

Bijlagen

<i>Bijlage 1: Specificatie relevante standaard rolstoelparameters</i>	<i>2</i>
<i>Bijlage 2: Formulier eerste client-analyse van Exello.....</i>	<i>3</i>
<i>Bijlage 3: Rekenkundige benadering gemeenschappelijk MMP.....</i>	<i>6</i>
<i>Bijlage 4: Methode MMP-bepaling, met krachtenplatform en software [2]</i>	<i>7</i>
<i>Bijlage 5: Onderzoek R. Cooper [19]: Zwaartepunt racerolstoel.....</i>	<i>9</i>
<i>Bijlage 6: Berekenen exacte plaatsbepaling ZP traject en wielbases (H4.1).....</i>	<i>10</i>
<i>Bijlage 7: Resultatentabel onderzoeksmethode Pronto afstelling (H4)</i>	<i>11</i>
<i>Bijlage 8: Formulier benodigde waarden uit cliënt analyse.....</i>	<i>13</i>
<i>Bijlage 9: Voor- en nadelen van twee onderzochte ZP-bepalingsmethodes</i>	<i>14</i>
<i>Bijlage 10: Keuzeonderbouwing toe te passen weegschaalsoort.....</i>	<i>14</i>
<i>Bijlage 11: Plaatsing van lengte- en hoekmeters in de Pronto passtoel.....</i>	<i>15</i>
<i>Bijlage 12: Bevindingen (en programmeercode) t.a.v. Software toepassingen</i>	<i>15</i>
<i>Bijlage 13: Onderzoeksprotocol Pronto afstellingsprocedure</i>	<i>16</i>
<i>Bijlage 14: Uitgevoerde data-analyse testfase.....</i>	<i>26</i>
<i>Bijlage 15: Beoordeling eindproduct a.d.h.v. ontwerpeisen.....</i>	<i>27</i>
<i>Bijlage 16: Reflexieverslag leerdoelen afstudeerfase.....</i>	<i>28</i>
<i>Bijlage 17: Projectplan afstudeerperiode</i>	<i>31</i>

Bijlage 1: Specificatie relevante standaard rolstoelparameters

Nr.	Aantal	Namen onderdelen	Materiaal	(Standaard) maatvoering
1	2x	Zijframe deel	Staal	Ombuigen voor gewenste rolstoelbreedte
2	2x	- Ligger Boven Bouw - La	Staal	25x25x440 mm
3	2x	Zijframe deel koker	Staal	25x25x315 mm
4	1x	- Gasveer steun onder bouw - α cd	Staal	32x2x315 mm
5	1x	Beensteun- houder en armsteunhouder	Staal	30x30x80 mm (2x) 25x45x80 mm (1x) 20x35x280 mm (1x)
6	1x	Brug	Staal	30x30x80 mm (2x) 28x30x363 mm (1x)
7	2x	Armlegger Steun Links/rechts	Staal	25x25x175 (1x) 30x15x185 (1x)
8	1x	Gasveer Steun boven bouw	Staal	30x30x70 mm (2x) 30x30x180 mm (1x)
9	2x	Remplaatjes links/rechts	Staal	20x30x60 mm
10	1x	Rempedaal	Staal	25x370 mm (1x) 50x5x135 mm (1x)
11	2x	Anti Kiep	Staal	20x20x200
12	1x	Duwbuis Bocht	Staal	22x1050 mm (1x) 18x100 mm (1x)
13	2x	Werkblad Beugel	Staal	Verstellen in hoogte en hoek
14	1x	Rug	Staal	25x520 mm (2x) 20x20x70 mm (1x) 30x10x205 mm (1x)
15	-	- Draaipunt voetsteun - α ZO _F	-	-
16	1x	Voetsteun	Hout	Op maat a.d.h.v. cliënt-eigenschappen
17	2x	Ophanging voetsteun	Staal	Op maat a.d.h.v. cliënt-eigenschappen
18	1x	- Gasveer - Lb	Staal	Standaard: 80mm 200N L = - ... mm Opties: 120mm 300N; 120mm 400N
19	2x	Armlegger	Hout Polyether Leer	Op maat maken met standaard mal
20	1x	Werkblad	Hout	Op maat maken met standaard mal
21	1x	Kunststof kader orthese	Polyetheleen	Op maat maken a.d.h.v. pasvorm orthese
22	1x	Orthese	Polyether	-
23	2x	Voorwiel	Rubber Polyetheleen	D = 200 mm Banddikte = 50 mm
24	2x	Achterwiel	Rubber Polyetheleen	D = 12 inch = 305 mm
25	2x	- Grote strip - La	Staal	Standaard: L = Mm Verstelling:
26	1x	Stripje gasveer onder bouw	Staal	L=63 mm
27	2x	Stripje gasveer boven bouw	Staal	
28	1x	Hoofdsteun	Staal Wisselde textielsoort	Op maat a.d.h.v. client-eigenschappen

4 Onderstel

Type Rolstoel

☐ Hoepel ☐ Trippel ☐ Hoepel en Trippel ☐ Electrisc ☐ Kantel ☐ Transport

☐ NVT ☐ taxibusje ☐ prive auto

ONDERSTEL	REMMEN & WIELEN	MATEN
Type: ☐ Nieuw ☐ Bestaand ☐ Depot ☐ Zk-nr / Uvit: Verkanteling ☐ Geen verkanteling ☐ Verkanteling ☐ Gasveer ☐ Electrisc Rughoek / Functionele Zithoek ☐ Rughoek verstelling ☐ Mechanisch ☐ Gasveer ☐ Electrisc ☐ Bekkenscharnier ☐ Frame bovenbouw ☐ Orthese rug ☐ Gesingelde rug ☐ Afneembaar inbouwen Hulpmotor ☐ Exello Power Drive ☐ Joystick besturing ☐ Gashendel op duwbeugel * Remsysteem (let op combinaties): ☐ Blokkremmen ☐ Knijpremmen ☐ Centrale voetenrem ☐ E Motion ☐ E Move ☐ Easywheel	Remsysteem ☐ Blokkremmen ☐ Trommelremmen ☐ Knijper ☐ Centrale voetenrem ☐ Dubbele hendel achter ☐ Hendel rechts voor ☐ Hendel links voor Wielen & Banden Voorwielen & Banden ☐ 200 x 50 Lucht / Massief Achterwielen & Banden ☐ Lucht ☐ Massief 12" / 24" of: ☐ Hoepels & Spaakbeschermers ☐ Standaard: Alu / RVS ☐ Soft coated ☐ Ergo grip ☐ Spaakbeschermers: ☐ Transparant / Print Diverse ☐ Duwbeugel in hoogte verstelbaar ☐ Hoek instelbaar ☐ Taxibevestiging spanbanden ☐ Taxibevestiging biermanbeugel ☐ Anti-kantel omkeerbaar ☐ Anti-kantel vast ☐ Hoogte instelbaar	Verkanteling ☐ Vast cm / * ☐ Minimaal: cm / * ☐ Gangbaar: cm / * ☐ Maximaal: cm / * * Breedte Rolstoel ☐ Max. breedte: cm Hoogte Rolstoel * Maximale hoogte cm Bij verkanteling van: * Duwbeugel Hoogte (DH) ☐ Standaard 100 - 105 cm ☐ Aangepast: cm Bij gangbare verkanteling * Zitting hoogte (ZH) ☐ Zitting - vloer: cm Bij minimale verkanteling ZH DH

HOOFDSTEUN

IJzerwerk

☐ Hoofdsteenverstelling ☐ Dubbele uitvoering ☐ Gebogen ☐ Haaks

☐ Fixatie busjes aantal: 1 / 2 / 3 / 4

☐ Uit het midden plaatsen t.o.v. de rug

☐ Naar rechts: cm

☐ Naar links: cm

(vanuit oogpunt gebruiker gezien)

Type hoofdsteen

☐ Orthese hoofdsteen

☐ Vast aan orthese ☐ Los aan orthese ☐ In ABS ☐ Op halfrond hout: breedte: cm

☐ Trapezium ☐ Buigbaar maat: S / M / L

Aanpassingen

☐ Nekrol ☐ Extra laag T-Foam

☐ Hoogte aanpassen: h = cm

☐ Breedte aanpassen:

☐ Verlengen rechts: cm

☐ Verlengen links: cm

IJzerwerk & Hoofdsteen van derde

☐ Focal ☐ Adremo

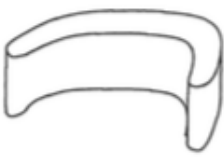
MATEN

hoogte h

diepte d

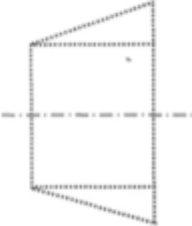
☐ Hoogte afstelling: h: cm

☐ Diepte afstelling: d: cm



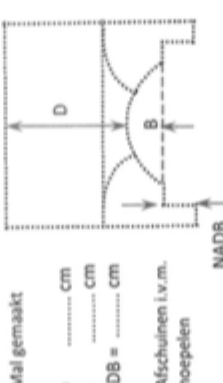
7 Beenopvang

VASTE- OF COMFORT BEENSTEUNEN		MATEN	
Kuitplaatjes ☐ Ophang beugel ☐ Vaste wegwenkbare beensteunen ☐ Comfort beensteunen met zachte kuitplaat en harde voetenplank		Onderbeenlengte ☐ Links: cm ☐ Rechts: cm	
Voetenplankjes ☐ Hard ☐ Bepolsterd ☐ Opstaande randen ☐ Randen ompolsteren h = cm ☐ Linnen hakbakjes		Kniehoek ☐ Links: ° ☐ Rechts: ° Enkelhoek ☐ Links: ° ☐ Rechts: °	

EXELLO KUIT- & VOETENPLANK SYSTEEM		MATEN	
IJzerwerk ☐ Eendelige ophanging met opklapbare voetenplank ☐ Exello kuit- en voetenplank ophanging verstelbaar ☐ Verstelbaar d.m.v. gasveer van min: * naar max: * (max. begrenzen door linnen band incl. klemgesp)		3D Kuitplaat en voetenplank 	
☐ Af- / Uitneembare voetenplank ☐ Spitsvoetverstelling		Bovenaanzicht Voetenplank 	
Kuitplaat ☐ 1 Delige kuitplaat ☐ 2 Delige kuitplaat ☐ Diepte verschil cm ☐ Randen ompolsteren ☐ Opstaande Randen ☐ Rechts, d = cm ☐ Links, d = cm		Materiaal ☐ Hard ☐ Trespa ☐ Rubber ☐ Traanplaat ☐ Bepolsterd ☐ Bepolsterd & T.Foam ☐ Darterx	
Voetenplank ☐ 1 Delige voetenplaat ☐ 2 Delige voetenplank ☐ Hoogte verschil cm ☐ Randen ompolsteren ☐ Opstaande Randen ☐ Rechts, h = cm ☐ Links, h = cm		Materiaal ☐ Hard ☐ Trespa ☐ Rubber ☐ Traanplaat ☐ Bepolsterd ☐ Bepolsterd & T.Foam ☐ Darterx	
Extra aanpassingen ☐ Hakbakjes, Type: ☐ Wreefriemples, materiaal: ☐ Alu stootrand ☐ RVS bumper		Opmerkingen ☐ Ruimte Tussen de twee aparte kuitplaatjes of voetenplankjes minimaal houden. (1 cm inclusief afwerkband) ☐ Indien nodig kunnen "Hapjes" uit de kuit- en / of voetenplank gehaald worden ivm zwenkwielletjes.	

6 Armleggers & Werkblad

ARMLEGGERS		MATEN	
IJzerwerk ☐ Armleggeverkanteling in hoek verstelbaar ☐ Knivels ☐ Ontvangst buis inkorten i.v.m. 24" wielen ☐ Laslippen naar binnen ☐ Dubbele laslippen ☐ Ontvangst Buis ☐ Fixatie busjes, aantal: stuks ☐ Fixatie busjes t.b.v. montage zijschotje stuks			
Exello armleggers ☐ Smal (8 cm) ☐ Breed (12 cm) ☐ Afschuinen i.v.m. hoepelen ☐ Randen ompolsteren (Kruis de ompolsterde randen in nevenstaande tekening aan)		Zijschotjes ☐ Los van armlegger ☐ Vast aan armlegger	

WERKBLAD		MATEN	
IJzerwerk ☐ Werkbladhouder met H-plaat ☐ Rechts ☐ Links ☐ Dubbele insteekbuis ☐ Rechts 10 cm korter ☐ Links 10 cm korter ☐ Alleen linker deel ☐ Alleen rechter deel ☐ Kunststof punt aan uiteinde ☐ Ontvangst buis			
Type Werkblad ☐ Bepolsterd ☐ Formica ☐ Doorzichtig ☐ Bepolsterde elleboog stukken ☐ Half bepolsterd ☐ Opstaande randen ☐ Aantal: stuks ☐ Onderzijde bepolsterd ☐ Ompolsteren ☐ Buitenranden ☐ Buikrand ☐ Speelbooggat; H op H maat: cm ☐ Diameter gat: mm ☐ Uitsparing voor besturing ☐ Midden ☐ Rechts ☐ Links			

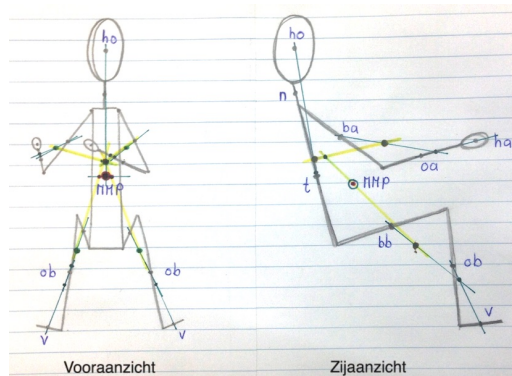
Bijlage 3: Rekenkundige benadering gemeenschappelijk MMP

1. Tabel gemiddelde massaverdeling mens [1]

massaverdeling
bij een gemiddelde mens
in % van het hele lichaam

deel	%	waarvan	%
hoofd en nek	8.4	hoofd	6.2
		nek	2.2
torso	50.0	thorax	21.9
		lumbaalstreek	14.7
		bekken	13.4
totale arm	5.1	bovenarm	2.8
		onderarm	1.7
		hand	0.6
totale been	15.7	bovenbeen	10.0
		onderbeen	4.3
		voet	1.4
boven L5/S1	55.2	romp + nek + hoofd	45.0
		2 armen	10.2

naar Webb Associates (1978) in:
Chaffin & Andersson (1991)



Figuur: Rekenkundige bepaling MMP van (schematisch) lichaam in zit, vanuit frontaal en sagittaal

2. Voorbeeld: rekenkundige bepaling massamiddelpunt zittend lichaam

De ledematen worden achtereenvolgens met elkaar gecombineerd tot segmentketens met een gecombineerd MMP, gebruik makend van de gemiddelde waarden uit de bovenstaande tabel. Allereerst worden twee op elkaar aangesloten segmenten (voet-onderbeen) met elkaar gecombineerd en ontstaat er een gezamenlijk MMP voor de beide segmenten. Vervolgens wordt het volgende segment (bovenbeen) toegevoegd aan de keten, en wordt de MMP-positie van het gehele been geconstrueerd. Door deze methode van segment-combineren voort te zetten, blijft er uiteindelijk een gecombineerd lichaam over met één gezamenlijk massamiddelpunt (zie nevenstaand figuur).

In onderstaande tabel staan de uitgevoerde berekeningen uitgezet ten aanzien van de gemeenschappelijke MMP-bepaling van de schematische persoon uit de figuur. Om een driedimensionale weergave van het lichamelijke MMP te verkrijgen, zijn de berekeningen uitgevoerd in zowel het frontale-, als het sagittale aanzicht van de persoon. Uit de figuur is op te maken dat de benen en de armen in zijaanzicht in exact dezelfde positie staan, waardoor er voor de berekeningen gekozen mag worden om de deelmassa's van beide ledematen (arm en been) te vermenigvuldigen met een factor 2.

Tabel: Berekening MMP in zijaanzicht en vooraanzicht a.d.h.v. tabel [1]. HO=hoofd, N=nek, T=torso, BA=bovenarm, OA=onderarm, HA=hand, BB=bovenbeen, OB=onderbeen, V=voet

Deelmassa (zijaanzicht)	% tot. massa	MMP positie op verbindinglijn	Deelmassa (vooraanzicht)	% tot. massa	MMP positie op verbindinglijn
2*V	2,8	8,6/11,4= 75%	V	1,4	4,3/5,7= 75%
2*OB	8,6	2,8/11,4= 25%	OB	4,3	1,4/5,7= 25%
Totaal	11,4		Totaal	5,7	
2(OB+V)	11,4	20/31,4= 64%	OB+V	5,7	10,0/15,7= 64%
2*BB	20,0	11,4/31,4= 36%	BB	10,0	5,7/15,7= 36%
Totaal	31,4		Totaal	15,7	
2*HA	1,2	3,4/4,6= 74%	HA	0,6	1,7/2,3= 74%
2*OA	3,4	1,2/4,6= 26%	OA	1,7	0,6/2,3= 26%
Totaal	4,6		Totaal	2,3	
2(HA+OA)	4,6	5,6/10,2= 55%	HA+OA	2,3	2,8/5,1= 55%
2*BA	5,6	4,6/10,2= 45%	BA	2,8	2,3/5,1= 45%
Totaal	10,2		Totaal	5,1	
N	2,2	50,0/52,2= 96%	N	2,2	50,0/52,2= 96%
T	50,0	2,2/52,2= 4%	T	50,0	2,2/52,2= 4%
Totaal	52,2		Totaal	52,2	
N+T	52,2	6,2/58,4= 10%	N+T	52,2	6,2/58,4= 10%
HO	6,2	52,2/58,4= 90%	HO	6,2	52,2/58,4= 90%
Totaal	58,4		Totaal	58,4	
HO+N+T	58,4	10,2/68,6= 15%	HO+N+T	58,4	5,1/63,5= 8%
2(HA+OA+BA)	10,2	58,4/68,6= 85%	HA+OA+BA	5,1	58,4/63,5= 92%
Totaal	68,6		Totaal	63,5	
HO+N+T+(2*A)	68,4	31,4/99,8= 31%	HO+N+T+(2*A)	68,4	15,7/84,1= 18%
2(V+OB+BB)	31,4	68,4/99,8= 69%	V+OB+BB	15,7	68,4/84,1= 82%
Totaal	99,8		Totaal	84,1	

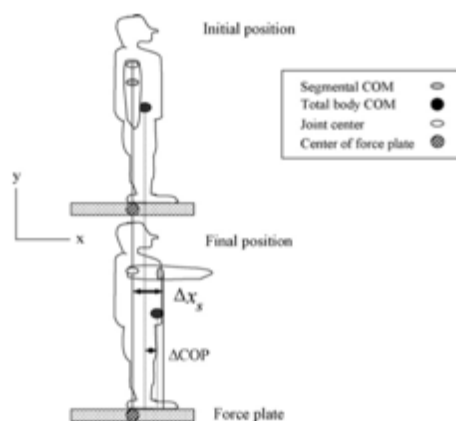
Bijlage 4: Methode MMP-bepaling, met krachtenplatform en software [2]

Voor wetenschappelijk onderzoek van Damavandi et al. [2], is er in 2009 gebruik gemaakt van een AMTI krachtenplatform (model OR6-5, Newton, MA) en een geschikt softwarepakket, waarmee het mogelijk gebleken is om exacte waarden voor (segmentale) lichaamsswaartepunten te genereren tijdens het uitvoeren van bewegingen op het krachtenplatform [2]. In deze paragraaf wordt het meetprotocol van desbetreffend onderzoek besproken, en worden de formules weergegeven en toegelicht waarmee de software de grove data verwerkt heeft.

