

HERONTWERP VAN DE VERBINDING TILMAT-TILJUK VAN EEN TILLIFT



LAURA SMULDERS
Bacheloropdracht
Industrieel Ontwerpen

Eindopdracht Bachelor Industrieel Ontwerpen

“ Herontwerp van de verbinding tilmat-tiljuk van een tillift ”

Student

L. C. Smulders – s0165522

Examencommissie

Docent-begeleider: Ing. T. G. M. Krone

Tweede examiner: Prof. Dr. Ir. A.O. Eger

Bedrijfs-begeleider: Ing. B. Mensinga

United Care Products B.V.
Industrieweg 27
9672 AP Winschoten



Universiteit Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

The logo for the University of Twente features the words "UNIVERSITEIT TWENTE." in white, uppercase, sans-serif font, centered within a solid black rectangular box.

VOORWOORD

Geachte lezer,

Na enkele maanden hard werken kan ik eindelijk het resultaat van mijn bacheloropdracht aan u presenteren. Voor u ligt het verslag dat beschrijft wat ik de afgelopen tijd heb gedaan om tot een herontwerp van een tillift-clip te komen, met als eindresultaat een werkend prototype.

Het was geen gemakkelijke opdracht en ik heb dan ook de gelegenheid gehad om veel te leren. Het werken bij United Care is een goede kennismaking geweest met het bedrijfsleven, waar ik na vier jaar studeren zeker aan toe was. Ondanks dat het bedrijf relatief onbekend is met gebruik van software voor de moderne productontwikkeling, was het voor mij een zeer geschikte plek om in aanraking te komen met de praktijk. Ik kijk er dan ook naar uit om in de toekomst ook bij andere bedrijven dit soort ervaringen op te doen.

Voor de goede begeleiding wil ik zowel Bert Mensinga van United Care als Theo Krone van de Universiteit Twente bedanken. Regelmatig heb ik hun advies en sturing opgezocht, wat zeker ten goede van het proces is geweest. Hiermee sluit ik af en wens u veel plezier met het lezen van mijn verslag.

Met vriendelijke groeten,

Laura Smulders

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	2
SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
INLEIDING	8
HOOFDSTUK 1 – VOORFASE.....	9
<i>1.1 GEBRUIKSONDERZOEK.....</i>	<i>9</i>
1.1.1. Vraagstelling	9
1.1.2. Tilliften	10
1.1.3. Omschrijving huidige verbinding	11
1.1.4. Omgeving	12
1.1.5. Gebruikers.....	12
1.1.6. Gebruiksonderzoek en testen.....	13
1.1.7. Knelpunten	13
<i>1.2 CONCURRENTIE-ONDERZOEK.....</i>	<i>15</i>
1.2.1. Vraagstelling	15
1.2.2. Concurrentie	15
1.2.3. Afbakening	18
1.2.4. Markten	19
<i>1.3 PRODUCTANALYSE</i>	<i>21</i>
1.3.1. Vraagstelling	21
1.3.2. Betrouwbaarheid	21
1.3.3. Programma van eisen	22
HOOFDSTUK 2 – ONTWERPFASE	24
<i>2.1 CONCEPT-ONTWIKKELING.....</i>	<i>24</i>
2.1.1. Vraagstelling	24
2.1.2. Deelproblemen.....	24
2.1.3. Deeloplossingen.....	25
2.1.4. Concepten.....	32

2.2. <i>CONCEPTKEUZE</i>	37
2.2.1. Tussentijdse toetsing aan het programma van eisen	37
2.2.2. Haalbaarheid.....	38
2.2.4. Eindconcept.....	38
HOOFDSTUK 3 – DETAILLERINGSFASE	40
3.1 <i>GEOMETRIE</i>	40
3.1.1. Vraagstelling	40
3.1.2. Randvoorwaarden	40
3.1.3. Analyse geometrie	41
3.1.4. Materiaal	42
3.1.5. Vormgeving.....	43
3.2 <i>MASSAPRODUCT</i>	45
3.2.1. Vraagstelling	45
3.2.2. Productie en kosten	45
3.3 <i>PROTOTYPE</i>	47
3.3.1. Vraagstelling	47
3.3.1. Materiaal en bouw	47
3.3.2. Prototypebouw	48
3.3.3. Verschillen tussen massaproduct en prototype.....	49
3.4 <i>PRODUCT EVALUATIE</i>	50
3.4.1. Vraagstelling	50
3.4.2. Toetsing aan het programma van eisen.....	50
3.4.3. Gebruiksevaluatie	51
3.4.4. Aanpassingen.....	52
HOOFDSTUK 4 – CONCLUSIES & AANBEVELINGEN.....	53
4.1 <i>CONCLUSIES</i>	53
4.2 <i>AANBEVELINGEN</i>	54
HOOFDSTUK 5 – BIJLAGEN	53

SAMENVATTING

Het bedrijf United Care Products B.V. is gespecialiseerd in hulpmiddelen voor ouderen en gehandicapten, zoals tilliften en opstahulpen. Er moet een herontwerp worden gemaakt van de verbinding tussen de tilmat en het tiljuk van een passieve tillift. De tilmat wordt aan vier ophangpunten aan het juk gehaakt, door middel van clips. De ophangpunten zijn ronde palletjes met een grote kop en een kleiner asje. De clips hebben een grote opening, die over de kop van de pal kan worden geschoven. Daarna moet de clip nog worden doorgetrokken zodat de as van de pal in een smallere gleuf terechtkomt, dan is de verbinding veilig.

Tijdens de analysefase wordt onderzocht hoe zorgverleners met het product omgaan en welke knelpunten daarbij zijn. Het blijkt dat val-incidenten met enige regelmaat voorkomen, de oorzaak is echter niet altijd te achterhalen. Het zou kunnen dat dit komt doordat een clip kapot gaat of losschiet, maar nog waarschijnlijker is het dat zorgverleners een clip vergeten of niet goed bevestigen waardoor de zorgcliënt langzaam uit de mat glijdt.

Er is gekozen voor een concept dat ingaat op de optimalisatie van de huidige clip. Daarbij wordt getracht de huidige universaliteit te behouden: matten en liften van verschillende merken zijn onderling uitwisselbaar.

Enkele problemen moeten worden opgelost. De bruggetjes zijn erg stijf, waardoor het voor een gebruiker vrij veel kracht kost om de clip door te drukken tot zijn veilige positie. Bovendien hebben de palletjes die in de praktijk gebruikt worden een diameter die varieert van 7 tot 8 mm. Het is gebleken dat dit grote invloed heeft op de slijtage. Ook de positie van de bruggetjes is niet ideaal, want hoewel de bruggetjes voorkomen dat de clip gemakkelijk terugschiet en loskomt, vormt het ook juist een belemmering voor het veiligstellen. Omdat de huidige buitenvorm van de clip symmetrisch is, is het voor de gebruiker niet duidelijk genoeg wat de boven- en onderkant is. Een verbeterde vorm kan dit oplossen. Tevens zou het zwaartepunt wat naar onderen verplaatst moeten worden, zodat de clip niet zelf ondersteboven draait.

De nieuwe clip heeft een vloeiende maar meer driehoekige vorm, doordat de onderkant breder is ligt het zwaartepunt onder het midden en is het duidelijk wat de onderkant is. Het zal minder kracht kosten deze clip door te drukken. De clip zal uit zichzelf gemakkelijker in de goeie richting glijden, mede doordat de bladveer niet direct voor de ronde opening zit. De kleurstelling draag ook bij aan intuïtief gebruik. Als subtiele, maar niet te verwaarlozen toevoeging, is de binnenzijde van de clip afgerond. Dit is om scherpstelling te voorkomen: de clip kan niet op de rand van het palletje blijven hangen en plotseling losschieten.

Het prototype bestaat uit drie onderdelen: de basis staalplaat, het bladveertje en de kunststof behuizing. Het staalplaatje is met de lasersnijmachine gemaakt. Het veertje is met de hand gemaakt en erin gedrukt. De behuizing bestaat uit twee delen die zijn geprint in 3D en vervolgens aan elkaar gelijmd.

Het massaproduct zal met andere productietechnieken gerealiseerd worden. Uitgaande van een oplage van 10.000 clips kan de behuizing spuitgegoten worden. Voor de staalplaatjes kan het beste een lasersnijmachien aangeschaft worden, omdat het smalle gleufje waar de veer in moet moeilijk te ponsen of te knippen is. De veertjes moeten ook machinaal worden gevormd. De kostprijs zal naar schatting 6 euro per clip zijn.

Uit de evaluatie van het prototype is gebleken dat het herontwerp een aantal subtiele verbeteringen realiseert. Het gebruiksgemak is verbeterd doordat het minder kracht kost om de clip door te drukken. Dit komt door het bladveertje, dat er ook nog eens voor zorgt dat de clip minder last heeft van slijtage door de verschillende afmetingen van de palletjes. De nieuwe vorm en kleur stimuleren intuïtief gebruik. Een punt waarop nog meer verbetering mogelijk is, is de opening en afronding aan de binnenkant. Deze voorkomt het scherpstellen nog niet genoeg.

Een advies voor United Care is om een vervolgopdracht uit te zetten. Het herontwerp van de clip is een stap in de goede richting van het verbeteren van de veiligheid, maar er kan nog meer worden gedaan met het probleem dat verbindingen soms vergeten worden.

SUMMARY

United Care Products B.V. is a company that specializes in products for elderly and handicapped people, such as hoisting lifts and stand-up-aids. The assignment is to redesign the connection between the sling and the yoke of a passive lift. The sling can be attached to four suspension points on the frame, by using clips that slide over small cylindrical pins.

During the first analytical phase of the project, the interaction between the users and the product is examined. Falling-incidents seem to happen on a fairly regular basis. However, the cause of these incidents is not always easy to determine. It is possible that a clip breaks or comes loose, but it is more likely that a care provider doesn't attach all clips correctly, or even forgets one of them which causes the patient to slowly slide out of the sling.

Several options for redesign are introduced. Some contain drastic changes, but because it is preferred to maintain a universal mechanism, a design with less drastic changes was chosen.

The current clip will be optimized in several areas. First of all, the little plastic bridges are very stiff, which makes them unsuited for their function because the size of the little beams that have to be pushed through them vary between 7 and 8 mm. This causes abrasion and it is not very user-friendly because it takes too much of an effort. Their position is not ideal either: although they prevent the clip from coming loose once it's in its place, they also make it harder to put the beam in a safe position in the first place. Furthermore, the symmetrical shape of the clip makes it unclear what the top- and bottomside is. A different shape can solve this problem. The centre of gravity should also be moved below the horizontal centerline of the clip, so the clip doesn't automatically turn upside down.

The new clip has a curved triangular shape. Because the lower half is broader than the upper half the center of gravity is positioned below the middle. It will cost less force to push the beam into the safe area.

The prototype consists of three parts: a steel base, the leafspring and the plastic case. The steel base was cut with the laser cutting machine. Then the leaf spring was made by hand, and pushed into the steel plate. The plastic parts were made with the 3D-printer and glued together. The model is finished off with blue paint and a green sticker.

The mass product will be manufactured with different techniques. Assuming that 10.000 clips have to be made, injection molding is acceptable for the plastic parts. For the steel plates, laser cutting is appropriate. And the leafsprings should be made with a machine. The production price will be approximately 3 euro per clip.

After evaluating the prototype, it can be concluded that the redesign is a subtle improvement in several areas. The clip is more user-friendly because it is much easier to slide the clip into a safe position. The leaf spring is responsible for this. This leaf spring is also a lot less sensitive to abrasion than the old plastic bridges.

It is recommended that United Care offers a follow-up research assignment for a new student, to explore the possibilities of improving the safety even more. Though this new clip is a step in the right direction, more can be done in regard to the problem that users sometimes forget to connect a clip to the yoke.

INLEIDING



Dit verslag is geschreven in het kader van de bachelor eindopdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Deze opdracht dient ter afsluiting van de opleiding en is een vereiste om het bachelordiploma te kunnen behalen.

De opdracht is uitgevoerd bij United Care Products B.V. in Winschoten. Dit bedrijf is gespecialiseerd in medische hulpmiddelen zoals tilliften en opstahulpen. De opdracht waarvoor een student werd gezocht luidt als volgt:

Maak een praktisch en veilig (her)ontwerp van de verbinding tussen de tilmat en het tiljuk van een passieve tillift, zodat dit onderdeel fail-safe is en ook op producten van de concurrent past.

Het bedrijf geeft als aanleiding het feit dat er soms nog ongelukken gebeuren met de huidige oplossing. Verder wil zij de positie in de markt van tilliften verbeteren door een universeel product aan te bieden: zodat tilbanden van de concurrent veilig op tilliften van United Care gebruikt kunnen worden en vice versa. De opdracht is in de loop van het ontwerpproces verder gespecificeerd en afgebakend.

Voor de gebruikte strategie voor dit project en meer informatie over actoren die een rol spelen, verwijs ik naar het plan van aanpak in bijlage 1. Voor dit verslag wordt de vraagstelling in het plan van aanpak als leidraad aangehouden. De vragen waarop een paragraaf ingaat worden aan het begin van de betreffende paragraaf vermeld.

In het eerste hoofdstuk wordt het vooronderzoek besproken. Deze voorfase had als voornaamste doel: achterhalen wat de relevante oorzaken van val-incidenten zijn. Naast markt- en concurrentie-onderzoek is dan ook gebruiksonderzoek uitgevoerd om de knelpunten van de huidige oplossing te bepalen. Als resultaat is het programma van eisen tot stand gekomen.

In hoofdstuk twee wordt overgegaan op de conceptontwikkeling. Hier worden de overwogen oplossingen getoond. Er is naar drie concepten toegewerkt. Rekening houdend met de randvoorwaarden zijn de voor- en nadelen tegen elkaar afgewogen. Zo wordt uiteindelijk het concept gekozen waarmee verder wordt gegaan naar de volgende fase.

In hoofdstuk drie volgt de detailleringsfase, waarin het gekozen concept verder wordt uitgewerkt. De optimale geometrie wordt bepaald en de vormgeving en kleurstelling worden vastgelegd. En er wordt een eerste kostenplaatje voor het massaproduct voorgesteld. Het hoofdstuk sluit af met de resultaten: een prototype en de evaluatie van het product.

Als laatste komen in hoofdstuk vier op samenvattende wijze de conclusies en aanbevelingen. Dan volgen alleen nog de bijlagen waarnaar wordt verwezen in de tekst. Onder andere verslagen van de gebruiksonderzoeken en de geometrische analyse zijn daar te vinden.

HOOFDSTUK 1 – VOORFASE



De voorfase is de fase waarin analyserend wordt gekeken naar het product. Uiteindelijk moeten een gebruiksonderzoek en concurrentieonderzoek leiden tot een programma van eisen in de productanalyse.

1.1 GEBRUIKSONDERZOEK

1.1.1. Vraagstelling

Tijdens deze eerste fase wordt ingegaan op de eerste deelvragen uit het plan van aanpak. Middels een gebruiks- en gebruikersonderzoek wordt antwoord gegeven op deze vragen:

1. Hoe functioneert het huidige product?
 - a. In wat voor omgeving wordt het product gebruikt?
 - b. Wie zijn primaire en secundaire gebruikers en wat kenmerkt hen?
 - c. Welke knelpunten zijn er tijdens het gebruik?

Als toevoeging op deelvraag c: er moet met name worden gezocht naar de oorzaken van de problemen. De knelpunten zijn bepaald door met medewerkers van zorginstellingen te praten tijdens een gebruiksonderzoek. Tegelijkertijd wordt ook al rekening gehouden met het uitvoeren van een concurrentieonderzoek, op basis van de volgende deelvraag 1d:

- d. Welke oplossingen zijn er door concurrerende bedrijven voor de problemen ontworpen en hoe functioneren deze?

Om te beginnen volgt eerst een korte inleiding over tilliften en hun globale werking, daarna wordt verder ingegaan op de huidige verbinding tussen tilmat en tiljuk.

1.1.2. Tilliften

Er zijn twee soorten tilliften te onderscheiden: de actieve en de passieve tillift. De actieve tillift wordt gebruikt bij zorgcliënten die fysiek nog enigszins in staat zijn mee te werken bij hun verplaatsing. De zorgcliënt die verplaatst wordt heeft dan vaak alleen een band onder de oksels. Mensen die verplaatst worden met een passieve tillift worden met hun gehele lichaam in een mat gelegd, omdat ze fysiek tot bijna niets in staat zijn. Dit project is op de passieve tillift gericht.



Figuur 1: United Care juk

Tilliften worden voor verschillende doeleinden gebruikt. De zorgcliënt kan bijvoorbeeld verplaatst worden van bed naar een rolstoel of naar het toilet. Maar men kan er ook mee in het zwembad of op een paard worden getild. Dan hangt het juk vaak in rails aan het plafond (een plafondlift).



Figuur 2: Passieve tillift Wendy in gebruik



Figuur 3: Tillift Wendy van United Care

De passieve tillift Wendy van United Care wordt als uitgangspunt genomen en is getoond in figuur 3. In figuur 1 ziet u het juk, waaraan vier ophangpunten zitten. Dit juk hangt zoals in figuur 3 aan de arm van de lift. Aan het juk wordt een band gehangen, waar de zorgcliënt eerst in is gelegd. De mat wordt met vier banden, waaraan clips zitten, bevestigd: op de bovenste ophangpunten de schouderbanden,

onderaan op het dubbele ophangpunt de beenbanden. De situatie is in figuur 2 te zien. Bij de Wendy kan het juk met een elektrische afstandbediening omhoog en omlaag worden gebracht. En het juk kan worden gekanteld in een zittende of liggende positie.

In de volgende paragraaf wordt meer verteld over het principe dat United Care op dit moment gebruikt om de band aan het juk te hangen.

1.1.3. Omschrijving huidige verbinding

In figuur 4 is het onderdeel dat aan het juk vast zit te zien. Dit wordt een palletje of soms ook wel paddestoel genoemd. In figuur 5 is de clip, die normaalgesproken vastzit aan een tilband, op correcte wijze bevestigd. Dit kan gedaan worden door de grote opening over de kop van het palletje te schuiven en vervolgens de clip omlaag te duwen, zodat de as van het palletje door de gleuf omhoog glijdt. De palletjes worden meestal nog over gespoten met verf. En de nieuwere liften zijn mooier afgerond bij de kop van het ophangpunt.

De clip heeft een soort bruggetjes, te zien in figuur 6, die ervoor zorgen dat het asje niet zomaar terug kan glijden naar de grote ronde opening. Aan de onderkant van de clip zit een gleuf waar het stuk band dat aan de tilmat vastzit doorheen is gehaald. Soms zit er aan de bovenkant ook nog een extra stuk band, waar dan nog een extra clip aan kan worden bevestigd. Ook wordt dit stuk band vaak gebruikt door de zorgverlener om de verbinding weer los te trekken.



Figuur 4: een van de ophangpunten aan het juk



Figuur 5: correcte bevestiging van de clip



Figuur 6: de bruggetjes

Er dient een herontwerp te worden gemaakt dat de functie van deze onderdelen beter vervult. Daarvoor is naar een programma van eisen toegewerkt, dat aan het einde van dit hoofdstuk te vinden is.

1.1.4. Omgeving

De tilliften kunnen op de volgende locaties gebruikt worden.

Thuisituatie

Zorgvragers kunnen een tillift aanschaffen, al dan niet bekostigd door de verzekering, om thuis te gebruiken. Zij worden tijdens gebruik geholpen door een mantelzorger of personeel van de thuiszorg. De kamers zijn soms klein, waardoor weinig ruimte is om met een tillift te manoevreren. En vaak is er qua drempels en deurposten ook geen rekening gehouden met tilliften. Indien een zorgcliënt zelf een tillift heeft aangeschaft kan het voorkomen dat er door de zorgverlener onvoldoende instructie in de vorm van een handleiding wordt aangetroffen.

Zorginstantie

Zorginstanties zoals verpleeghuizen en ziekenhuizen bezitten vaak meerdere tilliften. In de instellingen wordt meestal rekening gehouden met de tilliften als het gaat om drempels en dergelijke, zo zijn er bijvoorbeeld vaak automatische, brede deuren. De patiënten worden geholpen door het verplegend personeel. Er wordt meestal regelmatig gecontroleerd of de tilliften nog in goede staat zijn en instructie is meestal aanwezig.

Sportlocatie

Bijvoorbeeld een zwembad of manege. Als de faciliteiten hiervoor mogelijkheid bieden, kan een zorgcliënt hier met een tillift verplaatst worden. Er moet dan een rails zijn aangelegd voor de plafondlift. Omgevingsomstandigheden kunnen er anders zijn dan in zorgcentra, bijvoorbeeld door vuil in de lucht of water.

