is nu vast gezet onder een hoek van 50° maar blijft langs de horizontaal richting vrij beweegbaar. De enkelhoek is per tekening in een andere hoek gezet en alle modellen blijven met de rug tegen de rugleuning. Dit betekent dat de romphoek met de verticale as voor alle modellen de vaste waarde van 10° bedraagt. Om deze houding tussen de zitting en de scanner te kunnen handhaven blijven de kniehoek en de heuphoek vrij beweegbaar. De hoekuitslagen die de knie of de heup maken blijven beide binnen het bereik van de maximale gemiddelde hoekuitslag voor dit gewricht (zie; 2.2.3. Bewegingsuitslagen menselijk lichaam). De uiterste hoogte (U) is bij het

model met een enkelhoek van 65° nu 1224 mm hoog (P90 man 20-30). Dit ontwerp vraagt geen onaangename houdingen van de gebruiker. De benen staan in een comfortabele houding en de scanner en de zitting belemmeren elkaar niet. Een bijkomend voordeel is ook dat de benen (knieën) een stuk lager uit vallen waardoor er meer bewegingsruimte voor de armen is wat handig kan zijn voor bijvoorbeeld het bedienen van de scanner.

9.2. Houding model bovenaanzicht.

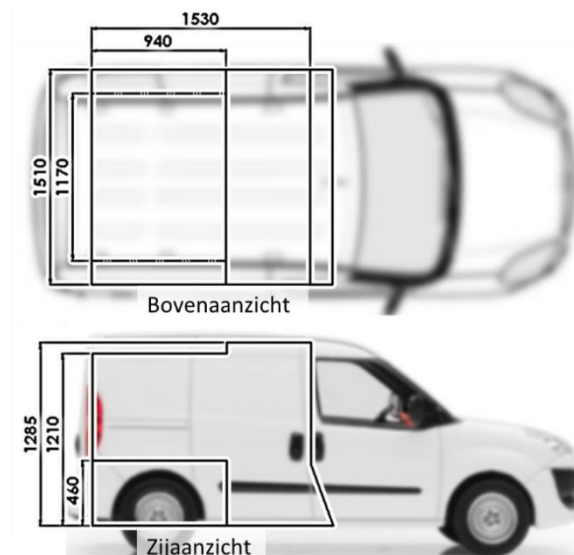
De zitting wordt 300 mm diep (zie tekening 13, zitting). Wanneer, aan de dorsale zijde van het bovenbeen, de zitdiepte van heup/bil tot aan het kniegewricht wordt gemeten, worden de volgende waarden gevonden; bij het kleinste model (*P10 meisje 12-13*) 404 mm en bij het grootste model (*P90 man 20-30*) 512 mm (zie; Antropometrie, tabel 5; lengte “Y+(heup)”). Bij een zitdiepte van 300 mm worden de benen van alle modellen voor de helft of verder ondersteund. Daarnaast blijft genoeg ruimte over om het been dat niet gescand wordt, tussen de scanner en de zitting in, neer te zetten. Nu het ontwerp van het zijaanzicht bekend is kan de uiterste houdingsdiepte gemeten worden. De uiterste houdingsdiepte (been inclusief scanner) bedraagt 1324 mm.

9.3 Verwezenlijking in bedrijfsauto.

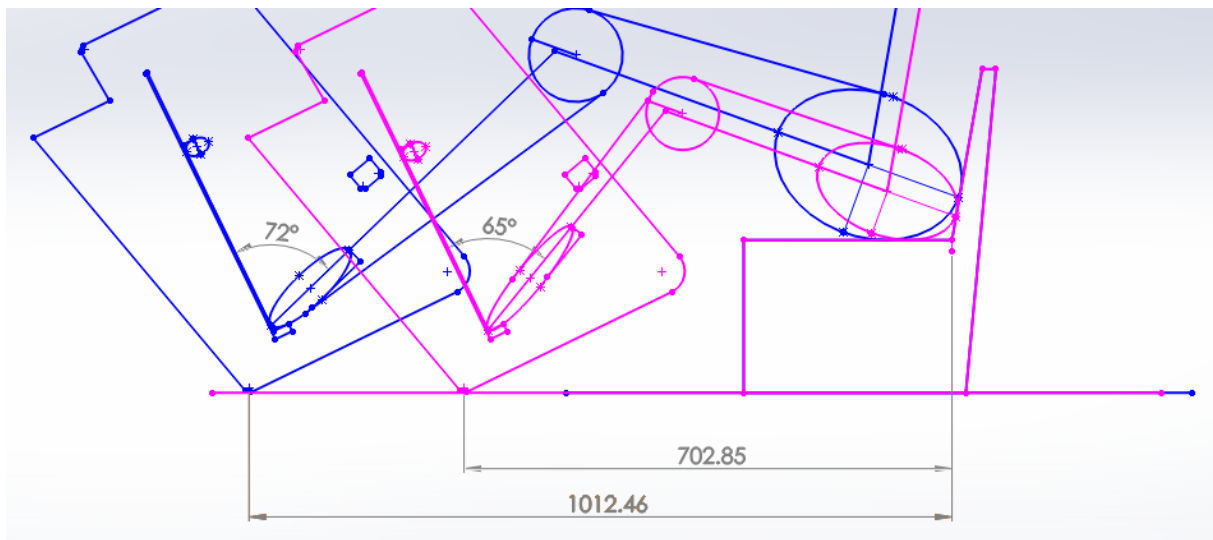
De resultaten die zijn gevonden in de analyse en het ontwerp worden stap voor stap in de Fiat Doblo tot een totale indeling samengevoegd. De indeling wordt in een boven, - of zijaanzicht van de Fiat Doblo (zie; Binnenmaten van de auto, pagina 17) getekend. Om een duidelijk beeld te vormen van de richting waarin de auto staat, zijn er in tekening 15, het boven - en zijaanzicht, maattekeningen over een afbeelding van de auto afgebeeld.

