

Veldtandartsstoel voor productie in ontwikkelingslanden



Afstudeerverslag door
Falk Prins & Kevin Blok

Mediatheek HvU



0300 526 4857

Hogeschool
van Utrecht





Veldtandartsstoel voor productie in ontwikkelingslanden

Dit verslag is geschreven in opdracht van de Hogeschool van Utrecht voor de stichting DHIN.
En uitgewerkt door studenten van de opleidingen PD&E en FMT van de faculteit I3 van de
Hogeschool van Utrecht.

Bedrijfsbegeleiders: Ir. W. Poelman
Drs. Ing. W. Gundlach
Afstudeerdocent: Ir J. Gerritsen
Studenten: Kevin Blok
Falk Prins

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerverslag van Falk Prins en Kevin Blok. Dit verslag dient als afsluiting van de opleiding. De afstudeeropdracht is uitgevoerd op de Faculteit Natuur en Techniek in het stagelokaal van de afdeling Product Design & Engineering, in de periode februari tot juni 2004.

Omdat de Hogeschool van Utrecht, de faculteit natuur en techniek, als doelstelling heeft meer aandacht te geven aan sociaal-maatschappelijk verantwoorde projecten, hebben wij de kans gekregen om deze opdracht voor de stichting DHIN op school uit te werken.

De afdeling Product Design & Engineering is 3 jaar geleden van start gegaan en is sinds die tijd sterk aan het groeien. Omdat deze studie nog niet echt heeft samengewerkt met de andere studies op de faculteit is er met dit project een brug geslagen tussen de studies Fijnmechanische Techniek en Product Design & Engineering.

Om deze opdracht mogelijk te maken wilden wij nog een aantal mensen bedanken. Allereerst de opdrachtgever/begeleider van de stichting DHIN drs W.B. Gundlach, projectleider ir. J. Gerritsen, begeleider ir. W. Poelman en de mensen die ons verder hebben geholpen dit project tot dusver te laten slagen.

Samenvatting

In dit verslag wordt het ontwerpproces van een veldtandartsstoel voor die stichting DHIN uiteengezet. De productie van de stoel vindt vanwege kostenbesparing plaats in Oeganda. Zij nemen de stoel mee met de projecten om de tandheelkundige gezondheidszorg in ontwikkelingslanden te verbeteren.

De reden van het project is, dat de stichting DHIN moeite heeft met het verkrijgen van goede goedkope veldtandartsstoelen.

Achtereenvolgens worden de stappen die tijdens het project zijn doorlopen besproken. De stappen die doorlopen zijn; de oriëntatiefase, de analyse, de synthese en de materialisatie.

In de oriëntatie is er onderzoek gepleegd naar het probleem. Er zijn gesprekken gehouden met mensen die veel te maken hebben met ontwikkelingswerk en techniek. Ook is er gekeken wat de haalbaarheid is van het gebruik van composieten met natuurlijke vezels in een land als Oeganda.

In de analyse wordt het probleem gedefinieerd middels; Productfunctie Analyse, procesboom, collage en Quality Function Deployment, dit alles heeft geleid tot een pakket van eisen. Het pakket van eisen geeft vervolgens de richtlijnen, waar het uiteindelijke ontwerp aan moet voldoen.

Tijdens de synthese worden er verschillende deeloplossingen van de gestelde problemen uiteengezet in een morfologische matrix. De morfologische matrix is vervolgens als hulpmiddel gebruikt om tot drie concepten te komen. Aan het einde van deze fase is het beste concept uitgekozen en is verder uitgewerkt in de materialisatiefase.

In de materialisatiefase worden de details uitgewerkt van het verkregen model. De materiaalkeuze wordt ook hier bepaald. De keuze van het materiaal is in dit project zeer beperkt vanwege het feit dat het in Oeganda geproduceerd moet worden met de middelen die zij daar hebben. Na aanleiding van de materiaalkeuze en tekeningen in Solid Works, zijn de berekeningen uitgevoerd.

Uiteindelijk is er een werkend prototype gemaakt. Bij het maken van het prototype is er geprobeerd om de situatie van Oeganda qua productiemiddelen en materialen na te bootsen. Aan de hand van het prototype, is de veldstoel getest en is er gekeken of de veldstoel de eigenschappen heeft die de stoel nodig acht. Vervolgens zijn deze aanpassingen in het uiteindelijke model verwerkt.

Inhoudsopgave

1 Inleiding

1.1	Aanleiding	1
1.2	Probleemstelling	1
1.3	Doelstelling	2
1.4	Plan van aanpak	3
1.5	Planning	4

2 Oriëntatiefase

2.1	Inleiding	5
2.2	Literatuuronderzoek	5
2.3	Gebruikersonderzoek	5
2.3.1	Gesprekken met de heer Gundlach	5
2.3.2	Gesprekken met de heer Koelewijn	6
2.3.3	Gesprekken met ontwikkelingswerkers	8
2.4	Composieten	8
2.4.1	Bezoek Ceemo	8
2.4.2	Mensen die gecontacteerd zijn	10
2.4.3	Conclusie	11
2.5	Marktonderzoek	12

3 Analyse

3.1	Inleiding	13
3.2	Probleemstelling	13
3.3	Gebruiksanalyse	13
3.3.1	Product Functie Analyse	14
3.3.2	Procesboom	18
3.4	Collage	19
3.5	Pakket van eisen	20
3.6	Quality Function Deployment	24
3.6.1	House of Quality	25
3.6.2	Uitleg genormaliseerde belangrijkheid	26
3.6.3	Conclusie	27

4 Synthese

4.1	Inleiding	28
4.2	Ergonomie	28
4.3	Uitwerking van houten scharnieren.	32
4.4	Morfologische matrix	34
4.5	Conceptevaluatie	35
	concept 1	35
	concept 2	36
	concept 3	37
4.6	Uiteindelijke keuze	38
4.7	Niet uitgewerkte principes	39

5 Materialisatie	
5.1 Inleiding	40
5.2 Materiaalkeuze	40
5.3 Tussenevaluatie	41
5.4 Nieuwe concept	43
5.5 Productieproces	46
5.5.1 Inleiding	46
5.5.2 Lijst van benodigde gereedschappen	46
5.5.3 Lijst van inkoopproducten	46
5.5.4 Beschrijving productieproces	47
5.6 Het kantelmoment	50
5.6.1 Het bepalen van de krachten	50
5.6.2 Massa van de stoel	51
5.6.3 Het bepalen van momentarmen	52
5.6.4 Mauwkeurigheid	55
5.6.5 Conclusie	55
6 Conclusie en aanbevelingen	56
 BIJLAGE	
1 Onderdelenspecificatie van de A-dec stoel	58
2 Foto's compacte stoelen	62
3 Foto's oude stoelen	63
4 Foto's nieuwe stoelen	64
5 Werktekeningen eerste uitgewerkte concept	65
6 Werktekeningen uiteindelijke concept	71

1.1 Aanleiding

De opdracht is binnengekomen via dhr. Gundlach van de stichting DHIN (Dental Health International Nederland). Zij proberen de tandheelkundige gezondheidszorg in ontwikkelingslanden te verbeteren. DHIN helpt door het sturen van apparatuur, instrumenten, materialen en het financieren van projecten.

De stichting bestaat uit vrijwilligers, waarvan de meeste vroeger in de tandheelkunde werkzaam zijn geweest. De stichting is gevestigd in een bedrijvencomplex in Soestduinen, waar zij allerlei gedoneerde bruikbare apparatuur en verbruiksmaterialen opslaan, die later gebruikt worden voor projecten.