Revalidatiecentrum

De inrichting is, vergelijkbaar met zorginstanties, meestal goed afgestemd op mensen die gebruik moeten maken van medische hulpmiddelen zoals rolstoelen en rollators. Tilliften worden hier dus ook gebruikt.

1.1.5. Gebruikers

Er zijn primaire en secundaire gebruikers te onderscheiden.

Primair:

- Professionele zorgverleners

Zorgverleners worden gezien als de primaire gebruikers, omdat zij degenen zijn die de verbinding tilmat-tiljuk telkens zullen vastkoppelen en weer losmaken. Zij maken dus actief gebruik van de tillift. De zorgcliënt heeft in ieder geval geen interactie met het verbindingsonderdeel.

Over het algemeen kan ervan uit worden gegaan dat deze mensen bekwaam zijn in de omgang met tilliften, zij hebben een cursus of opleiding ervoor gevolgd. Zij voeren de handelingen meerdere keren per dag uit.

- Mantelzorgers

Mantelzorgers helpen met de zorg van een familielid of bekende. Zodoende kan het voorkomen dat zij moeten helpen de zorgcliënt met een tillift te verplaatsen. In het ideale geval hebben zij vooraf begeleiding of een cursus

gekregen om te leren omgaan met het hulpmiddel. Om organisatorische redenen is dit echter niet altijd het geval.

Secundair:

- **Zorgcliënten**

Het gaat hier om mensen die zelf niet voldoende mobiel zijn om zich te kunnen verplaatsen. Denk bijvoorbeeld aan gehandicapten, ouderen of mensen met extreem overgewicht. Zij maken veelal passief gebruik van de tillift, de mate waarin zij moeten meewerken is afhankelijk van het type lift dat wordt gebruikt alsmede het fysieke vermogen van de patiënt. Omdat een zorgcliënt meestal zelf geen interactie heeft met het verbindend onderdeel, wordt de zorgcliënt hier als secundaire gebruiker verondersteld. De mentale staat kan per gebruiker verschillen, variërend van volkomen gezond tot zeer zwakbegaafd.

- **Service-verleners**

Deze medewerkers van United Care of dergelijke bedrijven zorgen voor reparaties en onderhoudsbeurten aan de tilliften.

1.1.6. Gebruiksonderzoek en testen

Om meer inzicht te krijgen in de problemen (en daarbij horende oorzaken) met de verbindingen, is een gebruiksonderzoek uitgevoerd. Hiervan staat een verslag in de bijlage 2. Omdat naderhand nog niet geheel duidelijk was waardoor de problemen precies ontstaan, zijn tests uitgevoerd om de oorzaken te achterhalen. De hypothese was: door incorrect bevestigen van de clip, kan de tilmat plotseling losschieten. De test is uitgevoerd met verschillende types tilbanden en met behulp van zandzakken die samen 80 kilo wegen. Ook van dit onderzoek is een uitgebreider verslag in bijlage 3 te vinden.

1.1.7. Knelpunten

Tijdens het gebruik van de tillift kunnen problemen ontstaan die betrekking hebben op de veiligheid, maar er wordt ook gekeken naar problemen op het gebied van gebruiksvriendelijkheid. Een product dat prettig en begrijpelijk is zal de veiligheid ten goede komen. Om de problemen en hun oorzaken te achterhalen is gebruiksonderzoek uitgevoerd. Een verslag hiervan is als bijlage meegeleverd. Hier worden de resultaten besproken. In het hierop volgende concurrentie-onderzoek wordt per merk dieper ingegaan op de problemen die voor specifieke types verbindingen gelden.

Nog geregeld komen incidenten voor waarbij de persoon die verplaatst moet worden tegen de tillift aan valt, bekneld raakt of uit de tillift valt. Echter hebben niet al deze gevallen een oorzaak die bij de verbindende onderdelen tussen de tilmat en het juk ligt. Er zal daarom in worden gegaan op de val-incidenten, waarbij wel vermeld moet worden dat niet alle val-incidenten worden veroorzaakt door een probleem met de verbinding tilmat-tiljuk. Het kan bijvoorbeeld ook komen door een versleten tilband of een gammel onderstel. Tijdens dit project wordt echter alleen ingegaan op de problemen die er zijn met de verbindende onderdelen, waarbij het van groot belang is de precieze oorzaak van die problemen te achterhalen.

Een risico dat bestaat bij een verbinding tilmat-tiljuk, is het plotseling losschieten van de verbinding tijdens gebruik. Dit kan de volgende mogelijke oorzaken hebben:

- De clip was niet correct vastgemaakt en glijdt uiteindelijk van het ophangpunt.
- De bevestigingsclip breekt, bijvoorbeeld doordat deze scheef belast wordt of last heeft van slijtage-verschijnselen.
- Het ophangpunt van het juk breekt, door een productiefout.
- De zorgcliënt beweegt zodanig dat de clip losschiet.
- De verbinding komt zodanig tegen de hoek van een meubel aan dat de clip van het ophangpunt af geduwd wordt.
- De clip is ondersteboven aangebracht en komt los.
- Een van de koppelingen is niet vastgemaakt (onoplettenheid zorgverlener), dit komt met name nog wel eens voor bij de ophangpunten voor de benen.

Het verschilt per soort clip hoe waarschijnlijk deze mogelijkheden zijn. Ook is de kans dat een ophangpunt zo slecht is dat deze plotseling afbreekt tijdens gebruik erg klein. Een tillift wordt immers ook getest voor verkoop. En als een clip van United Care ondersteboven wordt aangebracht zal deze meestal ofwel vanzelf draaien als er gewicht op komt (en dus alsnog doorschuiven tot de beveiligde positie), ofwel direct van het ophangpunt afvallen. Net als bij het laatste scenario, waarbij een zorgverlener een koppeling vergeet, zou dit voldoende snel moeten worden opgemerkt. De persoon die verplaatst moet worden hangt dan immers direct scheef. De kans dat de zorgverlener dit niet ziet en het tot vallen leidt is dus zeer klein.

Als een clip van United Care correct bevestigd is blijkt het erg lastig te zijn deze eraf te halen. Het is tijdens tests met zandzakken in de lift niet gelukt een verbinding los te koppelen door tegen een hoekpunt van een meubel te stoten of erlangs te trekken. Er staan namelijk door het gewicht ten alle tijde spanning op. Een uitzondering is misschien wanneer er over een drempel wordt gereden, maar bij correcte bevestiging levert dit geen risico op.

Wat wel bewezen kan worden is de mogelijkheid om een clip 'op scherp te stellen'. Oftewel: een incorrecte bevestiging, zodanig dat de verbinding na omhoog tillen goed lijkt te zitten, maar na een tijdje toch plotseling los komt. Dit losschieten kan dan mede komen door een beweging van de persoon die in de lift zit of gewoon door het bewegen van het juk als de lift voortgeduwd wordt. Overigens is tijdens testen gebleken dat zo'n scherpstelling toch ook gevolg kan zijn van ondersteboven bevestigen, als de clip niet goed doordraait tot in de correcte positie. Samenvattend kunnen deze situaties sowieso worden geschaard onder 'incorrect bevestigen', wat dus een groot risico vormt.

Voor de clip van United Care is wel een redelijke trekkracht vereist, om het palletje door de versmalling te kunnen drukken. De diameter van het ophangpunt moet exact zijn afgestemd op de clip, anders gaat het te zwaar. Dit is een minpunt voor de gebruiksvriendelijkheid en wellicht ook een reden waarom de clip niet altijd goed bevestigd wordt. Bovendien zijn de 'bruggetjes' het zwakke punt van de UCP-clip, ze slijten snel. Als daarmee doorgewerkt wordt levert dit een risico op.



Figuur 7: Het verschil tussen een correcte en incorrecte verbinding

1.2 CONCURRENTIE-ONDERZOEK

1.2.1. Vraagstelling

Nu wordt antwoord gegeven op de resterende deelvraag 1d:

1. Hoe functioneert het huidige product?
 - d. Welke oplossingen zijn er door concurrerende bedrijven voor de problemen ontworpen en hoe functioneren deze?

Het antwoord op deze vraag is gevonden door ook tijdens het gebruiksonderzoek al hierover te praten met de medewerkers van zorginstellingen. Verder zijn tests gedaan met een tiljuk van United Care en verschillende banden en clips. Naar de resultaten die uit deze test verkregen zijn wordt verwezen in de tekst, een volledig verslag hiervan is te vinden in de bijlage 3.

1.2.2. Concurrentie

Alle tilliften binnen United Care, zowel actief als passief, maken gebruik van het onderdeel waar deze ontwerpopdracht om draait. Voor het concurrentie- en marktonderzoek moet worden vastgelegd welke vergelijkbare producten, afkomstig van concurrerende bedrijven, er zoal zijn. Doel hiervan is om later te kunnen bepalen hoe er een universeel verbindingsonderdeel kan worden gemaakt. Tevens kan er inspiratie uit worden gehaald door te kijken welke principes wel of niet goed werken.

Enkele voorname concurrenten zijn op dit moment:

- Joy in Care, Assen
- Arjo, Tiel
- Tilcentrum, Vierhouten
- Pronk Ergo, Zoetermeer

- Medical Healthcare Group, Ridderkerk

Om ervoor te zorgen dat de opdracht haalbaar is, worden niet alle merken en types tilbanden en tilliften meegenomen in het onderzoek. Dan zou het vanwege de diversiteit erg moeilijk worden om een universele verbinding te maken die op alle combinaties voor voldoende veiligheid zorgt.

Tilcentrum B.V.

Dit bedrijf uit Vierhouten, dat voorheen bekend was als Tilmark B.V., heeft de Diana tillift en de Lexa Tillift voortgebracht. Tilcentrum maakt gebruik van verschillende soorten clips, die te zien zijn in figuur 8. Van links naar rechts: de Microban-Silvalea, Standaard clip en E-clip. Deze laatste wordt ook wel een 'veiligheidsclip' genoemd. Tilcentrum heeft een patent op dit principe.



Figuur 8: Verschillende clips van Tilcentrum B.V.

De E-clip wordt gebruikt voor zowel de Lexa als de Diana, het werkt als volgt: om te bevestigen moet de grootste (onderste) opening van de clip over de rode haak worden gehangen, vervolgens hoeft de clip alleen nog naar beneden te worden getrokken en dan zit hij vast. Om de verbinding weer los te maken, moet het grijze deel worden ingedrukt zoals op de tweede foto van figuur 9 te zien is. De clip kan dan weer omhoog worden geschoven en van de rode haak af worden gehaald.



Figuur 9: Gebruik van de 'E-clip' van Tilcentrum B.V.

Uit gesprekken met medewerkers van zorginstanties is gebleken dat men over het algemeen graag met deze clips werkt. Bevestiging kost weinig drukkracht en er is een duidelijke 'klik' hoorbaar als de clip goed zit. Volgens monteurs van United Care zijn de clips echter erg kwetsbaar, als er bijvoorbeeld met een rolstoel overheen wordt gereden kunnen ze al kapot gaan. Ook kan de clip breken als deze te zwaar belast wordt in een verkeerde richting. Verder blijkt uit tests dat bij verkeerde bevestiging twee dingen kunnen gebeuren: ofwel de clip schuift alsnog vanzelf in de goede positie na belasting, ofwel de clip schiet uiteindelijk los. De kans dat dit laatste gebeurt is niet groot, maar desondanks vormt het een risico.

Arjo B.V.

Arjo B.V. maakt in al zijn til-hulpmiddelen gebruik van een clip die veel overeenkomsten vertoont met de variant van United Care, dezelfde clip wordt ook wel eens gebruikt door Tilcentrum. In figuur 10 is een correcte verbinding met deze clip te zien. Uit de testen met zandzakken is gebleken dat ook deze clip wel degelijk scherp te stellen is, zoals te zien is in figuur 11. Als de zorgcliënt omhoog wordt getild lukt dit wel, maar daarna schiet de clip vrij snel los als het juk even een beetje heen en weer wordt geschud met de hand.



Figuur 10: Correcte bevestiging Arjo-clip



Figuur 11: Scherpgestelde Arjo-clip

Joy in Care

Joy in Care gebruikt een clip met een driehoekige opening in het midden. Net als de veiligheidsclip van het tilcentrum werkt men graag met deze clip. Nadeel is wel dat er voor deze slechts één schuif ingedrukt hoeft te worden om de verbinding weer los te maken. Op een van de locaties waar gebruiks- en concurrentie-onderzoek werd uitgevoerd heeft recentelijk een val-incident plaatsgevonden met deze clip, in combinatie met een passieve tillift. De clip schoot los, maar de betrokkenen weten niet precies hoe dit heeft kunnen gebeuren. Het vermoeden bestaat dat de gehandicapte zorgcliënt scheef in de lift heeft gehangen en daarbij met de schouder tegen de schuifbeveiliging is aangekomen, wellicht gecombineerd met een drempel kan de clip zijn losgeschoten. Maar dit kan niet met zekerheid worden vastgesteld. Ook bij andere tests, waarbij geprobeerd is de clip 'scherp te stellen', is het niet gelukt de verbinding los te krijgen terwijl de mat met zandzakken in de lucht hangt.

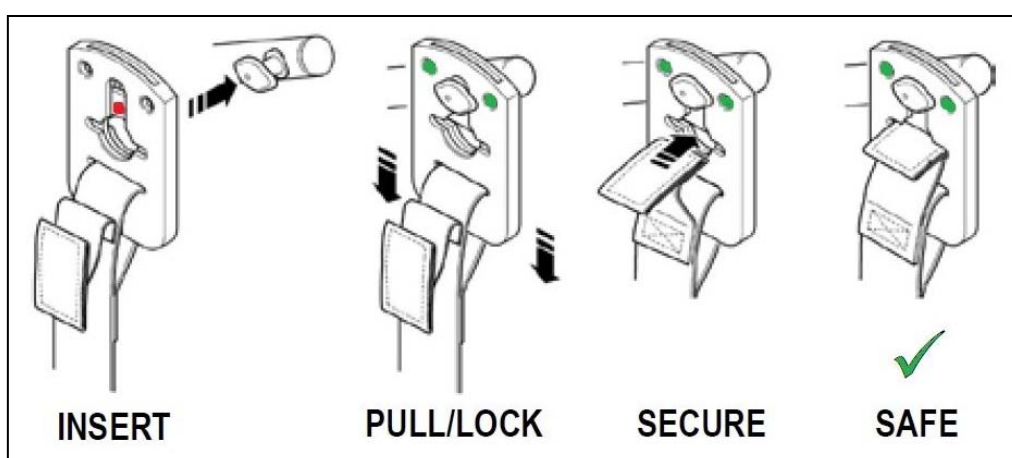


Figuur 12: De schuif-clip van Joy in Care kan mogelijk met de schouder worden scherpgesteld.

Pronk Ergo maakt alleen gebruik van lussenbanden. Dat houdt in dat aan het juk grote haken zitten, waar de lussen die aan de uiteinden van de tilband zitten omheen worden geslagen. Ze gebruiken dus geen clips. Deze firma wordt dan ook niet verder meegenomen in het onderzoek, om de opdracht in te kaderen en haalbaar te houden.

Medical Healthcare Group

Dit bedrijf maakt gebruik van een systeem dat als extra verzekering de band vastzet in de clip. Dit vergt een extra handeling, maar door deze altijd uit te voeren weet men wel zeker dat de clip correct bevestigd is. Als dit niet het geval zou zijn, dan was het niet mogelijk de band in te brengen. Er wordt ook gebruik gemaakt van een kleuraanduiding: als de rode punt nog zichtbaar is, zit de clip nog niet goed. Doordat er een schuif tussen de twee helften van de clip zit, bestaat de kans dat de kop van een pal tussen de spleet vast komt te zitten.



Figuur 13: Bij deze clip wordt gebruik gemaakt van kleur en extra handelingen om een grotere veiligheid te bereiken.

1.2.3. Afbakening

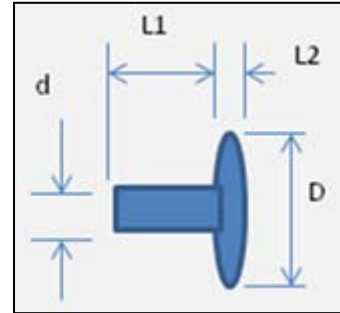
Er is als volgt een selectie gemaakt: ten eerste worden alleen de clips meegenomen die gebruikt worden bij Joy in Care, Arjo en Tilcentrum. Deze komen volgens medewerkers van de verkoopafdeling van United Care het meest voor. Het is niet realistisch ook nog rekening te houden met de systemen die gebruik maken van lussen zoals die van Pronk Ergo B.V.

Ten tweede wordt alleen gekeken naar de volgende tilliften: Arjo Maximove, MaxiTwin en MaxiSky (plafondlift); Tilcentrum Lexa en Diana; Passieve tillift van Joy in Care; kinderjukken. Het gaat daarbij dus om de vorm van het palletje waaraan de clips worden opgehangen.

De selectie is mede gemaakt op advies van medewerkers van de verkoopafdeling van United Care, zij hebben aangegeven welke merken het meest gebruikt worden in de praktijk. Tijdens het concurrentie-onderzoek zijn de relevante maten van de huidige ophangpunten opgenomen.

Tabel 1: Afmetingen van palletjes van veelgebruikte jukken

	D (mm)	L2 (mm)	d (mm)	L1 (mm)
Diana	13	5	8	5
Lexa	13,1	4,5	7,7	5
MaxiMove	13,8	5,5	7,1	6
Tempo	13,7	6	7,1	6
GentleMove	12	5,5	7	5
Geel UCP-juk	13	3	7,1	9



1.2.4. Markten

Om op meer ideeën te komen voor de conceptontwikkeling, zal ook worden gekeken naar andere markten dan alleen die van de til-hulpmiddelen in de zorg. Bijvoorbeeld bij bergbeklimmen worden ook vaak haken gebruikt die zeer betrouwbaar en sterk moeten zijn. Wellicht zijn vergelijkbare principes toe te passen bij de tilliften.



Figuur 14: Karabinhaak

Berg haak

Omdat ook tijdens het bergbeklimmen veiligheid voorop staat en de verbinding niet zomaar los mag komen, is dit oplossingsprincipe bruikbaar. Echter, in deze vorm vergt het nog te veel handelingen. Het ringetje moet elke keer helemaal naar boven worden gedraaid, dit zou teveel tijd kosten voor een handeling die tientallen keren per dag moet worden uitgevoerd. Er is ook wel een variant die zonder het ringetje werkt, maar dat brengt misschien weer teveel risico met zich mee.



Figuur 15: Gewone musketonhaak



Figuur 16: Halsterhaak (paniekhaak)

Musketonhaak

Dit is in feite geen bruikbaar principe, omdat de haak (met name de rechter) juist bedoeld is om in geval van nood makkelijk open te worden gemaakt.



Figuur 17: Kliksluitingen

Kliksluiting

Een makkelijk te sluiten verbinding, waarbij meestal een duidelijke 'klik' te horen is zodat men zeker weet dat het goed vast zit. Het valt te betwijfelen of zo'n soort verbinding sterk genoeg zou kunnen zijn voor het beoogde doel. Ook kan het aardig wat knijpkracht kosten, om ervoor te zorgen dat het niet te gemakkelijk weer los kan gaan.

Hijskraan-haak

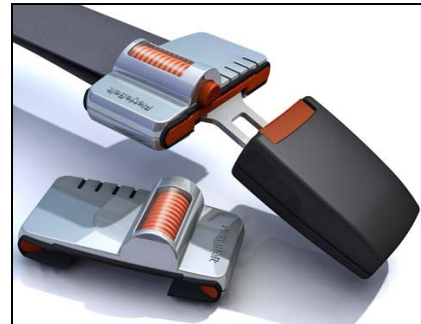
Deze grote haken kunnen meestal zware lasten dragen. Door het grijze onderdeel op deze foto kan een last er makkelijk aangehangen worden, maar kost het meer moeite deze eraf te halen.



Figuur 18: Hijskraanhaak



Figuur 19: Elektronische hand



Figuur 20: Autogordel

Elektronische grijphand of autogordel

Elektronische oplossingen moeten niet uitgesloten worden. Een elektronische gripper (bijvoorbeeld zoals de hand in figuur 19) is vaak erg sterk, maar er is wel een risico op defecten. In een waterrijke omgeving zou het ook niet geschikt zijn. Een autogordel (figuur 20) is ook een veilige maar wel losneembare verbinding, die tevens een klik geeft.