Verplaatsing van de scanner.

Er wordt gestreefd naar een ontwerp dat voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid vereist. Alleen de kniehoek, heuphoek en uiterste hoogte variëren. De uiterste hoogte varieert omdat er drie modellen zijn met verschillende lichaamslengte. De uiterste hoogte op het hoogste punt in de auto, is echter tot 1224 mm toelaatbaar. De kniehoek en heuphoek variëren door de verschillende lichaamslengtes maar vallen tussen de marges van de gestelde eisen. Om het verschil van lichaamslengte in de benen op te lossen, vraagt deze opstelling een verstel mogelijkheid van de scanner ten opzichte van de zitting. De verplaatsing varieert van 702 mm (*P10 meisje 12-13* met een enkelhoek van 65°) tot 1013 mm (*P90 man 20-30* met een enkelhoek van 72°), een verstelling van 311 mm (zie; tekening 16).

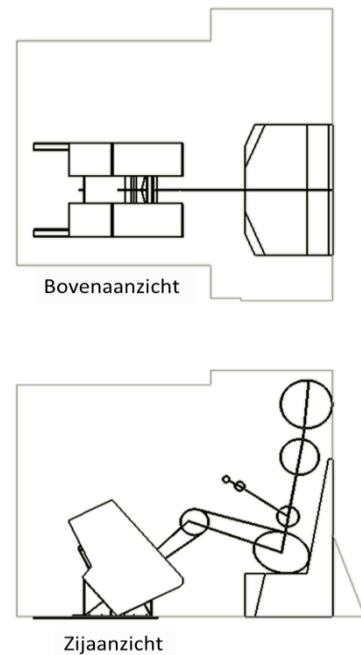


Tekening 15. Richt waarin de auto staat bij de behorende aanzichten.

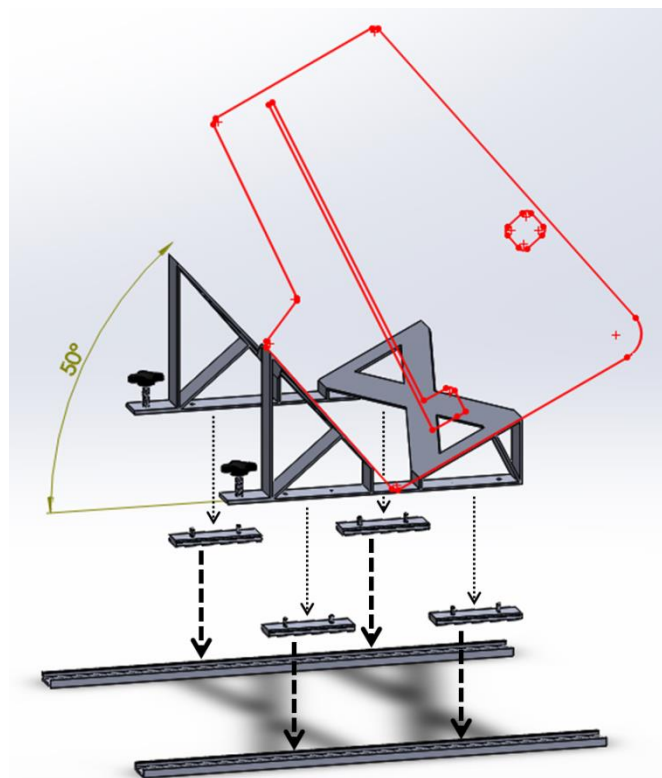


Tekening 16. Bepaling van de benodigde verstelbare afstand die nodig is voor de scanner tot de zitting (in de tekst zijn maten afgerond naar hele mm).