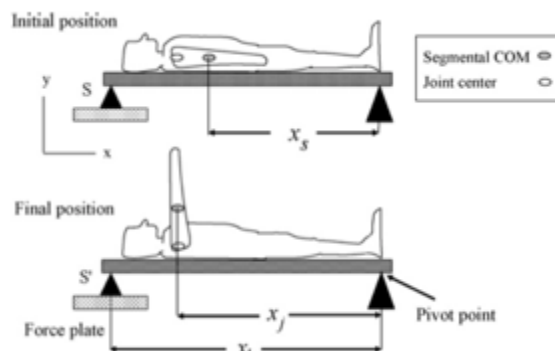
Om alle deelmassa's, segmentale MMP's en het gemeenschappelijke MMP van het lichaam te kunnen bepalen, zijn tijdens de metingen [2] de volgende bewegingen uitgevoerd: 90° anteflexie in het schoudergewricht, 90° flexie in de knie, 90° flexie van de heup en 90° flexie in de elleboog. Aan de hand van een aantal figuren wordt het onderzoeksprotocol toegelicht, waarbij de beweging 90° anteflexie in de schouder als voorbeeld genomen wordt. In de onderstaande figuren staan de twee uitgevoerde meethoudingen (staand; liggend) afgebeeld en de begin- en eindstand van de te onderzoeken beweging zijn zichtbaar. In de tabel staan de symbolen uit onderstaande figuren en de gebruikte formules uitgezet en gedefinieerd.

Door de proefpersoon eenzelfde beweging te laten maken vanuit twee verschillende posities (staand; liggend) op het krachtenplatform, is het mogelijk de positie van het massamiddelpunt te bepalen aan de hand van de verplaatsing van het krachtenmiddelpunt als gevolg van de bewegingen [2]. Het krachtenplatform stelt de exacte waardes vast voor m_b (lichaamsmassa), ΔCOP (horizontale verplaatsing krachtenmiddelpunt als gevolg van de beweging) en S' en S (output, respectievelijk na- en voor de metingen). De software berekent vervolgens de waardes voor de deelmassa's en MMP's van afzonderlijke segmenten met behulp van verschillende formules.

(houding 1)	Toelichting
m_b	Massa lichaam
m_s	Massa segment
x_b	Positie MMP lichaam
x_s	Positie MMP segment
x_{b-s}	Positie MMP lichaam - positie MMP segment
m_{b-s}	Massa lichaam minus massa segment
$(x_s)_i$	Hor. verplaatsing MMP(s) in eindstand, t.o.v. centraal-as krachtenplatform
m_b	Massa lichaam
m_s	Massa segment
Δx_s	Horizontale verplaatsing MMP segment als gevolg van beweging
ΔCOP	Hor. verplaatsing krachtenmiddelpunt
Segmental COM	MMP segment
Total body COM	MMP gehele lichaam
Joint center	Draaipunt gewricht
(houding 2)	Toelichting
S	Output krachtenplatform voor de beweging
S'	Output krachtenplatform na de beweging
x_b	Horizontale afstand scharnierpunt balance-board tot installatiepunt krachtenplatform
x_j	Horizontale afstand scharnierpunt balance-board tot rotatiecentrum schouder
x_s	Horizontale afstand scharnierpunt balance-board tot MMP segment



Figuur: Houding 1 krachtenplatform onderzoek naar bepaling MMP's d.m.v. houdingsverandering



Figuur: Houding 2 krachtenplatform onderzoek naar bepaling MMP's d.m.v. houdingsverandering

Houding 1

In de eerste fase van het onderzoek wordt de arm 90° geflecteerd, terwijl de proefpersoon ligt op een krachtenplatform (zie figuur links). Voor de positiebepaling van het gemeenschappelijke MMP in combinatie met de totale lichaamsmassa, wordt er onderscheid gemaakt in de situatie voorafgaand en na afloop van de segmentale beweging (zie figuur links). De software gebruikt onderstaande formules (1 en 2) om berekeningen uit te voeren met betrekking tot MMP-posities, waarin "m" staat voor de massa, "x" voor de positie, "b" voor het gehele lichaam, "s" voor het segment, "i" voor de situatie voorafgaand aan de beweging en "f" voor de situatie na afloop van de beweging. In de tabel staan de specificaties van de symbolen uitgezet.

$$m_b(x_b)_i = m_{b-s}(x_{b-s})_i + m_s(x_s)_i \quad (1)$$

$$m_b(x_b)_f = m_{b-s}(x_{b-s})_f + m_s(x_s)_f \quad (2)$$

Aangezien de totale massa (m_b) minus de segmentale massa (m_s) en de daarbij behorende MMP posities van zowel voor- als na de uitvoering van de segmentale beweging ($(x_{b-s})_{i/f}$) onveranderd blijven, kunnen deze symbolen ($m_{b-s}(x_{b-s})$) uit de vergelijkingen gehaald worden. Door beide formules vervolgens met elkaar te combineren ontstaat de volgende formule voor het berekenen van de massa van het bewogen segment:

$$m_s = m_b \left[\frac{(x_b)_f - (x_b)_i}{(x_s)_f - (x_s)_i} \right] \quad (3)$$

In de beginsituatie is de MMP van de arm in het verlengde van het krachtenplatformcentrum gepositioneerd (zie figuur links), waardoor geldt: $(x_s)_i=0$. Daarnaast is de verplaatsing van het lichaams-MMP als gevolg van de beweging gelijk aan de horizontale verplaatsing van het krachtenmiddelpunt afkomstig uit het krachtenplatform, waardoor gesteld kan worden: $\Delta COP = (x_b)_f - (x_b)_i$. Door de genoemde bekenden in te vullen in de formule en kruislings te vermenigvuldigen, wordt bovenstaande formule (3) vereenvoudigd en wordt de MMP-positie van de arm (na de beweging) door de software berekend met behulp van de volgende formule (zie de tabel voor toelichting van de symbolen):

$$(x_s)_f = \frac{m_b(\Delta COP)}{m_s} \quad (4)$$

Aangezien er twee onbekenden aanwezig zijn in formule 4, namelijk m_s en x_s , kan de formule nog niet opgelost worden en kunnen er geen exacte waarden voor m_s en het MMP van de verplaatste deelmasa worden gegeven. Er wordt een tweede houding geïntegreerd in het meetprotocol waarmee alle onbekende opgelost kunnen worden.

Houding 2

In de tweede fase van het onderzoek wordt er een liggende houding aangenomen op het krachtenplatform door dezelfde proefpersoon, waarbij nogmaals 90° flexie in het schoudergewricht wordt uitgevoerd (zie figuur rechts). Uit onderzoek [10] is gebleken dat de deelmasa van een segment (m_s) in het geval van dit onderzoek [2] berekend kan worden met behulp van onderstaande formule (5). De betekenis van de symbolen staan wederom weergegeven in de tabel.

$$m_s = \frac{(S' - S)x_b}{x_j - x_s} \quad (5)$$

Vervolgens worden de twee laatstgenoemde formules (4 en 5) met elkaar gecombineerd tot één formule, waarmee de exacte waarde voor de segmentale massa van het bewogen ledemaat berekend kan worden. Tijdens het combineren van de formules zijn de twee aanwezige x_s -symbolen van elkaar afgetrokken, waardoor deze verdwenen is uit de uiteindelijke formule. De waarde voor x_s kan dus nog niet berekend worden met behulp van onderstaande, vereenvoudigde formule (6) (zie de tabel voor toelichting van de symbolen):

$$m_s = \frac{m_b \Delta COP + (S' - S)x_b}{x_j} \quad (6)$$

Daar alle waarden voor de symbolen uit formule 6 bekend zijn na de uitvoering van de tweede meting, is de software in staat de waarde van de segmentale massa (m_s) te berekenen (zie figuur rechts en de tabel). Uiteindelijk is er slechts één onbekende over, namelijk x_s . De positie van het massamiddelpunt van het bewogen segment kan nu berekend worden met behulp van formule 7 (zie de tabel voor betekenis van de symbolen):

$$x_s = x_j - \frac{(S' - S)x_b}{m_s} \quad (7)$$

Bovengenoemd onderzoeksprotocol is behalve toegepast op de beweging 90° anteflexie in de schouder, ook toegepast op de bewegingen 90° flexie in de knie, 90° flexie in de heup en 90° flexie in de elleboog.

Bijlage 5: Onderzoek R. Cooper [19]: Zwaartepunt racerolstoel

Tegenwoordig zijn bijna alle racerolstoelen uitgerust met een zogenaamde “trailing arm”, oftewel balansarm. R. Cooper heeft in een onderzoek naar de efficiëntie van (driewieler)racerolstoelen een nieuwe techniek ontwikkeld en getest, welke een verbeterde wendbaarheid en bestuurbaarheid in de bochten mogelijk maakt, met behulp van veranderingen in het gemeenschappelijke MMP tijdens het rijden en de integratie van een nader toe te lichten technisch systeem [19]. In figuur B5.1 staat de racerolstoel weergegeven en in figuur B5.2 staan de afzonderlijke onderdelen van het door Cooper ontwikkelde systeem uitvergroot afgebeeld.

Het systeem is opgebouwd uit een balansarm met hoekverstelling (figuur B5.2a) om het voorwiel te stellen en een gerichte regelaar (figuur B5.2c) om het voorwiel te stabiliseren. Naast de stabilisatie van het voorwiel zorgt de regelaar voor gerichte controle over de rolstoel, als gevolg van veranderingen in de positie van het lichamelijke ZP. Binnen het systeem is er een bepaalde afstand aanwezig tussen de voorwielbasis en het draaipunt van de balansarm (figuur B5.2b), waardoor er een moment rond dit draaipunt ontstaat wat zonder stabilisator zou resulteren in een onstabiel, zwabberend voorwiel. Door de toevoeging van een veer in het systeem (zie figuur B5.2c), worden de ongewenste krachten rondom het draaipunt opgevangen en kunnen deze op een gewenst tijdstip effectief worden ingezet ten behoeve van een betere stuurcontrole [19].

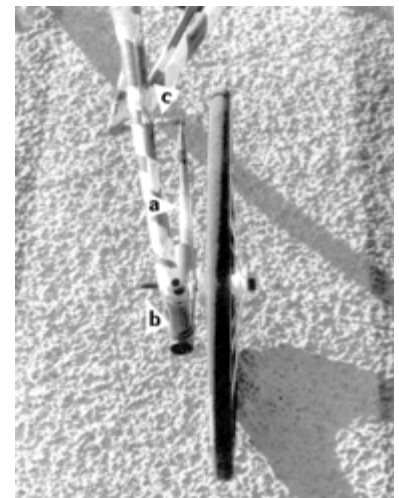
De belangrijkste input van het systeem is de positie van het gemeenschappelijke zwaartepunt [19]. Aangezien de positie van het MMP een directe relatie heeft met de veerkracht op de richting controller en daarmee tevens op de richting van het voorwiel, kan dit systeem uitsluitend bediend worden door mensen die fysiek in staat zijn hun lichaamsmassa functioneel te verplaatsen [19].

Om de bochten op een gecontroleerde wijze te kunnen nemen is het gunstig dat het gemeenschappelijke zwaartepunt in de buurt van de achteras ligt, wat de bestuurder kan realiseren door zoveel mogelijk rechtop te zitten. Op de rechte stukken van het parcours bleken de proefpersonen juist zoveel mogelijk naar voren te hellen waardoor het gemeenschappelijke MMP meer richting het voorwiel verplaatst werd. Immers, op de rechte stukken is het het meest gunstig wanneer het gemeenschappelijke zwaartepunt voor de achteras geprojecteerd wordt [19].

Een groot voordeel van het ontworpen systeem is dat bestuurders de mogelijkheid hebben de rolstoel aan te blijven drijven in de bochten, wat niet mogelijk is bij “normale” racerolstoelen [19]. Daar het onderzoek uitgevoerd is met behulp van slechts drie proefpersonen, wordt er aangegeven dat uitgebreider onderzoek naar de functionaliteit van het systeem noodzakelijk is alvorens deze geschikt bevonden kan worden [19]. Tevens wordt er geconcludeerd dat meer onderzoek naar het vaststellen van de optimale positie van het zwaartepunt tijdens het rijden vereist is, ten behoeve van een efficiënte en comfortabele aandrijving en sturing tijdens het rijden in de sportrolstoel [19].



Figuur B5.1: Racerolstoel Cooper [19]: richting controller a.d.h.v ZP veranderingen



Figuur B5.2: Richting controller a.d.h.v ZP veranderingen (a=balansarm met hoekverstelling, b=draaipunt balansarm, c=gerichte controller)

Bijlage 6: Berekenen exacte plaatsbepaling ZP traject en wielbases (H4.1)

Tabel: ZP-coördinaten (x;y) $\alpha 1_{mid}$, $\alpha 1_{mid}$ en $\alpha 1_{mid} +$ totale verplaatsing (x; y), uitgezet per DP-positie

	Minimale verkanteling-stand (-10°)		Middelste verkanteling-stand (25°)		Maximale verkanteling-stand (60°)		Totale ZP verplaatsing (-10° tot 60°)	
	Positie ZP(x) (mm)	Positie ZP(y) (mm)	Positie ZP(x) (mm)	Positie ZP(y) (mm)	Positie ZP(x) (mm)	Positie ZP(y) (mm)	$\Delta ZP(x)$ (mm)	$\Delta ZP(y)$ (mm)
DP1	29,5	29,5	41	6,5	36,5	-19,5	7	49
DP2	6	25	20	16	25,5	3	19,5	22
DP3	-17,5	21	-1	27,5	14,5	23,5	31,9	2,5

Aan de hand van de zodoende verkregen ZP-locaties wordt de plaatsing van de voor- en achterwielen van alle drie de situaties berekend. De berekeningen staan uitgezet in onderstaande tabel, waarbij gebruik gemaakt is van nevenstaande gegevens. Alle berekeningen zijn uitgevoerd ten opzichte van de voorzijde van het zitting gedeelte van het bovenstel, ter hoogte van de kniehoek. De uiteindelijke posities van de wielbases zijn per situatie (DP1, DP2, DP3) weergegeven in figuur 23 (zie hoofdstuk 4.1.2).