Spullen die worden opgeslagen zijn: afgedankte tandartsstoelen en units, boortjes, extractietangen, behandelmaterialen, rubber handschoenen, kortom alles wat met tandheelkunde te maken heeft.

Ook gaan enkele vrijwilligers regelmatig naar "ontwikkelingslanden" toe en helpen daar dan de mensen met tandheelkundige hulp.

De aanleiding van dit project was, dat de stichting DHIN problemen heeft met het verkrijgen van goede betaalbare veldtandartsstoelen. In het verleden is er gewerkt met stoelen die gedoneerd waren door de Militaire Dienst.

Momenteel wordt er met een tuinstoel voor ouderen gewerkt. Het probleem van deze stoel is dat ze niet echt duurzaam is en dat ze niet is te verstellen in de verstelmogelijkheden die een tandarts nodig acht.

De heer Gundlach heeft vroeger les gegeven aan de Hogere Technische School in Hilversum. Hij heeft contacten met de heer C. Koelewijn, die missionaris is in Oeganda, deze heeft daar een kinderdorp opgezet. De heer Gundlach is met het idee gekomen om met de middelen en materialen die ze daar hebben een veldtandartsstoel te maken en dit uit te laten werken door studenten. De reden om dit in Oeganda te doen is kennis over te dragen, werkgelegenheid te creëren en de prijs van de stoel laag te houden. Ook kan er gekeken worden of het mogelijk is om hier nieuwe technieken neer te zetten.

1.2 Probleemstelling

Het probleem met de huidige stoelen die gebruikt worden voor de projecten van de stichting DHIN kan als volgt gedefinieerd worden.

- De stoel is niet duurzaam, omdat de stoel niet voor dit werk geschikt is. Ook voldoen deze stoelen niet aan de ergonomische wensen van de tandarts. Een voorbeeld hiervan is de tuinstoel voor ouderen.
- De aanschaf van een goede duurzame/ergonomische stoel is in prijs weer erg duur. Een voorbeeld hiervan is de A-dec veldstoel die €2500,- kost.

De vraagstelling van dit project luidt: aan welke eisen moet een veldtandartsstoel voldoen om de gebruiker in dit geval vooral de tandarts tevreden te stellen? Uiteindelijk moeten deze eisen worden geïmplementeerd in het ontwerp die gemaakt gaat worden voor de leerlingen van het kinderdorp van de heer Koelewijn in Oeganda.

1.3 Doelstelling

De primaire doelstelling van dit project is om te bewerkstelligen dat de studenten; Falk Prins, richting FMT en Kevin Blok, richting PD&E voldoende kennis en vaardigheid hebben verkregen om zelfstandig een project te doorlopen en dit tot een goed einde te kunnen brengen.

De doelstelling met betrekking tot het project, kan opgedeeld worden in twee verschillende doelstellingen.

1. Een financiële doelstelling, namelijk het project wordt door studenten uitgevoerd die relatief erg goedkoop zijn. Ook het feit dat de stoel in Oeganda geproduceerd gaat worden zorgt ervoor dat de stoel goedkoop blijft.
2. Het sociale oogpunt. Het doel hiervan is om werkgelegenheid in Oeganda te creëren en kennis over te brengen. De Faculteit Natuur en Techniek van de Hogeschool van Utrecht, heeft zelf ook als doelstelling meer aan sociale projecten te gaan werken. Vandaar dat ze deze opdracht hebben willen aannemen en uit te laten werken als afstudeerproject.

1.4 Plan van aanpak

Voor het ontwerpen moet er een plan van aanpak komen. Hierin wordt de strategie besproken, die tijdens dit project gevolgd zal worden.

De strategie die gebruikt gaat worden, is degene die wordt aangeleerd tijdens de studie Product Design & engineering.

Oriëntatie:

In het begin wordt er gekeken wat er verwacht wordt. Dit wordt gedaan d.m.v. het lezen van andere verslagen, literatuur en het hanteren van standaard richtlijnen. Als hier vervolgens een goed inzicht in is verkregen, wordt er een opzet gemaakt voor het verslag. Terwijl er verdiept wordt over hoe het verslag in elkaar moet zitten, wordt er ook informatie ingewonnen over het onderwerp. Zo kan het onderwerp rustig inwerken en wordt er een goed beeld gevormd van het onderwerp. Dit alles gebeurt door gesprekken te voeren met de heer Gerritsen en contact op te nemen met de heer Gundlach. Hiermee is de oriëntatiefase begonnen.

Vervolgens wordt er verder gegaan met deze fase en zal er voldoende informatie ingewonnen worden en kan er langzamerhand worden voorbereidt op de volgende fase. De informatie wordt verkregen via de eerder genoemde wegen, maar ook d.m.v. literatuuronderzoek, contact met bedrijven en het in elkaar zetten en onderzoeken van de bestaande stoel.

Analyse:

De volgende fase, wordt de fase waarin de resultaten uit de oriëntatie geanalyseerd worden, de analyse(fase) genaamd. Er worden criteria opgesteld, waaraan de oplossing van deze veldtandartsstoel moet voldoen. Deze criteria kunnen worden vastgesteld doormiddel van; probleemanalyse, gebruiksanalyse, Quality Function Deployment enz en uiteindelijk moet deze fase eindigen in het Programma van Eisen (PvE).

Bij het bedenken van de Eisen & Wensen wordt het vertrekpunt gevormd voor de conceptfase, deze fase wordt ook wel de synthese genoemd.

Synthese:

In de synthesefase, worden de oplossingen gegenereerd en zal er in grote lijnen bepaald worden hoe het uiteindelijke ontwerp eruit komt te zien. Er worden concepten bedacht en deze worden ondersteund door te kijken en gebruik te maken van o.a. ergonomie, morfologische matrix, ideeschetsen enz en uiteindelijk moet dit leiden tot een definitief concept.

Materialisatie:

Als het definitieve concept gekozen wordt zal er worden overgegaan naar de volgende fase, de materialisatiefase. Hier wordt het gekozen concept helemaal uitgewerkt en worden er berekeningen uitgevoerd. Ook moeten de productiemethoden en de materiaalkeuzes van alle onderdelen bepaald worden. Waarbij dit project rekening gehouden moet worden, is dat het in Oeganda gefabriceerd moet worden.

Na de materialisatie wordt er geëvalueerd of de berekeningen en testen goed zijn gegaan. Als hier niets meer op aan te merken is kan de tandartsstoel in productie genomen worden. Dit wordt beslist door degene die hiervoor bevoegd zijn.

Uiteindelijk wordt alle documentatie samengevoegd en wordt er een verslag met tekeningenpakket, een poster en een presentatie gemaakt.

1.5 Planning

week →	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb	1-mrt	8-mrt	15-mrt	22-mrt	29-mrt	5-apr	12-apr	19-apr	26-apr	3-mei	10-mei	17-mei	24-mei	31-mei	7-juni
taken																			
begin																			
opdrachtformulering maken																			
plan van aanpak maken																			
inhoudopgave maken																			
planning maken																			
beginnen met oriënteren																			
oriëntatie																			
literatuuronderzoek																			
gebruikonderzoek																			
marktonderzoek																			
analyse																			
probleemstelling																			
gebruiksanalyse																			
probleemanalyse																			
waardenanalyse																			
concurrentieanalyse																			
collages																			
QFD																			
pakket van Eisen																			
synthese																			
ergonomie																			
morfologische matrix																			
fuikmodel																			
conceptevaluatie																			
keuze																			
materialisatie																			
concept in solid works																			
detaileren																			
materiaalkeuze																			
keuze productiemethoden																			
berekeningen																			
uitwerking																			
verslag																			
poster																			
presentatie																			
model??????																			