Met behulp van bestaande (koop-) onderdelen; lineaire looprailgeleider en loopwagens (zie Bijlage 6) kan deze verplaatsing worden gerealiseerd. Om de scanner op de loopwagen te zetten is hiervoor een scannerhouder-frame ontworpen. De technische tekening van dit frame is te vinden in Bijlage 7. Zoals in tekening 18 is aangegeven komt de scanner standaard onder een hoek van 50° te staan. Wanneer de loopwagens middels vloermontage worden belast, mag over drie loopwagens een gewicht van 42 kilo worden verdeeld (Ijzerwaren, 2016). Wanneer het frame van staal wordt gemaakt weegt deze $3.86 \approx 4$ kg (zie Bijlage 8) met daarbij de scanner van 29 kg brengt dit het geheel op een totaal gewicht van 33 kg. Vier loopwagens zijn voldoende toelaatbaar om de combinatie plus een voet in de scanner te ondersteunen. De lineaire geleiders hebben een bevestigings diepte van 10 mm. Deze diepte kan uit de 20 mm dikke MDF bodemplaat van de auto worden gefreesd. Door middel van de twee draaiknoppen kan de scanner vervolgens op iedere gewenste afstand vanaf de zitting worden vast gezet (zie tekening 18). De technische tekening van de zitting is te vinden in Bijlage 9. De bovenrand van de rugleuning heeft een hoogte van 820 mm vanaf het bodemvlak. Door middel van de rugleuning worden de langste cliënten tot de schouder ondersteund en de kleinste cliënten worden tot en met het hoofd ondersteund. De verticale voor-randen van de zitting hebben een afgeschuinde hoek gekregen. Deze schuine hoek maakt het makkelijker om de auto in te stappen en biedt tevens extra ruimte om het been dat niet in de scanner staat neer te zetten.



Tekening 17. Toepassing scanner.



Tekening 18. Scanner in een frame scannerhouder (zie in de tekst) toegepast op de lineaire looprail geleiders en loopwagens.

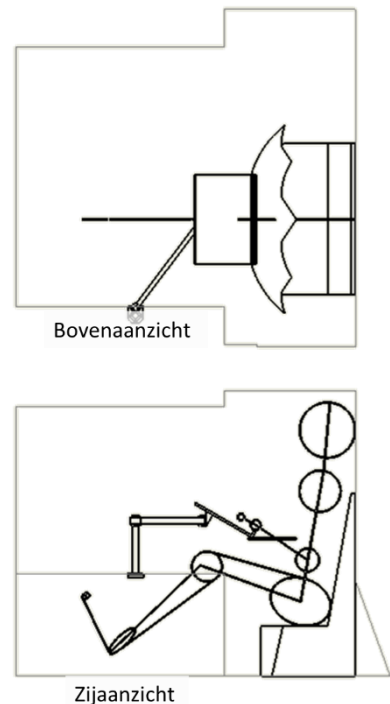
Bediening van de scanner.

Voor de aansturing van de scanner wordt een laptop gebruikt. De laptop wordt geplaatst op een bestaand (koop-) onderdeel; laptop plateau met beweegbare afstandsarm (Beugelsenmeer, 2016). De hoogte plaatsing van het laptop plateau is zo gekozen dat deze vrij boven de scanner langs kan bewegen. Dit is (afgerond) 620 mm hoog. Het laptopplateau wordt bevestigd op de betimmering om de wielkasten. De betimmering om de wielkasten is 460 mm hoog en biedt hiervoor een gunstige ligging. Tekening 19 geeft de bestemming van het laptop plateau met beweegbare afstandsarm weer. De plateau-arm heeft een radiaal bereik van 570 mm.

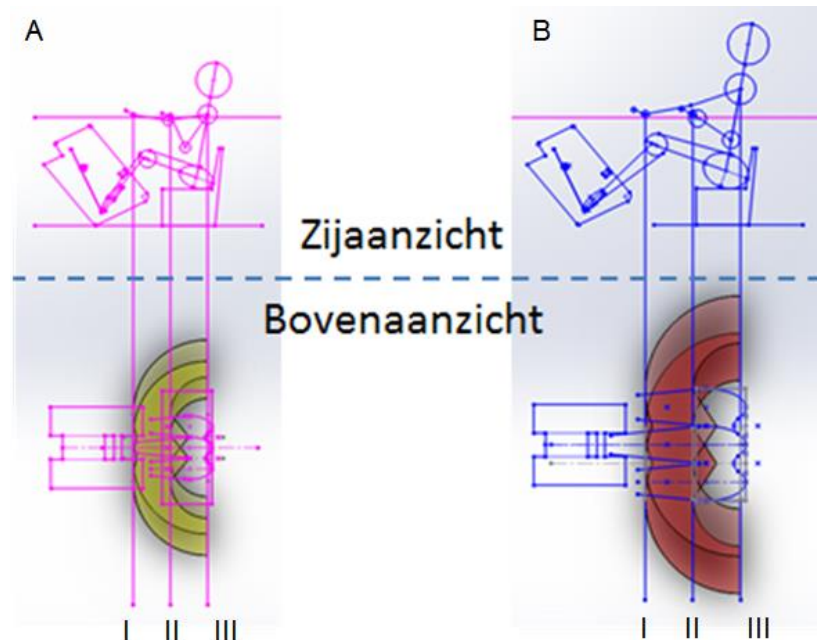
Om te bepalen op welke positie van de betimmering de laptop arm bevestigd moet worden, is een Work Envelope gemaakt (tekening 20 en 21) van de horizontale reikafstand van de armen. Vervolgens wordt het laptop plateau in het totale bereikgebied van de armen geplaatst en daarna het radiaal bereik van plateau-arm naar een positie op de betimmering terug gebracht. In tekening 20 is het volgende terug te zien:

- De positie van de schouder waarbij de rug tegen de rugleuning rust (tekening 20, III). De reikafstand wordt gerekend vanaf de schouder tot de pols.
- De uiterste reikafstand is een gestrekt arm (geanteflecteerd arm) vanaf de schouder tot de pols (tekening 20, I).
- De kortste reikafstand is halverwege een gestrekt arm (dit kan worden bereikt door afhangende boven armen of door abductie in het schoudergewricht)(tekening 20, II).