- Lengte zitting: 54 mm
 - DP1 op 2,5mm
 - DP2 op 26,5mm
 - DP3 op 49,5mm
- Lengte rugleuning: 80 mm
- Zittinghoek: 100°
- Coördinaten ZP (x*y): 24,5 * 22 mm

Tabel: Berekeningen horizontale positionering voor- en achterwielen, t.o.v. de voorzijde v.d. zitting

Positionering wielen bij DP1	
Op DP(x)=0, DP1(x) = -2,5mm. → voor de wiel-positionering t.o.v. de voorzijde van de zitting geldt:	
◦ ZP(x)min + 2,5	
◦ ZP(x)max + 2,5	
◦ $\Delta ZP(x) = ZP(x)_{min} - ZP(x)_{max} = 29,5 - 41,5$	
Horizontale positie voorwiel-basis: 29,5+2,5 = 32 mm → $(32/54)*100 =$	59%
Horizontale positie achterwiel-basis: 41,5+2,5 = 44 mm → $(44/54)*100 =$	81,5%
Positionering wielen bij DP2	
Op DP(x)=0, DP2(x) = -26,5mm. → voor de wiel-positionering t.o.v. de voorzijde van de zitting geldt:	
◦ ZP(x)min + 26,5	
◦ ZP(x)max + 26,5	
◦ $\Delta ZP(x) = ZP(x)_{min} - ZP(x)_{max} = 6 - 25,5$	
Horizontale positie voorwiel-basis: 6+26,5 = 32,5 mm → $(32,5/54)*100 =$	60%
Horizontale positie achterwiel-basis: 25,5+26,5 = 52 mm → $(52/54)*100 =$	96%
Positionering wielen bij DP3	
Op DP(x)=0, DP3(x) = -49,5mm. → voor de wiel-positionering t.o.v. de voorzijde van de zitting geldt:	
◦ ZP(x)min + 49,5	
◦ ZP(x)max + 49,5	
◦ $\Delta ZP(x) = ZP(x)_{min} - ZP(x)_{max} = -17,5 - 14,5$	
Horizontale positie voorwiel-basis: -17,5+49,5 = 32 mm → $(32/54)*100 =$	59%
Horizontale positie achterwiel-basis: 14,5+49,5 = 64 mm → $(64/54)*100 =$	118,5%

Bijlage 7: Resultatentabel onderzoeksmethode Pronto afstelling (H4)

INPUT PER STAP				OUTPUT PER STAP			
Symbol	Specificatie	Waarde	Eenh	Symbol	Specificatie	Waarde	Eenh
Input stap 1: Client informatie verzamelen				Output stap 1: Client informatie verzamelen			
m_c	Lichaamsgewicht		kg	$\alpha_{1_{min}}$	Minimale verkantelingstand		grdn
L_c	Lichaamslengte		mm	$\alpha_{1_{max}}$	Maximale verkantelingstand		grdn
LR_c	Lengte rug		mm	$\alpha_{1_{mid}}$	Middelste verkantelingstand		grdn
LZ_c	Lengte zitting		mm	LR_o	Lengte rugvlak orthese (+kader)		mm
LO_c	Lengte ophanging voetsteun		mm	LZ_o	Lengte zitvlak orthese (+kader)		mm
LV_c	Lengte voetsteun		mm	αRZ_o	Hoek rug-zitting orthese (+kader)		grdn
BR_c	Breedte rug		mm	D_{vw}	Diameter voorwiel		mm
BZ_c	Breedte zitting		mm	D_{vw}	Diameter achterwiel		mm
BO_c	Breedte ophanging voetsteun		mm	A1	Opvallend accessoir		
BV_c	Breedte voetsteun		mm	A2	Opvallend accessoir		
αZO_c	Hoek zitting- oph. voetsteun orthese		grdn	A3	Opvallend accessoir		
αOV_c	Hoek oph. voetsteun-voetsteun orthese		grdn				
Input stap 2: Zwaartepunt bepaling				Output stap 2: Zwaartepunt bepaling			
LR_o	Lengte rugvlak orthese (+kader)		mm	BZ_F	Breedte zitting frame		mm
LZ_o	Lengte zitvlak orthese (+kader)		mm	BR_F	Breedte rug frame		mm
αRZ_o	Hoek rug-zitting orthese (+kader)		grdn	LZ_F	Lengte zitting frame		mm
$\alpha_{1_{mid}}$	Middelste verkantelingstand		grdn	$LZ1$	Oorspronkelijk afst. αZO_F - DP		mm
				$LZ2$	Oorspronkelijke afstand DP – αRZ_F		mm
				LR_F	Lengte rug frame		mm
				PH	Positie hoofdsteen		
				LO_F	Lengte ophanging voetsteun frame		mm
				LV_F	Lengte voetsteun frame		mm
				αRZ_F	Hoek rug-zitting frame		grdn
				αZO_F	Hoek zitting-oph. voetsteun frame		grdn
				αOV_F	Hoek oph. voetsteun-voetsteun frame		grdn
				Lx	Afst. middelp. weegsch1 - 2		mm
				$Lx1$	Oorspronkelijke afst. middelp. weegsch1 - DP		mm
				$Lx2$	Oorspronkelijke afst. middelp. weegsch2 - DP		mm
				$\alpha_{2_{mid}}$	Rughoek tov horizontaal		grdn
				$m1_{mid}$	Massa weegsch1		kg
				$m2_{mid}$	Massa weegsch1		kg
				$F1_{mid}$	Kracht op weegsch1		N
				$F2_{mid}$	Kracht op weegsch1		N
				Fz_{mid}	Zwaartekracht		N
				$Lx3_{mid}$	Horizontale afst. DP - Fz		mm
				$LZ3_F$	Hor. verplaatsing DP over LZ_F		mm
				$LZ1_F$	Benodigde afst. middelp. weegsch1 - DP		mm
				$LZ2_F$	Benodigde afst. middelp. weegsch2 - DP		mm
				$Lx1_F$	Benodigde afst. αZO_F - DP		mm
				$Lx2_F$	Benodigde afst. DP – αRZ_F		mm
Input stap 3: Plaatsing wielen				Output stap 3: Plaatsing wielen			
$\alpha_{1_{min}}$	Minimale verkantelingstand		grdn	$\alpha_{2_{min}}$	Rughoek tov horizontaal		grdn
$\alpha_{1_{max}}$	Maximale verkantelingstand		grdn	$m1_{min}$	Massa weegsch1		kg
αRZ_F	Hoek rug-zitting frame		grdn	$m2_{min}$	Massa weegsch1		kg
Lx	Afst. middelp. weegsch1 - 2		mm	$F1_{min}$	Kracht op weegsch1		N
$Lx1_F$	Benodigde afst. αZO_F - DP		mm	$F2_{min}$	Kracht op weegsch1		N
$Lx2_F$	Benodigde afst. DP – αRZ_F		mm	Fz_{min}	Zwaartekracht		N
				$Lx3_{min}$	Horizontale afst. DP - Fz		mm
				$\alpha_{2_{max}}$	Rughoek tov horizontaal		grdn
				$m1_{max}$	Massa weegsch1		kg
				$m2_{max}$	Massa weegsch1		kg
				$F1_{max}$	Kracht op weegsch1		N
				$F2_{max}$	Kracht op weegsch1		N
				Fz_{max}	Zwaartekracht		N
				$Lx3_{max}$	Horizontale afst. DP - Fz		mm

				B _{VW}	Positie voorwielbasis		mm
				B _{AW}	Positie achterwielbasis		mm
Input stap 4: Berekening maatvoering verkanteling onderdelen				Output stap 4: Berekening maatvoering verkanteling onderdelen			
$\alpha_{1_{\min}}$	Minimale verkantelingstand		grdn	α_a	Hoek onderbeenstang-verticaal		grdn
α_{ZO_F}	Hoek zitting-oph. voetsteun frame		grdn	α_b	Hoek voetsteun-horizontaal		grdn
α_{VO_F}	Hoek oph. voetsteun-voetsteun frame		grdn	ZH1	Zithoogte (tot knie)		mm
lZ1 _f	Benodigde afst. middelp. weegsch1 - DP		mm	ZH2	Zithoogte (tot enkel)		mm
LO _f	Lengte ophanging voetsteun		mm	ZH3	Zithoogte (tot tenen)		mm
LV _f	Lengte voetsteun		mm	ZHt	Zithoogte: DP-onderk. voetsteun		mm
Ld	Lengte onderdeel d		mm	Lc	Lengte onderdeel c		mm
				$\alpha_{ac_{\min}}$	Hoek a - c in min. verkantelstand		grdn
				$\alpha_{ac_{\text{mid}}}$	Hoek a - c in mid. verkantelstand		grdn
				$\alpha_{ac_{\max}}$	Hoek a - c in max. verkantelstand		grdn
				Lb _{min}	Minimale lengte onderdeel b		mm
				Lb _{mid}	Middelste lengte onderdeel b		mm
				Lb _{max}	Maximale lengte onderdeel b		mm
Input stap 5: Benadering maatvoering verkanteling onderdelen				Output stap 5: Benadering maatvoering verkanteling onderdelen			
Lc	Lengte onderdeel c		mm	α_{bd}	Hoek tussen onderdelen b - d		grdn
Ld	Lengte onderdeel d		mm	α_{ab}	Hoek tussen onderdelen a - b		grdn
Lb _{min}	Minimale lengte onderdeel b		mm	α_{ac}	Hoek tussen onderdelen a - c		grdn
Lb _{mid}	Middelste lengte onderdeel b		mm	La	Lengte afstand a		mm
Lb _{max}	Maximale lengte onderdeel b		mm	α_{cd}	Hoek tussen onderdelen c - d		grdn
$\alpha_{1_{\min}}$	Minimale verkantelingstand		grdn				
$\alpha_{1_{\text{mid}}}$	Middelste verkantelingstand		grdn				
$\alpha_{1_{\max}}$	Maximale verkantelingstand		grdn				

Bijlage 8: Formulier benodigde waarden uit cliënt analyse

		Benodigde parameters cliënt	Materiaal	Eenheid	Waarde
Client					
<i>Algemeen</i>	1	Lichaamsgewicht	-	kg	
	2	Lichaamslengte	-	mm	
	3	Lengte tuber ischiadicus-kruin	-	mm	
	4	Lengte tuber ischiadicus-knieholte	-	mm	
	5	Lengte knieholte-hak	-	mm	
		Lengte hak-grote teen	-	mm	
Orthese (+kunststof kader)					
<i>Afmetingen</i>	6	Lengte rugvlak orthese (+kunststof kader)	-	mm	
	7	Lengte zitvlak orthese (+kunststof kader)	-	mm	
	8	Gemiddelde diepte orthese (+kunststof kader)	-	mm	
<i>Positionering</i>	9	Zithoek orthese (+kunststof kader)	-	graden	
<i>Gewicht</i>	10	Gewicht orthese	Polyether	kg	
	11	Gewicht kunststof kader	Polyetheleen	kg	
Rolstoel					
<i>Afmetingen</i>	12	Lengte hoofdsteun	-	mm	
	13	Afmetingen ijzerwerk hoofdsteun	-	mm	
	14	Lengte rugdeel	-	mm	
	15	Lengte zitvlak	-	mm	
	16	Lengte ophanging voetsteun	-	mm	
	17	Lengte voetsteun	-	mm	
	18	Lengte armsteun (legger)	-	mm	
	19	Lengte armsteun (steun)	-	mm	
	20	Afmetingen werkblad	-	mm	
<i>Positionering</i>	21	Hoogte hoofdsteun (t.o.v. rugdeel)	-	mm	
	22	Diepte hoofdsteun (t.o.v. rugdeel)	-	mm	
	23	Hoogte armsteun t.o.v. zitvlak	-	mm	
	24	Hoek rugdeel-zitvlak	-	graden	
	25	Hoek zitvlak-ophanging voetsteun	-	graden	
	26	Hoek ophanging voetsteun-voetsteun	-	graden	
<i>Gewicht</i>	27	Gewicht hoofdsteun	Polyether	kg	
	28	Gewicht ijzerwerk hoofdsteun	Staal	kg	
	29	Gewicht rugdeel	Staal	kg	
	30	Gewicht zitvlak	Staal	kg	
	31	Gewicht ophanging voetsteun	Staal	kg	
	32	Gewicht voetsteun	Staal	kg	
	33	Gewicht armsteun	Staal	kg	
	34	Gewicht werkblad	Hout	kg	
Overige					
<i>Situatie</i>	35	Globale antropometrische massaverdeling	-	-	
	36	Voorkeurshouding	-	-	
	37	Opvallende frequente houdingen	-	-	
	38	Extreme houdingen	-	-	
	39	Bewegingspatroon	-	-	
	40	Opvallende frequente bewegingen	-	-	
	41	Extreme bewegingen	-	-	
	42	Spastischiteit	-	-	
	43	Mogelijke extra massa's (door activiteiten)	-	-	
<i>Accessoires</i>	44	Soort accessoires	-	-	
	45	Afmetingen accessoires	-	-	
	46	Positionering accessoires	-	-	
	47	Gewicht accessoires	-	-	

Bijlage 9: Voor- en nadelen van twee onderzochte ZP-bepalingsmethodes

	Voordelen	Nadelen
Softwarematige methode: Interactive Physics		
		Client is fysiek niet betrokken bij de procedure
1		Procedure gaat uit van vereenvoudigde massaverdeling van cliënt
2	Methode is goedkoop in vergelijking met weegschalen methode	Uitvoering procedure kost relatief veel tijd, in vergelijking met weegschalen methode (door construeren computermodel)
3	Systeem neemt relatief weinig ruimte in beslag	Methode is relatief ingewikkeld bedienbaar, in vergelijking met weegschalen methode
4	Systeem is relatief gemakkelijk verplaatsbaar	Softwarematige kennis en ervaring is noodzakelijk
5		Definiëren van niet homogeen verdeelde massa's van onderdelen is relatief ingewikkeld
Meetsysteem methode: krachtenplatforms (weegschalen)		
1	Procedure gaat uit van daadwerkelijke massaverdeling van cliënt	
2	Uitvoering procedure relatief weinig tijd, in vergelijking met softwarematige methode	Voetsteun en voetsteun-ophanging worden niet meegenomen in de procedure
3	Systeem is relatief eenvoudig te bedienen, in vergelijking met softwarematige methode	Methode is relatief duur, in vergelijking met softwarematige methode
4	Softwarematige kennis en ervaring is niet noodzakelijk	Methode neemt relatief weinig ruimte in beslag
5		Systeem is relatief moeilijk verplaatsbaar
6		Fysiek meetsysteem is gevoeliger voor defecten

Bijlage 10: Keuzeonderbouwing toe te passen weegschaalsoort

De markt biedt een breed aanbod aan uiteenlopende soorten en maten personenweegschalen. Behalve aan de hand van variaties in vormgeving, kwaliteit en kostprijs, worden personenweegschalen tevens van elkaar onderscheiden op basis van de te meten parameters, het meetbereik, de meetmethode en de wijze van resultatenweergave. Voor de te vervaardigen meetopstelling van dit project is er gekozen om analoge personenweegschalen te gebruiken en in nevenstaand figuur is een voorbeeld gegeven van een geschikt exemplaar. Gunstig is dat deze beschikt over een vlak plateau met een rubberen antislip laag, waardoor er grip ontstaat tussen de rubberen contactpunten van de wielen en de weegschalen en de passtoel stevig en stabiel op de weegschalen blijft staan gedurende de metingen.

Alhoewel het aflezen van de massa's minder gemakkelijk en nauwkeurig gebeurt dan bij digitale weegschalen, heeft de analoge weegschaal een aantal eigenschappen die erg belangrijk en passend zijn voor het doel van dit project. Op de eerste plaats geeft het meetmechanisme erg betrouwbare, consequente, en accurate meetresultaten en het mechanisme is tevens relatief ongevoelig voor defecten. Verder zijn analoge weegschalen over het algemeen duurzamer en beter bestand tegen de grote opgelegde massa's. In de meetopstelling van dit project moet het mogelijk zijn de weegschalen langdurig en zwaar te belasten, waarbij de massagroottes afgelezen moeten kunnen worden gedurende de gehele meting. Een van de meest belangrijke pluspunten van analoge weegschalen berust op het feit dat zij bij uitstek geschikt zijn voor het meten van grote massa's, waarbij er over een onbeperkt lange periode visuele output wordt weergegeven op de displays. Veel digitale weegschalen kunnen na activatie slechts over een korte periode gemeten gewichten weergeven op het display.



Figuur: Analoge personenweegschaal voor Pronto meetopstelling (Medisana PSD)

Bijlage 11: Plaatsing van lengte- en hoekmeters in de Pronto passtoel

Naam	Specificaties
Meetlint 1	Parameters: Lx, Lx1, Lx2, DP
Positionering	Vanaf VWB (=0mm) richting achterwiel → lint haaks op lijn VWB ₁₋₂ ; horizont. verloop
Bevestiging	Ducttape + ijzerdraad (verstevigen meetlint)
Meetlint 2	Parameters: LZ1, LZ2
Positionering	Vanaf αZOY (=0mm) richting αRZY, Sagittaal verloop langs zijkant lengte zitting
Bevestiging	Ducttape
Meetlint 3	Parameters: LO _F
Positionering	Vanaf αZO _F (=0mm) naar αZO _F , sagittaal langs framelengte LO _F
Bevestiging	Ducttape
Meetlint 4	Parameters: LV _F
Positionering	Vanaf αOV _F (=0mm) naar uiteinde LV _F , sagittaal langs framelengte LV _F
Bevestiging	Ducttape
Hoekmeter 1	Parameters: αRZ
Positionering	Hoekpunt in αRZ; arm1 langs LR _F ; arm2 langs LZ _F
Bevestiging	Ducttape
Hoekmeter 2	Parameters: α1 _{min} , α1 _{mid} , α1 _{max}
Positionering	Hoekpunt in DP; arm1 langs LZ _F ; arm2 langs hor. (waterpas!) → 2 armen richting αZO _F
Bevestiging	Ducttape + ijzerdraad (stabilisatie zwevend verloop arm2 tijdens verkanteling)
Hoekmeter 3	Parameters: αZO _F
Positionering	Sagittaal: Hoekpunt in αZO _F ; arm1 langs LZ _F ; arm2 langs LO _F
Bevestiging	Ducttape
Hoekmeter 4	Parameters: αOV _F
Positionering	Sagittaal: Hoekpunt in αOV _F ; arm1 langs LO _F ; arm2 langs LV _F
Bevestiging	Ducttape
Hoekmeter 5	Parameters: αab
Positionering	Hoekpunt in αab; arm1 langs La (richting DP); arm2 langs Lb
Bevestiging	Ducttape + ijzerdraad

Bijlage 12: Bevindingen (en programmeercode) t.a.v. Software toepassingen

Er zijn uiteenlopende soorten software beschikbaar voor het uitvoeren van de data-analyse van dit project. Echter, binnen Exello wordt er voor zaken omtrent de Pronto afstelling hoofdzakelijk gebruik gemaakt van het computerprogramma Excel. Om de implementatie van het uiteindelijke systeem te vergemakkelijken en om te kunnen garanderen dat het systeem daadwerkelijk bedienbaar is binnen Exello, wordt er voor dit project tevens gebruik gemaakt van het computerprogramma Excel. In onderstaande tabel staat de programmeercode uitgezet voor de uit te voeren berekeningen.