2 Oriëntatie

2.1 Inleiding

Het project kan worden onderverdeeld in twee segmenten, die onderzocht moeten worden. Op de eerste plaats, de stoel, om wat voor een stoel gaat het, wat zijn de eisen aan deze stoelen en op de tweede plaats, waar de stoel gemaakt gaat worden.

Het eerste is over het algemeen niet het moeilijkste, er moet hier gekeken worden wie de gebruiker is, wat in dit geval de tandarts is, omdat hij met de stoel continu moet werken. De patiënt speelt hier een minder belangrijke rol, deze zit vaak maar even in de stoel en is allang blij dat er iets aan zijn gebit gedaan kan worden. Er wordt natuurlijk wel rekening gehouden met de patiënt maar dit mag meer op de achtergrond komen te liggen.

In het kader van de oriëntatiefase zijn er de volgende acties uitgevoerd; een literatuuronderzoek, PFA, gebruikersonderzoek en een marktonderzoek uitgevoerd.

2.2 Literatuuronderzoek

Bij het literatuuronderzoek is er op Internet naar de huidige veldtandartsstoelen en vergelijkbare producten. Er is een bezoek gebracht aan de stichting DHIN die hebben laten zien welke veldstoelen zij nu gebruiken en welke zij in het verleden hebben gebruikt. Op het moment gebruiken zij, zoals al eerder genoemd een tuinstoel voor ouderen en in het verleden gedoneerde veldstoelen uit Militaire Dienst.

2.3 Gebruikersonderzoek

Bij het gebruikersonderzoek is er gekeken naar de gebruiker van de stoel in dit geval de tandarts en degene die de stoel maakt. Alle kennis die hier is vergaard wordt verder in het verslag gebruikt, vooral voor de ergonomie is het belangrijk dat er een gebruikersonderzoek is uitgevoerd. Aan de hand van het gebruikersonderzoek kan er eenvoudiger een Product Functie Analyse worden opgemaakt.

2.3.1 Gesprek met de heer Gundlach

Voor het gebruikersonderzoek zijn er gesprekken gevoerd met de heer Gundlach. Hij heeft verteld hoe er met de stoel gewerkt gaat worden. Uit het onderzoek is gebleken dat de stoel in minimaal drie posities moet kunnen staan. Deze posities worden bij de ergonomie besproken.

Uit het gesprek kwam ook naar voren hoe er met de stoel meestal gewerkt wordt. Vaak is het bij de tandheelkundige projecten erg druk, zodat de mensen in een rij staan om geholpen te worden. De tandarts heeft in deze situaties vaak geen tijd om de stoel te verstellen op de hoogte die hij/zij graag zou willen hebben.

De stoel wordt vaak op een hoogte gezet die de arts prettig vindt, in het hoofdstuk over de ergonomie wordt hier nog dieper op ingegaan.

Er kan op twee manieren achter de stoel gewerkt worden. De eerste is zittend, dit gebeurt vaak in een kliniek.

De andere manier is staand, dit is de situatie die veelal voorkomt als de projecten uitgevoerd worden in de dorpen. In de collage (hoofdstuk 3.4) is een beeld van een dergelijke situatie weergegeven. Men moet zich dan voorstellen dat de mensen in een lange rij staan te wachten om geholpen te worden aan hun gebit.

Omdat meestal ruim 90 procent van al het werk uit extractie van kiezen en tanden bestaat, moet er gezorgd worden dat de tandarts genoeg kracht kan geven in een zodanige positie die hem/haar geen blessures opleveren.

De tandarts staat zoals in de tekeningen is weergegeven achter of voor naast de patiënt en gebruikt hier zelden de zitpositie.

Belangrijk hierbij is dat bij het zitten van de patiënt het kauwvlak van de onderkaak horizontaal is. Bij de lig-positie moet het kauwvlak van de bovenkaak verticaal zijn.

Het vervoer van de stoel:

De stoel zal in opgevouwen toestand door de tandarts worden meegenomen. De tandarts zal zo veel mogelijk met het openbaar vervoer reizen. Tijdens dit vervoer zal de stoel veel met stof in aanraking komen. In de bus zal de stoel in opgevouwen toestand worden neergelegd. Door het slechte wegdek zal de stoel veel aan stotende belastingen worden blootgesteld. Na het vervoer met de bus zal de tandarts de stoel meestal nog een eind moeten dragen al voor hij op de plaats van bestemming is. De tandarts zal meestal niet alleen reizen. Er zal voornamelijk in een groep van een man of vijf worden gereisd.

2.3.2 Gesprekken met de heer Koelewijn (missionaris Oeganda)

De heer Koelewijn is de missionaris in Oeganda. Hij heeft hier een kinderdorp opgezet voor wezen. Omdat ongeveer 10% van alle mensen in Oeganda wees zijn, is de heer Koelewijn sinds 1990 het "children's welfare mission" begonnen. De beste manier om deze wezen te helpen is door ze educatie te geven. Om deze educatie te geven is er een school gebouwd waar vrijwilligers lesgeven. De hele missie bestaat uit; een basisschool, een middelbare school, een gezondheidscentrum en een kerk. De missie wordt gefinancierd door giften en wordt door vrijwilligers onderhouden. Voor meer informatie over het dorp en de missie kan er doorverwezen worden naar de volgende site <http://www.cwm-uganda.org/index.html>. Op deze site wordt het ook duidelijk in welke situatie de stoel gemaakt gaat worden.

Het contact met de heer Koelewijn heeft m.b.v. e-mail plaatsgevonden. Over het algemeen werkte dit goed. Normaal gesproken als er een vraag gesteld werd was er binnen twee dagen een antwoord. Tijdens het project heeft hij een inslag van bliksem gehad en heeft daarom 6 weken geen contact met ons kunnen hebben. Door dit voorval waren wij een bepaalde weg ingeslagen en dachten dat er veel meer mogelijk was dan uiteindelijk het geval bleek.

Met de mailings die met de heer Koelewijn zijn gevoerd is er geïnventariseerd wat er mogelijk is, welke materialen er zijn en welke productietechnieken er voor handen zijn. Deze inventarisatie is gerangschikt en opgenomen in de volgende lijst.

nr	omschrijving	verbinden	centeren	boren	tappen	inkorten	afbramen	vlakken	ger.slijpen	vervormen
1	banksroef									
2	handzagen					x				
3	handboor		x	x	x					
4	kolomboor		x	x	x					
5	buisen buigen									x
6	felsen	x								
7	schuurband						x			
8	solderen	x								
9	hardsolderen	x								
10	autogeën	x								
11	flamboog 150A	x				x				
12	slijptol					x	x			
13	slijpsteen						x		x	
14	slijpbank							x		
15	draaien		x	x	x	x				
16	(zetbank)									x
17	(kantbank)									x
nr	materialen	omschrijving	afmeting	prijs	opmerkingen					
1	hout	muivule (HH)								
2		Mahoni	12"x1"x4m	€ 20						
			12"x2"x4m	€ 15						
3		multiplex								
4	mild steel									
5	buis	20x1,2								
6		25x1,5								
7		30x2,0								
8		40x2,5								
9	RVS									
10	kanvas									
11	poyster	(meschien)								
	Lak en verf		4ltr blik	€ 10						
	Goede meny		4ltr blik	€ 20						
	Bouten	40 - 100st.	M8 x 40	€0.50	(inc moer en ring)					

fig 1.Lijst met beschikbare materialen en bewerkingstechnieken.