Er is een reikafstand bepaald voor het P10 (tekening 20A), - en het P90 (tekening 20B)-model. Bij het wisselen van been in de scanner verandert ook de positie van de schouders, daarom zijn er twee Work Envelopes per model over elkaar heen geplaatst te zien in bovenaanzicht van tekening 20. Wanneer de reikafstanden van het kleinste en het langste model over elkaar heen worden geplaatst ontstaat er een gebied waar een overlapping van alle reikafstanden plaatsvindt. In tekening 21 is met een (oranje) kleur dit gebied zichtbaar gemaakt. Dit is het gebied



Tekening 19. Toepassing laptop plateau.

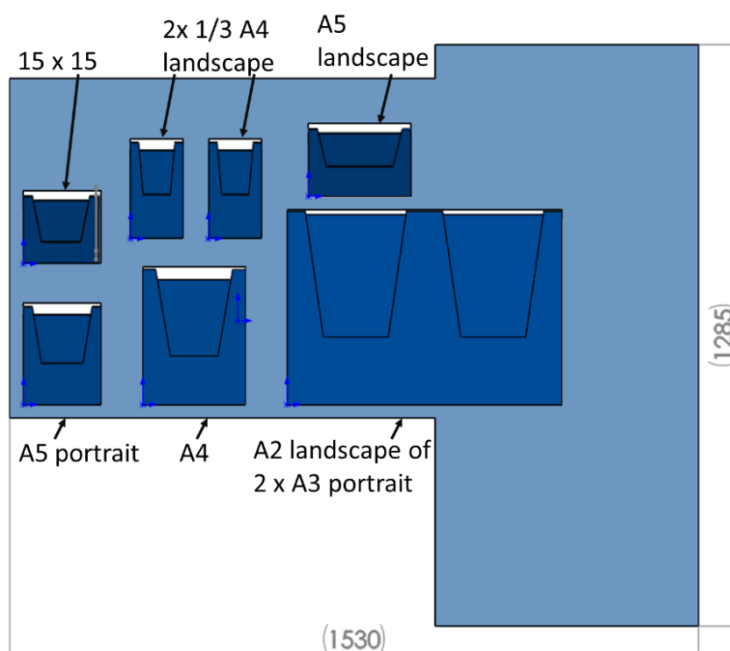


Tekening 20. Work envelope van het horizontaal bereik van de beide armen. A is het bereik van het kleinste model P10. B is het bereik van het langste model P90. I is reikafstand met gestrekte armen, II is reikafstand met gebogen armen en III is de positie van de schouders.

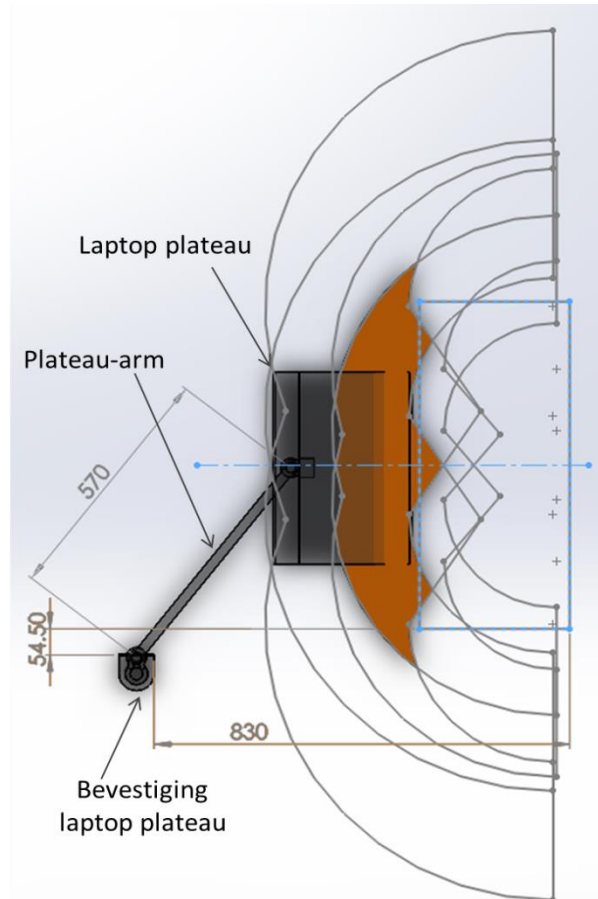
waar de volledige doelgroep met de polsen bij kan komen. In het boven perspectief is de laptop plateau met de voorrand binnen het overlappend gebied gebracht. De symmetrieliijn van het laptop plateau is gelijk aan de symmetrie lijn van de (stoel) zitbreedte gebracht. Dit wil zeggen dat vanaf hier de handen van ieder model, vanuit iedere positie op de stoel, de hele laptop kunnen bedienen. Wanneer nu de plateau-arm wordt terug gebracht tot de betimmering wordt op 830 mm vanaf de achtrand van de zitting de positie voor de bevestiging gevonden.