Tabel: Programmeercode voor uitvoering berekeningen

Input	Code stap 2 en 3	Code stap 4	Output
α1min	α2min=180-α1min-αRZF	αa=αZO _F -α1min-90	L3xmin
α1mid	α2mid=180-α1mid-αRZF	αb=αVO _F -αa-90	L3xmid
α1max	α2max=180-α1max-αRZF		L3xmax
DVW	F1min=m1min*g	if: αb>0, else:	
DAW	F2min=m2min*g		BVW
BZF	F1mid=m1mid*g	if: α1min<0, else:	BAW
BRF	F2mid=m2mid*g	ZH1=LZ1*sin(α1min)	
LZF	F1max=m1max*g	ZH2=LOF*cos(αa)	Lc
LRF	F2max=m2max*g	ZH3=LVF*sin(αb)	αacmin
αRZF	Fzmin=F1min+F2min	ZHt=ZH1+ZH2+ZH3	αacmin
αZO _F	Fzmid=F1mid+F2mid		αacmin
αOV _F	Fzmax=F1max+F2max	if: α1min>0, else:	
LZ1		ZH1=LZ1*sin(α1min)	
LZ2	L3xmin=((F2min*L2x)-(F1min*L1x))/Fzmin	ZH2=(LOF*cos(αa))-ZH1	
LOF	L3xmid=((F2mid*L2x)-(F1mid*L1x))/Fzmid	ZH3=LVF*sin(αb)	
LVF	L3xmax=((F2max*L2x)-(F1max*L1x))/Fzmax	ZHt=ZH2+ZH3	
Lx			
L1x	Lzpmid=LZ2-L3xmin	if: αb<0, else:	
L2x	Lzpmid=LZ2-L3xmid	ZH1=LZ1*sin(α1min)	
m1min	Lzpmid=LZ2-L3xmax	ZH2=LOF*cos(αa)	
m2min		ZH3=LVF*sin(αb)	
m1mid	BVW=Lzpmid+DVW	ZHt=ZH1+ZH2	
m2mid	BAW=Lzpmid-DVW → if: BAW>0, else: BAW=0		
m1max			
m2max		Lc=ZHt	
g		αacmin=90-α1min	
		αacmid=90-α1mid	
		αacmax=90-α1max	

Bijlage 13: Onderzoeksprotocol Pronto afstellingsprocedure

Vaststellen benodigde maatvoering van individuele rolstoelsituaties

Doelstelling

Het vaststellen van de benodigde frameparameters per individu, zodat de rolstoelsituatie immer stabiel en veilig is en de volledige verkantelingsrange op comfortabele wijze aangebracht kan worden

Acties

- o Meten van de massagrootte en -verdeling tijdens de rolstoelverkanteling, m.b.v. een verstelbare Pronto meetopstelling en vier weegschalen
- o Horizontaal ZP-traject berekenen in sagittaal aanzicht, m.b.v. momentenvergelijkingen
- o Optimale positie van het verkantelingsdraaipunt (DP) berekenen
- o Benodigde posities van de voor- en achterwielbases berekenen (=steunvlak)
- o Afmetingen en positioneringen van rolstoelonderdelen berekenen
- o Afmetingen en positioneringen van rolstoelonderdelen benaderen, m.b.v. schaalmodel van het verkantelingsmechanisme

Materiaal

- Meetopstelling Pronto
- Zitorthese + kunststof kader
- Spanbanden (evt.)
- 4 analoge personenweegschalen
- 4 rechte, stijve stokken of staven (L=800mm; D=max. 8mm)
- Ti-rips (20 stuks)
- 4 wielblokkades (bijv. driehoekige blokjes)
- Hoekmeter
- Flexibel meetlint (1,5m)
- Waterpas
- Ducttape
- Schilderstape
- Stopwatch
- Permanent marker
- Schaalmodel verkantelingsmechanisme
- Rekenmachine
- Geo-driehoek

Belangrijke informatie t.a.v. uitvoering onderzoek

Het onderzoek bestaat uit 7 stappen en dit protocol geeft visuele en tekstuele uitleg over de doelen en taken per stap. In de resultatentabel van dit protocol (zie bijlage) zijn alle parameters gespecificeerd en opgesomd in de volgorde waarin zij bepaald dienen te worden. Voor meer inzicht en begrip in de uit te voeren acties, is het aan te raden de resultatentabel te raadplegen voorafgaand aan iedere onderzoekstap.

EERSTE FASE: Voorbereiden metingen

1. Parameters cliënt collecteren

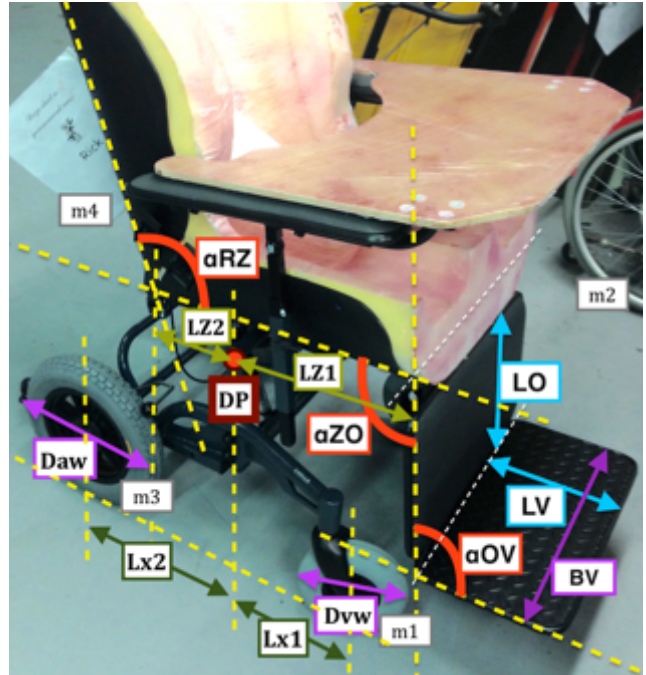
Verzamelen van de lichamelijke- en technische rolstoelparameters uit stap 1.1 en 1.2 van de resultatentabel (zie bijlage protocol). In principe achterhaald Frank Muis van Exello deze waarden. Wanneer dit niet het geval is, dienen onderstaande stappen 1.1 en 1.2 uitgevoerd te worden. Benodigdheden: ingevuld formulier eerste cliënt-analyse (door Frank Muis). Anders: cliënt, meetlint, huidpotlood, resultatentabel onderzoeksprotocol.

1.1. Lichamelijke parameters verzamelen

- Lichamelijk onderzoek verrichten op de cliënt m.b.v. het meetlint (en huidpotlood): botpunten markeren op de huid en ledematen opmeten. Zorg voor een zo comfortabel mogelijke situatie voor de cliënt
- Vastgestelde parameters noteren in de resultatentabel (zie bijlage protocol, stap 1.1)

1.2. Rolstoelparameters verzamelen

- Rolstoelparameters bepalen (zie figuur 1), a.d.h.v. het cliëntonderzoek en/of gesprekken met verzorger(s) → Indien er geen cliëntanalyse is uitgevoerd: parameters vaststellen a.d.h.v. de waarden uit stap 1.1 van het onderzoeksprotocol
- Vastgestelde waarden noteren in de resultatentabel (zie bijlage protocol, stap 1.2)



Figuur 1: Parameters uit onderzoeksmethode m.b.v. de Pronto meetopstelling, t.a.v. protocolstappen 1.2, 2.1, 4.1b, 5. Voor specificaties symbolen: zie resultatentabel (bijlage onderzoeksprotocol)

2. Voorbereiden metingen

De meetopstelling dient zorgvuldig opgebouwd te worden in stap 2.1 en de eerste verstellingen worden aangebracht in stap 2.2, aan de hand van maatvoeringen van de orthese met kunststof kader. Benodigdheden: passtoel, 4 weegschalen, schilderstape, permanent marker, 4 wielblokkades, 4 rechte staven, 16 ti-rips, ducttape, orthese + kunststof kader, meetlint resultatentabel onderzoeksprotocol.

2.1. Fysieke meetopstelling opbouwen

2.1a) Geschikte locatie zoeken voor de meetopstelling

De locatie voor de fysieke meetopstelling, moet voldoen aan de volgende eisen:

- Overdekte ruimte
- Minimaal grondoppervlak: 2x2 meter
- Vlakke ondergrond (waterpas)
- Harde, niet-inverende ondergrond
- Voldoende beschikbare ruimte voor het maken van de cliënt-transfers (1x van rolstoel naar meetopstelling; 1x van meetopstelling naar rolstoel)

2.1b) Weegschalen plaatsen en ijken

- Weegschalen in een vierkant op de grond plaatsen, zodat de afstanden tussen de wielenbases van de passtoel ongeveer overeen komen met de afstanden tussen de weegschaal-middelpunten
- Displays weegschalen richten: twee displays dienen richting de linkerzijde van de ruimte te wijzen en de andere twee wijzen naar de rechterkant van de ruimte
- Weegschalen ijken: Op elke weegschaal gaan staan en controleren of het eigen aangegeven lichaamsgewicht gelijk is op iedere weegschalen. Waar nodig bijstellen met wielkje onder monitor; maximaal toelaatbare meetfout=0,5 kg
- Weegschalen verticaal uitlijnen: controleren of de weegschalen op gelijke hoogte ten opzichte van elkaar staan, m.b.v. de waterpas. Zo niet, bijstellen

2.1c) Passtoel plaatsen en wielen blokkeren

- Passtoel op de weegschalen zetten: de vier wielbases moeten loodrecht boven de middelpunten van de vier weegschalen staan → draai de zwenkwielen aan de voorkant richting voorzijde t.a.v. een zo groot mogelijk steunvlak
- Weegschalen markeren met schilderstape en marker: de weegschalen onder de voorwielen zijn m1 en m2 en m3 en m4 staan onder de achterwielen (zie figuur 1)
- Wielen blokkeren: Stokken door de beide voorwielen en achterwielen steken en vastzetten met de stijve staven en ti-rips. Wielblokkade plaatsen tegen de voorzijde van de voorwielen en achterzijde van de achterwielen

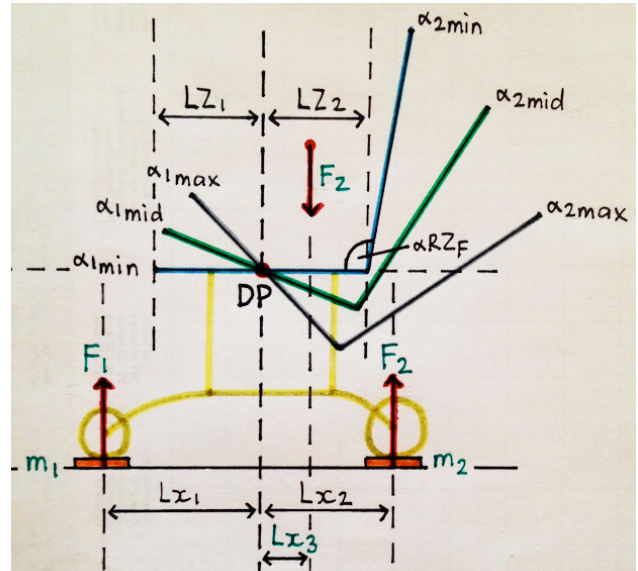
2.2. Meetopstelling instellen (1)

2.2a) Orthese plaatsen

- Kunststof kader zorgvuldig in zitting positioneren: er moet zoveel mogelijk oppervlaktecontact zijn tussen het de kadervlakken en de zitting- en rugplanken van de passtoel.
- Kunststof kader vastzetten aan het rolstoelframe
- Orthese zorgvuldig in het kader positioneren: er moet zoveel mogelijk contact zijn tussen de oppervlakken van orthese en kunststof kader.
- Orthese vastzetten in het kader

2.2b) Frame instellen a.d.h.v. kunststof kader

- Lengte- en breedteparameters verstellen in het passtoelframe op basis van de vorm/afmetingen van de orthese en kunststof kader
→ zie figuur 1 en 2 en stap 1.2 en 2.2b uit de resultatentabel (bijlage)
- De in stap 2.2b aangebrachte lengte- en breedtematen opmeten m.b.v. het meetlint en de hoekmeter (zie figuur 1 en 2). Waarden voor de parameters noteren in de resultatentabel, stap 2.2b (zie bijlage onderzoeksprotocol)



Figuur 2: Schematisch zij-aanzicht Pronto meetopstelling: Parameters omtrent metingen, t.a.v. protocolstap 2.2; 3.2; 4.1. Voor toelichting symbolen: zie resultatentabel (bijlage)

2.2c) Frame verstellen a.d.h.v. rolstoelaspecten

- Verstellingen aanbrengen in de voetsteun en de rug-lengte van het frame, a.d.h.v. parameters uit stap 1.2 van het onderzoeksprotocol → wanneer de waarden uit stap 1.2 incompleet zijn, dienen de verstellingen uit 2.2c aangebracht te worden op basis van waarden uit stap 1.1 (zie resultatentabel bijlage)
- De in stap 2.2c ingestelde frameparameters dienen opmeten te worden m.b.v. meetlint en hoekmeter: waarden documenteren in de resultatentabel (bijlage protocol)

2.2d) Frameparameters opmeten

- DP positie in verticale richting op de grond projecteren (evt. m.b.v. waterpas) en markeren op de grond m.b.v. schilderstape en marker
- Lengtematen voor de parameters uit stap 2.2.e (zie figuur 1 en 2) opmeten en noteren in de resultatentabel (bijlage protocol)

TWEEDE FASE: Metingprocedure

3. Uitvoeren metingen

In stap 3.1 wordt er een zo comfortabel mogelijke en een veilig meetsituatie gecreëerd voor de cliënt, waarna er drie statische condities gemeten worden in stap 3.2. Tijdens stap 3.3 worden er tot slot een aantal vragen gesteld, om in te kunnen schatten hoe de cliënt en verzorger(s) het onderzoeksverloop hebben ervaren. Benodigheden: spanbanden, hoekmeter, stopwatch, resultatentabel onderzoeksprotocol.

3.1. Meetopstelling instellen (2)

3.1a) Cliënt laten plaatsnemen in meetopstelling

- Uitsluitend uitvoeren in samenwerking met verzorger(s)
- Verkanteling is gewenste hoekstand vastzetten voor de transfer
- Cliënt een comfortabele houding laten aannemen, het liefst in zijn of haar voorkeurshouding
- Eventuele spanbanden aanbrengen voor een zo veilig mogelijke rolstoelsituatie

3.1b) Frame instellen a.d.h.v. lichamelijke eigenschappen cliënt

- Positie hoofdsteen instellen op basis van houding cliënt
- Armsteunen en werkblad instellen op basis van houding cliënt
- Aangebrachte frameverstellingen (zie stap 2.2b, c en e) waar nodig bijstellen op basis van de eigenschappen en houding cliënt. Gewijzigde parameters noteren in stap 2.3 van de resultatentabel (zie bijlage)

3.2. Meten van drie rolstoelcondities

3.2a) Conditie 1: middelste verkantelingstand ($\alpha_{1_{mid}}$)

- Meetopstelling plus cliënt verkantelen en vastzetten in de **middelste** verkantelingstand, m.b.v. de hoekmeter en waterpas: zie figuur 2 en stap 1.2 van de resultatentabel (bijlage)
- Controleren of:
 - de cliënt een voldoende comfortabele houding heeft
 - de verkanteling in de middelste hoekstand staat (hoekmeter; waterpas)
 - de wielen juist gepositioneerd zijn, op de middelpunten van de weegschalen
 - Waarden op de vier weegschalen aflezen en noteren in de resultatentabel (stap 3.2a)
- Korte pauze inlassen: ongeveer 3 minuten m.b.v. stopwatch → duur is afhankelijk van de situatie van cliënt
- Waarden op de weegschalen nogmaals aflezen en noteren in de tabel (bijlage protocol, stap 3.2a)
- Eventuele bijzonderheden noteren

3.2b) Conditie 2: minimale verkantelingstand ($\alpha_{1_{min}}$)

- Meetopstelling plus cliënt verkantelen en vastzetten in de **minimale** verkantelingstand, m.b.v. de hoekmeter en waterpas: zie figuur 2 en stap 1.2 van de resultatentabel (bijlage)
- Controleren of:
 - de cliënt een voldoende comfortabele houding heeft
 - de verkanteling in de minimale hoekstand staat (hoekmeter; waterpas)
 - de wielen juist gepositioneerd zijn, op de middelpunten van de weegschalen
- Waarden op de vier weegschalen aflezen en noteren in de resultatentabel (bijlage, stap 3.2b)
- Korte pauze inlassen: ongeveer 3 minuten m.b.v. stopwatch → duur is afhankelijk van de situatie van cliënt
- Waarden weegschalen nogmaals aflezen en noteren in de tabel (bijlage protocol, stap 3.2b)
- Eventuele bijzonderheden noteren

3.2c) Conditie 3: maximale verkantelingstand ($\alpha_{1_{max}}$)

- Meetopstelling plus cliënt verkantelen en vastzetten in de **maximale** verkantelingstand, m.b.v. de hoekmeter en waterpas: zie figuur 2 en stap 1.2 van de resultatentabel (bijlage)
- Controleren of:
 - de meetsituatie voldoende stabiel en veilig is → bij twijfel: passtoel terug kantelen tot gewenste stabiliteit bereikt is; hoek vastzetten, opmeten en noteren in de resultatentabel (zie bijlage)
 - de cliënt een voldoende comfortabele houding heeft
 - de wielen juist gepositioneerd zijn, op de middelpunten van de weegschalen
- Waarden weegschalen aflezen en noteren in de resultatentabel (bijlage, stap 3.2c)
- Korte pauze inlassen: ongeveer 3 minuten m.b.v. stopwatch → duur is afhankelijk van de situatie van cliënt
- Waarden weegschalen nogmaals aflezen en noteren in de tabel (zie bijlage, stap 3.2c)
- Eventuele bijzonderheden noteren

3.3. Vragen stellen ter evaluatie onderzoeksverloop

Bij goedkeuring door cliënt en/of verzorger(s), worden er kort wat vragen gesteld over het onderzoek en de antwoorden worden geformuleerd.

- “Hoe heeft u het onderzoek ervaren wat betreft?”
 - *De totale tijdsduur*
 - *Het comfort in alle drie de verkantelingstanden*
 - *De rolstoelstabiliteit, in zowel de statische als de dynamische situaties*
 - *De algehele uitvoering van het onderzoek*
- “Heeft u nog suggesties/opmerkingen voor eventuele verbeteringen in de toekomst?”

DERDE FASE: Data analyse

4. Berekeningen ZP-posities

Momentenvergelijkingen worden opgelost tijdens stap 4.1 voor het bepalen van horizontale ZP-posities in middelste verkantelingstand, waarna de gewenste DP-positie berekend kan worden in stap 4.1b. Ook worden er benodigde frame-lengtes berekend ten opzichte van DP (zie stap 4.1c). Gedurende stap 4.2 en 4.3 worden er momentenvergelijkingen opgelost om de uiterste (horizontale) ZP-posities vast te stellen tijdens minimale en maximale rolstoelverkanteling. Benodigdheden: Schrijfgereij, rekenmachine.