1.3 PRODUCTANALYSE

1.3.1. Vraagstelling

In dit gedeelte van het onderzoek wordt bekeken welke relevante eigenschappen de passieve tillift Wendy en het verbindingsonderdeel bezitten. Bovendien moet antwoord worden gegeven op de volgende vragen uit het plan van aanpak:

2. Welke eigenschappen moet het verbeterde onderdeel bezitten?
 - a. In welke mate moet de betrouwbaarheid verbeterd worden?
 - b. Welke eisen en wensen stellen de gebruikers aan het onderdeel?
 - c. Welke eisen en wensen stelt de opdrachtgever aan het onderdeel?
 - d. Met welke functies en gedragingen kan het verbeterde onderdeel aan de behoeften van de gebruikers voldoen?

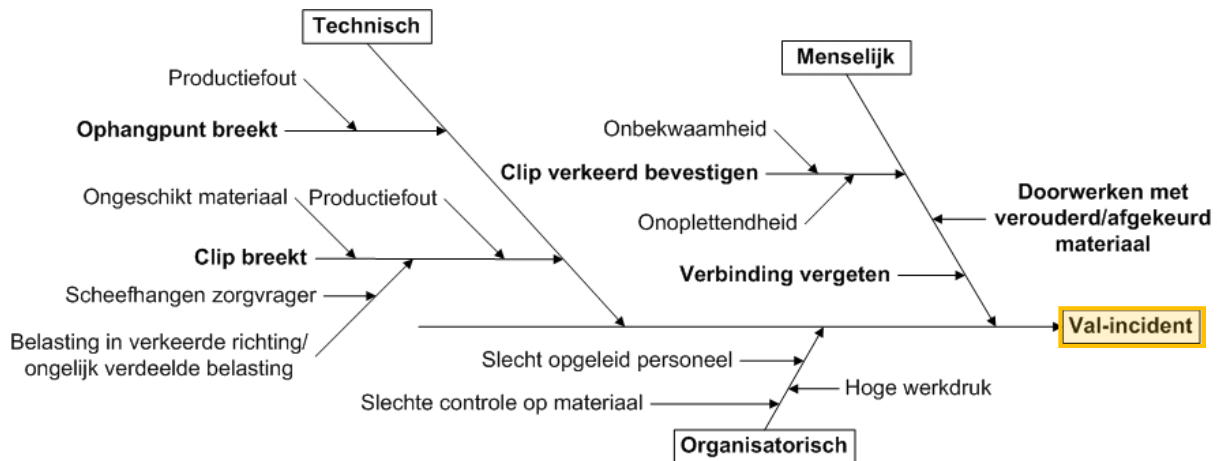
Hier zal dus ook een programma van eisen en wensen uit voort moeten komen.

1.3.2. Betrouwbaarheid

Aan de hand van het gebruiksonderzoek is geconstateerd dat val-incidenten meestal geen puur technische oorzaak hebben: als de clip correct bevestigd is, kan er niets misgaan. Toch worden de problemen die ontstaan tijdens het gebruik opgevat als een gebrek aan betrouwbaarheid van het product. De zorgverlener denkt namelijk op het moment van tillen dat dit veilig is, omdat alle verbindingen zijn vastgemaakt. De zorgverlener is zich er niet van bewust dat een van de verbindingen misschien niet goed zit, want anders zou er niet getild worden. Dit is een veiligheids-probleem dat moet worden opgelost.

Er zijn per jaar ongeveer 6 incidenten met tilliften die een dodelijk gevolg hebben. Dit mag niet meer voorkomen. Echter, het is na een herontwerp moeilijk na te gaan of dit daadwerkelijk bijdraagt aan de veiligheid, want dan zou het aantal incidenten meer dan een jaar lang in de gaten moeten worden gehouden. Daarom moet een doel bedacht worden dat wel te controleren is. Bijvoorbeeld: de verbinding moet op geen enkele manier verkeerd toe te passen zijn.

Een val-incident heeft bovendien niet altijd een technische oorzaak die alleen bij de verbinding tilmot-tiltuit ligt. Naast het feit dat de oorzaak ook bij andere onderdelen kan liggen (bijvoorbeeld een versleten tiltband), kunnen er ook menselijke fouten worden gemaakt. Deze kunnen ook nog een gevolg zijn van een organisatorisch probleem. In het oorzaak- en gevolgdigram van figuur 21 zijn de voornaamste problemen wat betreft de verbindende onderdelen getoond, die tot een val kunnen leiden. Menselijke fouten kunnen ook ontstaan door problemen binnen de organisatie. Mensen moeten goed worden opgeleid voordat zij met een tillift kunnen werken. En als zorgverleners zich onder druk gezet voelen door de werklust, zullen fouten eerder worden gemaakt dan wanneer zij ruim de tijd hebben voor het verplaatsen van zorgcliënten.



Figuur 21: Oorzaak-gevolg diagram met gebeurtenissen die kunnen leiden tot een val-incident.

Of het eind-ontwerp daadwerkelijk een verbetering is op het gebied van veiligheid, kan wellicht met een prototype getest worden.

1.3.3. Programma van eisen

Het programma van eisen is opgesteld aan de hand van de informatie die is verkregen uit de voorgaande onderzoeken. De randvoorwaarden van de opdrachtgever zijn geïmplementeerd in de vorm van eisen die United Care aan het product stelt. Er wordt gesproken over een 'verbinding', omdat op dit punt nog niet duidelijk is of het om een of meerdere onderdelen zal gaan: alleen het deel aan het juk, alleen de clip of misschien beide kunnen worden herontworpen.

Tabel 2: Programma van eisen met specificaties

	<i>Eis</i>	<i>Specificatie</i>
Primaire gebruiker	Het moet zichtbaar zijn wanneer de verbinding niet goed vast zit.	Er moet een vorm van status-feedback worden gegeven.
	De verbinding moet gemakkelijk te hanteren zijn.	- De handeling van het vastmaken kan met slechts één hand worden uitgevoerd - Een maximale drukkracht van 10 Newton - Maximaal drie handelingen per ophangpunt
	Bevestigen van de verbinding moet niet te veel tijd kosten.	Per ophangpunt minder dan 5 seconden
	Het moet mogelijk zijn het onderdeel dat aan de mat vast zit met de mat mee te wassen.	Het onderdeel heeft geen harde metalen delen die aan de buitenkant uitsteken. Het materiaal mag niet kapot gaan door wasmiddelen.

	Het onderdeel moet veilig zijn.	Geen scherpe punten of randen.
	Het onderdeel moet niet te zwaar zijn.	Maximaal 0,5 kg.
Secundaire gebruiker	De verbinding moet betrouwbaarheid uitstralen.	Niet te dun zijn.
	De verbinding moet goed gebruik aanmoedigen	Intuïtief in het gebruik zijn.
	De verbinding moet minstens het totale gewicht van de zorgcliënt kunnen dragen.	Afgestemd op de sterkste uitvoering van passieve tillift Wendy: - tot 250 kg met een veiligheidsfactor 2
	Geen extra schokken/beweging veroorzaken tijdens verplaatsing.	-
	De verbinding mag niet te groot zijn.	Maximaal 100 mm * 100 mm * 20 mm (of een volume van 200 cm ³) exclusief eventuele bedrading/elektronica
United Care	De verbinding moet te combineren zijn met zoveel mogelijk producten van de geselecteerde concurrenten.	Met tenminste de jukken en banden van passieve liften van Arjo, Tilcentrum en JoyInCare.
	Het gebruik moet, indien gecombineerd met producten van de geselecteerde concurrenten, veilig zijn.	De verbinding mag bij correcte bevestiging onder geen voorwaarde loskomen tijdens het tillen.
	Het gebruik moet in combinatie met producten van United Care extra veilig zijn.	Het mag niet mogelijk zijn de verbinding incorrect te bevestigen en de verbinding mag onder geen voorwaarde loskomen tijdens het tillen.
	Product moet niet te duur zijn.	Extra productiekosten per lift-band-combinatie maximaal 100 euro

HOOFDSTUK 2 – ONTWERPFASE



Nu de doelstelling is ingekaderd en de problemen in kaart zijn gebracht, moet er gezocht worden naar oplossingen. Er wordt rekening gehouden met de randvoorwaarden. Uiteindelijk zullen drie concepten worden gepresenteerd waarvan er een gekozen wordt om verder uit te werken.

2.1 CONCEPT-ONTWIKKELING

2.1.1. Vraagstelling

Nu de problemen met de huidige verbinding tussen tilmat en tiljuk in kaart zijn gebracht, kan worden begonnen met de conceptgeneratie. Deze wordt middels de volgende vragen aangepakt:

3. Hoe kunnen de problemen die zijn voortgekomen uit vraag 1c opgelost worden?
 - a. Welke deelproblemen zijn er?
 - b. Welke deeloplossingen zijn er?
 - c. Welke combinaties van principe-oplossingen zijn er mogelijk?
 - d. Hoe kunnen deze combinaties worden vormgegeven?

2.1.2. Deelproblemen

Het hoofdprobleem is het feit dat de clip zoals hij nu is, nog verkeerd aan het ophangpunt kan worden gehangen. Daardoor kan de persoon die met de lift verplaatst wordt zeer onverwacht vallen. Dit kan worden opgedeeld in kleinere problemen.

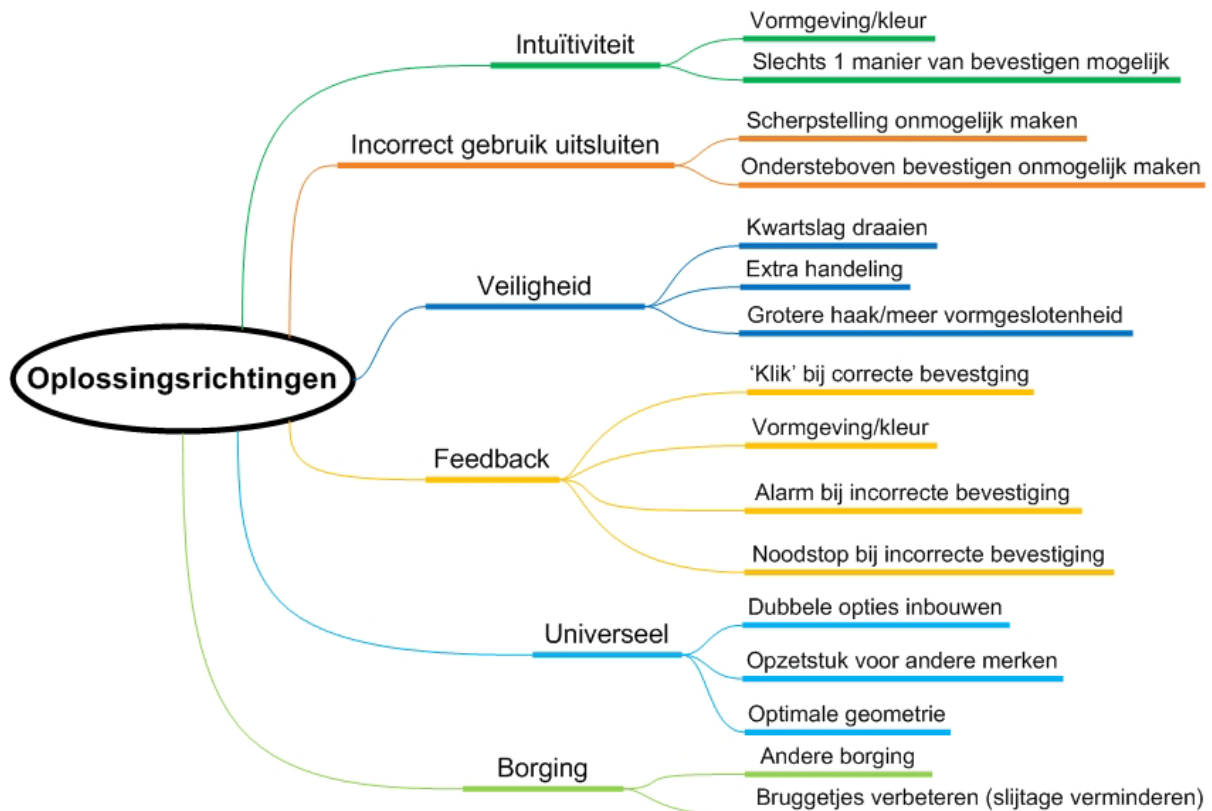
Ten eerste de duidelijkheid van het gebruik: blijkbaar kan de clip nog verkeerd bevestigd worden. Voor de zorgverlener is het dus nog niet duidelijk genoeg op welke manier de clip moet worden bevestigd. Een verbetering van de intuïtiviteit zou op zijn plaats zijn.

Ten tweede de zichtbaarheid: als de clip niet goed vast zit of wordt vergeten vast te maken door de zorgverlener, wordt dit niet tijdig opgemerkt door de zorgverlener. Dit moet verbeterd worden, bijvoorbeeld door een of andere vorm van feedback te geven aan de gebruiker. Andersom kan het ook worden verduidelijkt wanneer de clip wel goed zit, bijvoorbeeld door een klik-geluid in te bouwen, dat gelijktijdig met het op de plaats schuiven van de clip hoorbaar is.

Ten derde de zwakke plekken in de clip: de bruggetjes die als extra veiligheid zijn ingebracht, slijten eerder dan de andere delen van de clip. Omdat dit meestal niet tijdig wordt opgemerkt, wordt er doorgewerkt met versleten clips. Dit vormt een risico dat verkleind moet worden, bijvoorbeeld door de vorm te optimaliseren of een ander soort borging te ontwerpen.

Ten vierde is het belangrijk voor United Care dat hun tilbanden ook op de verschillende liften van concurrenten passen. Omdat de huidige clip erg afhankelijk is van de diameter van het ophangpunt, moet worden gezocht naar een oplossing die dit probleem omzeilt. Andersom moet het eigenlijk ook nog steeds mogelijk zijn dat banden van de concurrent op de liften van United Care passen, dus hiermee dient rekening te worden gehouden als het ophangpunt aan het juk gewijzigd wordt. In een ideaal scenario is het nieuwe ontwerp dus universeel.

Daarnaast zijn er nog andere aspecten die te maken hebben met de gebruiksvriendelijkheid. Er moet voor worden gezorgd dat de verbinding niet teveel kracht kost en bij voorkeur geen extra handelingen oplevert.



Figuur 22: Verschillende deelgebieden waarin de verbeteringen worden gezocht.

Op basis van de deelproblemen die nu omschreven zijn, is bovenstaand diagram (figuur 22) opgesteld.

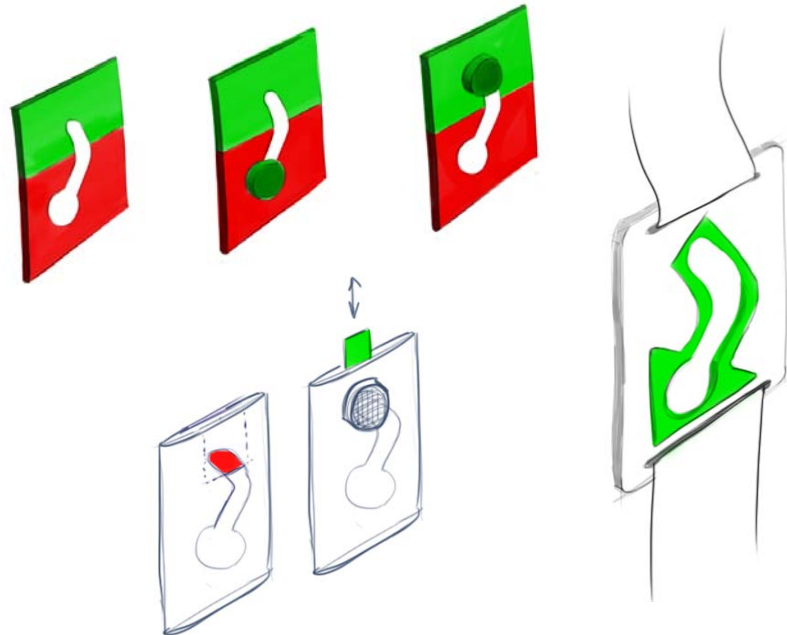
2.1.3. Deeloplossingen

Nu de deelproblemen bekend zijn, moet gezocht worden naar oplossingen. Dit is gedaan door veel te schetsen. Om het overzichtelijk te houden, zijn de schetsen gegroepeerd aan de hand van de oplossingrichtingen die al in bovenstaand diagram te zien zijn. Hoewel sommige principes misschien bij meer groepen kunnen horen, is er toch geprobeerd een heldere indeling te maken.

Intuïtiviteit

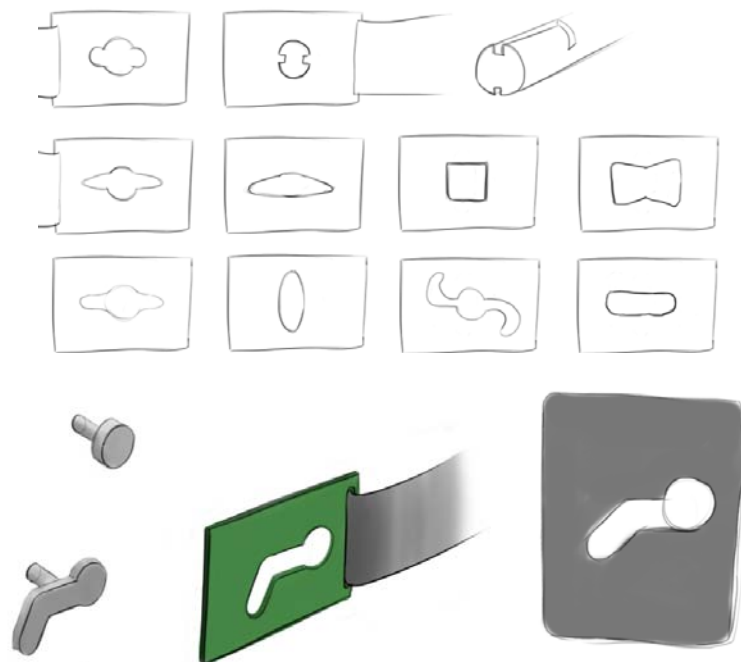
Een product dat intuïtief is in het gebruik, zal waarschijnlijk het gebruiksgemak bevorderen: de gebruiker moet snel snappen hoe het werkt. Dit kan, zoals het diagram

al aangeeft, door functionele toevoegingen te doen op het gebied van vormgeving en kleur. Figuur 23 laat zien hoe dat gedaan kan worden. Door de clips en de palletjes een kleur te geven, kan de gebruiker zien hoe de clip bevestigd zou moeten worden. Er kan ook een pijl op de clip worden geschilderd om de trekrichting aan te geven. Of zoals in het de onderste tekening ook met kleur wordt gewerkt, op deze manier krijgt de gebruiker een soort feedback: als de clip goed hangt kun je dat zien aan het groene 'vlaggetje'.



Figuur 23: Manieren om intuïtiviteit te bevorderen door middel van kleurgebruik.

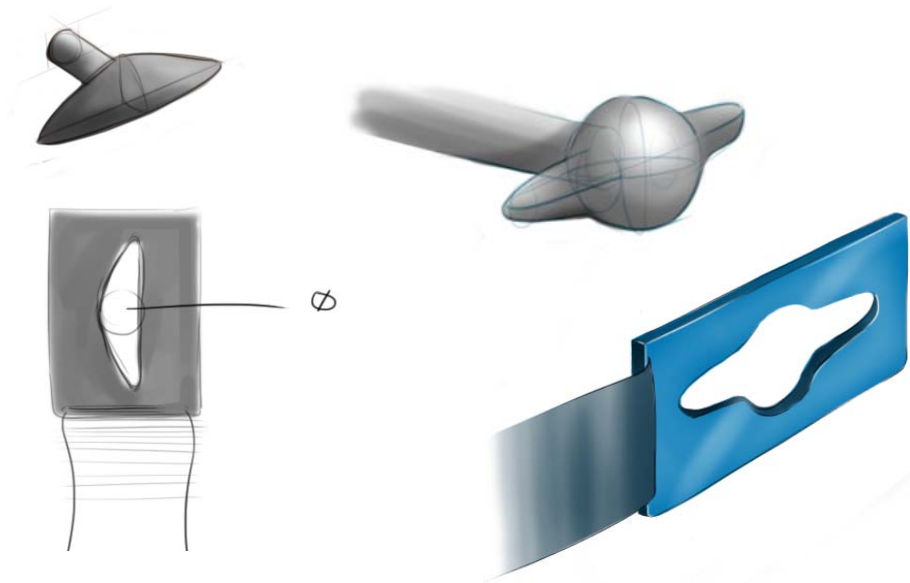
Deze groep met oplossingen is een onopdringende manier om de gebruiker meer duidelijkheid te geven over het gebruik. Het is een deeloplossing die slechts een klein stukje van de problemen oplost, maar desondanks zou het een goede toevoeging kunnen zijn aan het eindconcept.