Folderdisplay

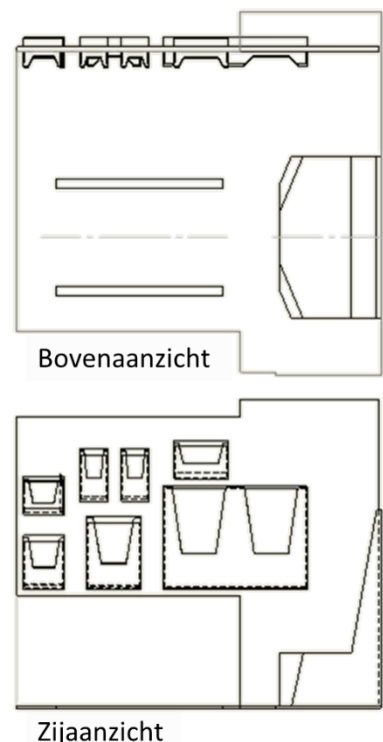
Een wens van EXO-L is om een folderdisplay in de auto te plaatsen. De ruimte boven de linker wielkas van de auto biedt ruimte om deze bestemming. Het display vervuld aan de linker zijde meteen dubbele functie omdat deze meteen voor een afwerking van de binnenzijde zorgt. In dit display moeten uiteenlopende formaten folders en posters passen. In tekening 22 wordt een ontwerp van een folderdisplay weergegeven met een indeling van verschillende maten.



Tekening 22. Folderdisplay, indeling in papier formaat of maat in mm.



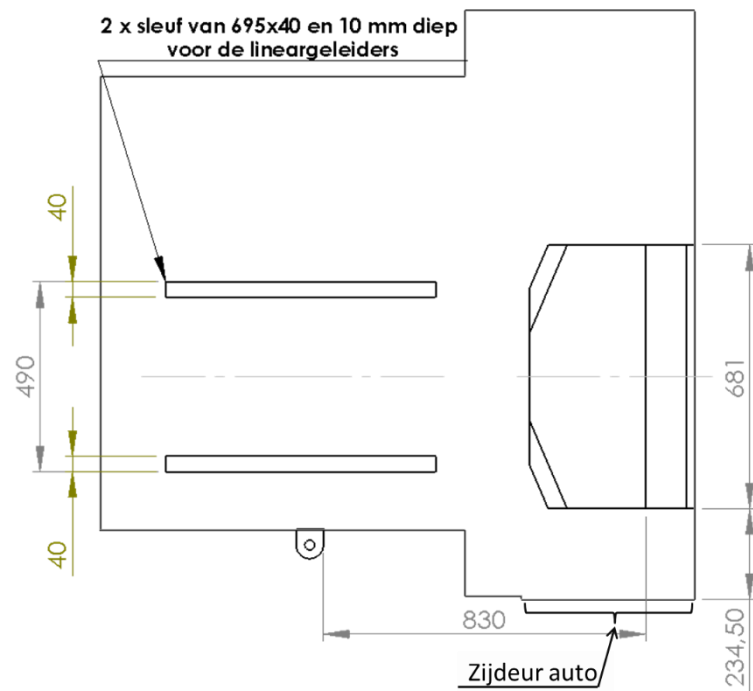
Tekening 21. Bovenaanzicht van het overlappend bereik van de armen met daarin de positie waarop het laptop plateau moet worden bevestigd ten opzichte van de zitting.



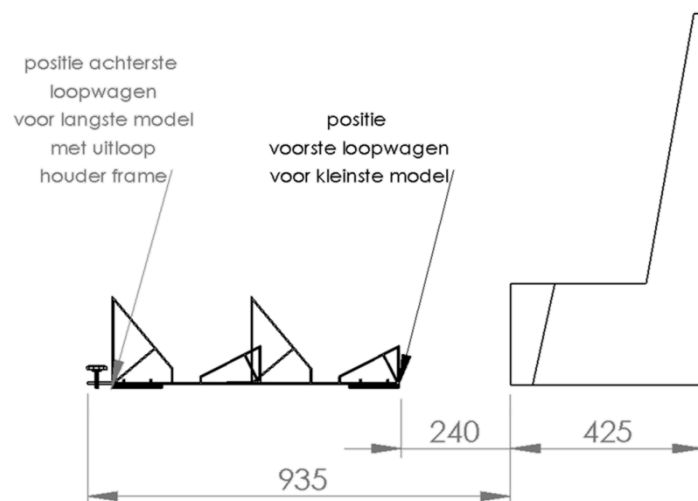
Tekening 23. Toepassing folderdisplay.

Maten voor indeling van de auto.

Alle maten en de belangrijke posities zijn nu bekend. Hiermee kan een opstelling worden gerealiseerd waarin alle aspecten ten opzichte van elkaar kunnen worden geplaatst. De beenlengte en de daarbij horende verstelling vraagt de meeste lengte. Daarom is er voor de opstelling met de benen in de lengterichting van de auto gekozen. De breedte van de zitting die loodrecht op de beenlengte staat komt daarmee in de breedte richting van de auto te staan. De zitting heeft een breedte van 681 mm en een diepte (inclusief de schuine rugleuning) van 425 mm. Wanneer de rugleuning van de zitting richting de voorkant van de auto wordt geplaatst, blijft de ruimte van de auto tot aan de achterdeur verder beschikbaar voor de beenlengte. De stoel wordt naast de zijdeur van de auto geplaatst met de rugleuning richting de voorkant van de auto. Zo biedt de zijdeur, gelegen aan de rechter kant van de auto, meteen een veilige instapgelegenheid. De scanner komt vervolgens symmetrisch voor de zitting te staan. Dit betekent dat de lineaire geleiders, loodrecht op de zitting, in de lengte richting van de auto komen te liggen. De stoel biedt gelegenheid om een 17Ah accu samen met een omvormer onder de stoel weg te werken.