Deze lijst geeft een duidelijk overzicht van wat er mogelijk is en welke materialen er uiteindelijk gebruikt moeten gaan worden.

2.3.3 Gesprekken met ontwikkelingswerkers

Voor de fabricage is er ook een gebruikersonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek bestaat voornamelijk uit, gesprekken en mailings die gevoerd zijn met ontwikkelingswerkers.

De conclusie die getrokken kan worden aan de hand van deze gesprekken met de desbetreffende personen is; dat er in die landen praktisch niets mogelijk is met het neerzetten van nieuwe technieken. In het hoofdstuk composieten wordt hier nog verder op ingegaan. Het beste is om gebruik te maken van de middelen en materialen die zij daar hebben. Ook het importeren van materialen en machines wordt sterk afgeraden. Voor grotere projecten zou importeren nog wel een optie zijn, maar voor projecten zoals deze waar een afname van ± 30 stoelen per jaar gevraagd wordt is dit niet interessant. Bij het importeren van spullen is het nog maar de vraag of het op de plaats van bestemming komt. Spullen worden binnen de kortste keren gestolen.

Voor het project leek het een mooi doel om te kijken of het mogelijk was om nieuwe technieken in het kinderdorp neer te zetten. Er is toen gekeken naar de haalbaarheid van composieten in een derdewereldland.

2.4 Composieten

Het gebruik van composieten heeft veel voordelen. Het product dat uit composieten gemaakt wordt, wordt snel heel licht en behaalt een hoge sterkte. Het is echter ook mogelijk om natuurlijke vezels voor dit procédé te gebruiken.

Voor het project met de tandartsstoel zou het een mooie toepassing en tevens uitdaging zijn, om zo nieuwe technieken in Oeganda neer te zetten. De techniek kan dan worden toegepast voor de zitting en de rugleuning. Voor het onderzoeken van de haalbaarheid van het gebruik van composieten in een land als Oeganda, hebben we een aantal mensen gecontacteerd. Ook zijn we bij Ceemo engineering & design en bij de TU-delft geweest.

2.4.1 Bezoek Ceemo

Polyester harsen zijn waarschijnlijk het goedkoopst en het makkelijkst te verwerken.

Van alle composieten zijn de polyester harsen en de glasvezels het goedkoopst en het makkelijkst te verwerken. Bij polyester is het systeem heel simpel. De matrix wordt gemengd en de hoeveelheid harder die daarbij wordt toegevoegd zorgt (bij een goede vermenging) voor de tijd die nodig is voor het uitharden. Bij veel composieten is het belangrijk de verhouding goed af te meten. Als dit niet gebeurt zal een deel van het materiaal niet uitharden.

Dit hars wordt met de 'hand lay-up' methoden aangebracht op de vezels (meestal glasvezel). Dit hars heeft een lage viscositeit en moet goed in de vezels doordringen. Hiervoor worden vaak kwasten en rollers gebruikt.

Er moet rekening gehouden worden met osmose.

Hierbij zwelt het materiaal op doordat er water in de vezels is getrokken. Dit gebeurt veel bij glasvezel versterkte composieten en is afhankelijk van de composiet. Als dit voorkomt moet gekeken worden naar de oorzaak, is het de gel coat of een beschadiging. In het geval val een beschadiging kan men de plek opschuren en opnieuw behandelen met een composiet of een gel coat. Als de gel coat slecht is aangebracht en osmose is daardoor in het materiaal gekomen, zal men de gehele gel coat moeten verwijderen om een nieuwe aan te brengen.

Plaiwood en balsahout zijn perfect te bewerken om vervolgens te omkapselen met vezel versterkte composieten.

Plaiwood balsahout en dergelijke houtsoorten die makkelijk te bewerken zijn kunnen makkelijk gebruikt worden om een product of een mal (de vorm om mal te maken) vorm te geven. Als men van deze houtsoorten een product maakt zijn composieten geschikt om sterkte en de levensduur te bevorderen. In dit geval zal men het hout omkapselen.

Als men een mal van deze houtsoorten maakt moet er rekening gehouden worden met de lossing van de mal en zullen er nog enige nabewerkingen aan de mal gedaan moeten worden. De mal kan gewoon 1:1 in positief vorm gemaakt worden en moet nabewerkt worden om een goed glad oppervlak te krijgen. Dit kan gemakkelijk met een plamuur en een gel coat.

Aluminium poeder wordt gebruikt om mallen gemaakt van composieten mee te versterken.

Materiaalkunde boek van Pallada H4 & 5 zal een hoop over composieten in staan.

Het vervaardigen van een mal

- 1 Men maakt van een stuk schuim een model (1:1) van het uiteindelijke product. En werkt deze af met standaard autoplamuur en schuurt het model met fijn schuurpapier heel glad op.
- 2 Hierna maakt men een deel naad voor de mal. Dit is te doen met een stuk polyester plaat of iets anders dat hard en vorm vast is. Deze rand wordt op het model geplaatst en de randen worden met een modelleerlei afgewerkt tot deze zo strak als het model zijn.
- 3 Nu kan men kiezen op welke manier er een mal gemaakt wordt. De keuze is afhankelijk van de vorm en de afmetingen van het product.
 - a. Bij een groot product is het makkelijker om een mal van vezelversterkte composieten te maken. Eerst wordt er een 'gel coat' aangebracht om een harde en gladde toplaag te krijgen. Hier bij word aangeraden om meer stevigheid te krijgen door meerdere lagen toe te passen. Waardij glasvezel en koolstof vezels worden afgewisseld. De koolstofvezels worden toegepast omdat deze zo goed als geen rek en warmte-uitzetting hebben.

- b. Voor kleinere producten wordt een mal gemaakt van een composiet. Om een zijden van de mal wordt met polyester plaat een boks gemaakt. Deze boks wordt weer ingesmeerd met lossings middel. Dan wordt er een 'gel coat' aangebracht om een harde en gladde toplaag te krijgen. Na het aanbrengen van de 'gel coat' kan men de rest van de mal afgieten met een composiet, dan is een zijde van de mal gereed.

Als de eerste zijde van de mal gereed is kan de andere zijde gemaakt worden. Hierbij laat men het model en de ene zijden van de mal aan elkaar zitten. Als eerste verwijdert men de platen die de deelnaad maken. In deze zijden van de mal moeten centreer garen gemaakt worden. Dit is makkelijk te doen door minimaal twee ondiepe gaten met een diameter van ± 8 millimeter te boren (4 is beter voor slijtage en beschadiging). Nu word er weer een boks om het model gemaakt en het geheel word weer ingesmeerd met een lossingmiddel. Er word weer een 'gel coat' aangebracht en de mal word afgevuld met een composiet.

2.4.2 Mensen die gecontacteerd zijn

1. Adriaan Beuker (contact via dhr. v/d Zwaag)

Het land Oeganda leent zit erg goed voor natuurlijke vezels. In de natuur groeien de lichte materialen, zachte en harde houtsoorten en natuurlijke vezels. De mensen zijn erg ambachtelijk en kunnen deze materialen gemakkelijk omzetten in een functionele opklapbare stoel. Hij adviseerde ons om te kijken bij musea, bibliotheken om te kijken hoe zij materialen omzetten tot gebruiksvoorwerpen. Hij vond dus dat we niet per se met composieten moeten gaan werken.