Figuur 24: Mogelijke pasvormen

Door de clip-opening een goede pasvorm met (de kop van) het palletje te geven, kan ook worden ingespeeld op de intuïtie van de gebruiker. Over de verschillende manieren waarop dit zou kunnen is nagedacht, zoals afbeelding 24 laat zien.

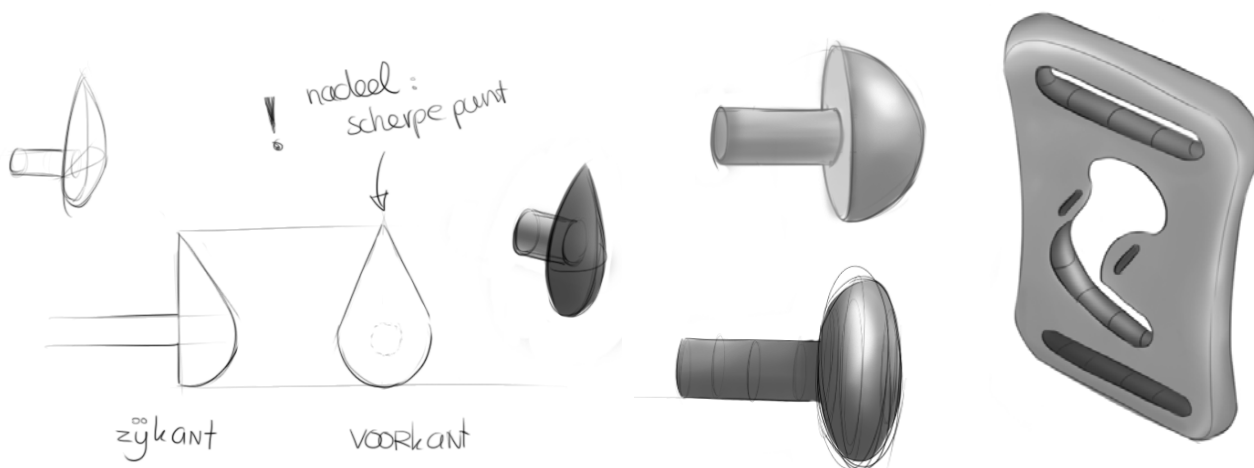
Er zijn wel beperkingen aan het wijzigen van de clip en het palletje: hij moet immers nog wel op de gewone palletjes van de concurrent passen. En de clips van de concurrent moeten andersom ook nog op de UCP-pal passen. In figuur 25 nog enkele voorbeelden van aangepaste palletjes, waarmee een extra veiligheid kan worden indien ook de clip aangepast wordt. Helaas passen de clips van concurrenten op deze manier niet op de aangepaste pal.



Figuur 25: Symmetrische pasvormen met een bijpassend palletje.

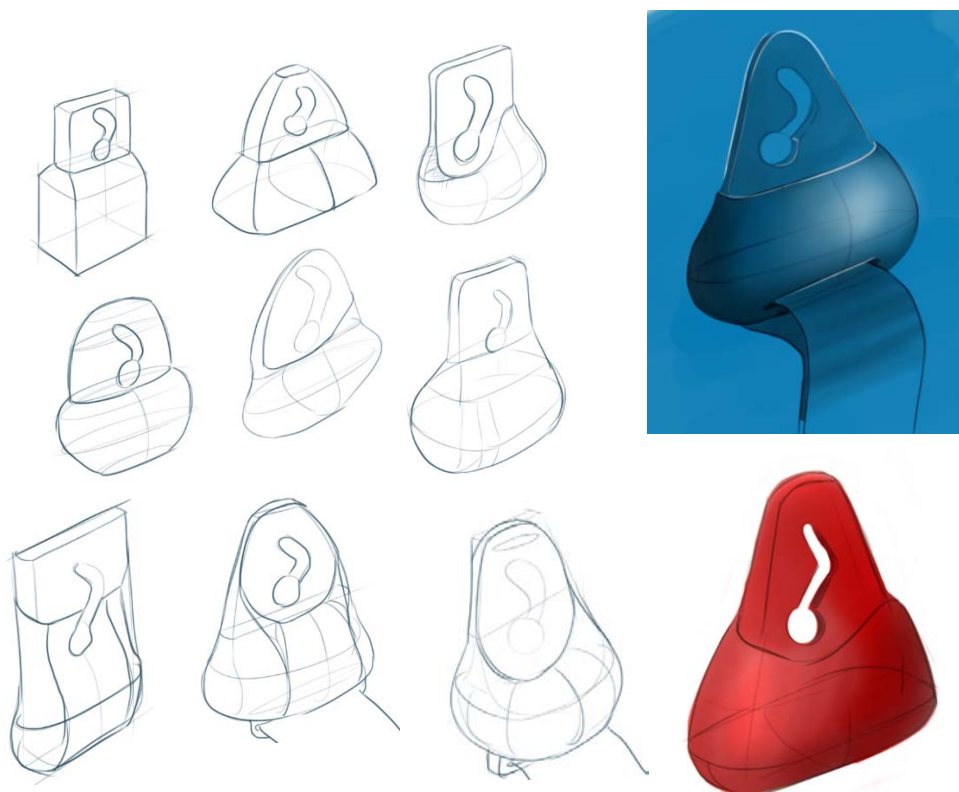
Incorrect gebruik uitsluiten

In deze categorie vallen opnieuw de ideeën die door middel van een exacte pasvorm zorgen dat de clip maar op een enkele manier bevestigd kan worden. Naast deze oplossingen voor het ondersteboven aanhaken van de clip, is gezocht naar oplossingen die scherpstelling tegengaan. Bijvoorbeeld door de palletjes of juist de clip een sterke afronding te geven, geïllustreerd in figuur 26.



Figuur 26: oplossingen om kans op scherpstelling te verminderen.

Hieronder in figuur 27 een vormstudie naar de vorm van de clip. Door deze aan de onderkant te verzwaren zal hij niet zo snel ondersteboven komen te hangen. De rondere vorm ligt misschien ook lekkerder in de hand. Er moet wel op worden gelet dat de clip niet te groot wordt: zeker voor zorgcliënten die de hele dag in een mat liggen zal dit niet prettig zijn (zoals vermeld in het gebruiksonderzoek in bijlage 2 vinden met name gehandicapte jongeren het vaak onprettig als hun handicap benadrukt wordt door de vele hulpmiddelen die in het oog springen).



Figuur 27: Vormstudie clip met lager massa-zwaartepunt.

Veiligheid

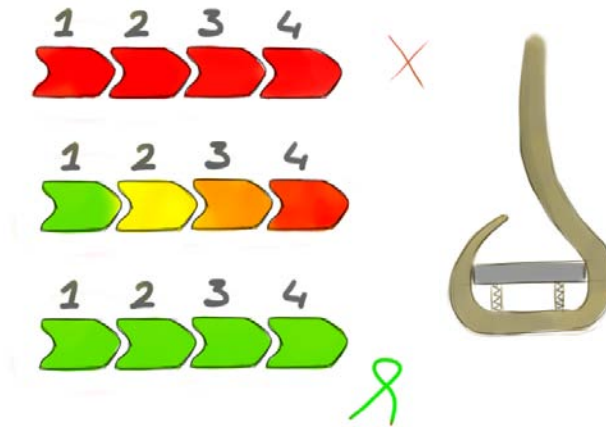
Deze groep concepten exploreert het grote aantal mogelijkheden om de verbinding op een andere manier tot stand te laten komen. Door bijvoorbeeld een grotere of andere haak te gebruiken is de verbinding misschien veiliger. Het nadeel van een geheel andere principe is natuurlijk dat het moeilijk wordt om het ontwerp aan te laten sluiten bij concurrerende producten. In figuur 28 een greep uit de concepten die veelal berusten op het bieden van meer veiligheid door een grotere vormgeslotenheid.



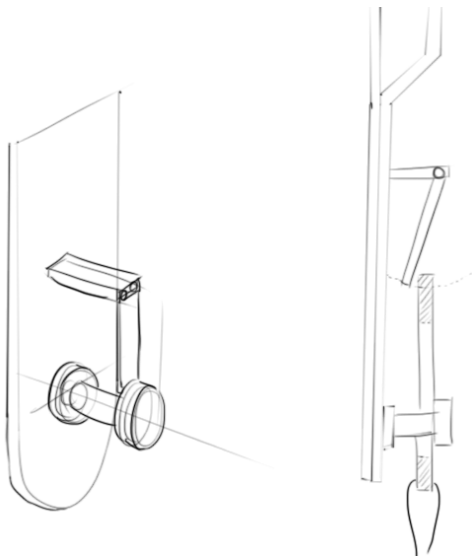
Figuur 28: Concepten die mogelijk meer veiligheid bieden door een grotere of andere ophanging.

Feedback

Er zijn verschillende vormen van feedback mogelijk. Zoals al opgemerkt onder het kopje 'intuïtiviteit', kan dit ook door middel van kleuren. Daarnaast is er onderscheid tussen feedback bij correcte bevestiging (bijvoorbeeld een 'klik') of juist bij incorrecte bevestiging of zelfs een verbinding die helemaal wordt vergeten. Deze laatste lijkt erg moeilijk te realiseren als alleen naar de verbinding tussen juk en band wordt gekeken.



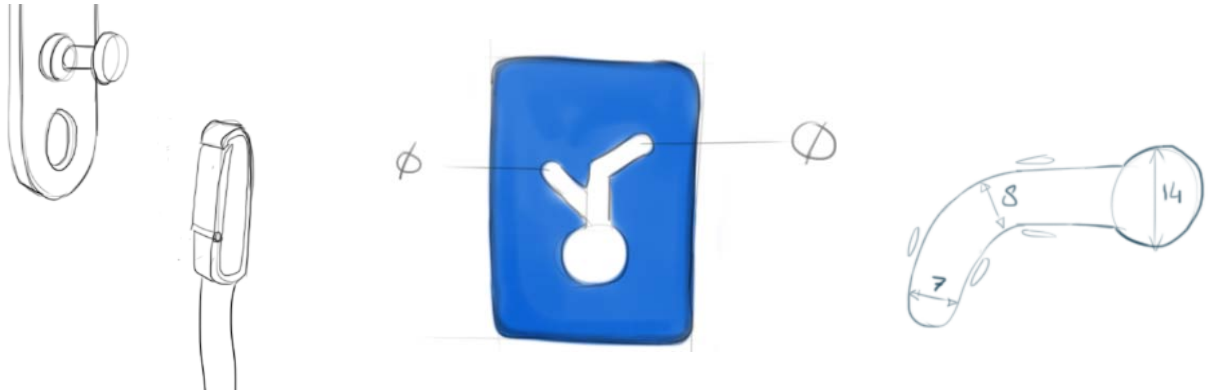
Figuur 29: Sensoren in de ophangpunten, zichtbaar door middel van LED's.



Figuur 30: Feedback door middel van een klik aan de pal

Universeel

Bij alle concepten moet natuurlijk de universaliteit in het oog worden gehouden. Als een concept extreem afwijkt van de oplossingen die op dit moment worden gebruikt in deze markt, is de kans groot dat het ontwerp niet voldoende is af te stemmen op de concurrenten. Je zou kunnen denken aan een dubbel ontwerp, waarbij de gebruiker een keuze kan maken uit twee opties zoals in figuur 31 maar dit is zeker niet ideaal. Het doet weer af aan de duidelijkheid van het ontwerp en vergroot de kans op fouten.

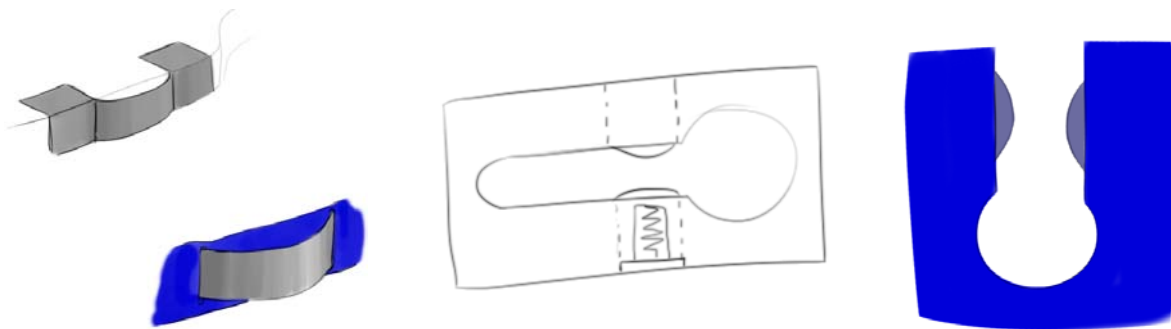


Figuur 31: Universele oplossingen.

Borging

Op dit moment worden de bruggetjes gezien als borging, maar het probleem hiermee is dat deze snel slijten als er asjes met te grote diameters doorheen worden gedrukt. Tevens kost het dan een redelijke knijpkracht, die afdoet aan het gebruiksgemak. Er moet dus worden gezocht naar een verbetering of herontwerp van de borging. Dit zou misschien gecombineerd kunnen worden met een 'klik-geluid', immers als de clip voorbij dit punt is zit hij goed, zodat de gebruiker direct weet dat de clip correct bevestigd is.

Te denken valt aan een ander materiaal, dat weerbarstig genoeg is om zijn oorspronkelijke vorm telkens weer aan te nemen. Bijvoorbeeld bladveertjes of rubber. Enkele illustraties hiervan in figuur 32.



Figuur 32: Andere manieren om borging te bewerkstelligen.

2.1.4. Concepten

De verschillende deeloplossingen zijn zorgvuldig gegroepeerd en tegen elkaar afgewogen. Zo zijn enkele concepten samengesteld. De concepten verschillen onderling in de mate waarin het huidige principe veranderd wordt. Het is deels aan de opdrachtgever om na te gaan hoe groot het risico is bij elk van de concepten: want hoe meer het ontwerp afwijkt van de huidige standaard, hoe moeilijker het product geaccepteerd zal worden door de markt.

Concept I: optimalisatie

Dit concept wijkt het minst af van de huidige verbinding. Er wordt uitgegaan van het gebruikelijke palletje, alleen de clip wordt geoptimaliseerd. In plaats van de bruggetjes van kunststof, moeten bladveren in de clip worden verwerkt. Omdat deze van metaal zijn zullen ze minder slijten als er grotere asjes door worden gedrukt. De bladveren moeten een stijfheid bezitten die ervoor zorgt dat de clip niet al te veel kracht erlangs kan worden gedrukt, maar wel flexibel genoeg zijn dat zij weer in hun oorspronkelijke vorm terugschieten. Ideaal zou zijn als hierbij ook nog een klik-geluid wordt voortgebracht, maar hier is op dit moment nog geen zekere oplossing voor.

Daarnaast wordt het gebruik verduidelijkt door de kleurindicatie. Ook de kop van het palletje moet dus een kleur krijgen. En om verwringing van de band te voorkomen, moet een wervel tussen de clip en de rest van de tilband worden aangebracht. Deze zorgt ervoor dat er geen torsie- of buigkrachten op de clip komen te staan, zodat de clip beter in de juiste positie blijft zitten.

Verder moet de clip aan de onderkant verzwaard worden. Dit kan door extra metaal aan te brengen. Dit voorkomt ondersteboven ophangen, doordat de clip als vanzelf in de goede positie draait. Bovendien kan dit afgewerkt worden door een dikkere kunststof laag aan te brengen, een mooie ronde vorm zal ook lekkerder in de hand liggen.

De nieuwe palletjes worden tegenwoordig al goed afgerond om scherpstelling te verminderen. Echter zijn er in de praktijk nog oudere jukken waarbij dit niet is gedaan. Een oplossing daarvoor zal het afronden van de clip aan de binnenkant zijn. Wel moet worden nagegaan of dit geen extra slijtage oplevert.

Voordelen

- ++ Universele pal en clip
- + Vermindert kans op ondersteboven bevestigen
- + Vermindert kans op scherpstellen
- + Slijtage bruggetjes wordt verminderd

Nadelen

- Maakbaarheid: bladveertjes erg klein
- Klik nog niet uitgewerkt
- Geen oplossing voor verbinding vergeten

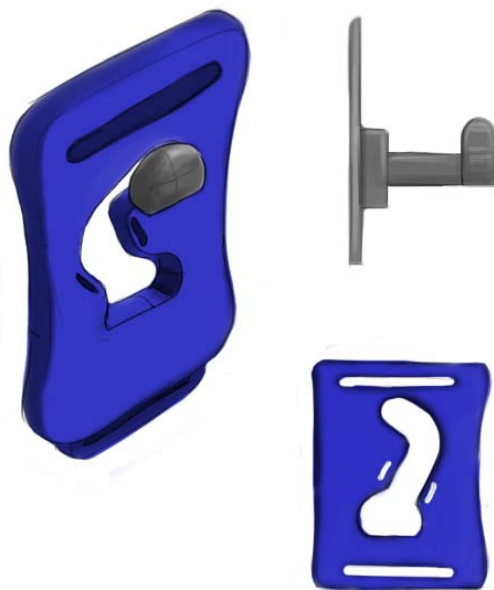


Figuur 33:
Concept I: Optimalisatie

Concept Ila: herontwerp paddestoel met afgeslepen kop & bijpassende clip

Met dit ontwerp wordt getracht de paddestoel zodanig aan te passen dat hij meer veiligheid biedt maar nog wel universeel is. Door een deel van de kop af te slijpen, kan worden aangegeven wat de onderkant is. Door in de clip juist dit deel op te vullen, kan de clip dus maar op één manier bevestigd worden en zal hij niet meer ondersteboven worden aangehaakt.

Waarschijnlijk zal de clip dan bij gebruik direct doorschieten in de goede positie. De clip ook nog eens een kleur geven zoals in concept I zou dus weinig toevoegen. Ook de verzwaring aan de onderkant is dan overbodig. Verder blijven in dit concept de bruggetjes hetzelfde en is er geen klik-geluid bij bevestiging. Helaas kan de clip op deze manier niet meer voor de oorspronkelijke palletjes gebruikt worden, maar clips van de concurrent passen nog wel op deze verkleinde pal.



Figuur 34:
Concept Ila: herontwerp paddestoel en clip.

Voordelen

- ++ Universele pal
- ++ Geen kans op ondersteboven bevestigen
- + afrondingen verminderen kans op scherpstellen

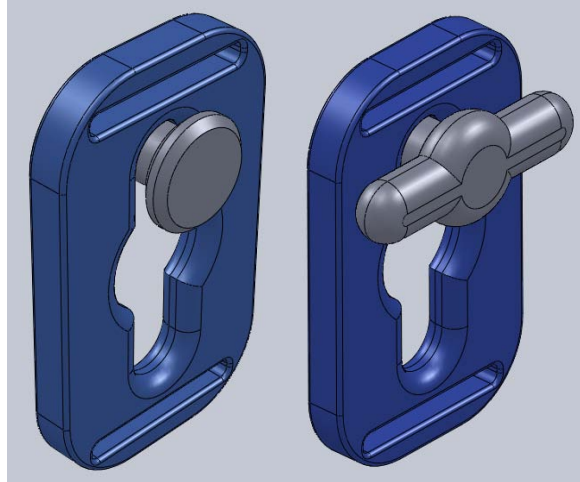
Nadelen

- - Clip past niet op concurrerende jukken
- Geen klik
- Erg klein ophangpunt minder veilig
- Geen oplossing voor verbinding vergeten
- Geen oplossing voor bruggetjes

Concept IIb: herontwerp paddestoel met armpjes & bijpassende clip

Ook dit concept gaat uit van een gewijzigde pal en een clip die daarbij aansluit. Echter, in plaats van de kop van de pal nu kleiner te maken, wordt deze breder gemaakt. De clip krijgt een extra grote opening en moet een kwartslag worden gedraaid om te bevestigen.

De clip zal nog steeds op de oorspronkelijke palletjes met een ronde kop passen.



Figuur 35:

Concept IIb: Herontwerp clip en paddestoel.