4.1. Uiterste horizontale ZP-posities berekenen: Middelste verkantelingstand

4.1a) Optredende krachten berekenen tijdens α_{1mid}

- Bereken het verticale krachten spel op voor- en achterwielbas in **middelste** verkantelingstand, gezien vanuit sagittaal aanzicht (zie figuur 2): m.b.v. onderstaande formules. Berekende waarden noteren in de resultatentabel, stap 4.1a.
 - $F1_{mid} = ((m1_{mid} + m2_{mid}) * g)$
 - $F2_{mid} = ((m3_{mid} + m4_{mid}) * g)$
 - $Fz_{mid} = F1_{mid} + F2_{mid}$
 - $\Sigma M = 0$
 - $Lx3_{mid} = ((F2_{mid} * Lx2) - (F1_{mid} * Lx1)) / Fz_{mid}$

4.1b) Benodigde DP verplaatsing berekenen

- Bereken van de benodigde verplaatsing van de DP-positie over het onderdeel Lengte zitting (ZL), m.b.v. onderstaande formule: zie figuur 1 en de resultatentabel uit de bijlage. Berekende parameters noteren in stap 4.1b van de resultatentabel.
 - $LZ3 = Lx3_{mid} / \cos(\alpha_{1mid})$

4.1c) Berekenen benodigde framelengtes a.d.h.v. vernieuwde DP-positie

- Benodigde lengtes van horizontale frameonderdelen bepalen (sagittaal aanzicht) t.o.v. vernieuwde DP-positie: m.b.v. figuur 2 en onderstaande formules. Parameters noteren in stap 4.1c van de resultatentabel uit de bijlage.
 - $LZ1_F = LZ1 + LZ3$
 - $LZ2_F = LZ2 - LZ3$
 - $Lx1_F = Lx1 + LZ3$
 - $Lx2_F = Lx2 - LZ3$

4.2. Uiterste horizontale ZP-posities berekenen: Minimale verkantelingstand

Optredende krachten berekenen tijdens α_{1min}

- Bereken het verticale krachten spel op de voor- en achterwielas in **minimale** verkantelingstand, gezien vanuit sagittaal aanzicht (zie figuur 2): m.b.v. onderstaande formules. Berekende waarden noteren in stap 4.2 van de resultatentabel (zie bijlage).
 - $F1_{min} = ((m1_{min} + m2_{min}) * g)$
 - $F2_{min} = ((m3_{min} + m4_{min}) * g)$
 - $Fz_{min} = F1_{min} + F2_{min}$
 - $\Sigma M = 0$
 - $Lx3_{min} = ((F2_{min} * Lx2_F) - (F1_{min} * Lx1_F)) / Fz_{min}$

4.3. Uiterste horizontale ZP-posities berekenen: Maximale verkantelingstand

Optredende krachten berekenen tijdens $\alpha_{1_{\max}}$

- Bereken het verticale krachterspel op de voor- en achterwielas in **maximale** verkantelingstand, gezien vanuit sagittaal aanzicht (zie figuur 2): m.b.v. onderstaande formules. Berekende waarden noteren in stap 4.3 van de resultatentabel (zie bijlage).
 - $F1_{\max} = ((m1_{\max} + m2_{\max}) * g$
 - $F2_{\max} = ((m3_{\max} + m4_{\max}) * g$
 - $Fz_{\max} = F1_{\max} + F2_{\max}$
 - $\Sigma M = 0$
 - $Lx3_{\max} = ((F2_{\max} * Lx2_F) - (F1_{\max} * Lx1_F)) / Fz_{\max}$

5. Positie voor- en achterwielen berekenen

In stap 5 van het onderzoek worden de juiste wielpositioneringen achterhaald met behulp van de berekende uiterste ZP-posities (zie protocolstap 4.2 en 4.3).

- Bereken de horizontale afstand voorwielas (B_{VW}) tot DP
Beredeneerd vanuit sagittaal aanzicht (zie figuur 1): berekenen m.b.v. onderstaande formule en parameters uit de resultatentabel (zie bijlage, stap 1.2; 4.2; 4.3). Berekende parameter noteren in stap 5 van de tabel.
 - $B_{VW} = Lx3_{\min} - D_{VW}$
- Bereken de horizontale afstand achterwielas (B_{AW}) tot DP
Beredeneerd vanuit sagittaal aanzicht (zie figuur 1): berekenen m.b.v. onderstaande formule en parameters uit de resultatentabel van de bijlage (stap 1.2; 4.2; 4.3). Berekende waarde noteren in resultatentabel, stap 5.
 - $B_{AW} = Lx3_{\max} + D_{AW}$

→ Indien B_{AW} voor de verticaallijn uit de rughoek (αRZ_F) ligt, wordt deze naar achteren verplaatst, richting achterwielen, tot direct onder αRZ_F (zie figuur 1)

6. Berekenen parameters verkantelingsmechanisme

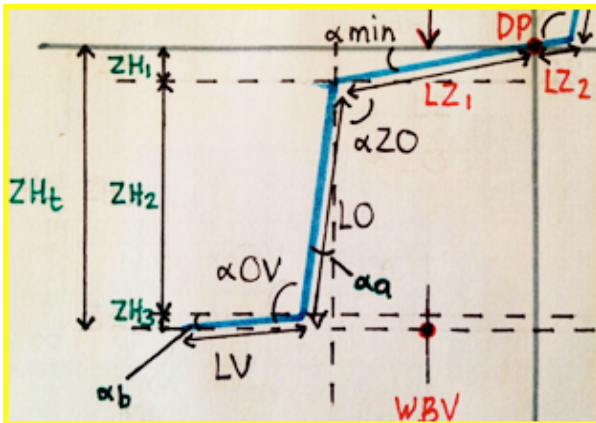
De nog onbekende parameters c (zie figuur 4) wordt berekend in protocolstap 6. In stap 6.1 wordt de minimaal benodigde zithoogte berekend (zie figuur 3), waarna de lengte van onderdeel c vastgesteld wordt in stap 6.2.

6.1. Zithoogte berekenen

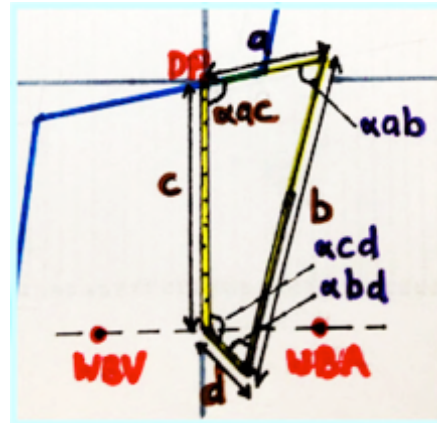
- Waarde van de minimale verkantelingstand ($\alpha_{1_{\min}}$) opzoeken in resultatentabel (stap 1.2, bijlage)
- Juiste reeks toe te passen formules selecteren uit tabel 1, a.d.h.v. onderstaande stellingen. De waarden voor $\alpha_{1_{\min}}$ en αb (zie tabel 1 en figuur 3) bepalen welke berekeningen gebruikt dienen te worden per rolstoelsituatie. → Berekende parameters noteren in stap 6.1 van resultatentabel (zie bijlage)
 - $\alpha_{1_{\min}} = 0$ of **kleiner** → formules uit kolom1 oplossen
 - $\alpha_{1_{\min}} =$ **groter dan 0** → bovenste twee formules uit kolom2 oplossen
 - $\alpha b = 0$ of **kleiner** → verder gaan met het oplossen van de formules uit kolom 2
 - $\alpha b =$ **groter dan 0** → verder gaan met de formules uit kolom 3

Tabel 1: Berekening zithoogte (ZHt): vertical afstand DP-onderste punt voetsteun. Voor specificities symbolen: zie figuur 3 en resultatentabel (bijlage protocol)

Kolom 1 toepassen indien: $\alpha_{1_{\min}} < 0$	Kolom 2 toepassen indien: $\alpha_{1_{\min}} > 0$ (en $\alpha b < 0$)	Kolom 3 toepassen indien: $\alpha b > 0$
$\alpha a = \alpha ZO + \alpha_{1_{\min}} - 90$ $\alpha b = \alpha VO - \alpha a - 90$ $ZH1 = LZ1_F * \sin(\alpha_{1_{\min}})$ $ZH2 = LO * \cos(\alpha a)$ $ZH3 = LV * \sin(\alpha b)$ $ZHt = ZH1 + ZH2 + ZH3$	$\alpha a = \alpha ZO + \alpha_{1_{\min}} - 90$ $\alpha b = 90 - \alpha VO + \alpha a$ $ZH1 = LZ1_F * \sin(\alpha_{1_{\min}})$ $ZH2 = LO_F * \cos(\alpha a) - ZH1$ $ZH3 = LV_F * \sin(-\alpha b)$ $ZHt = ZH2 + ZH3$	$ZH1 = LZ1_F * \sin(\alpha_{1_{\min}})$ $ZH2 = LO_F * \cos(\alpha a) - ZH1$ $ZHt = ZH2$



Figuur 3: Schematisch zij aanzicht Pronto onderstel (sagittaal aanzicht), in α_{1min} . Parameters t.a.v. stap 6. Zie resultatentabel (bijlage) voor specificaties symbolen



Figuur 4: Schematisch verkantelingsmechanisme: Parameters t.a.v. stap 6.2; 7. Zie tabel bijlage voor specificaties symbolen

6.2. Berekenen parameters verkantelingsmechanisme

In figuur 4 is de onderdelen-samenstelling van het Pronto-verkantelingsmechanisme, weergegeven. Tot op heden zijn enkel de drie rode symbolen bekend (zie stap 4.1; 4.3). De bruine parameters worden bepaald m.b.v. onderstaande acties. → noteer de berekende waarden in stap 6.2 van de resultatentabel (bijlage)

6.2a) Waarden Lb en Ld controleren

De lengtes van onderdelen b en d hebben over het algemeen dezelfde standaard lengte, welke reeds zijn uitgezet in stap 6.2a van de resultatentabel (zie bijlage). Controleer deze afmetingen in de meetopstelling m.b.v. een meetlint en noteer eventuele wijzigingen in de resultatentabel.

6.2b) Waarden van Lc en α_{ac} berekenen

Lengte Lc wordt berekend a.d.h.v. ZHt (zie protocolstap 6.1) en α_{ac} wordt bepaald voor de 3 belangrijkste verkantelingstanden (zie stap 2.1 resultatentabel). Los onderstaande formules op en noteer de waarden in stap 6.2b van de resultatentabel.

- $Lc = ZHt \rightarrow$ afronden naar boven tot eerste 20-tal
- $\alpha_{ac_{min}} = 90 - \alpha_{1_{min}}$
- $\alpha_{ac_{mid}} = 90 - \alpha_{1_{mid}}$
- $\alpha_{ac_{max}} = 90 - \alpha_{1_{max}}$

7. Benaderen parameters verkantelingmechanisme

De laatste vier parameters (zie figuur 4, paarse symbolen) worden benaderd in stap 7. Bekende waarden vormen de input van een simulatiemodel van het Pronto verkantelingsmechanisme. Optionele onderdelen-samenstellingen worden vervolgens gesimuleerd, waarna benodigde waarden afgelezen/opgemeten worden in het schaalmodel.

7.1. Schaalmodel instellen

7.1a) Input van het schaalmodel verzamelen

De volgende parameters vormen de input voor simulaties m.b.v. het schaalmodel: Lc, $\alpha_{1_{min}}$, $\alpha_{1_{mid}}$ en $\alpha_{1_{max}}$. Bepaal de waarden voor deze parameters m.b.v. figuur 4 en stap 1.2, 6.2b van de resultatentabel (zie bijlage)

7.1b) Stel waarde Lc in op het schaalmodel

Verschuif het geel gekleurde kartonnetje (met hoekstanden) in verticale richting, zodat de juiste lengtemaat zichtbaar wordt in het venster onder "Lc"

7.2. Optionele onderdelen samenstellingen simuleren

7.2a) Uitvoeren simulaties m.b.v. model verkantelingsonderdelen

Parameters Lb, α_{bd} en α_{cd} zijn te wijzigen door het knopje in α_{bd} te verschuiven in de cirkelvormige rails. La, α_{ac} en α_{ab} zijn verstelbaar door onderdeel a te roteren in DP

- **Positiebepaling onderdeel b:** Zoek naar situaties waarin de $\alpha_{1\min}$ -lijn zichtbaar is door het bovenste venstertje van onderdeel b (min) en de $\alpha_{1\max}$ -lijn te zien is door het onderste schermje van b (max). Onderstaande stellingen dienen zoveel mogelijk aan de orde te zijn:
 - L_b = maximaal verlengt tijdens $\alpha_{1\min}$
 - L_b = half verlengt tijdens $\alpha_{1\text{mid}}$
 - L_b = minimaal verlengt tijdens $\alpha_{1\max}$
- **Positiebepaling onderdeel a:** Plaats onderdeel a over de lijn van $\alpha_{1\min}$ en zoek naar situaties waarin de middellijn van a zichtbaar is door het bovenste schermje van onderdeel b (min)
- Registreer de simulaties waarbij onderdelen b en a beiden geschikt gepositioneerd kunnen worden, volgens stap 7.2a

7.2b) Collecteren parameters uit schaalmodel verkantelingsmechanisme

Parameters L_c , L_a , L_b , α_{cd} en α_{ac} zijn direct af te lezen uit het schaalmodel en α_{bd} en α_{ab} moeten handmatig opgemeten worden m.b.v. een geodriehoek

- Bepaal de parameters voor iedere optionele onderdelen-samenstellingen (zie stap 7.2a) en noteer deze in de resultatentabel (stap 7.2b, bijlage protocol)
- Bij het kiezen uit meerdere optionele simulaties, dient er rekening gehouden met de volgende bevindingen:
 - Een zo verticaal mogelijk verloop van onderdeel b wordt geprefereerd
 - Het is gunstig wanneer onderdelen b en c elkaar niet kruisen

Bijlage Resultatentabel onderzoeksprotocol Pronto kantelrolstoel

STAP	SYMB.	SPECIFICATIE	WAARDE (1)	WAARDE (2)	EENH.
1.1. Lichamelijke parameters verzamelen					
	LV	Lengte voet cliënt			mm
	LO	Lengte onderbeen cliënt			mm
	LB	Lengte bovenbeen cliënt			mm
	LR	Lengte romp cliënt			mm
	LH	Lengte hoofd + hals cliënt			mm
	BH	Breedte heup cliënt			mm
	BS	Breedte schouders cliënt			mm
	M_c	Lichaamsgewicht cliënt			kg
1.2. Rolstoel parameters verzamelen					
	LO_c	Lengte ophanging voetsteun cliënt			mm
	LV_c	Lengte voetsteun cliënt			mm
	BV_c	Breedte voetsteun cliënt			mm
	α_{ZO_c}	Hoek zitting- ophanging voetsteun orthese cliënt			graden
	α_{OV_c}	Hoek oph. voetsteun-voetsteun orthese cliënt			graden
	$\alpha_{1\min}$	Minimale verkantelingstand			graden
	$\alpha_{1\max}$	Maximale verkantelingstand			graden
	$\alpha_{1\text{mid}}$	Middelste verkantelingstand			graden
	D_{vw}	Diameter voorwiel			mm
	D_{vw}	Diameter achterwiel			mm
2.2. Meetopstelling installeren (1)					
b)	BZ_F	Breedte zitting frame			mm
	BR_F	Breedte rug frame			mm
	LZ_F	Lengte zitting frame			mm
	LZ_1	Oorspronkelijk afst. $\alpha_{ZO_F} - DP$			mm
	LZ_2	Oorspronkelijke afstand $DP - \alpha_{RZ_F}$			mm
	α_{RZ_F}	Hoek rug-zitting frame			graden
c)	LR_F	Lengte rug frame			mm
	LO_F	Lengte ophanging voetsteun frame			mm

	LV _F	Lengte voetsteun frame			mm
	αZO_F	Hoek zitting-oph. voetsteun frame			graden
	αOV_F	Hoek oph. voetsteun-voetsteun frame			graden
d)	Lx	Afstand middelpunten weegsch 1 - 3			mm
	Lx ₁	Oorspronkelijke afstand middelp. weegsch1 - DP			mm
	Lx ₂	Oorspronkelijke afst. middelp. weegsch3 - DP			mm
3.2. Meten van drie rolstoelcondities			Meting 1	Meting 2	
a)	m1 _{mid}	Massa weegsch1 (middelste verkantelingstand)			kg
	m2 _{mid}	Massa weegsch2 (middelste verkantelingstand)			kg
	m3 _{mid}	Massa weegsch3 (middelste verkantelingstand)			kg
	m4 _{mid}	Massa weegsch4 (middelste verkantelingstand)			kg
b)	m1 _{min}	Massa weegsch1 (minimale verkantelingstand)			kg
	m2 _{min}	Massa weegsch2 (minimale verkantelingstand)			kg
	m3 _{min}	Massa weegsch3 (minimale verkantelingstand)			kg
	m4 _{min}	Massa weegsch4 (minimale verkantelingstand)			kg
c)	m1 _{max}	Massa weegsch1 (maximale verkantelingstand)			kg
	m2 _{max}	Massa weegsch2 (maximale verkantelingstand)			kg
	m3 _{max}	Massa weegsch3 (maximale verkantelingstand)			kg
	m4 _{max}	Massa weegsch4 (maximale verkantelingstand)			kg
4.1. Uiterste horizontale ZP-posities bepalen: Middelste verkantelingstand					
a)	F1 _{mid}	Kracht op weegsch1			N
	F2 _{mid}	Kracht op weegsch1			N
	Fz _{mid}	Zwaartekracht			N
	Lx3 _{mid}	Horizontale afst. DP – Fz			mm
b)	LZ3	Hor. verplaatsing DP over LZ _F			mm
c)	LZ1 _F	Benodigde afst. αZO_F - DP			mm
	LZ2 _F	Benodigde afst. DP – αRZ_F			mm
	Lx1 _F	Benodigde afst. middelp. weegsch1 - DP			mm
	Lx2 _F	Benodigde afst. middelp. weegsch2 - DP			mm
4.2. Uiterste horizontale ZP-posities bepalen: Minimale verkantelingstand					
a)	F1 _{min}	Kracht op weegsch1			N
	F2 _{min}	Kracht op weegsch1			N
	Fz _{min}	Zwaartekracht			N
b)	Lx3 _{min}	Horizontale afst. DP - Fz			mm
4.3. Uiterste horizontale ZP-posities bepalen: Maximale verkantelingstand					
a)	F1 _{max}	Kracht op weegsch1			N
	F2 _{max}	Kracht op weegsch1			N
	Fz _{max}	Zwaartekracht			N
b)	Lx3 _{max}	Horizontale afst. DP - Fz			mm
5. Positie wielen berekenen					
	B _{VW}	Positie voorwielas			mm
	B _{AW}	Positie achterwielas			mm
6.1. Zittinghoogte berekenen					
c)	αa	Hoek onderbeenstang-verticaal			graden
	αb	Hoek voetsteun-horizontaal			graden
	ZH1	Zithoogte (tot knie)			mm
	ZH2	Zithoogte (tot enkel)			mm
	ZH3	Zithoogte (tot tenen)			mm
	ZHt	Zithoogte: DP-onderk. voetsteun			mm
6.2. Berekenen parameters verkantelingsmechanisme			Standaard	Werkelijk	
a)	Lb _{min}	Minimale lengte onderdeel b	210		mm
	Lb _{mid}	Middelste lengte onderdeel b	270		mm
	Lb _{max}	Maximale lengte onderdeel b	330		mm
	Ld	Lengte onderdeel d	63		mm

b)	Lc	Lengte onderdeel c			mm
	$\alpha_{ac_{min}}$	Hoek a – c in min. verkantelstand			graden
	$\alpha_{ac_{mid}}$	Hoek a – c in mid. verkantelstand			graden
	$\alpha_{ac_{max}}$	Hoek a – c in max. verkantelstand			graden