2. Rik Brouwer (TU Delft)

Het land Oeganda ligt tussen Kenia en Tanzania. Deze twee landen zijn de twee belangrijkste leveranciers van Sisal.

Na het onderzoeken op internet is gebleken dat ook Oeganda veel Sisal produceert. Van sisal worden o.a. de volgende producten gemaakt zie fig.2 en 3.

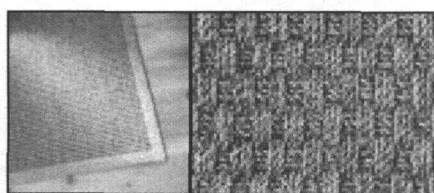


fig 2. sisalmatten

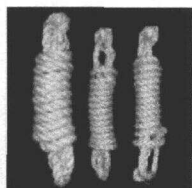


fig 3. touw

Het is een touw wat dus goed te weven is. Zodoende zouden er matten van sisal geweven kunnen worden. Deze matten worden vervolgens weer geïmpregneerd met het hars. De structuur is hetzelfde als jute.

Rik Brouwer zei dat het wel haalbaar is om composieten te gebruiken in Oeganda. Hij gaf zelf een voorbeeld van een project in Guatemala waar zij natuurlijke vezels hebben gebuikt. Om composieten te gebruiken alleen voor een zitting en een rugleuning en het aantal van 30 stoelen per jaar vond hij een beetje overdreven. Als vergelijking had hij een plaat van staal, plaat aluminium, een plaat composiet materiaal en een houten plaat. Het gewicht en het oppervlak van de platen waren hetzelfde, alleen dikte was verschilde. Staal kwam er verreweg het slechtste vanaf en hout als beste. De plaat hout kon met hetzelfde gewicht stukken dikker gemaakt worden, waardoor de buitenste vezelafstand groter wordt en de (I tot de derde macht) enorm toe neemt. De vergelijking is natuurlijk niet helemaal reëel, omdat het staal nog versterkt kan worden. Het geeft wel aan dat hout een sterk materiaal is wat tevens eenvoudig te bewerken is.

Er moet ook rekening worden gehouden dat er afzuiging nodig is om met de harsen te werken. Er zijn harsen die minder schadelijk zijn maar die zijn moeilijker te verkrijgen.

3. Reinder van Tijen

Bij composiet krijg ik aan de ene kant de horror van alles wat goed bedoeld wordt aangeslingerd en aan de andere (praktijk) kant de mist in gaat. Alles wat geïmporteerd wordt en daarbij geen lokale basis heeft (een auto heeft dat inmiddels wel!) gaat de mist in." Hij wil hiermee zeggen dat de mensen met nieuwe technieken niet overweg kunnen. Polyester zal wel lukken, maar hout is beter, lichter, beter te produceren etc. Ook moet je rekening houden dat je met mensen bezig bent en dat je doel is om ze te helpen en niet dat je zo graag een nieuwe techniek wilt neerzetten. Belangrijk is ook dat je de mensen niet moet blootstellen aan giftige gassen die vrijkomen bij dergelijke processen. Zij kennen geen veiligheid of Arbo-wet en ze zullen hier ook geen rekening mee houden.

4. Maarten Bottelier

"Hoewel jullie dat misschien heel teleurstellend vinden is mijn idee over dit soort projecten in Afrika dat je juist moet uitgaan van de materialen en middelen die daar al zijn. De uitdaging zoals ik het zie is om met lokaal verkrijgbare middelen een zo functioneel mogelijk product te maken voor een zo laag mogelijke prijs."

Zelf heeft hij een keer een project gedaan met een zonneboiler van composiet materiaal in een derde wereldland. Uiteindelijk heeft hij het van plaatselijke materialen gemaakt, omdat de mensen daar, er niet mee kunnen werken. Ook het repareren van dergelijke producten is praktisch onmogelijk. Als je hetgeen wat van composiet materiaal gemaakt zou worden, door hout vervangt, kunnen de mensen het daar erg snel en vakkundig maken.

2.4.3 Conclusie

Omdat er niet veel vergelijkende projecten zijn, die werken met natuurlijke vezels en harsen die plaatselijk worden gewonnen, is het moeilijk om aan informatie te komen. Het is mogelijk om een dergelijk project neer te zetten, alleen wordt het al een doel op zich een zodanige techniek in Oeganda toe te passen.

Ook wordt het door de mensen die veel met vergelijkende projecten werken, zoals de veldtandartsstoel afgeraden. De primaire doelstelling is om een tandartsstoel te vervaardigen die in Oeganda gemaakt moet worden en niet om een nieuwe techniek in Oeganda neer te zetten.

2.5 Marktonderzoek

Bij het marktonderzoek is er voornamelijk gekeken op Internet. Er is gekeken welke veldstoelen er op de markt zijn. Voorbeelden van deze stoelen zijn te zien in de bijlagen. Ook is er gekeken of er misschien verwante projecten zijn. In het project hoeft er niet echt naar concurrerende producten te worden gekeken. Er kan hier meer gesproken worden over vergelijkbare producten/projecten. De stichting DHIN maakt de stoelen voor eigen gebruik en wil en mag hier natuurlijk geen winst op gaan maken. Ethisch is dit natuurlijk ook niet te accepteren, tenzij het geld terecht zou komen ten behoeve van het project in Oeganda.

Over het algemeen valt er veel over dergelijke stoelen te vinden. Deze stoelen zijn vaak erg hightech en dus gemaakt van de sterkste en lichtste materialen. Bij dit project is later gebleken uit de gesprekken met de desbetreffende personen, geen beschikking tot dergelijke materialen. Het project kan zich dus alleen maar beperken tot de beschikbare materialen en machines.

Een voorbeeld van een stoel die gemaakt kan worden met een dergelijk project als deze is te zien in figuur 4.

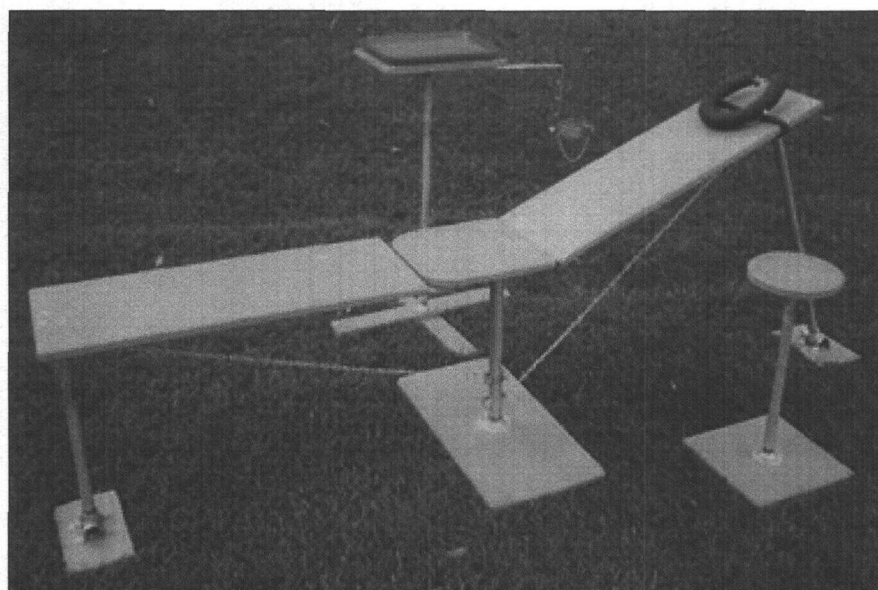


Fig 4. Veldtandartsstoel die eenvoudig gemaakt kan worden in ontwikkelingslanden. (bron: trailside)

De stoel in Figuur 4 is eenvoudig te maken en is een leuk voorbeeld van een stoel die gerelateerd kan worden aan dit project. De kosten van deze stoel zijn 200 euro. Ons doel is om toch wel een meer functionele stoel te ontwikkelen dan deze. Ook moet de stoel stabielere zijn dan deze.