Voordelen

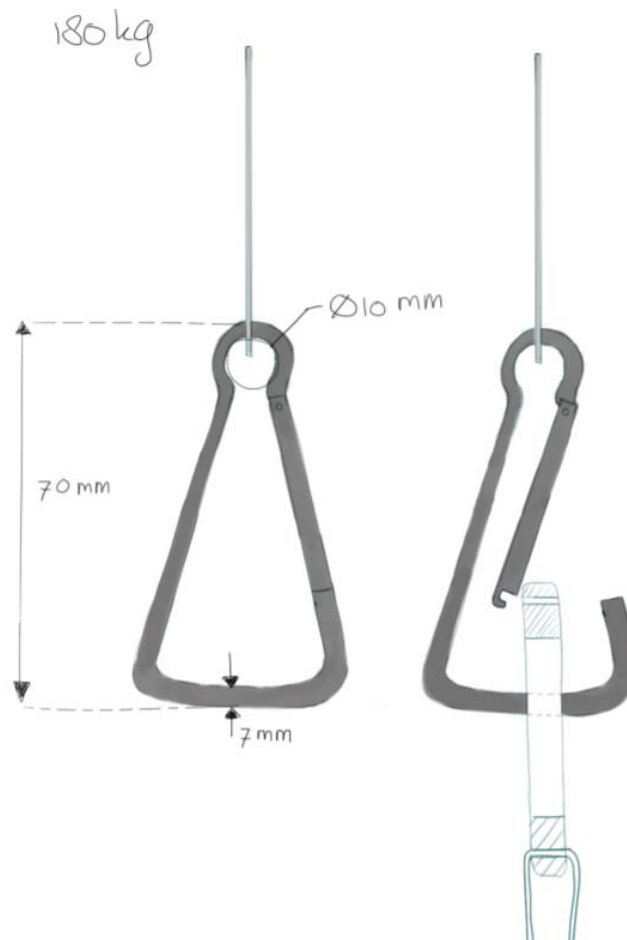
- ++ Universele clip
- + Ondersteboven bevestigd nog steeds veilig
- + afrondingen verminderen kans op scherpstellen
- + Duidelijk gebruik

Nadelen

- - Andere clips passen niet op de speciale pal
- Geen klik
- Geen terugloop
- Geen oplossing voor verbinding vergeten

Concept III: herontwerp haak

Dit concept bevat als hoofdelement een grote veiligheidshaak (een standaard te bestellen karabijnhaak). Deze kan in de juiste maat besteld worden, met een dikte van maximaal 7 millimeter. De haak wordt gemonteerd aan het juk. Vervolgens kan de huidige clip eraan gehaakt worden. Dit is misschien niet mogelijk met alle clips van de concurrentie. Het enige dat verandert aan de clip, is het stuk band aan de bovenkant: dit moet eraf, want het kan tussen het scharnierende deel van de haak komen. Het is nog wel een probleem met tilbanden van andere merken: daar kun je niet zomaar het bovenste stuk band af halen. Hier moet nog een oplossing voor worden gezocht.



Figuur 36:
Concept III: Herontwerp haak.

Voordelen

- ++ Extra veiligheid door gesloten haak
- + Met klik
- + Standaard onderdeel

Nadelen

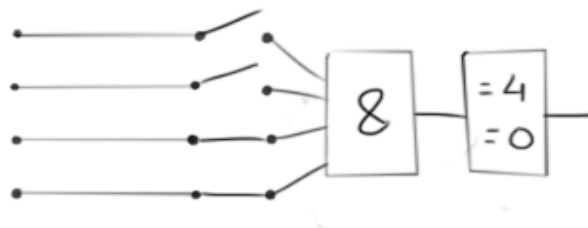
- Geen oplossing voor verbinding vergeten
- Niet geschikt voor huidige clips
- Extra handeling bij losmaken
- Niet erg intuïtief/duidelijk

Concept IV: Veiligheidshaak met detectie-systeem

Omdat de opdrachtgever ideaal gezien ook wil voorkomen dat er getild wordt zonder dat alle clips zijn vastgemaakt, wordt hiervoor ook nog een concept geïntroduceerd. Daarvoor moet een haak worden ontworpen die op een mechanische manier aan een elektronisch circuit kan doorgeven of er wel of niet gewicht aan het punt hangt. Dit kan gerealiseerd worden door bij elke haak een soort hefboom-principe in te bouwen, dat een schakelaar kan omzetten als er gewicht aan de haak komt. Als de clip weer wordt losgehaald moet de haak natuurlijk wel weer in zijn originele staat terugkeren, dus er moet bijvoorbeeld ook een torsieveer ingebouwd worden. Uiteindelijk worden de standen van de haken doorgegeven aan een regelsysteem: als alle vier de clips goed staan, mag doorgetild worden (of als aan geen van de clips gewicht hangt). Anders komt de lift tot stilstand. De gebruiker kan het dan opnieuw proberen. Als de clips dan wel allemaal goed zitten, kan verder worden getild.

Verder moet rekening worden gehouden met marges: als iemand net in de tilband ligt en je begint met tillen, dan staat er nog geen spanning op de banden. Er kan dus pas na enkele seconden (of een bepaalde til-hoogte) worden gekeken of er door kan worden gegaan met tillen. Zit er dan een clip nog niet helemaal goed? Dan moet er nog de mogelijkheid zijn om te corrigeren door het juk te laten zakken. Vervolgens moet opnieuw gemeten worden.

Hoewel dit concept zich misschien niet geheel binnen de perken van de opdracht bevindt, is het wel zo dat het een oplossing biedt voor het grootste probleem dat zich afspeelt bij de huidige verbinding, namelijk dat deze soms vergeten wordt.



Figuur 37



Voordelen

- + oplossing voor het vergeten van verbindingen
- + extra veilige haak

Nadelen

- Ingewikkeld regelsysteem brengt risico's met zich mee
- Hogere kosten
- Minder gebruiksvriendelijk door noodstop
- Geheel ander principe dus niet universeel
- Werkt niet bij balansjuk of juk met extra draaipunt → aanpassingen aan het juk vallen buiten de opdracht

2.2. CONCEPTKEUZE

Van de voorgestelde concepten moet er één gekozen worden, dat geschikt is om verder te ontwikkelen. Om het concept te kiezen dat verder uitgewerkt zal worden, moet eerst worden nagegaan waar deze keuze op gebaseerd wordt. Verder wordt natuurlijk de vraagstelling uit het programma van eisen aangehouden:

4. Welk concept moet worden gekozen?
 - a. Welk concept voldoet het beste aan het programma van eisen?
 - b. Welk concept is haalbaar?
 - c. Welk concept spreekt de gebruikers het meest aan?

Er dient natuurlijk rekening te worden gehouden met het programma van eisen: welk concept speelt het beste in op de gestelde eisen? En in overleg met de opdrachtgever moet bepaald worden aan welke eisen de grootste waarde wordt gehecht.

2.2.1. Tussentijdse toetsing aan het programma van eisen

De belangrijkste voor- en nadelen per concept zijn al kort weergegeven in de vorige paragraaf. Nu is het zaak terug te kijken op het programma van eisen, om na te gaan welke eisen het zwaarst wegen. De opdrachtgever speelt bij deze afweging natuurlijk ook een rol. Deze toetsing van de concepten aan het programma van eisen moet samen met de haalbaarheid, die hierna besproken wordt, een doorslaggevende factor zijn in het kiezen van het eindconcept. In tabel 3 worden de voor- en nadelen van de concepten nog eens op een rijtje gezet.

Tabel 3: Conceptkeuze

Verbetering op gebied van:	Concept I	Concept IIa	Concept IIb	Concept III	Concept IV
Ondersteboven bevestigen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Scherpstelling	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Klik	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Slijtage bruggetjes	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja
Verbinding vergeten	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja
Intuïtief	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
100% universeel	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Gebruiksvriendelijk	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Haalbaarheid	+	+	+/-	+	+/-

Wat betreft de haalbaarheid moet ook het tijdsbestek in het oog worden gehouden: op dit punt moet de opdracht over 6 weken afgerond zijn. Omdat de concepten nog niet erg ver zijn uitgewerkt, is het niet realistisch door te werken met een van de concepten waarvan de haalbaarheid twijfelachtig is (of waarvan in ieder geval de detaillering nog teveel tijd zou kosten).

In het schema houden we dan concepten I, IIa en III over. Maar concept III gaat minder op de probleemgebieden in dan de andere twee concepten. Verder is concept I natuurlijk het enige concept dat echt universeel blijft, omdat het weinig afwijkt van het huidige ontwerp. Als voor dit concept gekozen wordt, kan geconcentreerd worden gekeken naar de optimalisatie van de bruggetjes. Als dit verbeterd kan worden zou het een kleine maar nuttige toevoeging opleveren.

Op basis van de haalbaarheid, knelpunten en het programma van eisen wordt dan ook gekozen voor concept I: de optimalisatie van het huidige ontwerp.

2.2.2. Haalbaarheid

Om te bepalen of de concepten haalbaar zijn, wordt een globale kostprijsschatting gedaan en moet worden gekeken naar de productie-mogelijkheden.

Voor concept I kunnen de kosten vrij hoog uitvallen door het precisiewerk van de baldveren, die waarschijnlijk ook op maat gemaakt moeten worden. Bovendien zou een mal moeten worden gemaakt voor het nieuwe kunststof omhulsel.

Voor concept IIa zijn de kosten waarschijnlijk net zo hoog, omdat er een kleine aanpassing aan het palletje moet worden gedaan. Daarnaast is de clip natuurlijk wel weer anders van vorm, waarvoor de mal moet worden aangepast.

Concept IIb heeft een iets moeilijker toevoeging aan het palletje en de clip is ook erg anders van vorm. Dit zal dus waarschijnlijk nog weer iets duurder uitvallen dan concept IIa.

Als laatste is er nog concept III, dat gebruik maakt van een standaard onderdeel. Een dergelijk onderdeel zal hooguit een paar euro per stuk kosten. Dit moet natuurlijk gemonteerd worden, maar verder zijn er naar verwachting weinig aanpassingen. Dit concept zal dus waarschijnlijk het goedkoopst zijn om uit te voeren als massaproduct.

2.2.4. Eindconcept

Het gekozen concept is een stap in de goede richting voor het oplossen van de meeste problemen die zich voordoen met de bevestiging van tilbanden, behalve het feit dat zorgverleners een van de verbindingen kunnen vergeten. De basisvorm van de clip-opening wordt behouden en het palletje blijft dus ook hetzelfde, zodat de verbinding nog steeds universeel is. Op dit punt lijkt het nog niet verstandig om deze eis te verwaarlozen: pas als er een systeem is dat zeker voorkomt dat men een verbinding vergeet, kan wellicht het risico worden genomen om het hele ophang-principe drastisch te veranderen.

De clip moet de overige problemen wel oplossen. Scherpstellen mag niet meer mogelijk zijn als de binnenzijde van de opening maximaal wordt afgerond. Ook de kop

van het palletje moet worden afgerond: twee afgeronde oppervlakken zullen niet gemakkelijk op elkaar blijven hangen.

Het massazwaartepunt van de clip moet onder de grote ronde opening liggen, zodat de clip niet meer ondersteboven kan zakken als de gebruiker vergeet hem goed door te drukken. Dit kan worden gerealiseerd door de clip aan de onderkant dikker en zwaarder te maken, of door aan de bovenkant materiaal weg te halen. Om het gebruik extra duidelijk te illustreren moet gebruik worden gemaakt van kleur en vormgeving.

Waar veel aandacht aan moet worden besteed zijn de bruggetjes: het is bevorderlijk voor het gebruiksgemak als het minder kracht kost om de pal door deze versmalling te drukken. Bovendien zou het goed zijn als er na borging feedback wordt gegeven in de vorm van een klik-geluid. Op dit moment slijten de bruggetjes te snel als er dikkere diameters van de concurrenten door worden gedruk. Dit moet verbeterd worden, bijvoorbeeld door een ander materiaal of principe te gebruiken, zoals een blad- of torsieveer.

Een wervel moet toegevoegd worden om te voorkomen dat de clip verdraaid aan het ophangpunt komt te zitten, bijvoorbeeld als de band blijft haken achter een meubel. Dit onderdeel kan waarschijnlijk ingekocht worden, maar moet wel voldoende gewicht aan kunnen.

HOOFDSTUK 3 – DETAILLERINGSFASE



Het gekozen eindconcept wordt in detail uitgewerkt. Om te beginnen wordt geïnventariseerd wat de randvoorwaarden zijn. De geometrie wordt ontworpen en er wordt nagedacht over de assemblage van de bladveertjes die als borging dienen. Ook worden materialen gekozen.

3.1 GEOMETRIE

3.1.1. Vraagstelling

5. Welke specificaties heeft het onderdeel?
 - a. Welke randvoorwaarden zijn er?
 - b. Met welke geometrie kan de vereiste kwaliteit worden bereikt?
 - c. Welke materiaaleigenschappen moet het onderdeel hebben?

Deze vragen zijn een leidraad voor het ontwerp van de nieuwe clip.

3.1.2. Randvoorwaarden

De meeste randvoorwaarden zijn al opgenomen in het programma van eisen, hier volgt een samenvatting. Waar nodig worden randvoorwaarden toegevoegd of bijgesteld.

Een belangrijk criterium waar ten alle tijde rekening mee moet worden gehouden, is het gewicht dat de verbinding aan moet kunnen. Dit houdt dus in dat zowel de nieuwe clip als de paddestoel een bepaald gewicht moet kunnen houden zonder te breken, buigen, loskomen of op een andere manier kapot gaan. In het programma van eisen is gezegd dat dit 250 kilogram moet zijn, omdat dit het gewicht is dat de Wendy zeker aan moet kunnen. Dit is gebaseerd op een extreem scenario, waarbij de persoon bijvoorbeeld zodanig scheef in de tilband hangt dat al het gewicht aan één ophangpunt trekt. Daarom geldt deze waarde voor een enkel ophangpunt. Een beperkende factor zal misschien de wervel zijn: er moet worden onderzocht of er een wervel is die sterk genoeg is (maar tegelijkertijd niet te industrieel oogt).

Om te zorgen dat de clip in de goede positie zakt moet het massa-zwaartepunt onder de horizontale middellijn van de grote ronde opening liggen. Echter, het materiaal rond deze opening mag niet te dik worden, want dit vergoot de kans op scherpstellen. Om te voorkomen dat de clip een lompe uitstraling heeft, mag het herontwerp maximaal 300% van het huidige volume zijn (met uitzondering van de wervel die eventueel aan de band kan worden bevestigd). Hiervan zal het grootste gedeelte aan de onderzijde liggen. Zoals in bijlage 2 wordt besproken in het gebruiksonderzoek houden met name gehandicapte jongeren er meestal niet van als

hun hulpmiddelen in het oog springen, vandaar de keuze om de clip niet groter dan 3 keer het volume van de huidige clip te laten zijn.

De afronding aan de binnenkant van de clip moet een maximale radius hebben, net als de afronding van de kop van het palletje, om scherpstelling zo goed mogelijk te voorkomen: twee afgeronde vlakken kunnen moeilijk op elkaar blijven liggen.

Verder moet rekening worden gehouden met de afmetingen van de verschillende palletjes, die te vinden zijn in tabel 1. Het grote ronde gat in de clip moet minstens zo groot zijn als de grootste kop van een palletje.

3.1.3. Analyse geometrie

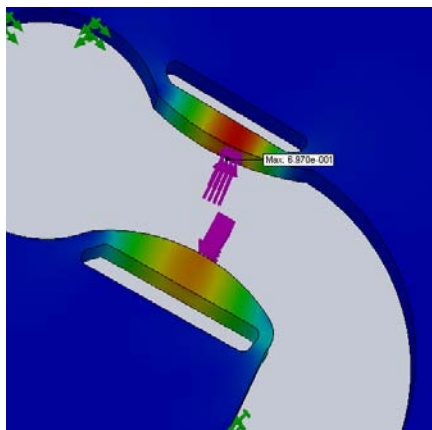
De huidige clip bestaat uit twee delen van twee verschillende materialen. De basis is een stuk plaatstaal, waar de grove vorm van de clip is uitgesneden. In figuur 38 is een foto te zien van het plaatje. Daar omheen zit een kunststof omhulsel dat de details zoals de bruggetjes bevat.



Figuur 38: Inwendige staalplaat van de huidige clip.

Wasmachinebestendig doordat de buitenlaag bewerkt is.

Om te bepalen welke subtiele veranderingen in vorm en materiaal in dit concept moeten worden aangebracht, is eerst geanalyseerd waar het probleem precies zit in de huidige clip. Daarom zijn de bruggetjes nagemaakt in SolidWorks. Met SolidWorks Simulation kunnen krachten worden aangebracht, vervolgens kan het programma berekenen hoe groot de spanningen en verplaatsingen zijn. De veronderstelling was dat de bruggetjes niet zozeer door normaal gebruik, maar door verkeerd gebruik te snel slijten. Bijvoorbeeld door zijwaartse krachten (dus niet op het normale drukvlak van de bruggetjes). De hypothese bleek echter onjuist: de grootste oorzaak van slijtage is het verschil in diameters tussen de palletjes onderling. De bruggetjes zijn hier niet voor gemaakt. Wellicht is het materiaal niet geschikt.



Figuur 39

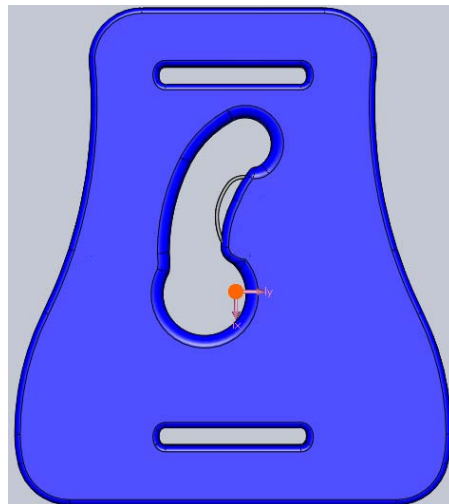
3.1.4. Materiaal

Er zijn verschillende materiaaleigenschappen die een rol spelen. Voor de stalen basis is het natuurlijk belangrijk dat het grote trekkrachten aan kan. Torsiekrachten zullen in mindere mate een rol spelen als bij het herontwerp een wervel gebruikt wordt. En het kunststof onderdeel moet slijtvast zijn.

De afronding aan de binnenkant van de clip kan worden verwerkt in het kunststof omhulsel. Hierbij moet nagegaan worden of de binnen-afmetingen niet te snel af zullen slijten, de afmetingen moeten exact kloppen. Ook moet worden bedacht hoe dit omhulsel om de in te bouwen bladveertjes zal vallen.

Voor de bladveertjes moet bepaald worden welke stijfheid ze moeten hebben. De veertjes moeten flexibel genoeg zijn om na indrukking altijd weer terug te veren in hun oorspronkelijke vorm. Met een berekening zijn de afmetingen ingeschat op $h = 0.6$ als $b = 2$ mm. Lengte is dan 12 mm. In bijlage 4 staat de eerste berekening van deze waarden, die gebruik zijn als basis voor het SolidWork model waarmee verder gerekend is.

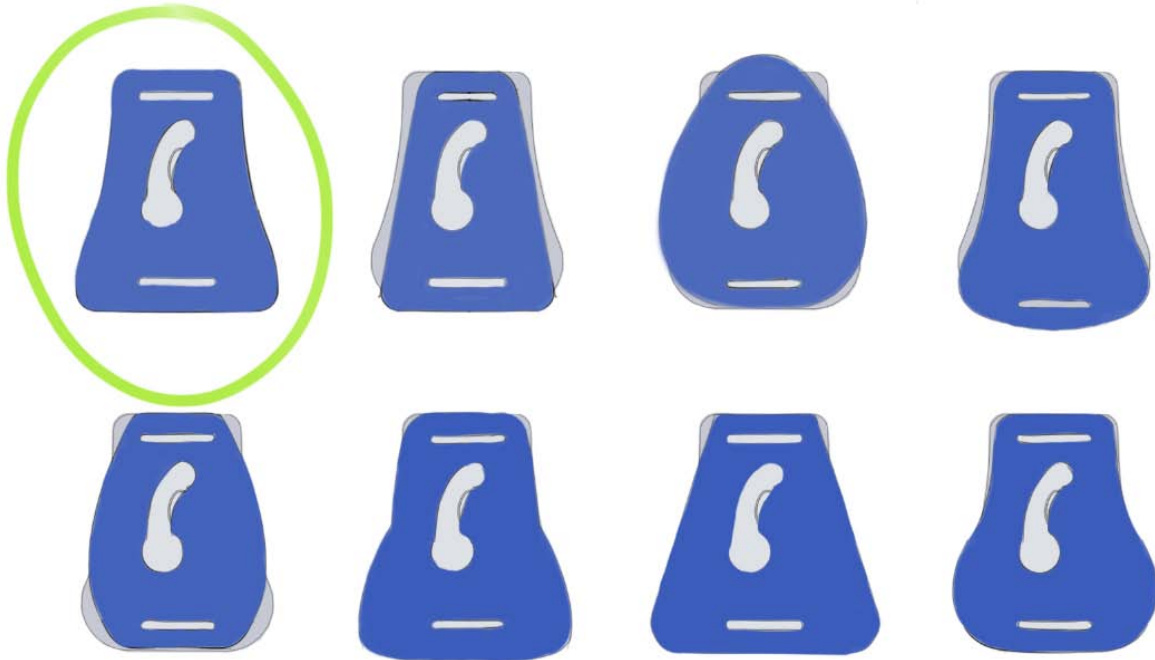
Uiteindelijk wordt besloten dat één bladveer voldoende is om voor de borging te zorgen. De veer moet verder van de ronde opening van de clip worden gepositioneerd, zodat het niet direct een obstakel vormt voor het palletje dat nog doorgedrukt moet worden.