Tekening 24. Indeling bovenaanzicht



Tekening 25. Twee uiterste posities van de het scanner frame voor het kleinste en het grootste model.

De lineaire geleiders ondersteunen de scanner over de gehele breedte, wat betekent dat de buiten zijranden van de geleiders gelijk liggen met de zijkanten van de scanner (zie; tekening 24). De buiten zijranden van de geleiders komen parallel op een afstand van 490 mm naast elkaar te liggen. Het begin van de lineaire geleiders ligt op 240 mm vanaf de zitting/rugleuning dit is het punt tot waar de voorste loopwagen reikt voor het kleinste model. Voor het langste model moet de scanner inclusief de achterste loopwagen en de uitloop voor de draaiknoppen aan het scanner frame 311 mm naar achter worden verplaatst. Dit komt uit op een totale lengte van 695 mm per looprail geleider.

Advies

Door middel van de opstelling in de auto is een cliënt in staat zelfstandig een scan van de eigen enkel te kunnen maken. Voordat een cliënt in deze opstelling komt te zitten is echter wel behoefte aan assistentie van de medewerker bij het instappen in de auto. Uit de analyse naar het instappen in de auto is gebleken dat een cliënt het meest gemakkelijk instapt wanneer deze met het linker been als eerst de auto betreedt. Hiervoor moet een medewerker van EXO-L de cliënt instrueren. Wanneer een cliënt eenmaal de auto zit, kan deze zijn been gereed houden om in de scanner te zetten. Een medewerker kan via de achteringang van de auto de scanner tot de juiste horizontale afstand verplaatsen, terwijl de cliënt de voet op het voetplateau zet. De scanner staat op de juiste positie wanneer de cliënt met de hiel de hielcontactschakelaar en met de scheen de scheencontactschakelaar is ingedrukt. De scanner kan op deze positie worden vast gezet met de draaiknoppen. De cliënt kan nu een enkelscan uitvoeren, van been wisselen in de scanner om de tweede enkel te scannen, en de scans af te ronden. Wanneer de cliënt uit de auto is kan de medewerker door middel van een spanband de scanner op het frame houder fixeren, zo staat de scanner via de looprailgeleiders bevestigd op het bodemvlak om zo vervoerd te kunnen worden.

De horizontale vlakken van de inrichting van de auto, dit zijn de zitting en het bodemvlak, kunnen met tapijt worden gestoffeerd. De verticale vlakken van de inrichting van de auto, dit zijn de betimmering, rest van de stoel en het folderdisplay, kunnen worden geverfd. Wanneer keuze de EXO-L huisstijl kleuren worden aangehouden, vormt dit een professioneel geheel in de huisstijl van EXO-L

10. Evaluatie.

De haalbaarheid van van de Eisen en Wensen zijn getest door middel van het driedimensionale ontwerp in SolidWorks

Eisen en Wensen		Alternatief advies opstelling (tweede)
Eisen toetsbaar op de modellen		
1	Het "basis component" van de Stand-Alone-Scanner dient als scanner unit te worden gebruikt voor de zit-scan-opstelling.	++
7	Van ieder ontwerp wordt een variant van de enkelhoek in 65° en een variant van de enkelhoek in 72° uitgewerkt. Alle tussenliggende hoekvarianten zijn ook mogelijk.	++
8	Het enkelgewrichtpunt wordt in het belang van het ontwerp gekozen op het snijpunt van het voet-lijnstuk en het onderbeen-lijnstuk.	++
9	De opstelling wordt ontworpen voor drie modellen die de doelgroep afgrenzen; de kleinste (P10 meisje 12-13 jaar), langste (P90 man 20-30 jaar) en ouderen (P10 vrouw 60+).	++
10	De hoekstandsmogelijkheid van de heup is anatomisch in anteflexie richting beperkt en ligt tussen 60° en 180°.	++
11	De hoekstandsmogelijkheid van de knie is anatomisch in flexie richting beperkt en ligt tussen 45° en 180°.	++
12	De modellen in het ontwerp waarbij de auto wordt toegepast mogen niet hoger steken dan een verticale hoogte van 1235 mm vanaf het bodemvlak.	++
14	Het streven is naar een ontwerp die voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid van de variabelen vereist.	++
15	Het zitvlak van de stoel komt op een hoogte van 220 mm vanaf de auto bodemvlak.	++
16	De stoel wordt uitgebreid met een rugleuning die vanaf verticaal 10° naar achter wordt gekanteld.	++
Eisen toetsbaar op de opstelling in de auto.		
2	Naast de standaard accu van de auto moet een extra stroombron van minimaal 17 Ampère uur in de auto worden geplaatst voor de extra elektrische componenten.	++
3	De scanner moet stabiel en gefixeerd tijdens het scannen kunnen worden opgesteld.	++
4	De scanner mag tijdens het scannen niet veel daglicht opvangen, het licht wordt bij voorkeur gedimd.	++
5	De scanner mag niet worden blootgesteld aan vocht, stof en vuil.	++
6	De scanner moet veilig gefixeerd kunnen worden vervoerd.	++
13	Er moet voor instappen aan de zijkant van de auto een opstapje bijgeplaatst worden met een optrede van 180 mm.	--
17	De zitbreedte van de stoel moet 681 mm worden.	++
Wensen toetsbaar op de opstelling in de auto.		
a	Opberg ruimte voor klein materiaal onderweg.	--
b	Folderdisplay in de auto voor de "Point of sale" materiaal (posters en informatie flyers).	++
c	Het geheel ontwerp moet de professionele EXO-L huisstijl uitstralen.	++