3 Analyse

3.1 Inleiding

In deze fase wordt er gekeken waar we nu precies mee te maken hebben. In een collage moet de situatie duidelijk worden gemaakt van het project en de vergelijkende producten. Er moet een pakket van eisen komen die ondersteund wordt door een Quality Function Deployment.

3.2 Probleemstelling

De probleemstelling kan na de oriëntatiefase als volgt gesteld worden. Er moet een veldtandartsstoel gemaakt worden die aan de eisen van een "normale veldtandartsstoel" voldoet. Als voorbeeld van een "normale veldtandartsstoel" wordt de A-dec stoel gebruikt die de stichting DHIN ter beschikking stelde voor het project. De stoel met zijn functies moet gemaakt worden van materialen die plaatselijk te verkrijgen zijn. De beschikbaarheid van de verschillende materialen is op te vragen bij de heer Koelewijn voor zover deze nog niet ingewonnen waren.

3.3 Gebruiksanalyse

Om vooraf een beeld te krijgen van de problemen die de tandarts tegen kan komen in het gebruik van de veldtandartsstoel is een Product Functie Analyse (PFA) opgezet met hierin opgenomen een mogelijke oplossing voor een dergelijk probleem. Op deze manier wordt er duidelijk wat de problemen zijn en weet de ontwerper waarmee hij allemaal rekening moet houden. Ook denkt hij alvast na over hoe eventuele problemen opgelost kunnen gaan worden.

3.3.1 Product Functie Analyse (PFA)

productfunctieanalyse benaderd vanuit (t) de tandarts				
Gebruikssituatie	Constrains (probleem)	Gevolgen Constrains	Mens Machine systeem,	Functionele oplossingen
t loopt met stoel	stoel is te zwaar	t kan niet ver lopen	proces	andere constructie en materialen toepassen
t loopt met stoel	stoel is te zwaar	lichaam wordt te zwaar belast	proces	ander vormen en draagmogelijkheden toepassen
stoel wordt aan de kant gelegd. B.v. bij wachten op de bus	stoel staat in modder of zand	corrosiegevoeliger	proces, bedieningsmiddelen,	hoes eromheen of ander materiaal.
t reist met de bus	stoel ligt op de vloer en ondervind stotende en trillende belastingen	beschadigingen/ corrosie/ kleine dingen breken af	bedieningsmiddelen,	stootbestendig ontwerp
t krijgt een lift	stoel is te groot	stoel kan niet vervoerd worden	proces	kleiner maken
t zet stoel neer	Grond is drassig	Stoel staat niet stabiel	effectoren	Draagoppervlak vergroten
T klapt stoel uit	stoel wil niet omhoog	Spindel zit vast	proces, bedieningsmiddelen, effectoren	Stappen verstelling
T klapt stoel uit	Rugleuning wil niet op en neer.	Stoel kan niet gebruikt worden	proces, bedieningsmiddelen, effectoren	Goed scharnier gebruiken
T klapt stoel uit	stoel kantelt achterover	stoel kan niet in lig positie worden gebruikt	proces, bedieningsmiddelen, effectoren	meer stabiliteit in de constructie
T klapt stoel in	de stoel klapt niet in	de scharnieren zijn vuil	bedieningsmiddelen, effectoren	scharnieren moeten vuil- en corrosiebestendig zijn
t klapt stoel uit	stoel staat op helling	de stoel wil omvallen	effectoren	betere gelijke ondergrond
t behandelt patiënt	t moet bukken	t krijgt rugpijn	proces, bedieningsmiddelen, effectoren	stoel moet makkelijk te verstellen zijn
t laat stoel vallen	de stoel lag op het dak van de bus	de stoel is gebroken	proces, effectoren	stoel moet makkelijk te repareren zijn

productfunctieanalyse benaderd vanuit (p) de patiënt				
Gebruikssituatie	Constrains (probleem)	Gevolgen Constrains	Mens Machine systeem, Probleem ligt bij:	Functionele oplossingen
p ziet de stoel	de stoel ziet er niet stevig uit	p wil er niet in zitten	hersenen	de stoel een degelijk uiterlijk geven
p gaat in de stoel zitten	de stoel is wankel	p valt	effectoren, proces	stabilisatoren
p zit in de stoel	de stoel wordt versteld en de stoel valt om	p valt	bedieningsmiddelen, proces	meenemen in het ontwerp van het mechanismen
p zit in de stoel	de stoel wordt versteld en p komt klem te zitten tussen de schanieren	niet te overzien	proces, receptoren, effectoren	bescherming aanbrengen (kapjes)
p zit in de stoel	de stoel word in hoogte versteld en de stoel klappt omlaag	p valt	bedieningsmiddelen, proces	zelfremmend mechanisme
p zit in de stoel	de tandarts trekt een tand en de stoel valt om door de kracht die de arts moet zetten	niet te overzien	proces	de stoel moet een degelijk onderstel hebben
p zit in de stoel	de stoel heeft scherpe delen	p kan zich bezeren	proces, hersenen, receptoren	goed afbramen, beschermingdoppen gebruiken en afronden
p zit in de stoel	de stoel heeft uitstekende delen	p kan zich bezeren	proces, hersenen, receptoren	delen zichtbaar maken, afronden en bescherming
p zit in de stoel	p beweegt heftig	p en de stoel vallen om	proces, hersenen	de stoel moet een degelijk onderstel hebben
p zit in de stoel	de stoel is niet goed vergrendeld	stoel klappt in	proces, bedieningsmiddelen	gebruik maken van automatische vergrendeling en zelfremmendheid
p staat op uit de stoel	de stoel is niet goed vergrendeld	de stoel en p vallen om	proces	gebruik maken van automatische vergrendeling en zelfremmendheid
p gaat in de stoel zitten	voet steun zit in de weg	p gaat onhandig in de stoel zitten	receptoren	p moet steun aan de stoel hebben zodat hij makkelijk kan instappen
p gaat in de stoel zitten	p moet overgeven	braaksel over de stoel	effectoren, proces	stoel makkelijk schoon te maken
p gaat in de stoel zitten	p krijgt een bloeding	bloed over de hele stoel	effectoren, proces	stoel makkelijk schoon te maken. Camouflerende kleur toepassen
p wil in de stoel gaan zitten	stoel is smerig door, bloed en vuil enz	p wil niet in de stoel te zitten	receptoren, proces, hersenen	stoel makkelijk schoon te maken. Camouflerende kleur toepassen
p gaat in de stoel zitten	p is erg klein en moet in de stoel klimmen	de stoel staat instabiel	proces, effectoren	stabiel ontwerpen door bredere basis, verstelbare poten
p gaat in de stoel zitten	p is erg klein en moet in de stoel klimmen	p glijdt uit en komt met zijn kaak op de zitting terecht	proces, receptoren	opstapje, eenvoudig verstelbaar in hoogte
p wil in de stoel gaan zitten	hij gaat op de beensteun zitten	de stoel klappt naar voren	receptoren, proces	zorgen dat het duidelijk is dat hij daar niet moet zitten. Beensteun weglaten
p zit in stoel	p kan zijn hoofd niet steunen	p krijgt last van zijn nek	proces, effectoren	hoofdsteun aanbrengen, rugleuning verlengen