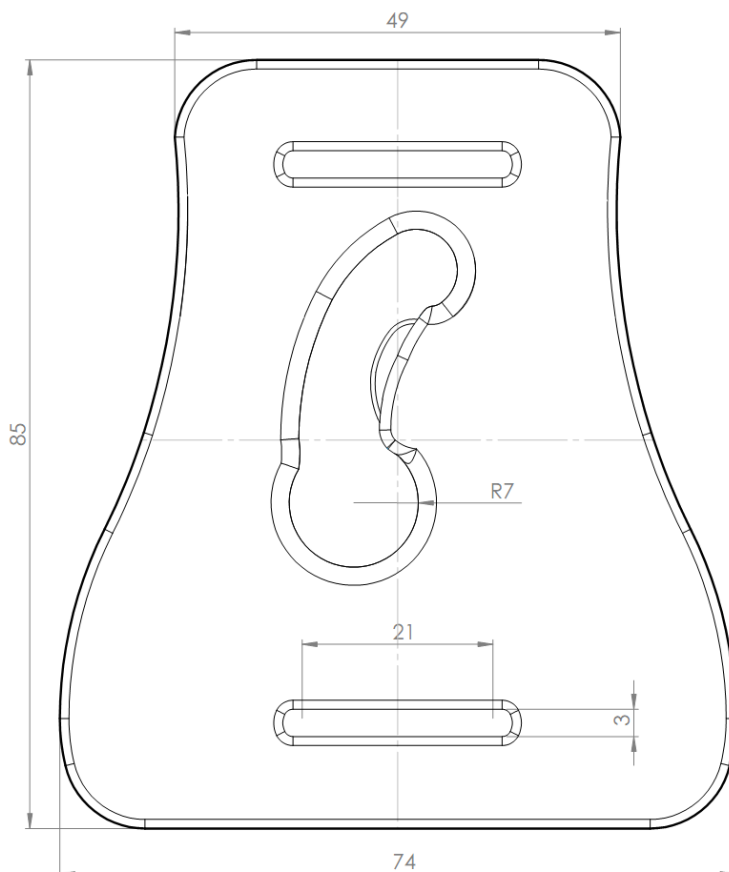
Figuur 40: Het massazwaartepunt is aangegeven met de oranje stip.

3.1.5. Vormgeving

Op basis van een eerste SolidWorks model is een vormstudie gedaan om de clip een zo mooi mogelijke vorm te geven, zonder dat de clip te groot wordt. Ook moest natuurlijk rekening worden gehouden met het zwaartepunt dat voor zover mogelijk onder het midden moet liggen. De omcirkelde vorm is gekozen, omdat hij subtiel verbreed is aan de onderzijde maar toch nog redelijk slank oogt.

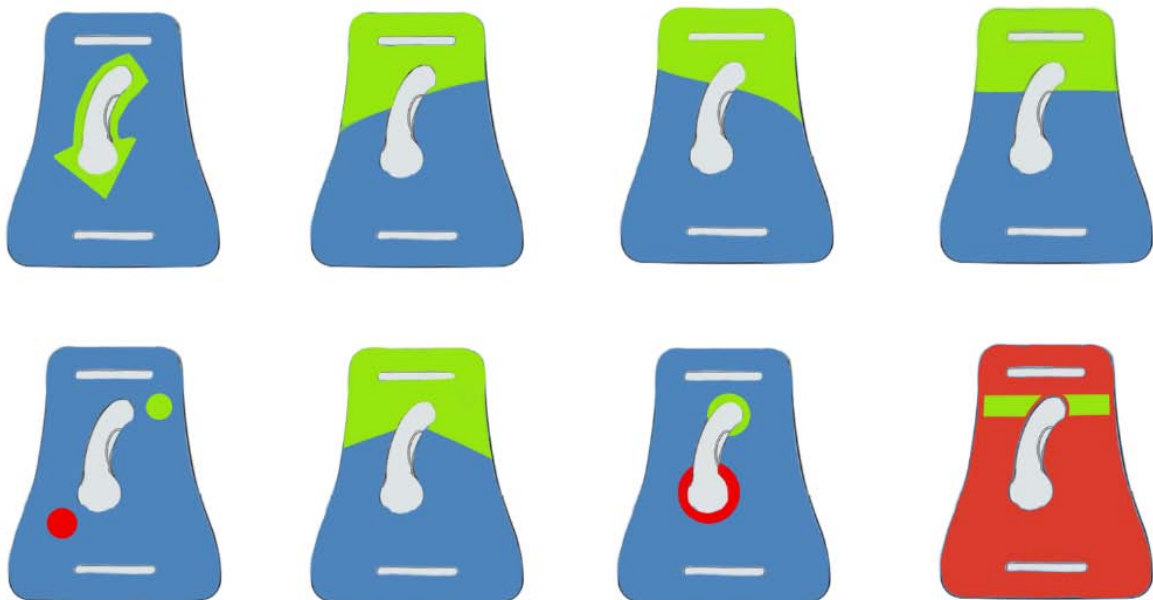


Figuur 41: De vormstudie, waarin gezocht is naar een vorm die er enerzijds voor zorgt dat het zwaartepunt van de clip zich onder de horizontale middenlijn bevindt, maar anderzijds mooi en slank oogt.



Figuur 42: De globale afmetingen van het product.

Toen de vorm gekozen was moest ook nog een manier worden bedacht om het gebruik extra duidelijk te maken door middel van kleuren. Daarom is er ook nog een studie gedaan naar de kleurstelling. De kleuren van de clip en het palletje zijn belangrijk omdat ze een rol spelen bij de intuïtiviteit: het maakt dat de gebruiker een beter begrip heeft van de werking. De kop van het palletje dient dan ook geverfd te worden. Om te voorkomen dat de verf snel van de kop van het palletje slijt, moet eerst een inkeping worden gemaakt waar de verf in kan. De clip kan misschien uit twee kleuren kunststof worden gemaakt om zo te voorkomen dat de kleur eraf slijt (het kostenplaatje daarvan moet op dit punt nog uitgewerkt worden). Het is mogelijk de clips in meerdere kleur-combinaties uit te voeren, wellicht zijn de kleuren groen en rood duidelijk. De betekenis van deze twee kleuren zijn meestal bekend bij gebruikers: rood is fout/gevaar, groen is goed/veilig. Maar misschien vinden zorgcliënten dat een rode clip teveel in het oog springt, daarom is blauw ook een optie.



Figuur 43: Een greep uit de mogelijke opties voor kleurstelling om het gebruik duidelijk en intuïtief te maken.

Omdat sommige van deze kleurstellingen ingewikkeld zijn om te maken (er moet dan gebruik worden gemaakt van 2-componenten spuitgieten, waardoor de kosten ook nog eens hoog oplopen), is de keuze gemaakt voor de laatste optie: de twee strepen kunnen eenvoudig opgedrukt worden. Echter wordt de rest van de clip blauw gemaakt, zodat de clip niet met zo'n alarmerende kleur als rood in het oog springt. Daarbij hoort natuurlijk een groene kop op het palletje.

3.2 MASSAPRODUCT

3.2.1. Vraagstelling

De vereiste geometrie, het materiaal en de kleurstelling zijn vastgelegd. Nu moet worden nagedacht over de productie van het massaproduct. Dit wordt gedaan aan de hand van de volgende vragen:

6. Hoe kan het massaproduct gerealiseerd worden?
 - a. Welke middelen bezit het bedrijf?
 - b. Welke productiemethoden zijn er mogelijk en welke middelen zijn hiervoor nodig?
 - c. Hoe ziet het kostenplaatje eruit?

3.2.2. Productie en kosten

Omdat United Care op dit moment de clips niet zelf produceert, beschikt het bedrijf zelf over onvoldoende middelen om een herontwerp zelf te produceren. Daarom wordt uitgegaan van een scenario waarin dit wederom wordt uitbesteed.

Het herontwerp verschilt qua opbouw niet veel van de huidige clip. Echter, door de toevoeging van een bladveer zal de kunststof behuizing iets ingewikkelder zijn om te maken. Spuitgieten is een methode die erg duur is, vanwege de hoge matrijskosten. Daarom wordt het pas rendabel bij een oplage van meer dan 10.000 stuks. Bij een tilband horen vier (of soms twee) clips. Productie van 10.000 clips betekent dat een oplage van ongeveer 2.500 tilbanden kan worden gerealiseerd.

De staalplaat die als basis van de clip fungeert kan het beste worden gemaakt door te lasersnijden, want het is een vrij ingewikkelde vorm en met name de smalle inkeping voor het veertje kan moeilijk op een andere manier. Dit moet dus worden uitbesteed aan een bedrijf dat wel beschikt over een lasersnijmachine. Het CAD-bestand kan naar dit bedrijf worden opgestuurd, zodat zij een eerste oplage van 10.000 staalplaatjes kunnen maken. De veertjes moeten machinaal worden gebogen en in de staalplaatjes worden gelegd. De assemblage bestaat dus uit het inleggen van het veertje en de kunststof behuizing er omheen spuitgieten.

Er zijn nog wel kritische punten wat betreft het spuitgieten: er moet voor gezorgd worden dat de plekken waar het veertje kom vrijgelaten worden zodat het veertje nog voldoende bewegingsvrijheid heeft. Dit is wel realiseerbaar, als daar waar de holtes moeten komen een stukje extra materiaal wordt ingezet, bijvoorbeeld een blokje dat in de staalplaat wordt geschoven.

Als de behuizing om de staalplaat heen zit, kan als laatste de groene strook op de clip worden gedrukt. Dan kunnen de clips stevig aan de banden van een tilmatt worden vastgemaakt. De tilmatten worden normaalgesproken nog wel uitgebreid getest voordat ze daadwerkelijk verkocht kunnen worden.

In tabel 4 is een schatting van de productiekosten gemaakt. In figuur 43 is een exploded view van het prototype zien, bij het massaproduct zullen de blauwe delen samen uit een stuk worden spuitgegoten.



Figuur 44: Exploded view en render van het prototype (SolidWorks).

Tabel 4: Kostprijschatting

	Aantal	Opmerking	Kosten per eenheid	Totaal
Machinaal				
Spuitsgietmatrijs	1	-	€ 10.000,-	€ 10.000,-
Lasersnijden	10.000	-	€ 1,25	€ 12.500,-
Veertjes	10.000	-	€0,50	€5000,-
Arbeid				
Assemblage	10.000	100 clips/uur	€ 30,- per uur	€ 3.000,-
Materiaal				
Verenstaal	1 plaat	1m*1m	€ 25,-	€ 25,-
Band	2.500 m.	-	€ 0,50 per meter	€ 1.250,-
Metaal	50 kg	-	€ 10.000,- per ton	€ 500,-
Nylon (PA type 6)	15 kg	-	€ 3.000,- per ton	€ 45,-
Totaal	10.000 clips		€ 3,23 per stuk	€ 32.320

Een toelichting bij de tabel: De spuitgietmatrijs moet gemaakt worden, maar het lasersnijden wordt uitbesteed aan een bedrijf dat al zo'n machine heeft. Onder de assemblage valt alleen het inleggen van een veertje in de stalen basisplaatjes.

3.3 PROTOTYPE

3.3.1. Vraagstelling

Om verschillende redenen is het belangrijk dat er een prototype gemaakt wordt. De werking moet ermee worden getest: zijn de veronderstellingen tijdens het project juist geweest en zal het product aan de eisen voldoen? Eventueel kunnen na evaluatie nog aanpassingen worden doorgevoerd. Er kunnen ook aanbevelingen voor het massaproduct uit voortkomen. Daarnaast moet het werkende prototype een idee geven van het uiterlijk en de afmetingen van het nieuwe onderdeel.

Voor prototypebouw zijn meestal niet dezelfde productiemethoden beschikbaar als voor het massaproduct. Er kan nog geen matrijs worden gemaakt, dat zou een te groot risico zijn en niet passen binnen het budget, dat voor een prototype kleiner is dan voor een massaproduct. Voor de technieken die niet mogelijk zijn moet dus een geschikt alternatief worden gezocht. Wellicht hoeft het prototype niet zo stevig te zijn dat het de volledige krachten aan kan, maar het principe van de oplossing moet er wel mee te testen zijn.

Deze vragen moeten beantwoord worden:

7. Hoe kan een werkend prototype gerealiseerd worden?
 - a. Welke materialen, onderdelen en gereedschappen zijn nodig voor de prototypebouw?
 - b. Welke productie-methoden zijn geschikt en beschikbaar?

3.3.1. Materiaal en bouw

Niet alleen het ontwerp, maar ook de productie van de clips wordt normaalgesproken door United Care uitbesteed. Het bedrijf beschikt dan ook niet over de middelen om een prototype te maken. Op de universiteit kan dit wel.

De staalplaat die de basis van de clip vormt kan met een lasersnijmachine worden gesneden uit een staalplaat van 2 mm dik. Het veertje moet met de hand worden gevormd en in de gleuf in de staalplaat worden gezet, dit moet een vaste passing opleveren (het veertje mag er in iedere geval niet meer uitvallen totdat de behuizing voor afsluiting zorgt). De buitenkant wordt in twee delen met een 3D-printer gemaakt van ABS. Vervolgens kunnen beide delen om de staalplaat worden gezet en vastgelijmd.

Het prototype is op deze manier misschien niet zo sterk en betrouwbaar als een massaproduct zal zijn, maar kan wel een goede basis bieden voor evaluatie van het herontwerp.



Figuur 45: De eerste onderdelen van het prototype, de staalplaat met het veertje erin.



Figuur 46: Het ongeverfde prototype.

3.3.2. Prototypebouw

Op dag één van de prototypebouw is het staalplaatje uitgesneden. Een moeilijk punt was de smalle gleuf waar het veertje precies in moet passen. Bij de eerste poging was de gleuf iets te smal geworden, namelijk 0.4 millimeter. De tweede keer ging het wel goed en was de gleuf precies 0.5 mm breed.

Het veertje is met de hand gesneden en gebogen. Dit was niet gemakkelijk omdat het precies en nauwkeurig werk is, maar uiteindelijk paste het veertje mooi in de staalplaat. Op het eerste oog leek het veertje zijn functie ook goed te vervullen, het was niet te slap.



Figuur 47: Het werkende prototype

De volgende stap is het 3D-printen van de behuizing. Het resultaat hiervan is ook nog onzeker, omdat de wanddiktes in het ontwerp wel erg klein zijn.

De print blijkt erg dun en enigszins kwetsbaar te zijn. De eerste versie was een beetje krom getrokken, de tweede was beter bruikbaar. De afmetingen van het SolidWorks model blijken iets te nauw te zijn genomen, de staalplaat past er amper tussen. Met een beetje vijlen en snijden, vooral rond het veertje, lukt het echter om de twee delen aan elkaar te drukken. Het wordt gelijmd met secondelijm.

Omdat er nog wat openstaande randen en oneffenheden zijn, moeten deze eerst dicht worden geplamuurd. Na bijschuren kan het model geverfd worden. Met spuitverf wordt eerst een laag primer aangebracht. Vervolgens wordt de hele clip donkerblauw gespoten. De groene streepjes worden met een stickertje erop geplakt.

3.3.3. Verschillen tussen massaproduct en prototype

De productiemethoden vormen het grootste verschil: voor de behuizing van een prototype kan geen matrijs worden gemaakt, dit zou immers veel te duur zijn. Om een matrijs te maken moet tenminste een oplage van 10.000 stuks gerealiseerd worden voordat het uit kan. Omdat het prototype voornamelijk dient om het werkingsprincipe te illustreren en testen, is het niet erg als de behuizing uit twee delen bestaat. Echter, dit zou niet gunstig zijn voor het massaproduct. Het verbinden van beide delen verhoogt de kosten en vergroot het risico dat de behuizing stuk gaat: er komt immers precies op de deellijn kracht te staan. Daarom moet het plastic omhulsel van het massaproduct uit één stuk worden gespuitsgiet, terwijl het prototype in twee delen met de 3D-printer kan worden gemaakt.

De staalplaat van het prototype was gemakkelijk te maken met de lasersnijmachine, maar dit hoeft voor het massaproduct niet noodzakelijk de beste methode te zijn. Het gat kan er ook uit geponst worden, maar omdat er ook nog een klein gleufje moet worden gemaakt voor het veertje, is het misschien toch handig het geheel wel direct met een lasersnijmachine te doen. Dan kan ook de buitencontour direct gesneden worden.

De afwerking van het prototype is veel handwerk geweest: oneffenheden moesten geplamuurd worden, daarna moest de clip gespoten worden en beplakt met de groene stickers. Maar omdat het massaproduct direct in een kleur gespuitsgiet wordt, is verven ook niet meer nodig. Er moet alleen nog machinaal een groene opdruk gemaakt worden.

Door deze verschillen in vervaardiging is het prototype misschien iets minder sterk en slijtvast dan een massaproduct zou zijn. Dit is niet erg, als er maar tot op zekere hoogte mee te testen is of het principe werkt. Het massaproduct wordt uiteraard voordat het verkocht wordt nog uitgebreid getest, volgens de richtlijnen die bij deze medische hulpmiddelen horen.

3.4 PRODUCT EVALUATIE

3.4.1. Vraagstelling

De evaluatie wordt gedaan met behulp van het prototype. Uit de evaluatie volgen mogelijk nog aanpassingen die moeten worden gedaan om een acceptabel product te verkrijgen. Deze aanpassingen worden in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk besproken. Het product moet kritisch bekeken worden aan de hand van de volgende vragen:

8. Voldoet het prototype aan de verwachtingen?
 - a. Voldoet het prototype aan het programma van eisen?
 - b. Zijn er functionele problemen aan het licht gekomen tijdens een gebruikstest?
 - c. Wordt het prototype positief beoordeeld door de gebruikers?

3.4.2. Toetsing aan het programma van eisen

- *Het moet zichtbaar zijn wanneer de verbinding niet goed vast zit.*
Als het groene palletje niet binnen het groene gebied zit, is de clip niet correct bevestigd. Een subtiele feedback, maar het is wel te zien.
- *De verbinding moet gemakkelijk te hanteren zijn.*
Het doordrukken van de nieuwe clip kost waarneembaar minder kracht dan bij de huidige clip. Het aantal handelingen is hetzelfde als bij de huidige clip en kan prima met één hand worden uitgevoerd.
- *Het bevestigen moet niet teveel tijd kosten.*
Het kost net zoveel tijd als bij de huidige clip, dit is acceptabel.
- *De clip moet in de wasmachine kunnen.*
Het kwetsbare deel van de nieuwe clip is het bladveertje, maar als deze van roestvrijstaal gemaakt is en goed vast zit, kan er niets misgaan.
- *Het onderdeel moet veilig zijn.*
Er zitten geen scherpe punten aan het onderdeel en alle randen zijn afgerond.
- *Het onderdeel moet niet zwaarder dan 0,5 kg wegen.*
Het prototype weegt 0,15 kg. Het massaproduct kan nog iets lichter zijn door gebruik van ander staal.
- *De verbinding moet betrouwbaarheid uitstralen.*
Het zou misschien beter zijn als bij het massaproduct wel gaten voor productie te zien zijn, zodat duidelijk is dat de clip een stevige basis van metaal heeft. Het prototype oogt een beetje alsof het van hout of een dergelijk materiaal gemaakt is, mensen denken daardoor misschien dat het niet sterk genoeg is. Zeker voor de zorgcliënten kan het ook prettig zijn het metaal zichtbaar te maken.
- *De verbinding moet goed gebruik aanmoedigen.*
Dit wordt gedaan doordat de clip niet meer op de kop draait en gemakkelijker doorgedrukt kan worden. Tevens moet met de afronding worden voorkomen dat foutief gebruik, namelijk scherpstellen, mogelijk is.
- *De verbinding moet minstens het totale gewicht van de zorgcliënt kunnen dragen.*

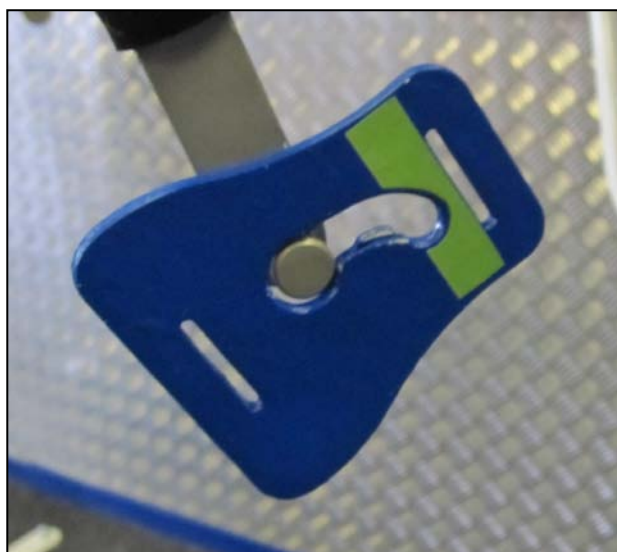
Zoals in het programma van eisen staat, kan de Wendy tillift ongeveer 250 kg dragen. Een enkele clip moet tenminste dit gewicht kunnen dragen. Het prototype kan getest worden met gewichten, of er kan een simulatie worden gedaan in SolidWorks.