11. Discussie

In het eindontwerp zijn maten verkregen door middel van aannames uit tabelgegevens die tot de modeltekeningen hebben geleid. Bevindingen die hier uit voorkomen kunnen afwijken van de werkelijkheid.

Hoewel het eindresultaat een ergonomisch verantwoord ontwerp is, blijft het eerste geopperde ontwerp de ideale situatie voor een zit-scan-opstelling. Omdat het bedrijf EXO-L bij het ontstaan van de vraag naar een zit-scan-opstelling al een Fiat Doblo had aangeschaft is de auto op een alternatieve manier ingericht. Ondanks dat alle anatomische houdingen kloppen die een cliënt in het gekozen ontwerp inneemt, komt deze tijdens de toepassing situaties tegen welke niet volstaan vanuit een Beweging Technologisch oogpunt. In het ideale geval zou de bedrijfsauto aangeschaft worden na het bepalen van de afmetingen. Toch is in de huidige situatie een opstelling ontworpen dat haalbaar is voor de gebruiker en waarbij al het apparaat aanwezig kan zijn in de auto.

Een nadeel van de verstelmogelijkheid van de scanner door middel van de verstelknoppen is dat er te allen tijde assistentie geboden moet worden bij het verstellen van de scanner ten opzichte van de stoel. Bij de achterdeur dient een medewerker aanwezig te zijn die de scanner naar de juiste scan positie verplaatst en vastzet. Ter verbetering van deze verstelbaarheid zou aandacht besteedt kunnen worden aan een verstelmogelijkheid die door de cliënt zelf bediend kan worden.

Bij het ontwerpen van een ideale opstelling is ook aandacht besteed naar het instappen van een cliënt in de auto. Ondanks dat een cliënt zelf de scanner kan en mag bedienen is tijdens het gebruik al vaak gebleken dat de cliënt het als prettig ervaart wanneer deze begeleid wordt door een medewerker. Binnen het ontwerp is er nog geen rekening gehouden met een medewerker die eventueel achter in de auto kan assisteren. Er zou nog aandacht kunnen worden besteed aan een zit plek bij de cliënt en daarbij ook de instapmogelijkheid van de medewerker.

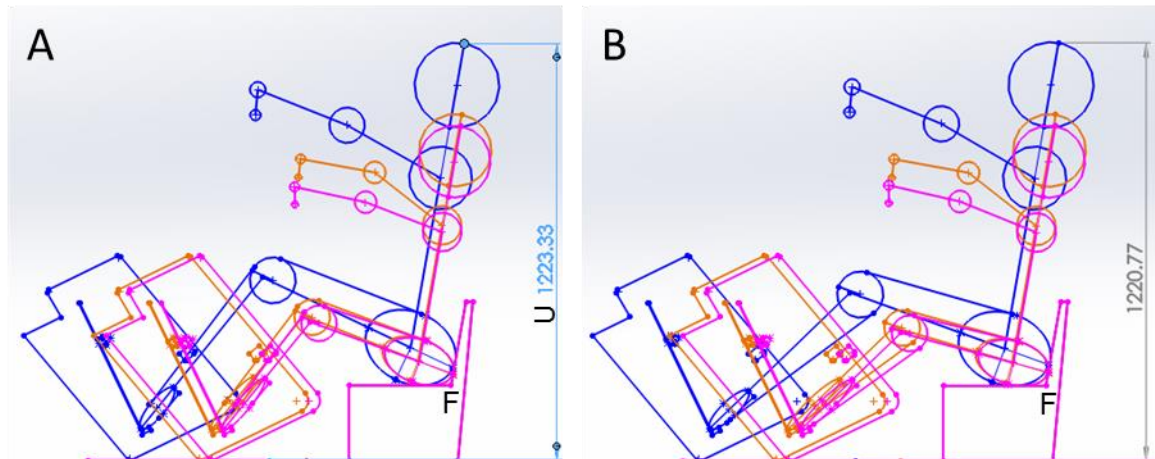
De scanner is ontworpen om vanuit een staande positie te gebruiken en staat normaal gesproken gefixeerd, het is dan eenvoudig het onderbeen (met het lichaam daarboven) naar de scanner te positioneren. Dit verandert wanneer het lichaam wordt gefixeerd door deze te laten zitten. Nu moet de positie van de scanner aangepast worden naar het onderbeen en de houding welke het lichaam daarbij inneemt. De afwezigheid van een vaste enkelhoek in de scanner maakt het zittend scannen in de opstelling nog ingewikkelder. Voor de verbetering van de zit-scan-opstelling kan een naar wens instelbare enkelhoek in de scanner een uitkomst bieden.