productfunctieanalyse benaderd vanuit (p) de producent

Gebruikssituatie	Constraints (probleem)	Gevolgen Constraints	Mens Machine systeem, Probleem ligt bij:	Functionele oplossingen
p bestelt het materiaal	materiaal is niet voor handen	er kan niet geproduceerd worden	proces	zoveel mogelijk bekende materialen gebruiken, onafhankelijk van leveranciers zijn
p bestelt het materiaal	het verkeerde materiaal word geleverd	er kan niet geproduceerd worden	proces	materiaal op voorraad eventueel voor andere producten gebruiken
p bestelt het materiaal	er word te weinig materiaal geleverd	er kan niet voldoende geproduceerd worden	proces	op tijd bestellen
p heeft producten gereed	opslag van de stoelen	ze nemen te veel ruimte in	proces	kleine leveringen, stapelbaar, kleine afmeting
p heeft producten gereed	opslag van de stoelen buiten	de stoelen worden vochtig	proces, bedieningsmiddelen	overdekte opslag, goede verpakking
p heeft onderdelen in opslag	onderdelen slingeren door het bedrijf	onderdelen beschadigen	proces, bedieningsmiddelen	geordend magazijn, synchroon lopend proces, goede verpakking
p verzend stoelen	stoelen zijn niet goed verpakt	de stoelen beschadigen	proces	goede verpakking, stapelbaar maken, degelijk ontwerp
p zet de stoel in elkaar	kan niet technische tekeningen lezen	p doet maar wat	hersenen, proces	simpele tekeningen, begeleiding
p zet de stoel in elkaar	p doet maar wat	de stoel zit niet goed in elkaar.	bedieningsmiddelen, hersenen, proces	simpele tekeningen, begeleiding
p moet voorzichtig zijn met sommige delen	p is onhandig	deel gaat kapot	hersenen, proces	geen breekbare delen in de stoel. Proberen toch duidelijk te maken dat het kapot kan
p verandert dingen in het ontwerp	eigenschappen van de stoel veranderen	gebruikers van de stoel ondervinden ongemak bij gebruik	hersenen, proces	toepassen van eind controle voor levering aan DHIN
p moet grondstoffen uit het westen bestellen	de grondstoffen zijn te duur	p kan geen of niet genoeg stoelen maken	proces, effectoren	goedkopen en liefst materialen die in ugary te verkrijgen zijn gebruiken
p moet de stoel repareren	p weet niet hoe hij de stoel makkelijken goed kan repareren	de eigenschappen van de stoel gaan verloren	proces, effectoren, hersenen, receptoren	goede instructies voor de productie en reparatie van de stoel formuleren
p moet de stoel in elkaar zetten	p kan geen tekening lezen en begrijpt er niets van	de stoel wordt niet volledig in elkaar gezet	proces, effectoren, hersenen, receptoren	duidelijke tekeningen en checklist, begeleiding
p moet onderdelen van de stoel maken	p kan geen tekening lezen en begrijpt er niets van	p doet maar wat en de eigenschappen van de stoel gaan verloren	proces, effectoren, hersenen, receptoren	goede instructies voor de productie met illustraties.

productfunctieanalyse benaderd vanuit (d) DHIN

Gebruikssituatie	Constrains (probleem)	Gevolgen Constrains	Mens Machine systeem, Probleem ligt bij:	Functionele oplossingen
d krijgt stoelen aangeleverd	stoelen zijn beschadigd	d kan de stoelen niet verkopen	effectoren, proces, hersenen	goede verpakking, controle voor verzending, materiaal keuze
d krijgt stoelen aangeleverd	zending is niet compleet	d kan stoelen niet verkopen	effectoren, proces	goede verpakking, controle voor verzending
d krijgt stoelen aangeleverd	zending is niet compleet	d heeft niet genoeg stoelen voor zending werkzaamheden	effectoren, proces	een aantal stoelen opslaan in het magazijn
d krijgt stoelen aangeleverd	zending komt niet aan	d heeft niet genoeg stoelen voor zending werkzaamheden	effectoren, proces	een aantal stoelen opslaan in het magazijn
d verkoopt stoelen	stoel is defect	stoelen worden niet meer gekocht	effectoren, proces	controleren voor verkoop, eenvoudig te repareren
d verkoopt stoelen	stoel is beschadigd	stoelen gaan defect, klanten hebben minder interesse voor het product	effectoren, proces	beter verpakking, controle, eenvoudig te repareren
d verkoopt stoelen	stoel is niet op voorraad	klanten kunnen de stoelen niet meenemen met hun zending	effectoren, proces	een groter aantal stoelen opslaan in het magazijn, leenstoelen
d verkoopt stoelen	levering is te laat	klanten kunnen de stoelen niet meenemen met hun zending	effectoren, proces	vaste levertijd bepalen
andere organisaties weten niet dat d een goede stoel heeft	d verkoop weinig stoelen	klanten gaan andere stoelen aanschaffen	effectoren, proces	reclame, internet, adres op stoel
d is moeilijk te bereiken vanuit BV buitenland	andere organisaties komen niet of moeilijk in contact met d	d verkoop weinig stoelen	effectoren, proces, hersenen	site met omschrijving op internet, e-mail adres, reclame

3.3.2 Procesboom

Om nog extra duidelijk te krijgen hoe de stoel gebruikt gaat worden is er een procesboom van het gebruik van de veldtandartsstoel gemaakt. Hierin worden de handelingen duidelijk die er aan de stoel verricht worden tijdens vervoer en opslag.