- *Geen extra schokken/beweging veroorzaken tijdens verplaatsing.*
Dit is niet het geval.
- *De verbinding mag niet te groot zijn.*
De afmetingen van de clip blijven binnen de gestelde grenzen. Het herontwerp is wel groter dan de huidige clip van United Care, maar in vergelijking met clips van andere merken is de clip zeker niet buitensporig groot.
- *De verbinding moet te combineren zijn met zoveel mogelijk producten van de geselecteerde concurrenten.*
Dit doel is bereikt, omdat het ophang-principe weinig veranderd is. De clip is volledig universeel.
- *Het gebruik moet veilig zijn, zowel in combinatie met UCP-producten als met producten van andere merken.*
- *Het product moet niet te duur zijn.*
De kostprijs blijft onder de 10 euro, dit is acceptabel voor een herontwerp van de clip.

3.4.3. Gebruiksevaluatie

Zodra het prototype klaar is, wordt deze op verschillende manieren getest. Ten eerste het gewone bevestigen: gaat dit soepel, is het veertje stevig genoeg, zorgt het voor voldoende borging?

Bij palletjes van 7 mm gaat het doodrukken wel erg gemakkelijk. Dit is in principe positief, want het was de bedoeling dat het minder kracht kost. Echter bestaat op deze manier wel het risico dat de clip toch geen goed borging biedt. Bij een palletje van 8 mm is het al beter, dan moet je nog wel wat meer drukken en zal de borging waarschijnlijk ook beter zijn.



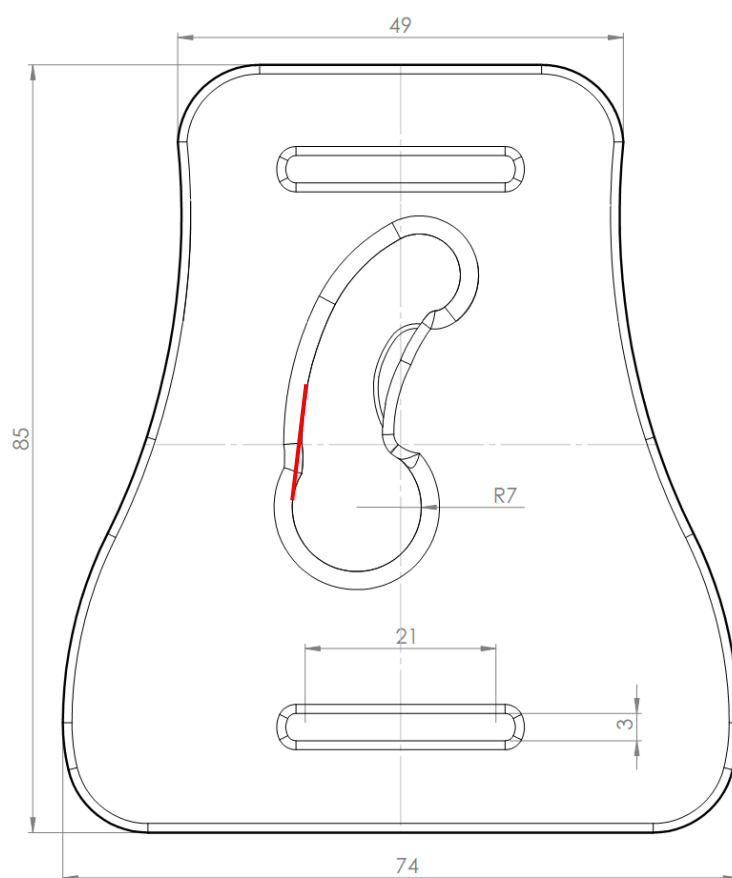
Figuur 48: Het prototype is helaas nog scherp te stellen

Dan moet ook nog worden getest of de clip nog scherp te stellen is. Helaas lukt dit na enige moeite nog wel.

3.4.4. Aanpassingen

Het scherpstellen kan misschien worden voorkomen als de vorm nog iets wordt aangepast. De afronding moet beter uit de verf komen. Dit kan misschien door de gehele clip iets dikker te maken, zodat een afronding beter mogelijk is. Verder helpt het misschien als de vorm van de opening nog iets wordt aangepast: het uitstekende hoekje moet dan worden weggehaald, zoals aangegeven in figuur 49 met de rode lijn. Dit maakt dat het palletje een steunpunt verliest.

Verder moet het veertje misschien toch iets stijver worden gemaakt, het gaat nu wel erg soepel: prettig voor het gebruik, maar het veertje zou nog wel voor een iets betere borging mogen zorgen.



Figuur 49: Als het puntje rechts van de rode lijn er niet zou zijn, kan de clip misschien niet meer scherpgesteld worden.

HOOFDSTUK 4 – CONCLUSIES & AANBEVELINGEN



Het prototype is klaar en geëvalueerd. Hier worden de conclusies uit het vooronderzoek en de eind-evaluatie gepresenteerd. Ook worden aanbevelingen gedaan over mogelijk vervolgonderzoek en verdere afhandeling.

4.1 CONCLUSIES

Er blijken nog regelmatig ongevallen voor te komen in de wereld van de tilliften. Omdat naderhand de betrokken onderdelen lang niet altijd kapot zijn, bestaat het zeer aannemelijke vermoeden dat er dikwijls sprake is van een fout die bij de zorgverlener ligt. Een verbinding tussen tilmat en tiljuk wordt bijvoorbeeld niet goed vastgemaakt of zelfs vergeten. Het is echter niet gemakkelijk om de markt van de ene dag op de andere drastisch te veranderen. Daarom is tijdens dit project besloten dat er eerst op kleine schaal verbeteringen worden aangebracht in de clip. Wel zal er uiteindelijk zeker moeten worden gekeken naar de mogelijkheden voor een veiligheidsjuk, dat controleert of alle verbindingen daadwerkelijk vast zijn gemaakt voordat getild kan worden. Dit wordt verder toegelicht in de aanbevelingen.

Het herontwerp tracht verbeteringen aan te brengen in de clips op de volgende gebieden: het moet voorkomen dat een clip incorrect bevestigd kan worden, het moet intuïtief gebruik stimuleren en het moet beter inspelen op de verschillende diameters die de palletjes aan de jukken hebben.

Helaas is het incorrect bevestigen nog niet volledig uitgesloten, zo blijkt na uitproberen met het prototype. Deze kan namelijk met enige moeite 'scherpgesteld' worden. Het ontwerp zou dit door middel van een afronding aan de binnenkant moeten oplossen, mits in combinatie met een afgerond palletje.

Door de kleurstelling en de assymetrische vorm van de clip wordt een subtiele bijdrage geleverd aan de intuïtiviteit. De groene strip op de clip in combinatie met een groene kop op het palletje geeft aan waar het rustpunt van de clip zich bevindt. En door de bredere onderkant van de clip zal deze minder snel ondersteboven worden bevestigd, tevens bevindt het zwaartepunt zich nu lager waardoor de clip beter met de onderkant omlaag blijft hangen.

Het veertje vervult zijn functie redelijk: hij beweegt soepel mee met alle palletjes, er zal veel minder slijtage plaatsvinden dan bij de plastic bruggetjes. Tevens is dit een verbetering omdat het minder kracht kost om de clip door te drukken, een groot pluspunt voor de gebruiksvriendelijkheid. Maar helaas is de borging waar het veertje ook voor moet zorgen nog niet optimaal. Er moet dus worden gekeken of het veertje nog wat stijver (dikker) kan worden gemaakt.

4.2 AANBEVELINGEN

Wat betreft het resultaat zijn er nog enkele aanpassingen die gedaan kunnen worden om het ontwerp te verbeteren. Als de vorm van de ronde opening nog wat gewijzigd wordt, kan scherpstellen wellicht nog beter worden voorkomen.

Het moge duidelijk zijn dat het meest risicovolle probleem met dit herontwerp nog niet is opgelost: de zorgverlener kan nog altijd de fout maken om een clip te vergeten. Pas als dit wordt voorkomen kan het product echt 'fail-safe' worden genoemd. Helaas was er op het moment dat dit duidelijk werd onvoldoende tijd over om een oplossing hiervoor volledig te kunnen uitwerken. Op het moment dat een conceptkeuze gemaakt moest worden was er wel een opzet voor een concept dat zich hierop richt, maar het zou niet realistisch zijn geweest hiermee verder te gaan. Daarvoor was het concept nog niet voldoende uitgewerkt, de haalbaarheid binnen anderhalve maand was twijfelachtig en er zouden nog onvoorziene complicaties kunnen opduiken. Bovendien zou dit concept niet goed binnen de grenzen van de opdracht blijven, omdat het hele juk erbij betrokken wordt (het probleem is waarschijnlijk niet op te lossen zonder overkoepelend elektronisch systeem).

De aanbeveling is dan ook om een opdracht op te stellen (bijvoorbeeld voor een nieuwe student) die zich beperkt tot het oplossen van dit specifieke probleem, dus het vergeten van een verbinding waardoor zorgcliënten uit de lift kunnen vallen. Door de opdracht goed in te kaderen kan beter worden geconcentreerd op dit ene probleem, menselijk falen vormt schijnbaar het grootste risico voor de zorgcliënt. Een eventuele vervolgoopdracht zou kunnen worden geformuleerd als 'los het probleem dat zorggebruikers een verbinding vergeten op' of iets dergelijks.

HOOFDSTUK 5 – BIJLAGEN



Hier volgen de volledige beschrijvingen van de onderzoeken waarnaar wordt verwezen in het verslag.

1. PLAN VAN AANPAK & GANTT CHART
2. GEBRUIKSONDERZOEK
3. ZANDZAKKENTEST
4. BEREKENING VEER
5. ANALYSE GEOMETRIE



1. PLAN VAN AANPAK

HERONTWERP VAN EEN TILLIFT-ONDERDEEL

United Care Products B.V. ontwerpt tilliften om zorgcliënten mee op te tillen, in medische of huiselijke sfeer. Maak een praktisch en veilig (her)ontwerp van de verbinding tussen de tilmat en het tiljuk van zo'n lift, zodat dit onderdeel fail-safe is en ook op producten van de concurrent past.

Actoranalyse

De volgende actoren spelen een rol:

United Care Products B.V.

De opdrachtgever, het bedrijf, heeft als extern doel: een onderdeel ontwikkelen dat de veiligheid van het product, de passieve tillift, verbetert. Hiermee hoopt United Care Products een betere positie te verkrijgen in de markt. Zij wil erkend worden als een bedrijf dat veilige medische hulpmiddelen van goede kwaliteit ontwikkelt.

Concurrent

Het bedrijf Arjo is de grootste concurrent, dit bedrijf bezit zo'n 80 procent van de markt. Dat willen zij natuurlijk zo houden.

Zorginstanties

Zorginstanties willen goede zorg bieden aan cliënten. Hierbij spelen veiligheid en betrouwbaarheid weer een rol. Ook wil deze actor een prettige werkomgeving creëren voor werknemers, de zorgverleners, zodat zij zich goed voelen en geen fouten maken.

Zorgverleners

Omdat de zorgverleners het product misschien wel tientallen keren per dag moeten gebruiken, is het voor hen van belang dat het onderdeel ergonomisch is.

Zorgcliënten

Dit kunnen ouderen, gehandicapten en obesitas-patiënten zijn. Deze groep hulpbehoevenden wil verzekerd zijn van een betrouwbaar middel om in verplaatst te kunnen worden. Bovendien willen zij zich hierbij veilig en comfortabel voelen.

Projectkader

De opdrachtgever, United Care Products B.V is een klein bedrijf dat een beperkt deel van de markt beheerst. Zij wil deze marktpositie verbeteren. Veiligheid en betrouwbaarheid zijn voor de afnemers (zorginstanties) van groot belang, daarom wil het zich bedrijf hierop richten. In het huidige product is op dit moment de verbinding tussen tilmat en tiljuk de beperkende factor. Het kan voorkomen dat het onderdeel niet goed wordt vastgeklikt door de zorgverlener, die per dag meerdere malen deze handeling moet uitvoeren. Een verbeterd ergonomisch ontwerp moet uitkomst bieden.

Doelstelling

Doel van de opdracht is het verbeteren van de veiligheid van de passieve tilliften die worden gebruikt om mensen mee te verplaatsen. In het bijzonder wordt gekeken naar de verbetering van het verbindende onderdeel tussen tilmat en tiljuk, t.a.v. ergonomie en betrouwbaarheid. Dit kan gerealiseerd worden door simulaties uit te voeren en deze te analyseren.

Vraagstelling

1. Hoe functioneert het huidige product?
 - a. In wat voor omgeving wordt het product gebruikt?
 - b. Wie zijn primaire en secundaire gebruikers en wat kenmerkt hen?
 - c. Welke knelpunten zijn er tijdens het gebruik?
 - d. Welke oplossingen zijn er door concurrerende bedrijven voor de problemen ontworpen en hoe functioneren deze?
2. Welke eigenschappen moet het verbeterde onderdeel bezitten?
 - a. In welke mate moet de betrouwbaarheid verbeterd worden?
 - b. Welke eisen en wensen stellen de gebruikers aan het onderdeel?
 - c. Welke eisen en wensen stelt de opdrachtgever aan het onderdeel?
 - d. Met welke functies en gedragingen kan het verbeterde onderdeel aan de behoeften van de gebruikers voldoen?
3. Hoe kunnen de problemen die zijn voortgekomen uit vraag 1c opgelost worden?
 - a. Welke deelproblemen zijn er?
 - b. Welke deeloplossingen zijn er?
 - c. Welke combinaties van principe-oplossingen zijn er mogelijk?
 - d. Hoe kunnen deze combinaties worden vormgegeven?

4. Welk concept moet worden gekozen?
 - a. Welk concept voldoet het beste aan het programma van eisen?
 - b. Welk concept is haalbaar?
 - c. Welk concept spreekt de gebruikers het meest aan?
5. Welke specificaties heeft het onderdeel?
 - a. Welke randvoorwaarden zijn er?
 - b. Met welke geometrie kan de vereiste kwaliteit worden bereikt?
 - c. Welke materiaaleigenschappen moet het onderdeel hebben?
6. Hoe kan het massaproduct gerealiseerd worden?
 - a. Welke middelen bezit het bedrijf?
 - b. Welke productiemethoden zijn er mogelijk en welke middelen zijn hiervoor nodig?
 - c. Hoe ziet het kostenplaatje eruit?
7. Hoe kan een werkend prototype gerealiseerd worden?
 - a. Welke materialen, onderdelen en gereedschappen zijn nodig voor de prototypebouw?
 - b. Welke productie-methoden zijn geschikt en beschikbaar?
8. Voldoet het prototype aan de verwachtingen?
 - a. Voldoet het prototype aan het programma van eisen?
 - b. Zijn er functionele problemen aan het licht gekomen tijdens een gebruikstest?
 - c. Wordt het prototype positief beoordeeld door de gebruikers?

Begripsbepaling

Hier volgt een definitie van de begrippen die in dit plan van aanpak en het daarop volgende project worden gebruikt.

Externe begeleider:

De opdrachtbegeleider die door de universiteit is aangesteld, ook wel docent-begeleider genoemd.

Interne begeleider:

De opdrachtbegeleider die door het bedrijf is aangesteld, ook wel stagebegeleider genoemd.

Markt:

Het geheel aan producten dat beschikbaar is om minder-valide mensen mee te verplaatsen.

Opdrachtgever:

Het bedrijf United Care Products B.V., ook wel stageverlener genoemd.

Passieve tillift:

Een lift waarin de zorgcliënt verplaatst kan worden zonder zelf actief mee te werken, bedoeld om de patiënt snel en makkelijk naar een andere locatie over te brengen. Bijvoorbeeld van het bed naar het toilet.

Tiljuk:

Het stalen frame van de tillift, met twee of vier bevestigingspunten waaraan de tilband moet worden opgehangen.

Tilband:

Het gedeelte van de tillift dat van textiel gemaakt is, waar de patiënt in komt te liggen. Ook wel tilmat of mat genoemd.

Zorgcliënt:

De hulpbehoevende, ook wel patiënt genoemd, die passief gebruik maakt van de tillift.

Zorgverlener:

De gebruiker die actief gebruik maakt van de tillift en helpt bij het verplaatsen van een patiënt.

Onderzoeksstrategie en materiaal

	<i>Strategie</i>	<i>Materiaal/Bronnen</i>	<i>Ontsluiting</i>
1a	Omgevingsanalyse	Locatie waar tillift gebruikt wordt	United Care
1b	Gebruikersonderzoek Interviews	Medewerkers United Care Zorgverleners Zorgcliënten	United Care (verkoop- /service-afdeling) Zorginstanties
1c	Gebruiksonderzoek Observatie Interview Scenarioanalyse	Zorgverleners Zorgcliënten Product	Zorginstanties United Care
1d	Marktonderzoek, concurrentieonderzoek: Desktopresearch Field research	Producten van de concurrenten	United Care
2a	Productanalyse Eisen specificeren	(passieve) tillift/verbindend onderdeel	United Care
2b	Gebruikersanalyse Programma van eisen en wensen opstellen	Notulen gebruiksonderzoek	Project documentatie
2c	Bedrijfsanalyse Programma van eisen en wensen uitbreiden	Interview medewerkers project	United Care
2d	FBS framework: Functie-analyse Behavior-analyse State-analyse	Passieve tillift/verbindend onderdeel Programma van eisen	United Care Project documentatie
3a	Knelpunt-analyse	Notulen gebruiksonderzoek	Project documentatie
3b	Brainstorm, oplossings-generatie, schetsen	Tekentablet/schetsboek	-
3c	Morfologisch ontwerpen	Deeloplossingen Schetsen	Project documentatie
3d	Modellen maken Schetsen	Tekentablet/schetsboek Materiaal voor model-maken	United Care (werkplaats/magazijn)
4a	Tussentijdse toetsing aan P.v.E	Uitgewerkte concepten/modellen P.v.E.	Project documentatie
4b	Expert Review, kostprijsschatting	Medewerkers United Care Materiaal informatie	United Care Materialen database

4c	Concept-test	Vorm-modellen	-
5a	Randvoorwaarden analyse	Notulen analyse-fase	Project documentatie United Care
5b	Eindige elementen analyse	SolidWorks model Ansys (FEA-software)	Universiteit Twente
5c	Materiaal analyse	Materialen informatie	Materialen database
6a	Bedrijfsanalyse	Gesprek met interne begeleider	United Care
6b	Analyse van productiemethoden	Productie-methoden informatie	Leveranciers United Care
6c	Kostprijsschatting	Materiaal informatie	Materialen database
7a	Assemblage-plan opstellen	Informatie over assemblage methoden	United Care Leveranciers
7b	Advies gesprek	Productie-medewerker	United Care
8a	Toetsing aan P. v. E.	Programma van eisen Prototype	Project-documentatie
8b	Gebruikstest: Observatie Interview	Zorgcliënten Zorgverleners Prototype	Zorginstanties United Care
8c	Enquête Beoordelingsschaal	Zorgcliënten Zorgverleners	Zorginstanties United Care

Planning

De planning gaat uit van een tijdsbestek van ongeveer drie maanden, zoals weergegeven in onderstaande tabel. Dit is gebaseerd op de aangeraden tijd voor een bacheloropdracht. Als dit echter niet genoeg blijkt te zijn moet uitloop wel mogelijk zijn. De duur van de afzonderlijke taken wordt geïllustreerd in een Gantt chart.