7.2 Benaderen parameters verkantelingsmechanisme

optie1	α_{bd}	Hoek tussen onderdelen b - d			graden
	α_{cd}	Hoek tussen onderdelen c - d			graden
	La	Lengte afstand a			mm
optie2	α_{bd}	Hoek tussen onderdelen b - d			graden
	α_{cd}	Hoek tussen onderdelen c - d			graden
	La	Lengte afstand a			mm
optie3	α_{bd}	Hoek tussen onderdelen b - d			graden
	α_{cd}	Hoek tussen onderdelen c - d			graden
	La	Lengte afstand a			mm

Bijlage 14: Uitgevoerde data-analyse testfase

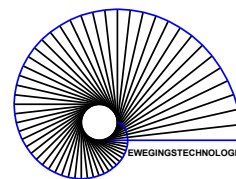
Tabel: Resultaten uit metingen en berekeningen uit data-analyse van de testfase: a.d.h.v. stappen onderzoeksprotocol (zie bijlage 13)

PROEFPERSOON 1				PROEFPERSOON 2			
STP	Client-parameters verzamelen						
	LV = 280 mm LO = 465 mm LB = 500 mm LR = 610 mm LHa = 100 mm LHo = 220 mm BH = 400 mm BT = 320 mm BS = 430 mm	LO _F = 485 mm LV _F = 350 mm αZO _F = 90° αOV _F = 95°	α1 _{min} = 10° α1 _{mid} = 25° α1 _{max} = 40° D _{VW} = 170 mm D _{AW} = 310 mm m _C = 80 kg	LV = 270 mm LO = 450 mm LB = 490 mm LR = 580 mm LHa = 90 mm LHo = 200 mm BH = 380 mm BT = 280 mm BS = 385 mm	LO _F = 465 mm LV _F = 340 mm αZO _F = 90° αOV _F = 95°	α1 _{min} = 10° α1 _{mid} = 25° α1 _{max} = 40° D _{VW} = 170 mm D _{AW} = 310 mm m _C = 59 kg	
2-3	Resultaten uit metingen testfase						
	BZ _F = 500 mm BR _F = 500 mm LR _F = 500 mm αRZ _F = 101°	LZ _F = 490 mm LZ1 = 210 mm LZ2 = 280 mm	Lx = 570 mm Lx1 = 295 mm Lx2 = 275 mm	BZ _F = 500 mm BR _F = 500 mm LR _F = 500 mm αRZ _F = 101°	LZ _F = 490 mm LZ1 = 210 mm LZ2 = 280 mm	Lx = 570 mm Lx1 = 295 mm Lx2 = 275 mm	
	m1-2 _{mid} = 16,5 kg m3 _{mid} = 50,5 kg m4 _{mid} = 43,5 kg	m1-2 _{min} = 34,5 kg m3 _{min} = 43,0 kg m4 _{min} = 43,0 kg	m1-2 _{max} = 5,0 kg m3 _{max} = 56,0 kg m4 _{max} = 42,5 kg	m1-2 _{mid} = 13,0 kg m3 _{mid} = 42,0 kg m4 _{mid} = 42,0 kg	m1-2 _{min} = 26,0 kg m3 _{min} = 35,5 kg m4 _{min} = 36,0 kg	m1-2 _{max} = 2,0 kg m3 _{max} = 45,0 kg m4 _{max} = 43,0 kg	
4.1	Berekening horizontale ZP-posities (sagittaal) in middelste verkantelingstand						
	F1 _{mid} F2 _{mid} Fz _{mid} Lx3 _{mid}	= ((m1 _{mid} + m2 _{mid}) * g = (m3 _{mid} + m4 _{mid}) * g = F1 _{mid} + F2 _{mid} = (F2 _{mid} *Lx2)-(F1 _{mid} *Lx1) Fz _{mid}	= 16,5 * 9,81 = 162 N = (50,5+43,5) * 9,81 = 922 N = 1084 N = ((922*275)-(162*295))/1084 = 189,8 mm	F1 _{mid} F2 _{mid} Fz _{mid} Lx3 _{mid}	= ((m1 _{mid} + m2 _{mid}) * g = (m3 _{mid} + m4 _{mid}) * g = F1 _{mid} + F2 _{mid} = (F2 _{mid} *Lx2)-(F1 _{mid} *Lx1) Fz _{mid}	= 13,0 * 9,81 = 128 N = (42,0 + 42,0)* 9,81 = 824 N = 952 N = ((824*275)-(128*295))/952 = 198,4 mm	
	LZ3 LZ1 _F LZ2 _F Lx1 _F Lx2 _F	= Lx3 _{mid} / cos(α1 _{mid}) = LZ1 + LZ3 = LZ2 - LZ3 = Lx1 + LZ3 = Lx2 - LZ3	= 189,8/cos(25) = 209,4 mm = 210 + 209,4 = 419,4 mm = 280 - 209,4 = 70,6 mm = 295 + 209,4 = 504,4 mm = 275 - 209,4 = 65,6 mm	LZ3 LZ1 _F LZ2 _F Lx1 _F Lx2 _F	= Lx3 _{mid} / cos(α1 _{mid}) = LZ1 + LZ3 = LZ2 - LZ3 = Lx1 + LZ3 = Lx2 - LZ3	= 198,4/cos(25) = 218,9 mm = 210 + 218,9 = 428,9 mm = 280 - 218,9 = 61,1 mm = 295 + 218,9 = 513,9 mm = 275 - 218,9 = 56,1 mm	
4.2	Berekening horizontale ZP-posities (sagittaal): minimale verkantelingstand						
	F1 _{min} F2 _{min} Fz _{min} Lx3 _{min}	= ((m1 _{min} + m2 _{min}) * g = (m3 _{min} + m4 _{min}) * g = F1 _{min} + F2 _{min} = (F2 _{min} *Lx2 _F)-(F1 _{min} *Lx1 _F) Fz _{min}	= 34,5 * 9,81 = 338 N = (43,0 + 43,0) * 9,81 = 844 N = 1182 N = ((844*135,1)-(338*434,9))/1182 = -28,0 mm	F1 _{min} F2 _{min} Fz _{min} Lx3 _{min}	= ((m1 _{min} + m2 _{min}) * g = (m3 _{min} + m4 _{min}) * g = F1 _{min} + F2 _{min} = (F2 _{min} *Lx2 _F)-(F1 _{min} *Lx1 _F) Fz _{min}	= 26,0 * 9,81 = 255 N = (35,5+36,0) * 9,81 = 701 N = 956 N = ((701*120,6)-(255*449,4))/956 = -31,4 mm	
4.3	Berekening horizontale ZP-posities (sagittaal): maximale verkantelingstand						
	F1 _{max} F2 _{max} Fz _{max} Lx3 _{max}	= ((m1 _{max} + m2 _{max}) * g = (m3 _{max} + m4 _{max}) * g = F1 _{max} + F2 _{max} = (F2 _{max} *Lx2 _F)-(F1 _{max} *Lx1 _F) Fz _{max}	= 5,0 * 9,81 = 49 N = (56,0+42,5) * 9,81 = 966 N = 1015 N = ((966*135,1)-(49*434,9))/1015 = 107,6 mm	F1 _{max} F2 _{max} Fz _{max} Lx3 _{max}	= ((m1 _{max} + m2 _{max}) * g = (m3 _{max} + m4 _{max}) * g = F1 _{max} + F2 _{max} = (F2 _{max} *Lx2 _F)-(F1 _{max} *Lx1 _F) Fz _{max}	= 2,0 * 9,81 = 20 N = (45,0 + 43,0) * 9,81 = 863 N = 883 N = ((863*120,6)-(20*449,4))/883 = 107,7 mm	
5	Positie voor- en achterwielen berekenen						
	B _{VW} B _{AW}	= Lx3 _{min} - D _{VW} = Lx3 _{max} + D _{AW}	= -28,0 - 170 = -198,0 mm = 107,6 + 310 = 417,6 mm → B _{AW} > LZ2 _F : positie B _{AW} is akkoord	B _{VW} B _{AW}	= Lx3 _{min} - D _{VW} = Lx3 _{max} + D _{AW}	= -31,4 - 170 = -201,4 mm = 107,7 + 310 = 417,7 mm → B _{AW} > LZ2 _F : positie B _{AW} is akkoord	
6	Maatvoering verkanteling onderdelen berekenen						
	α1 _{min} αa αb	> 0 = αZO _C + α1 _{min} - 90 = 90 - αVO _C + αa	→ beginnen met kolom 2 = 90 + 10 - 90 = 10° = 90 - 95 + 10 = 5° → αb > 0: doorgaan in kolom 3	α1 _{min} αa αb	> 0 = αZO _C + α1 _{min} - 90 = 90 - αVO _C + αa	→ beginnen met kolom 2 = 90 + 10 - 90 = 10° = 90 - 95 + 10 = 5° → αb > 0: doorgaan in kolom 3	
	ZH1 ZH2 ZHt	= LZ1 _F * sin(α1 _{min}) = LO _F * cos(αa) - ZH1 = ZH2	= 419,4 * sin(10) = 72,8 mm = 485*cos(10) - 72,8 = 404,8 mm = 404,8 mm	ZH1 ZH2 ZHt	= LZ1 _F * sin(α1 _{min}) = LO _F * cos(αa) - ZH1 = ZH2	= 428,9 * sin(10) = 74,5 mm = 465*cos(10) - 74,5 = 383,4 mm = 383,4 mm	
	Lc αac _{min} αac _{mid} αac _{max}	= ZHt - (0,5*D _{AW}) = 90 - α1 _{min} = 90 - α1 _{mid} = 90 - α1 _{max}	= 404,8 - (0,5*310) = 249,8 → 260 mm = 90 - 10 = 80° = 90 - 25 = 65° = 90 - 40 = 50°	Lc αac _{min} αac _{mid} αac _{max}	= ZHt - (0,5*D _{AW}) = 90 - α1 _{min} = 90 - α1 _{mid} = 90 - α1 _{max}	= 383,4 - (0,5*310) = 228,4 → 240 mm = 90 - 10 = 80° = 90 - 25 = 65° = 90 - 40 = 50°	
7	Maatvoering verkanteling onderdelen benaderen						
	Optie 1	Zie figuur ... linksboven	αcd = 135° αbd = 77° La = 225 mm	Optie 1	Zie figuur ... linksonder	αcd = 160° αbd = 57° La = 225 mm	
	Optie 2	Zie figuur ... rechtsboven	αcd = 305° αbd = 75° La = 216 mm	Optie 2	Zie figuur ... rechtsonder	αcd = 285° αbd = 51° La = 217 mm	

Bijlage 15: Beoordeling eindproduct a.d.h.v. ontwerpisen

Eis	WF	Maximale score	Behaalde score	Verschil	Eis	WF	Maximale score	Behaalde score	Verschil
1	5	25	(2*5)= 10	15	37	5	25	(5*5)= 25	-
2	4	20	(5*4)= 20	-	38	5	25	(1*5)= 5	20
3	5	25	-	-	39	5	25	(1*5)= 5	20
4	5	25	(5*5)= 25	-	40	5	25	(3*5)= 15	10
5	5	25	(5*5)= 25	-	41	5	25	(5*5)= 25	-
6	4	20	(5*4)= 20	-	42	5	25	(5*5)= 25	-
7	5	25	(5*5)= 25	-	43	3	15	(5*3)= 15	-
8	3	15	(5*3)= 15	-	44	3	15	(5*3)= 15	-
9	3	15	(5*3)= 15	-	45	4	20	(4*4)= 16	4
10	4	20	(5*4)= 20	-	46	3	15	(5*3)= 15	-
11	4	20	(5*4)= 20	-	47	5	25	(5*5)= 25	-
12	4	20	(5*4)= 20	-	48	5	25	(5*5)= 25	-
13	3	15	(4*3)= 12	3	49	5	25	(5*5)= 25	-
14	5	25	(5*5)= 25	-	50	4	20	(1*4)= 4	16
15	3	15	(5*3)= 15	-	51	3	15	(5*3)= 15	-
16	3	15	(3*3)= 9	6	52	5	25	(5*5)= 25	-
17	5	25	(5*5)= 25	-	53	5	25	(5*5)= 25	-
18	3	15	-	-	54	5	25	(5*5)= 25	-
19	3	15	(5*3)= 25	-	55	5	25	(5*5)= 25	-
20	5	25	(4*5)= 20	5	56	4	20	(5*4)= 20	-
21	4	20	(5*4)= 20	-	57	4	20	(5*4)= 20	-
22	5	25	(5*5)= 25	-	58	5	25	(5*5)= 25	-
23	5	25	(5*5)= 25	-	59	4	20	(5*4)= 20	-
24	4	20	(5*4)= 20	-	60	4	20	(5*4)= 20	-
25	5	25	(4*5)= 20	5	61	5	25	(5*5)= 25	-
26	3	15	(5*3)= 15	-	62	4	20	(5*4)= 20	-
27	5	25	(5*5)= 25	-	63	3	15	(5*3)= 15	-
28	5	25	(5*5)= 25	-	64	4	20	(5*4)= 20	-
29	4	20	(4*4)= 16	4	65	5	25	(5*5)= 25	-
30	3	15	(5*3)= 15	-	66	4	20	(5*4)= 20	-
31	5	25	(3*5)= 15	10	67	4	20	(5*4)= 20	-
32	4	20	(4*4)= 16	4	68	4	20	(5*4)= 20	-
33	5	25	(5*5)= 25	-	69	4	20	(5*4)= 20	-
34	4	20	(4*4)= 16	4	70	5	25	(4*5)= 20	5
35	3	15	(5*3)= 15	-	71	4	20	(5*4)= 20	-
36	3	15	(1*3)= 3	12					
					TOTAAL		1440	1297	143

Bijlage 16: Reflexieverslag leerdoelen afstudeerfase



Leerdoelen Afstuderen

Student : Rosanne van Dolderen (09051252)
Behaalde punten jaar 2 : 57
Behaalde punten jaar 3 : 49
Behaalde punten jaar 4 : 21
Behaalde vrije studiepunten : 33

Handtekening SLB docent : _____ datum : _____

Beroepsspecifieke Competenties

Competentie 1: Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren

Leerdoelen:

1. Meer ervaring en inzicht krijgen in het doorlopen van alle stappen van ontwerpprocessen, met als eindresultaat een naar wens functionerend product.
2. Meer kennis verkrijgen in materiaalkeuze, bewerkingstechnieken etc., om het eindproduct zo gewenst mogelijk te kunnen vervaardigen.

Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:

1. Gedurende dit afstudeerproject zijn alle stappen van het ontwerpproces aan bod gekomen, van het opstellen van de probleemstelling tot en met het realiseren en testen van het eindproduct.
2. Aangezien er voor het prototype van het eindproduct gebruik is gemaakt van een bestaande rolstoel, is het niet nodig gebleken om zelf materiaalbewerkingstechnieken toe te passen. Dit is overigens een weloverwogen ontwerpkeuze geweest en er is daarbij rekening gehouden met de aanwezige materialen en bewerkingstechnieken in de stoel.

Competentie 2: Testen en onderzoeken

Leerdoelen:

1. Ervaring krijgen in het gericht in kaart brengen van een probleem en van daaruit te onderzoeken (theoretisch en/of toegepast) op welke wijze bewegingstechnologische problemen opgelost kunnen worden.
2. Meer ervaring krijgen in het uitvoeren van theoretisch en/of toegepast onderzoek om zodoende probleemstellingen zo effectief en gewenst mogelijk op te kunnen lossen.

Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:

1. In de beginfase van het project is de probleemstelling duidelijk en gedetailleerd in kaart gebracht, en de daarbij behorende te onderzoeken onderwerpen zijn geformuleerd. Aan de hand hiervan is er gericht gezocht naar geschikte oplossingen.
2. Er is veelsoortig onderzoek verricht naar de onderwerpen omtrent de probleemstelling, zodanig veel dat de probleemstelling uiteindelijk opgelost kon worden. Ook is er getest in hoeverre de gevonden oplossingen geslaagd zijn. De leerdoelen met betrekking tot testen en onderzoeken zijn dus behaald.

Algemene Beroepsgerichte Competenties

Competentie 1: Communicatie

Leerdoelen: 1. Meer ervaring krijgen in het communiceren met mensen met lichamelijke beperkingen of andere betrokkenen, om zodoende precies te weten te komen wat er moet gebeuren om gesignaleerde problemen van de op te kunnen lossen 2. Meer ervaring krijgen in het presenteren en praten over projecten of andere onderwerpen, om de luisteraar op een zo goed mogelijke manier te kunnen informeren.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: 1. Aan het begin van de afstudeerperiode heerste er nog veel onduidelijkheid over de samenstelling van de rolstoel. Er was weinig documentatie beschikbaar hierover, maar aan de hand van gesprekken met werknemers van Exello is toch inzichtelijk gemaakt waar de problemen lagen en wat er moest gebeuren om deze op te lossen. 2. Presenteren is tijdens dit project niet aan de orde gekomen, maar wel is er meerdere malen overleg geweest met Exello over de voortgang van het project. Tijdens deze gesprekken heb ik goed over kunnen brengen wat de stand van zaken was, met de benodigde feedback en informatie als uitkomst.
Competentie 2: Management
Leerdoelen: 1. Ervaring krijgen met het zelfstandig plannen, coördineren en uitvoeren van verschillende aspecten die mee spelen in een project of onderzoek. 2. Ervaring krijgen in het aanspreken, onderhandelen en samenwerken met mensen uit verschillende disciplines, zodat alle beschikbare informatie gebruikt wordt en een project of onderzoek zo goed mogelijk zal verlopen.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: 1. Dit project is nagenoeg volledig zelfstandig gepland. Vanuit Exello was er veel vrijheid, waardoor ik de mogelijkheid had zelf te bepalen en in te schatten op welke manieren ik welk einddoel wilde behalen. Hierdoor heb ik veel geleerd over de zaken die aan de orde komen tijdens een project, van begin tot eind. 2. Alhoewel er nauwelijks is samengewerkt tijdens dit project, zijn er op de momenten dat het noodzakelijk was wel andere partijen ingeschakeld om bepaalde doelen te kunnen bereiken. In een volgend project zou meer samenwerking echter gewenst zijn voor een sneller proces, gebaseerd op een bredere input.