De doelgroep voor dit advies is gebaseerd op 80% van de leeftijd van de gebruikers van EXO-L met hier als bepalende factor de lichaamslengte. Wanneer een cliënt langer is dan de doelgroep, bestaat nog steeds de mogelijkheid dat deze cliënt gescand kan worden via de oorspronkelijke manier van scannen, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van de opstelling in de auto maar van de Stand-Alone-Scanner waarbij de scanner bij de cliënt binnen op locatie komt te staan. Op deze manier wordt de scanner uit de opstelling gehaald en moet het bedieningsscherm mee worden gebracht.

12. Conclusie

Het doel van deze opdracht was om voor de cliënten van EXO-L een ergonomische zit-scan-opstelling te ontwerpen achter in de bedrijfsauto van EXO-L. Het basis component van de scanner is gebruikt voor de zit-scan-opstelling. Door middel van antropometrische modellen is de opstelling theoretisch

onderbouwd. Er wordt gestreefd naar een ontwerp dat voor iedereen binnen de doelgroep te gebruiken is en tegelijkertijd zo min mogelijk instelbaarheid vereist. Verschillende concepten zijn met elkaar vergeleken en uiteindelijk is het beste concept uitgewerkt tot een definitief advies. Voor de uitwerking hiervan zijn verschillende 'stick figure' modellen gemaakt en met elkaar vergeleken. Volgens de theoretische ontwerpen passen alle modellen in de scanner zonder dat deze door bewegingsuitslagen van de betrokken heup, - en kniegewricht worden beperkt. Ook is rekening gehouden met het bedienen van de scanner dit kan door middel van een laptop.



In tekening 26 wordt het ontwerp afgebeeld. Door de lage zitting en de schuine rugleuning past een 20-30 jarige P90 man, met een lichaamslengte van 1955 mm in de bedrijfsauto met een binnenhooft van 1285 mm. Door de scanner onder een vaste hoek van en naar de zitting te laten bewegen met behulp van een looprail passen de kleinere modellen tot aan 12-13 jarigen P10 meisjes met een lichaamslengte van 1447 mm ook nog in de zit-scan-opstelling. Tijdens het scannen zal de scanner onder eigen gewicht van 29 kilo in het ontworpen scanner-frame niet de kans krijgen om extreem te bewegen. Doordat de scanner in de auto blijft staan wordt deze niet blootgesteld aan invloeden als; vocht stof of vuil en door het sluiten van de deuren kan de lichtinval minimaal worden gehouden.

Ondanks een aantal punten welke discussie opleveren is deze opstelling met genoeg ondersteuning van een medewerker een vooruitgang vergeleken met de Stand-Alone-Scanner. Met dit ontwerp wordt tijd bespaard ten opzichte van de oude manier, waarbij de scanner in en uit de auto werd gehaald. Echter, blijft het een alternatief ontwerp voor een auto die niet geschikt is voor een zit-scan-opstelling. In de ideale situatie zou de bedrijfsauto aangeschaft worden ná het bepalen van het juiste ontwerp en afmetingen op basis van de doelgroep.

Literatuurlijst

- Beugelsenmeer. (2016, April). *NewStar laptop beugel*. Opgehaald van beugelsenmeer.nl: https://www.beugelsenmeer.nl/notebook-d100-newstar?gclid=CjwKEAiAzuK0BRCW4tiLpJT-8TISJADV8cw9EDkAKoX4bcPjdPIAEsqWxXEr94OcSgd_1NOvV_28DhoC6pLw_wcB
- Bouwbesluit, B. (2012). *Afdeling 2.5. Trap BRIS Bouwbesluit online*. Opgeroepen op 2 2015, van bouwbesluitonline.nl: <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd2/afd2-5>
- Broeren, B. (2011). *Antropometrische Data*. Den Haag: Haagse Hogeschool.
- EXO-L. (2016). *Wat is verzwikken*. Opgeroepen op 3 2016, van exo-l.com: <https://www.exo-l.com/nl/wat-is-verzwikken>
- Gerritsen, B. (2008). Anatomie in vivo van het bewegingsapparaat. In B. J. Heerkens, *Anatomie in vivo van het bewegingsapparaat* (pp. 321-324).
- Ijzerwaren. (2016, april). *Aluminium looprail lineaire geleider lengte 2400 mm inkortbaar*. Opgehaald van ijzerwarenwinkel.org: <http://www.ijzerwarenwinkel.org/geleidingstechniek-lineaire-geleiders-met-kogelomloop-tot-50-kg-per-wagen-aluminium-looprail-lineaire-geleider-lengte-2400-mm-inkortbaar-p-3545.html>
- Meer, d. v. (2012). *Anamnese en lichamelijk onderzoek*. Leiden: Elsevier Gezondheidszorg.
- TU Delft. (2004). *DINED*. Opgeroepen op 9 2015, van <http://dined.io.tudelft.nl/>: <http://dined.io.tudelft.nl/en/database/introduction>