Start project	Einde project	Totale tijd
Week 13 <i>Maandag 4 april</i>	Week 27 <i>Vrijdag 8 juli</i>	14 weken <i>±60 werkdagen</i>

Knelpunten

De kans bestaat dat er geen proefpersonen beschikbaar zijn om mee te testen. In dit geval moet op een andere manier getest worden, bijvoorbeeld met gewichten of zandzakken.

		April															Mei									
Onderzoeksvraag		4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	2	3	4	5	6
Voorfase																										
	Startbespreking																									
1abc	Gebruiksonderzoek																									
1d	Concurrentie-onderzoek																									
2abcd	Productanalyse - voorlopig PvE																									
	Verslaglegging																									
Ontwerpfase																										
3ab	Conceptontwikkeling																									
3cd	Conceptkeuze - 3 concepten																									
4ab	Haalbaarheid																									
4c	Modellen																									
4c	Concepttests																									
4abc	Conceptkeuze - eindconcept																									
	Verslaglegging																									
Detaileringsfase																										
5abc	Details uitwerken - geometrie																									
6abc	Calculatie - kostenplaatje																									
7ab	Prototypebouw																									
8abc	Evaluatie prototype																									
	Aanpassingen																									
	Verslaglegging																									

[illegible]

Legenda

Goede Vrijdag + 2de Paasdag
Bevrijdingsdag
Hemelvaartsdag
UT vrije dag
2de Pinksterdag
Voortgangsbespreking Theo Krone (UT)
Voortgangsbespreking Bert Mensinga (UCP)
Deadline

2. GEBRUIKSONDERZOEK



Op dinsdag 12 april 2011 ben ik meegegaan met sales manager Martijn Meeuwissen van United Care. Op diverse locaties in Arnhem en Nijmegen hebben we met zorgcliënten en medewerkers van zorginstellingen gepraat. Ook hebben we het assortiment aan tilliften bekeken.

De eerste locatie is 'Het Dorp' in Arnhem, waar veel lichamelijk gehandicapten wonen die dagelijks vervoerd moeten worden met een tillift. De eerste bewoner waar we langs gaan is een man die erg veel rookt, daarom heeft hij een tilband nodig die brandveilig is. Of dit mogelijk is weet Martijn niet, maar het zal uitgezocht worden. In ieder geval heeft zijn huidige tilband geen veiligheidslabel. Daarom zou deze eigenlijk sowieso vervangen moeten worden. Aan het einde van het bezoek bekijk ik de tillift van meneer Smits en meet de ophangpunten op.

De volgende zorgcliënt op deze locatie heeft ook een probleem met zijn mat. Hij heeft last van het schuimrubber dat erin zit, dus dit wil hij graag eruit hebben.

We gaan naar een andere locatie in Arnhem. Bij 't Kooningsjaght zien we ook daadwerkelijk mensen in hun tilbanden liggen of zitten. Zo kunnen ze makkelijker verplaatst worden. Verder is een van de tilmatten hier niet goed bruikbaar meer, omdat de stiksels bij de banden los geraakt zijn. Deze moet dus vervangen worden. Hier is ook een plafondlift die door het hele gebouw kan bewegen. Hiervan meet ik de ophangpunten aan het groene juk van United Care op.

We rijden door naar Nijmegen en ontmoeten Bert, ergotherapeut bij Plurijs. Hij vertelt dat er onlangs iemand tijdens verplaatsing met een actieve lift is gevallen. Waarschijnlijk is de clip van Joy in Care losgegaan. Het is niet helemaal duidelijk hoe dit precies is gebeurd.

Volgens hem zijn er de volgende aandachtspunten wat betreft tilbanden:

- Stiksels laten los.
- Bruggetjes (United Care clips) zijn het zwakke punt en gaan kapot, door scheef omlaag trekken en ietwat wisselende diameters van de ophangpunten aan juks.
- Openingen in de huidige clips zijn eigenlijk ook iets te klein, slijten dus snel.
- De clip gaat te zwaar.
- Er wordt doorgewerkt met kapotte clips
- Mensen vinden de veiligheidsclip van Joy in Care erg fijn, omdat de clip weinig kracht kost een klik ten gehore brengt als hij vast wordt gemaakt. Deze clip gaat ook niet zo snel stuk als die van het tilcentrum.

Bert vertelt ook dat de gehandicapte, veelal jongere mensen die hier (soms tijdelijk) verblijven liever geen grote, lompe clips aan de tilbanden hebben. Het komt

voor dat ze er de hele dag inzitten, daarbij vinden ze het niet fijn als de onderdelen van hun medische hulpmiddelen erg in het oog springen.

Op deze locatie is ook een van de nieuwste lift-modellen: de GentleMove van Joy in Care. Deze lift bevat een elektrische motor die ervoor zorgt dat degene die de lift voortbeweegt minder hard hoeft te duwen.

Terwijl we het gebruik van de liften hebben besproken, zijn ook enkele onderdelen opgemeten. Een overzicht van de afmetingen van de ophangpunten aan juks is te zien in de bijlage.

Conclusie

Er komen nog regelmatig valincidenten met tilliften voor. Het is naderhand echter moeilijk vast te stellen wat de oorzaken ervan zijn. Er moet dan ook nog nader onderzoek worden gedaan, want om een herontwerp van de bevestiging te kunnen maken is het erg belangrijk om te weten waar het misgaat. Het kan bijvoorbeeld komen door een beweeglijke patiënt die de clip aanraakt of waardoor de ophangpunten scheef belast worden, of door een verkeerde bevestiging van de clip. Dit moet goed uitgezocht worden.

Tijdens een vervolgonderzoek moeten meer zorgverleners worden ondervraagd, in de hoop dat er mensen bij zijn die wel een idee hebben over de oorzaak van valincidenten. Ook moeten diverse scenario's worden getest, bijvoorbeeld met gewichten, om zo na te gaan op welke manier het kan gebeuren dat iemand valt.

Uit het concurrentie-onderzoek kan de conclusie worden getrokken dat alle geselecteerde liften gebruik maken van eenzelfde soort palletje. De diameter verschilt onderling slechts weinig. De maten zullen wel van belang zijn in de detailleringfase.

Aanbevelingen

Omdat nog steeds niet geheel duidelijk is waarom er nog ongelukken gebeuren, moet een vervolgonderzoek plaatsvinden naar de oorzaak van het plotseling losschieten van de verbinding. Dit kan door zelf te gaan testen met banden, bijvoorbeeld gevuld met zandzakken. Er kan een scenario worden uitgevoerd waarbij de ophangpunten scheef worden belast.

Ook kan het helpen nog meer zorgverleners te interviewen. Misschien zijn er mensen bij die incidenten hebben meegemaakt en zodoende een beter beeld hebben van wat er zoal mis kan gaan en ook waardoor het misgaat.

3. ZANDZAKKENTEST

Verschillende typen clips zijn getest, door zandzakken in de tilmat te leggen en te kijken of de clip scherpgesteld kan worden. Op die manier kan worden nagegaan of er risicovolle situaties ontstaan door scherpstellen. Er zijn filmpjes en foto's van gemaakt, bijgeleverd op CD-ROM.



Tilcentrum

In het filmpje is te zien dat er enige tijd met het juk gekanteld wordt van lig- naar zitstand. Ook wordt er flink aan het juk geschud en aan de band getrokken, maar de clip schiet niet los, terwijl hij niet veiliggesteld is. Ook schiet hij niet door naar een veilige positie. De kop van het palletje komt als het ware helemaal klem te zitten in de clip. Nu is dit geval bij een praktijk situatie misschien niet direct een risico (de verbinding komt blijkbaar niet los), maar het is niet gezegd dat er niet een vergelijkbare maar toch gevaarlijke situatie kan ontstaan, waarbij de clip toch losschiet. Bovendien levert dit soort verkeerde bevestiging slijtage op aan de clip, wat op den duur ook niet goed is.

Bij een latere test is deze clip toch een keer losgeschoten toen er mee getild werd.

Arjo

Erg makkelijk scherp te stellen, door de brede rand aan de binnekant. Ook het optillen gaat enige tijd goed, maar de clip blijft niet heel lang zitten als er eenmaal volledig mee getild wordt. Als er even licht aan het juk geschud wordt schiet de clip al los. De kans is dus groot dat dit wordt opgemerkt als de lift nog boven een bed hangt. Desalniettemin is dit natuurlijk iets wat niet voor mag komen.



United Care

De huidige clip van United Care kan scherpgesteld worden, door de clip op de kop van het palletje te hangen. Dit kost overigens wel veel meer moeite dan bij de clip van Arjo, doordat de binnenranden van deze clip-opening al iets smaller zijn (er is dus een kleiner contactoppervlak). Het bijgeleverde filmpje (*1_UC_scherpgesteld.MOV*) is een beetje te donker om te zien hoe de clip precies zit, wel is duidelijk dat er erg lang mee getild kan worden zonder dat er wat gebeurt. Pas nadat er al enige tijd aan het juk geschud is, schiet de clip los. Dit is dus levensgevaarlijk, want de zorgverlener had al halverwege de gang kunnen zijn met een zorgcliënt.

Bijgeleverde filmpjes:

- 1_UC_scherpgesteld.MOV*
- 2_Tilcentrum_scherpgesteld.MOV*
- 3_Tilcentrum_vast.MOV*
- 4_Tilcentrum_losgeschoten.MOV*
- 5_Arjo_losgeschoten.MOV*

4. BEREKENING VEER

Om een beginwaarde te hebben voor de afmetingen van de veer waarmee doorgerekend kan worden in het SolidWorks model, wordt een korte handberekening uitgevoerd.

Aannames

Omdat palletjes variëren tussen 7 en 8,4 mm wordt de vereiste veerweg als volgt bepaald: veerweg $s = 0,4$ tot $1,4$ mm (de gleuf is met veertje $6,6$ mm)

Lengte $l = 12$ mm

Breedte $b = 2$ mm

$F = 60$ N

Berekening

Veerweg:

$$s < q_1 \cdot l^3 / (b \cdot h^3) \cdot (F/E)$$

Met deze formule kan de vereiste dikte h van de bladveer worden bepaald, als de veerweg s wordt gesteld op $0.4 < s < 1.4$ mm. Er wordt aangenomen dat een kracht van 60 N redelijk is om de veer in te drukken. Verder wordt de lengte van de veer op $l = 12$ mm gezet. De breedte is gelijk aan de dikte van de basis van de staalplaat, dus $b = 2$ mm.

$$4 \cdot (12^3 / b \cdot 2^3) \cdot (60/200 \cdot 10^9) = 0.4$$

$$(864/b) \cdot (3 \cdot 10^{-10}) = 0.4$$

$$(2.592 \cdot 10^{-7}) / b = 0.4$$

$$b = 6.48 \cdot 10^{-7} \approx 0.65 \text{ mm}$$

Indien s wordt gesteld op 1.4 mm dan $b = 1.85 \cdot 10^{-7} \approx 0.19$ mm

Conclusie

Omdat ik wil dat ook de grootste pal van meer dan 8 mm door de gleuf past, moet de veer ongeveer 0.6 mm dik zijn: dan is de veerweg ongeveer 1.4 mm.

Op basis van deze handberekeningen wordt het SolidWorks model gemaakt, vervolgens wordt in SolidWorks Simulation nog eens een simulatie uitgevoerd van het gedrag van de veer.

5. ANALYSE GEOMETRIE MET SOLIDWORKS SIMULATION

Hypothese:

De bruggetjes gaan eerder stuk door verkeerd gebruik dan door de variatie in diameters van de palletjes.

Wat moet worden bepaald:

- Vervorming van de bruggetjes als verschillende palletjes erdoor worden gedrukt
- Vervorming van de bruggetjes als een clip scheeft wordt doorgedrukt

Naast deze punten die specifiek ingaan op de geometrie van de bruggetjes, moet uiteindelijk voor het nieuwe model van de hele clip worden bepaald of deze ook het gewicht aankan.

Materiaaleigenschappen

Het huidige kunststof omhulsel is gemaakt van Nylon (PA type 6)

De eigenschappen zijn:

E-modulus = 2.620 MPa

Rek sterkte = 104 MPa

Stappenplan:

1. Bepaal hoeveel kracht het kost om de bruggetjes uit elkaar te drukken, zodanig dat palletjes van tussen de 7 en 8 mm. erdoor kunnen.
 - Versmalling = 6.6 mm
 - Indien pal van 8 mm. moeten beide bruggetjes samen 1.4 mm verplaatsen. Indien pal van 7 mm. moeten bruggetjes samen 0.4 mm verplaatsen.
2. Gebruik dit bereik aan krachten om te bepalen of de bruggetjes vervormen als de clip op een verkeerde manier wordt doorgedrukt of losgerukt.

Input parameters

Afmetingen

Materiaal

Fixtures

Krachten

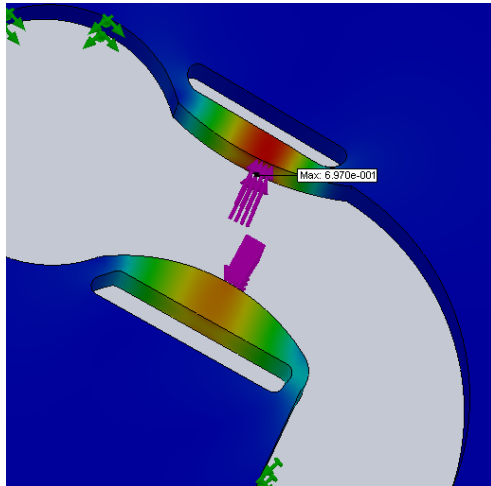
Output parameters

Factor of Safety

Verplaatsing

Resultaten

Stap 1



Figuur 1: Correct gebruik. Bij het doordrukken van de clip komt een kracht aan de binnenkant van beide bruggetjes. Hier wordt de verplaatsing getoond.

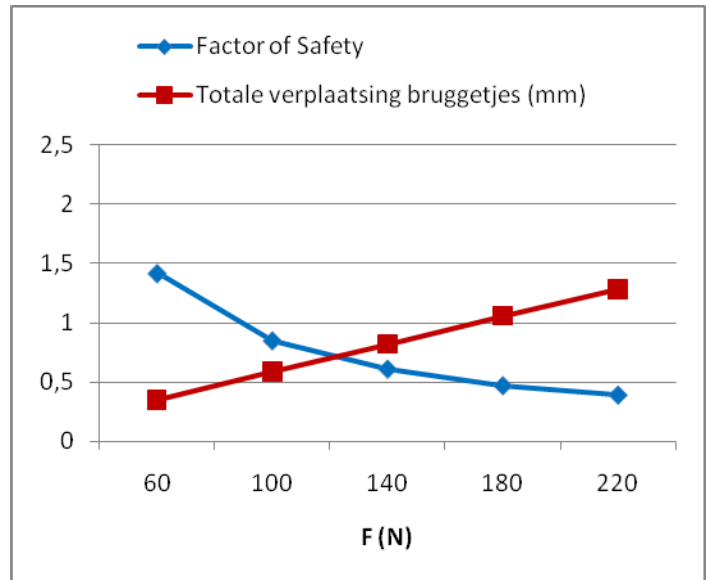


Diagram 1: Verplaatsing en FOS bij verschillende krachten op het brede vlak van de bruggetjes (zie figuur 1)

Tabel 1: Meetresultaten

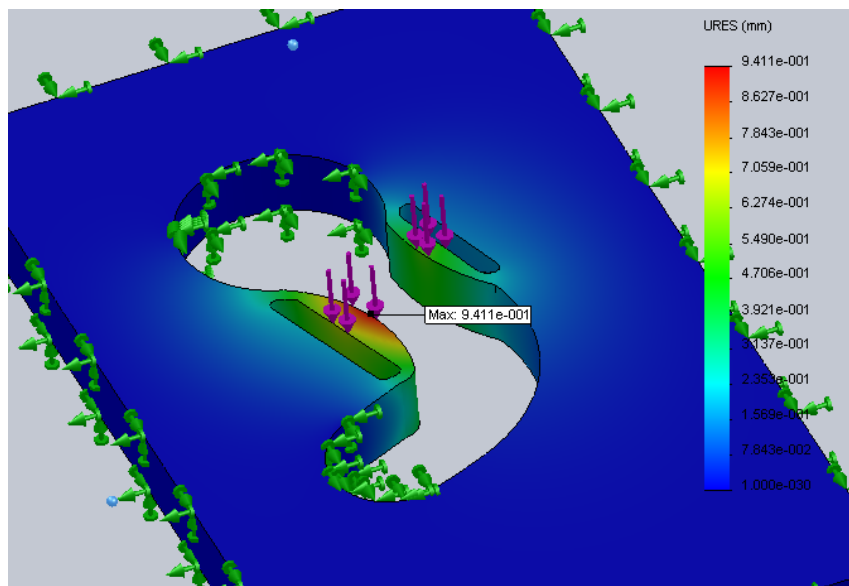
<i>Kracht per brug</i>	<i>Verplaatsing bruggetjes (mm)</i>	<i>Factor of Safety Minimum</i>	<i>Dikte van pal die er door past (mm)</i>
220 N	1.28	0.39	7.9
180 N	1.06	0.47	7.6
140 N	0.82	0.61	7.4
100 N	0.59	0.85	7.2
60 N	0.35	1.42	6.9

Rond de buitenranden en een deel van de binnenranden van de clip (de delen die dicht bij de basis van plaatstaal liggen) zijn fixtures aangebracht. De krachten zijn op het midden van de bruggetjes gezet. Er is vooral gekeken naar de verplaatsing (om erachter te komen hoeveel kracht er nodig is voordat een bepaalde diameter door de versmalling kan) en de Factor of Safety, die aangeeft of de spanning boven de rekgrens van het materiaal uitkomt.

Zoals te zien in de tabel, levert een palletje van 7 mm. een kracht van 60 N op elk bruggetje. Dit is ongeveer het formaat van de United care clips. Omdat de FOS nog boven 1.0 ligt, levert dit geen risico op.

Echter blijkt uit de resultaten dat de krachten die bij grotere palletjes ontstaan, al snel groter worden en een groter risico op slijtage leveren (de FOS heeft een waarde lager dan 1.0). De diameter-dikte is dus van grote invloed.

Stap 2



Figuur II: Situatie bij incorrect gebruik, kracht op het smalle zijvlak van het bruggetje. Hier wordt de verplaatsing getoond. Ook zijn fixtures te zien.

<i>Kracht (per brug)</i>	<i>Maximum verplaatsing (per brug)</i>	<i>Minimum FOS</i>
60 N	0.26 mm	2.34
100 N	0.43 mm	1.40
140 N	0.60 mm	1.00
180 N	0.77 mm	0.78
220 N	0.94 mm	0.64

Tabel 2

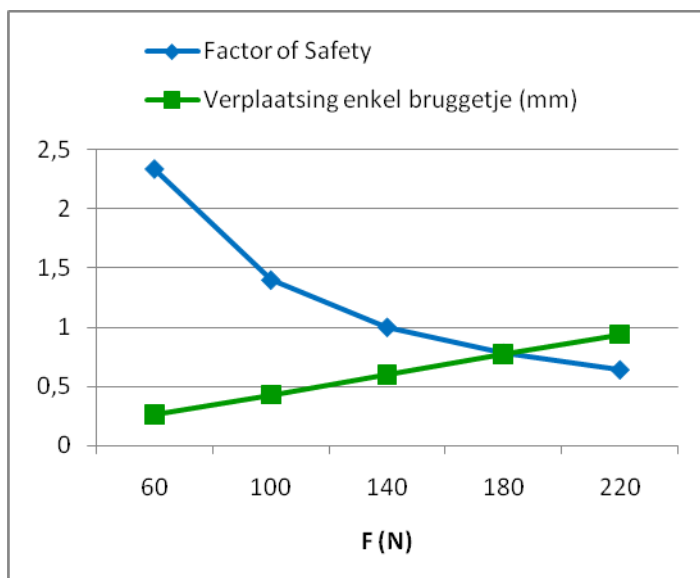


Diagram 2: Verplaatsing en FOS bij verschillende krachten op het smalle vlak van een bruggetje (zie figuur 2)

De kracht heeft hier een minder negatief effect op de FOS dan bij correct gebruik. De spanning neemt in mindere mate toe bij het vergroten van de kracht.

Conclusie

De bruggetjes gaan niet kapot door verkeerd gebruik, maar door de variatie in diameters van de palletjes die op de markt zijn. Daardoor slijten ze te snel. Het is dus onverstandig de bruggetjes te behouden zoals ze nu zijn. Er moet een ontwerp worden gemaakt dat ervoor zorgt dat ook de grotere palletjes er door kunnen zonder dat dit een risico oplevert. De FOS mag zeker niet onder de waarde 1.0 komen.

De hypothese dat de bruggetjes eerder stuk gaan door verkeerd gebruik dan door de variatie in diameters van de palletjes, moet worden verworpen.