Persoonsgebonden Competenties
Competentie 1: Initiatief & aanpassingsvermogen
Leerdoel: 1. Leren om duidelijker en gericht initiatief te nemen ten behoeve van een gewenst eindresultaat. 2. Ervaring krijgen in het gebruik maken van ideeën van verschillende partijen, zodat er een zo goed mogelijk eindresultaat ontstaat.
Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode: Gedurende de gehele periode heb ik vaak initiatief genomen om gesprekken te voeren over bepaalde onderwerpen. Hierdoor is er steeds op tijd de nodige duidelijkheid ontstaan om verder te kunnen met het realiseren van een gewenst einddoel. Daarnaast stond ik open voor ideeën en suggesties van anderen. Het leerdoel over initiatief en aanpassingsvermogen is dus behaald.
Competentie 2: Zelfstandig

Leerdoel:

Meer ervaring krijgen met het goed inschatten en indelen van de beschikbare tijd voor bepaalde af te handelen zaken binnen een project of onderzoek zodat het vooraf gestelde doel behaald kan worden binnen de beschikbare tijd

Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:

Dit ontwerpproject is geheel zelfstandig gepland, uitgedacht en uitgevoerd. Alhoewel het eindresultaat erg geslaagd is, heeft de uitvoering het gehele project meer tijd in beslag genomen dan vooraf gepland was. In het vervolg moet er dan ook rekening gehouden worden met het feit dat bepaalde onderdelen van een ontwerpproject meer tijd kunnen kosten dan verwacht.

**Competentie 3:
Reflectie**

Leerdoel:

1. Meer ervaring krijgen in het signaleren en direct oplossen van persoonlijke valkuilen binnen een project of proces, waardoor eventueel optredende vertraging voorkomen kan worden.
2. Meer ervaring krijgen in het geven van feedback aan anderen indien er problemen gesignaleerd worden.

Evaluatie leerdoel aan het eind van de afstudeerperiode:

1. De persoonlijke valkuilen zijn planning en perfectionisme. Ik heb meerdere malen ervaren dat mijn verwachtingen en doelen voor bepaalde onderdelen onnodig hoog lagen. Door deze hoge doelen is het plannen eveneens lastig gebleken. Met dit inzicht kan ik in de toekomst mijn verwachtingen beter afstemmen en eerder bijsturen wanneer de planning niet behaald dreigt te worden.
2. Tijdens dit project is het niet nodig geweest om feedback te geven aan anderen en dit leerdoel is dus niet aan de orde geweest.

Bijlage 17: Projectplan afstudeerperiode

1. Onderwerp

Voorlopige titel: Optimaliseren van het op maat maken van rolstoelen voor mensen met ernstige lichamelijke beperkingen, om zodoende voorover- of achterover kantelen te kunnen voorkomen

Werkveld: Bedrijfsleven, revalidatietechniek, fabrikanten van hulpmiddelen en orthopedisch instrumentmakers.

Beroepsrol: Ontwerper: op basis van onderzoek en analyse wordt er een plan van eisen en wensen geformuleerd. Door middel van methodisch ontwerpen worden er conceptkeuzes en prototypes ontwikkeld waarna er een naar wens functionerend eindproduct ontstaat.

Extern project

Exello Revalidatietechniek, Cothen

Contactpersoon: Frank Muis

E-mail: muisfrank@gmail.com

2. Probleemstelling

2.1. Aanleiding

Bij Exello worden er verschillende diensten geboden aan mensen met ernstige lichamelijke beperkingen, zodat zij op een voor hen zo comfortabel en veilig mogelijke manier door het leven kunnen gaan. Zo ontwikkelt Exello op maat gemaakte ortheses, waardoor bepaalde lichaamsdelen en contactpunten ontlast worden tijdens het liggen op een bed of het zitten in een rolstoel. Ook geven de ortheses steun aan of volgen zij bepaalde gebieden van het lichaam. Zodoende wordt het ontstaan van blessures en verwondingen als gevolg van langdurig zitten of liggen (decubitus/vochtletsel) drastisch verminderd en daarnaast zorgen de ortheses voor een zo comfortabele en gezond mogelijke lichaamshouding per persoon. De ortheses (zie figuur 1) worden door bewegingstechnologische specialist Frank Muis op locatie aangemeten en direct vervaardigd in een mobiele werkplaats. Vervolgens wordt de orthese getest op de cliënt, waarna er bepaald wordt in hoeverre de orthese voldoet aan de vooraf besproken eisen en wensen, of hij "past" en of bepaalde lichaamsdelen gewenst worden ondersteund dan wel worden ontlast. De nodige vormwijzigingen worden aangegeven op de orthese, waarna de definitieve orthese (zie figuur 2) vervaardigd wordt in de werkplaats van Exello.

Naast de ontwikkeling van ortheses is Exello gespecialiseerd in het op maat maken van rolstoelen. In figuur 2 is een door Exello ontwikkelde rolstoel weergegeven welke veelvuldig gebruikt wordt in combinatie met een zit-orthese. Bij het individueel op maat maken van de rolstoel wordt er uitgegaan van de afmetingen, beperkingen, mogelijkheden en wensen van de eindgebruiker. De benodigde lichaamsmaten en persoonlijke eigenschappen van de cliënt zijn verkregen tijdens het aanmeten van de orthese, welke tevens gebruikt worden voor het op maat maken van de bijbehorende rolstoel. Tot op heden worden de Exello rolstoelen voornamelijk op maat gemaakt aan de hand van goede kennis, veel ervaring en gevoel. Deze manier van werken kan zorgen voor creatieve, niet voor de hand liggende en zinvolle oplossingen. In de praktijk is echter gebleken dat er mobiliteitsproblemen kunnen ontstaan als gevolg van deze ongestructureerde en onnauwkeurige afstellingsprocedure. Vooral de afstelling van het rolstoel onderstel is cruciaal voor het creëren van een veilige en comfortabele rolstoelsituatie. Gebleken is dat wanneer het onderstel niet nauwkeurig genoeg is aangepast op de cliënt en zijn orthese, het zwaartepunt van het geheel (rolstoel, orthese en cliënt) kan afwijken van het gewenste aangrijpingspunt waardoor er een onstabiele situatie ontstaat. Bij enigszins afwijkende bewegingen zoals een stoepje op- of afrijden, kan de rolstoel naar voren dan wel naar achteren kantelen waardoor de cliënt uit zijn of haar rolstoel kan vallen.

Behalve vanwege bovengenoemd mobiliteitsprobleem, is er nog een reden waarom het voor Exello wenselijk is wanneer het rolstoel onderstel volgens een vast protocol zou worden gebouwd en afgesteld. Bij Exello zijn er slechts enkele medewerkers werkzaam die beschikken over de nodige kennis, inzicht en ervaring om de rolstoelen te bouwen zoals zij



Figuur 1: Exello zit-orthese (pasvorm, getest en voorzien van aantekeningen voor vormwijzigingen)



Figuur 2: Exello rolstoel (Pronto) met definitieve zit-orthese

gewenst zijn. Wanneer er gewerkt zou worden volgens een vast protocol, is de rolstoelproductie niet langer afhankelijk van deze vaste rolstoelbouwers maar kunnen minder ervaren werknemers het werk overnemen wanneer dit nodig is.

In opdracht van Exello Revalidatietechniek zal er tijdens deze afstudeerperiode gezocht worden naar oplossingen voor bovengenoemde problemen.

2.2. Doelgroep

De doelgroep waarvoor Exello ortheses en rolstoelen ontwikkelt zijn mensen die lichamelijk zeer beperkt zijn. Over het algemeen is er sprake van ernstige lichamelijke vervormingen zoals scoliose, kyfose, lordose en/of andere lichamelijke vervorming, waardoor cliënten genoodzaakt zijn hun dagelijkse leven zittend of liggend door te brengen. Vaak is er sprake van bijkomende beperkingen zoals decubitus, incontinentie en/of geestelijke beperkingen. Over het algemeen zijn de cliënten van Exello niet in staat zich zelfstandig te verzitten of te verliggen waardoor zij afhankelijk zijn van ouders of verzorgers. Zij dienen in de gaten te houden of de cliënt een geschikte lichaamshouding heeft, maar ook dienen zij erop letten dat bepaalde lichaamsdelen en weefsels niet overbelast worden waardoor het ontstaan van extra verwondingen voorkomen kan worden.

2.3. Doelstelling

Aan de hand van verschillende fases binnen dit ontwerpproject wordt er gezocht naar oplossingen voor de door Exello geformuleerde probleemstelling. Allereerst wordt er vooronderzoek gedaan (literatuuronderzoek, marktonderzoek en gesprekken met deskundigen). In de analysefase wordt de verkregen informatie vervolgens geanalyseerd en geordend, in de ontwerpfase worden er concepten gecreëerd en tot slot wordt het beste concept in de vervaardigingsfase uitgewerkt tot definitief ontwerp.

Om de verschillende stappen gestructureerd te kunnen laten verlopen en de beschikbare tijd efficiënt in te kunnen delen is het concrete einddoel in een vroeg stadium vastgesteld. De voor dit project relevante onderwerpen, welke nader onderzocht dienen te worden ten behoeve van het gewenste einddoel, kunnen vervolgens vastgesteld worden. De geformuleerde hoofdvraag van deze afstudeerperiode luidt:

“Hoe kan er een systeem ontworpen worden welke een duidelijk overzicht geeft van de benodigde afmetingen van het rolstoel onderstel, zodat het deelzwaartepunt van cliënt, orthese en rolstoel ten allen tijden binnen het steunvlak valt?”

Tijdens deze afstudeerperiode wordt er een systeem ontworpen waarmee het mogelijk is het rolstoel onderstel op een gemakkelijke en gestructureerde wijze nauwkeurig af te stellen op het individu. Belangrijk is dat het uiteindelijke systeem informatie kan verwerken over de volgende onderwerpen: vaststellen en weergeven van de groottes en aangrijpingspunten van de zwaartepunten (cliënt, orthese en rolstoel), persoonlijke eigenschappen van de cliënt en technische eigenschappen (rolstoel en orthese). Met behulp van het uiteindelijk ontworpen systeem moet de nauwkeurigheid van het op maat maken van de rolstoelen verbeterd worden. Hieronder zullen twee mogelijke eindresultaten toegelicht worden.

Verwacht eindresultaat 1:

Het te ontwerpen systeem zal een digitaal systeem worden, welke mogelijk opgebouwd wordt uit verschillende software programma's die waar nodig door middel van programmeren aan elkaar gekoppeld worden. Mogelijk zal er gebruik gemaakt kunnen worden van de software programma's Solid Works, Exel, Interactive Physics en geschikte software voor zwaartepuntbepalingen.

Verwacht eindresultaat 2:

Indien een fysiek meetsysteem gunstiger blijkt te zijn dan een digitaal systeem, zal er een meetopstelling ontworpen worden welke het zwaartepunt van het geheel (cliënt, orthese en rolstoel) vast kan stellen. Het rolstoel onderstel zal tijdens de metingen dusdanig afgesteld worden dat het zwaartepunt op de meest gunstige plaats aangrijpt, waarbij rekening gehouden zal worden met de persoonlijke eigenschappen van de cliënt en de technische eigenschappen van de rolstoel en orthese. Het definitieve onderstel kan vervaardigd worden aan de hand van de meetresultaten verkregen uit het meetsysteem.

2.4. Randvoorwaarden/kwaliteitscriteria

Voorafgaand aan het project zijn er een aantal randvoorwaarden en kwaliteitscriteria vastgesteld waaraan het eindproduct zal moeten voldoen. Gedurende het project zal er ten allen tijde rekening gehouden worden met deze voorwaarden en criteria. In onderstaand overzicht staan de randvoorwaarden en kwaliteitscriteria opgesomd.

Randvoorwaarden

- De nauwkeurigheid van het op maat maken van het onderstel moet verbeterd worden
- Het te ontwerpen systeem moet een toevoeging zijn aan de bestaande werkzaamheden van het bedrijf, geen vervanging
- Het te ontwerpen systeem moet gemakkelijk bedienbaar zijn voor werkplaatsmedewerkers
- Het systeem moet kunnen fungeren als overzichtelijk productieprotocol voor medewerkers zonder Exello ervaring
- Het systeem moet rekeningen houden met de beperkingen en mogelijkheden van de cliënt
- Het systeem moet rekening houden met de persoonlijke eigenschappen en wensen van de cliënt
- Er wordt aangenomen dat de vastgestelde lichamelijke eigenschappen en antropometrische waarden correct zijn opgemeten
- Het systeem moet rekening houden met de technische eigenschappen van de orthese en rolstoel
- De output van het systeem moet informatie geven over de benodigde afmetingen voor het rolstoel onderstel
- Het gezamenlijke zwaartepunt van cliënt, orthese en rolstoel moet binnen het steunvlak vallen
- Het gezamenlijke zwaartepunt moet zo dicht mogelijk bij de grond liggen
- De doelstelling van het project moet binnen 14 weken te behalen zijn

3. Vooronderzoek

In de eerste fase van het project is het noodzakelijk kennis op te doen met betrekking tot een aantal voor dit project relevant onderwerpen. Wanneer hierover meer bekend is, ontstaat er duidelijkheid over hoe de verschillende fases van het project ingedeeld kunnen worden om het gewenste einddoel te kunnen behalen. Aan de hand van literatuuronderzoek, marktonderzoek en gesprekken met deskundigen wordt er bepaald in hoeverre het project zinvol is, of er al oplossingen zijn voor (delen van) de probleemstelling en welke bevindingen eventueel bruikbaar kunnen zijn voor het project.

Het vaststellen en zo nodig bijstellen van (deel)zwaartepunten en aangrijpingspunten van de rolstoel, orthese en cliënt is een erg belangrijke onderwerp in dit project. Een gunstig aangrijpingspunt van het totale zwaartepunt gaat immers samen met een stabiele en evenwichtige rolstoelsituatie, wat de kern van de probleemstelling vormt. In dit hoofdstuk wordt er dieper ingegaan op bevindingen met betrekking tot zwaartepuntenbepalingen en hoe het zwaartepunt vastgelegd en bijgesteld kan worden bij rolstoel situaties. Zodoende wordt er vastgesteld of het project zinvol is en welke stappen er ondernomen moeten worden om het einddoel te bereiken.

Definitie zwaartepunt

Het zwaartepunt is het punt binnen of buiten een object waaromheen alle delen van het object elkaar in evenwicht houden. Het is de plaats waar de zwaartekracht van de massa aangrijpt [1]. In dit project zal het gaan om een driedimensionale zwaartepuntbepaling, ten opzichte waarvan de massa gelijk verdeeld moet zijn. Het geometrisch zwaartepunt is de gemiddelde positie van alle punten waaruit het object (lichaam) bestaat. Het massazwaartepunt is de gewogen gemiddelde positie van de punten waaruit een lichaam bestaat, waarbij de massa van elk punt het relatieve belang ervan aangeeft [1].

Belang van nauwkeurig bepaald aangrijpingspunt

Voor de doelgroep is het van groot belang dat het lichaam in evenwicht is en dat het zwaartepunt op de juiste plaats aangrijpt. Zodoende ontstaat er een stabiele en veilige lichamelijke situatie, waardoor zij ontspannen de dag kunnen doorbrengen. Een op maat gemaakte orthese zorgt ervoor dat een cliënt in een geschikte en stabiele houding gepositioneerd wordt en om het voortbewegen mogelijk te maken is een volledig aangepaste rolstoel op de persoon essentieel. Indien de rolstoel, orthese en cliënt in balans zijn en het gezamenlijke zwaartepunt binnen het steunvlak valt, is er sprake van een veilige en comfortabele situatie waarbij het geheel niet zomaar zal kunnen kantelen. Wanneer de rolstoel echter verkeerd is afgesteld kan het zwaartepunt te veel naar voren of naar achteren liggen, waardoor het gevaar op kanteling sterk toeneemt en de cliënt uit zijn of haar rolstoel kan vallen. De cliënt heeft dus zeer veel baat bij een gestructureerde, nauwkeurige en veilige wijze van afstelling van de rolstoel.

Vooronderzoek zwaartepunt van rolstoelen

Er is marktonderzoek gedaan bij verschillende rolstoelleveranciers, welke handleidingen verschaffen voor het individueel afstellen van rolstoelen. In deze handleidingen wordt benoemd dat een juiste afstelling zeer belangrijk is om een geschikte en gewenste balans te kunnen realiseren per persoon. Ook wordt er het zwaartepunt besproken en er wordt toegelicht dat het aangrijpingspunt van het zwaartepunt afhankelijk is van

vele factoren, waaronder rolstoelafstellingen, zitpositie, gewicht van de gebruiker, de handicap(s) en de ervaring van de gebruiker [2]. Tevens wordt er uitgelegd hoe het rolstoel-zwaartepunt handmatig naar wens af te stellen is. Echter wordt deze afstelling in alle onderzochte gevallen gerealiseerd aan de hand van het “gevoel” van de rolstoelgebruiker, wat ten aanzien van dit project niet nauwkeurig genoeg is.

Conclusie vooronderzoek

Aan de hand van het verrichte vooronderzoek kan er geconcludeerd worden dat de persoonlijke rolstoelafstelling in de praktijk niet gestructureerd en nauwkeurig genoeg gebeurt waardoor de kans op een verkeerde zwaartepuntverdeling aanwezig is. Uit gesprekken met deskundige Frank Muis van Exello is tevens gebleken dat er tot op heden nog geen systeem bestaat welke gestructureerd in kaart brengt hoe een rolstoel exact afgesteld kan worden op de persoon. Er kan dus geconcludeerd worden dat de doelstelling van dit afstudeerproject zinvol is.

Bij wetenschappelijk onderzoek naar voorwaartse en achterwaartse stabiliteit van de rolstoel [3] is er gebruik gemaakt van een computermodel, waarmee analyses zijn uitgevoerd aan de hand van deelzwaartepunten van ledematen en rolstoelonderdelen. Tijdens dit project wordt deze onderzoeksmethode nader onderzocht waarna er vastgesteld wordt in hoeverre deze methode bruikbaar kan zijn voor dit project.

4. Analyse

Tijdens de afstudeerperiode wordt de werkwijze die Exello hanteert om hun zelf ontwikkelde rolstoelen per individu op maat te maken onder de loep genomen, zodat er vastgesteld en uitgewerkt kan worden op welke mogelijke manieren deze afstellingsprocedure verbeterd kan worden. Om het gewenst einddoel te kunnen behalen is het noodzakelijk om kennis te hebben over verschillende voor dit project relevante deelonderwerpen. Om het project op een gestructureerde wijze te laten verlopen is het wenselijk de verzamelde informatie en literatuur op een geordende en efficiënte wijze te analyseren. Zodoende is de hoofdvraag opgesplitst in een aantal deelvragen, welke in dit hoofdstuk worden geformuleerd en uitgediept. De deelvragen worden beantwoord aan de hand van literatuuronderzoek en marktonderzoek, maar ook de kennis en ervaring van Exello is erg belangrijk in deze fase van het project.

Deelvragen onderzoeksvraagstelling

1. Wat zijn de technische eigenschappen van de rolstoel (+ orthese), wat zijn de mogelijkheden wat betreft de individuele afstelling en hoe gaat dit proces bij Exello in zijn werk?
2. Welke problemen ontstaan er bij een verkeerde afstelling van het onderstel en waar ligt de oorsprong hiervan?
3. Welke persoonlijke eigenschappen, afmetingen en waarden van cliënten moeten gebruikt worden om een veilige en stabiele afstelling van de rolstoel te kunnen garanderen?
4. Hoe kan er vastgesteld worden waar het totale zwaartepunt van het geheel (rolstoel, orthese en cliënt) moet aangrijpen om een veilige en stabiele situatie te creëren?

Aanpak beantwoording deelvragen

Deelvraag 1: Literatuuronderzoek en praktijkonderzoek Exello

- Onderdelen/afmetingen/materialen/bewerkingstechnieken van rolstoel en orthese
- Welke onderdelen van het onderstel zijn variabel (minimale/maximale waarden)
- Welke lichamelijke en technische eigenschappen worden gebruikt voor de afstelling en hoe worden deze vertaald in de rolstoel maatvoering?

Benodigde waarden:

- Minimale en maximale rugleuninghoeken
- Minimale en maximale zitting kantelingen
- Voetsteunen en armsteunen (massa, afmetingen, plaatsing)
- Zitting + orthese (afmetingen, massa, plaatsing)
- Afmetingen onderstel + voetsteunen (technische tekening met onderdelen t.o.v. steunvlak)

Deelvraag 2: Praktijkonderzoek Exello

- Welke zaken kunnen er meespelen in het ontstaan van onstabiele situatie (wat betreft: de rolstoel zelf en/of bepaalde eigenschappen van de cliënt)?
- Specifieke aanleidingen/situaties waarbij onstabiele van de rolstoel ontstaat
- Gevolgen verkeerde afstelling → uit rolstoel vallen, omvallen met rolstoel, aangespannen musculatuur vanwege onstabiel gevoel, verwondingen

- Effecten van toegevoegde rolstoel accessoires en veranderende verstelmogelijkheden op de stabiliteit
- Wordt er rekening gehouden met de plaats waar de zwaartepunten van rolstoel, orthese en cliënt aangrijpen? Zo ja, op welke wijze gebeurt dit?

Deelvraag 3: Literatuuronderzoek en praktijkonderzoek Exello

- Afmetingen cliënt → antropometrie romp, hoofd, boven- en onderbenen, voeten, boven- en onderarmen
- Massa's cliënt → totaal massa, romp, hoofd, boven- en onderbenen, voeten, boven- en onderarmen
- Lichaamshoudingen van cliënt in de rolstoel → voorkeurshoudingen, gewenste houdingen (rolstoelverstellingen), gewrichtshoeken, wisselende houdingen bij bepaalde activiteiten
- Bewegingspatroon cliënt → activiteiten, mogelijkheden, beperkingen (spasmen, gewrichtsbeperkingen)

Deelvraag 4: Literatuuronderzoek en praktijkonderzoek Exello

- Literatuuronderzoek zwaartepunt
- Onderzoek naar het van deelpuntbepalingen en aangrijpingspunten in wisselende lichaamshoudingen en rolstoelverstellingen (ledematen, orthese, rolstoelonderdelen)
- Onderzoek naar bruikbare software en/of meetsystemen (literatuuronderzoek en deskundigen raadplegen)

5. Ontwerpfase

Aan de hand van de uit de analysefase verkregen en geanalyseerde informatie wordt er een pakket van eisen en wensen samengesteld, waaraan het eindontwerp zal moeten voldoen. In de ontwerpfase worden verschillende concepten bedacht en uitgewerkt waarmee de geformuleerde probleemstelling opgelost kan worden. Uiteindelijk wordt het concept dat het beste voldoet aan het opgestelde eisen en wensen pakket geselecteerd aan de hand van de Cardinale Methode. Bij het ontwikkelen van de verschillende concepten vormt onderstaande deelvraag het uitgangspunt:

"Hoe kunnen persoonlijke- en technische eigenschappen en zwaartepuntbepalingen aan elkaar gekoppeld worden in een systeem, zodat een gestructureerde en nauwkeurige maatvoering voor het rolstoelonderstel mogelijk wordt?"

6. Vervaardigingsfase

In de vervaardigingsfase zal er een zogenaamd "proof of concept" gerealiseerd worden. Het concept dat het beste voldoet aan de vooraf gestelde eisen en wensen wordt in deze fase uitgewerkt tot definitief eindproduct/eindsysteem, welke het mogelijk maakt om aan de hand van persoonlijke- en technische informatie een beeld te genereren over de voor hem of haar gewenste maatvoering van het rolstoel onderstel. Tijdens deze fase zal er gebruik gemaakt worden van de kennis, ervaring en ideeën van bewegingstechnoloog en praktijkbegeleider van Exello, Frank Muis.

7. Testfase/Evaluatiefase

In deze fase van het project wordt er getest en geëvalueerd in hoeverre het eindproduct voldoet aan de vooraf gestelde eisen en wensen. Het testen van het eindproduct vindt plaats aan de hand van verschillende testmethodes, welke in dit hoofdstuk worden toegelicht. De resultaten uit de testfase worden gestructureerd weergegeven en toegelicht, verbeterpunten worden benoemd en het verloop van het gehele proces worden geëvalueerd.

1. Cardinale methode

Aan de hand van de Cardinale methode wordt er bepaald in welke mate het eindproduct voldoet aan de vooraf gestelde eisen en wensen.

2. Proefpersoon

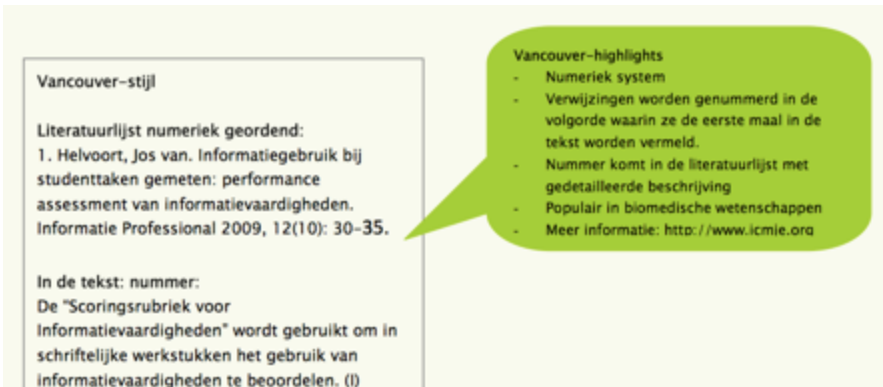
Tijdens dit project wordt er gebruik gemaakt van een proefpersoon, waarbij de lichamelijke eigenschappen, mogelijkheden en wensen in een vroeg stadium worden vastgesteld. Gedurende het proces worden deze zaken herhaaldelijk gekoppeld met de rolstoel en orthese. Door metingen en testen uit te voeren gedurende het gehele project, ontstaat er inzicht in de onderzoekssituatie en zullen de eventuele aandachtspunten voor een optimale afstelling aan het licht komen. Na de vervaardigingsfase zal er aan de hand van de vooraf gestelde eisen van de proefpersoon getest worden in hoeverre het ontworpen afstellingssysteem al dan niet naar wens functioneert.

3. Oordeel rolstoelbouwer Exello

Het eindoordeel van Exello is erg belangrijk in de testfase. Aan de rolstoelbouwer van Exello wordt gevraagd om het ontworpen systeem te gebruiken, waarna er geëvalueerd wordt of het systeem daadwerkelijk wordt ervaren als een verbetering voor de afstellingsprocedure van het rolstoel onderstel.

8. Voorlopige literatuurlijst

Voor een overzichtelijke weergave van de gebruikte literatuur wordt er voor dit project de referentiestijl "Vancouver Style" [4] toegepast. Deze stijl wordt veelvuldig gebruikt in biomedische wetenschappen. In de tekst van de scriptie wordt de verwijzing aangegeven met een nummer, welke correspondeert met een uitgebreidere toelichting in de referentielijst aan het einde van de scriptie. Deze numerieke opsomming heeft de voorkeur aangezien er niet uitsluitend gebruik gemaakt zal worden van wetenschappelijk onderzoek waar auteursnamen aan verbonden zijn, maar ook van internetsites waar vaak geen namen bij vermeld staan. Een referentielijst gerangschikt aan de hand van de alfabetische volgorde van de auteurs, zoals toegepast wordt bij de APA Style, zou in dit geval onoverzichtelijk worden. In figuur 3 staat weergegeven hoe de literatuurverwijzing aan de hand van de Vancouver Style weergegeven dient te worden.



Figuur 3: Vancouver Referentiestijl

9.1. Planning

Om de doelstelling van het afstudeerproject te kunnen behalen is het belangrijk een duidelijke, gestructureerde en haalbare planning op te stellen. Gedurende dit project wordt er gestreefd naar het zo strikt mogelijk opvolgen van deze planning. Om te voorkomen dat het einddoel niet behaald wordt, zal er in de eerste week van de uitvoeringsfase met verschillende partijen gesproken worden over de planning en de geformuleerde deelvragen. Zodoende kan er beter vastgesteld worden of deze haalbaar zijn en in hoeverre het noodzakelijk is de vraagstelling en de planning enigszins bij te stellen. In tabel 1 op de volgende pagina is de planning van de uitvoeringsfase van dit afstudeerproject weergegeven.

Tabel 1: Planning uitvoeringsfase afstudeerproject

Week	Week-thema	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Week 1 15/12 – 21/12	Analysefase	Afspraken maken Exello en afstudeer- begeleider Proefopstelling bedenken	Proefopstelling bedenken	Deelvraag 1	Deelvraag 1	Deelvraag 1
Vakantie 22/12 – 28/12	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie
Vakantie 29/12 – 04/01	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie
Week 2 05/01 – 11/01	Analysefase	Proefpersoon meten	Deelvraag 1	Deelvraag 1	Deelvraag 1	Deelvraag 1 Afgerond en geformuleerd
Week 3 12/01 – 18/01	Analysefase	Deelvraag 2	Deelvraag 2	Deelvraag 2	Deelvraag 2	Deelvraag 2 Afgerond en geformuleerd
Week 4 19/01 – 25/01	Analysefase	Deelvraag 3	Deelvraag 3	Deelvraag 3	Deelvraag 3	Deelvraag 3 Afgerond en geformuleerd
Week 5 26/01 – 01/02	Analysefase	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4
Week 6 02/02 – 08/02	Analysefase	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4	Deelvraag 4 Afgerond en

Week 7 09/02 – 15/02	Ontwerpfase	Eisen en wensen formuleren	Eisen en wensen formuleren	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen	geformuleerd Concepten ontwikkelen
Week 8 16/02 – 22/02	Ontwerpfase	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen Afgerond en geformuleerd
Week 9 23/02 – 01/03	Ontwerpfase	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen	Concepten ontwikkelen Uitgewerkt en geformuleerd	Conceptkeuze	Conceptkeuze Afgerond en geformuleerd
Week 10 02/03 – 08/03	Realisatiefase	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp
Week 11 09/03 – 15/03	Realisatiefase	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp
Week 12 16/03 – 22/03	Realisatiefase	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp	Uitwerken eindontwerp
Week 13 23/03 – 29/03	Realisatiefase Testfase	Uitwerken eindontwerp	Eindontwerp Afgerond en geformuleerd	Testopstelling ontwerpen	Testopstelling realiseren	Testen (proefpersoon) Testen (cardinale methode)
Week 14 30/03 – 05/04	Testfase Evaluatie	Testen (rolstoelbouwer)	Testfase Afgerond en geformuleerd	Evalueren	Evalueren	Evalueren Afgerond en geformuleerd
Week 15 06/04 – 12/04	Afronding	Scriptie	Scriptie	Scriptie	Scriptie	Scriptie
Week 16 13/04 – 19/04	Afronding	Scriptie	Scriptie	Scriptie	Scriptie	Scriptie Inleveren

9.2. Voorlopige inhoudsopgave scriptie

Tijdens de afstudeerperiode zal er een scriptie geschreven worden welke een beeld zal geven over het verloop van het project, de gebruikte bevindingen, de gemaakte ontwerpkeuzes en het uiteindelijke eindproduct. Aangezien het schrijven van de scriptie zal beginnen bij aanvang van de uitvoeringsfase, is het zinvol de voorlopige hoofdstukopbouw vooraf uitgedacht te hebben. Zodoende kan er gestructureerd en geschreven worden waardoor er direct een duidelijk procesoverzicht ontstaat. De voorlopige hoofdstukindeling van de scriptie staat weergegeven in figuur 4.

Voorwoord

1. Inleiding
2. Samenvatting
3. Doelstelling
 - 3.1. Probleemstelling
 - 3.2. Onderzoeksvraagstelling
 - 3.3. Plan van aanpak
 - 3.4. Planning
4. Analysefase
 - 4.1. Analyse van de doelgroep
 - 4.2. Technische eigenschappen rolstoel en orthese
 - 4.3. Analyse huidige afstellingsprocedure
 - 4.4. Analyse relevante persoonlijke eigenschappen
 - 4.5. Analyse zwaartepuntbepalingen
5. Eisen en wensen
6. Ontwerpfase
 - 6.1. Concepten
 - 6.2. Conceptkeuze
7. Realisatiefase
 - 7.1. Ontwerpkeuzes
 - 7.2. Realisatieproces
 - 7.3. Eindproduct
8. Testfase
 - 8.1. Test a.d.h.v. eisen en wensen
 - 8.2. Test a.d.h.v. proefpersoon
 - 8.3. Test a.d.h.v. rolstoelbouwer
9. Evaluatie

10. Conclusie
11. Aanbevelingen
Literatuur
Bijlagen

Figuur 4: Voorlopige hoofdstukindeling afstudeerscriptie

10. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase

Voorafgaand aan de oriëntatiefase van de afstudeerperiode zijn er een aantal persoonlijke leerdoelen geformuleerd aan de hand van competenties, welke gedurende de uitvoeringsfase van de afstudeerperiode aan bod zullen komen. Na afloop van het project wordt er geëvalueerd in hoeverre de leerdoelen aan bod zijn gekomen of zij al dan niet behaald zijn. In tabel 2 staan de opgestelde persoonlijke leerdoelen weergegeven.

Tabel 2: Persoonlijke leerdoelen aan de hand van competenties

1	Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren
	Meer ervaring en inzicht krijgen in het doorlopen van alle stappen van ontwerpprocessen, met als eindresultaat een naar wens functionerend product.
2	Testen en onderzoeken
	Ervaring krijgen in het gericht in kaart brengen van een probleem en van daaruit te onderzoeken (theoretisch en/of toegepast) op welke wijze bewegingstechnologische problemen opgelost kunnen worden.
3	Communicatie
	Meer ervaring krijgen in het communiceren met mensen met lichamelijke beperkingen of andere betrokkenen, om zodoende precies te weten te komen wat er moet gebeuren om gesignaleerde problemen van de op te kunnen lossen
4	Management
	Ervaring krijgen met het zelfstandig plannen, coördineren en uitvoeren van verschillende aspecten die mee spelen in een project of onderzoek.
5	Initiatief en aanpassingsvermogen
	Leren om duidelijker en gericht initiatief te nemen ten behoeve van een gewenst eindresultaat.

Literatuurlijst

1. Wikipedia.nl, "Zwaartepunt". Geraadpleegd op 20 november 2014. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Zwaartepunt>
2. Google.nl, "Handleiding Kuschall Rolstoel". Geraadpleegd op 20 november 2014. [http://doclibrary.invacare.nl/Office%5CEurope%5CMarketing%5CMktDocNL.nsf/VALLMDDocument/4A7C1F0B8146CD95C12570D90032401D/\\$File/UM05_nl_K-Serie_1102.pdf](http://doclibrary.invacare.nl/Office%5CEurope%5CMarketing%5CMktDocNL.nsf/VALLMDDocument/4A7C1F0B8146CD95C12570D90032401D/$File/UM05_nl_K-Serie_1102.pdf)
3. Brian, D (1997). "Het aanbrengen van extra gewicht bij patiënten in rolstoelen: het effect op de voor- en achterwaartse stabiliteit". Stimulus, volume 16, pp 81-84. ISSN: 0929-0591 (Print) 1876-5599 (Online)
4. Saxion, "De ruggengraad van je scriptie". Geraadpleegd op 3 december 2014. http://resolver.sabinfo.nl/?method=c_sabportal.act_serve_doc&filename=/public/news/Factsheet%20referentiestijlen.pdf