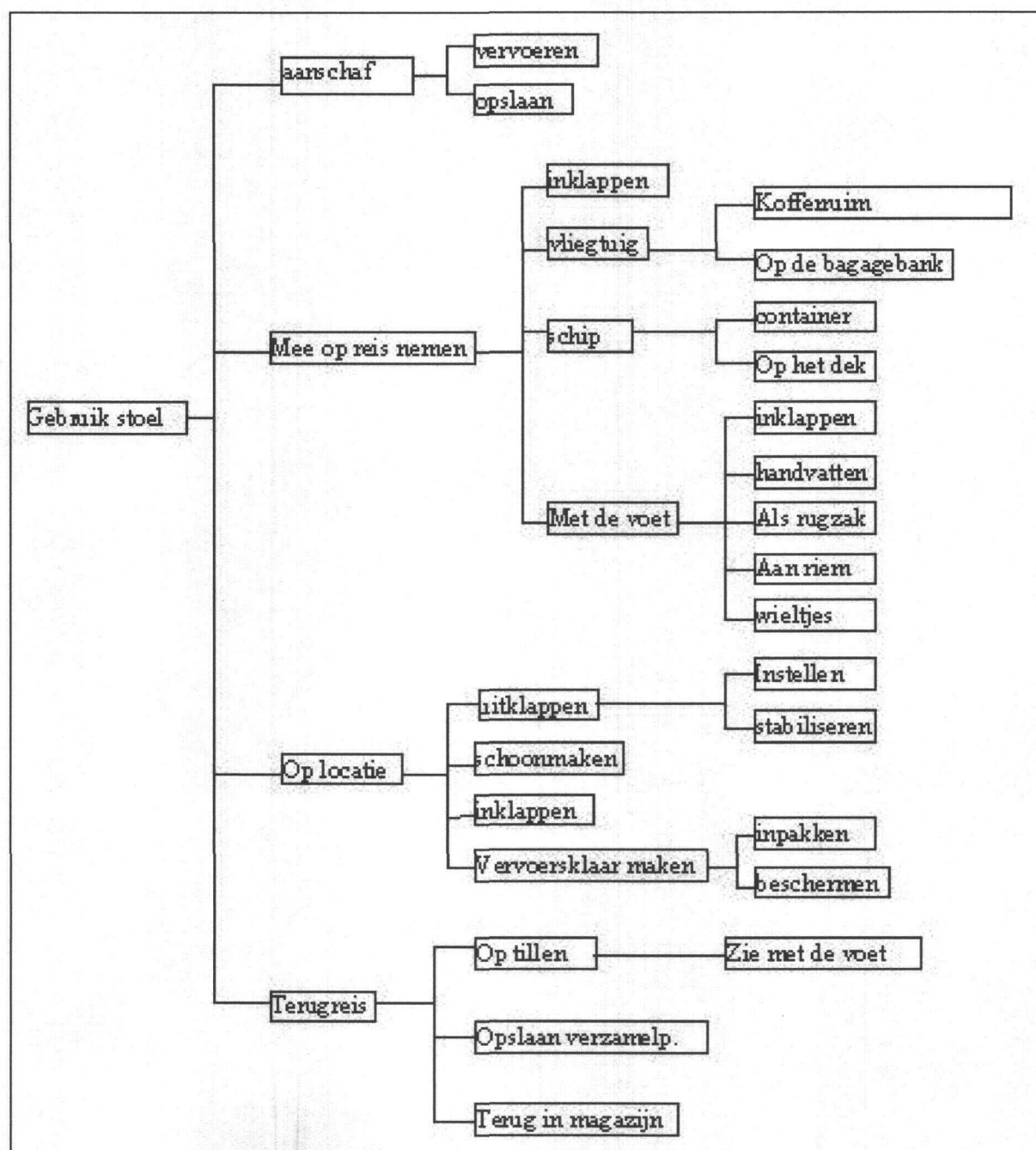


fig 5. Procesboom

3.4 Collage



3.5 Pakket van eisen

Uiteindelijk moet er een pakket van eisen komen wat een handleiding is om verder te gaan met het ontwerpen van de tandartsstoel. Het belangrijkste voor ons om te onderzoeken is: welke materialen en productiemethoden we tot onze beschikking hebben. Om tot een gedegen pakket van eisen te komen hanteren wij de puch's checklist. Deze checklist wordt gebruikt in het volgende schema.

Prestaties (welke functies moet het product vervullen):

- de stoel moet omhoog en omlaag kunnen. (de verstelling wordt bepaald aan de hand van de ergonomie (dit mag in stappen)
- de rugleuning moet naar voren en naar achteren kunnen. Tussen de 10° en 70°
- de tandarts moet in zitpositie met zijn benen onder de rugleuning kunnen bewegen
- de stoel moet gemakkelijk te vervoeren zijn
- de stoel moet zo licht mogelijk zijn (dit hangt echter erg af van de materiaalkeuze) max. 15 kg.

Omgeving (aan welke omgevingsinvloeden is de stoel onderhevig tijdens fabricage, transport, gebruik)

- hij moet tegen temperaturen kunnen tot max 50°C (de stoel wordt in ontwikkelingslanden gebruikt)
- hij moet tegen kou kunnen min -60°C (door het vervoer in het vliegtuig en de opslag in Nederland)
- hij moet tegen vocht kunnen (vaak is er in deze gebieden een relatieve vochtigheid van 99%)
- hij moet tegen veel gerammel kunnen (dit komt doordat de wegen slecht zijn en de stoel veel met het openbaar vervoer vervoerd wordt)
- hij moet tegen stoten op de grond kunnen (de stoel wordt met de hand gedragen, er is dus een grote kans dat de stoel uit de handen glipt)
- hij moet tegen verschuiving kunnen (de stoel kan op erg onstabiele plekken komen te staan)
- hij moet eenvoudig te stabiliseren zijn.
- hij moet tegen stof kunnen stof/zand (de opslag in Nederland, en vervoer op dak van bus e.d)

Levensduur

- Hij moet betrouwbaar zijn
- Er moet vanuit worden gegaan dat degene die aan de tandartsstoel werkt geen verstand van techniek heeft.

Onderhoud

- Er moet zo min mogelijk onderhoud aan de stoel verricht worden.
- Het onderhoud mag hooguit bestaan uit, het schoonmaken na gebruik.

Productiekosten

- De productie kosten moeten zo laag mogelijk. (dit is een reden dat er in Oeganda gefabriceerd gaat worden) er is hier geen waarde aan te geven.
- kosten voor vervoer moeten zo laag mogelijk blijven.

Transport (welke eisen stelt het transport tijdens productie en naar de plaats van gebruik)

- de stoel moet tegen kou kunnen -60 °C (vliegtuig, opslag Nederland)
- de stoel moet tegen hitte kunnen 50°C (bij vervoer per wagen, bus, trein)
- de stoel moet tegen regen kunnen (bij vervoer boven op dak van een bus)
- de stoel moet tegen stoten kunnen (bij vervoer en laten vallen uit de hand)
- er moet gewicht op kunnen liggen in ingeklapte toestand tot 200kg in ingeklapte toestand (bij vervoer worden er veel spullen op elkaar gegooit)
- de stoel moet te dragen zijn
- de stoel moet niet gemakkelijk te beschadigen zijn (door andere spullen)
- losse onderdelen die snel verloren kunnen gaan tijdens vervoer moeten vermeden worden.

Seriegrootte

- er wordt gedacht aan een aantal van ongeveer 30 stoelen per jaar

Productiefaciliteiten

- het product moet gefabriceerd worden met de middelen die ze in Oeganda hebben.
- Er is geen budget voor de aanschaf van nieuwe faciliteiten, tenzij deze faciliteiten kunnen bijdragen aan de activiteiten van het kinderdorp is er een mogelijkheid om iets aan te schaffen.

Afmetingen en gewicht (in uitgeklapte toestand)

- de afmetingen moeten voldoende zijn om een zwaarlijvig volwassen persoon te ondersteunen van Max. 125 kg.
- de afmetingen mogen niet te groot zijn, dit beperkt de tandarts in zijn werkvrijheid. Hij mag geen hinder hebben van de poten en verstelmechanieken tijdens de behandelingen.
- In ingeklapte toestand mag de stoel niet te groot zijn. Als voorbeeld kan de A-dec stoel genomen worden de stoel moet ong. tussen de 1,00m en 1,40 zitten.
- Het hoofd moet ondersteund worden, dit hoeft niet op een zeer comfortabele manier.

Afmetingen en gewicht (in ingeklapte toestand)

- zo klein mogelijk Max. 1,6 meter lang
- niet meer dan twee losse onderdelen
- zo licht mogelijk (lichter als de bestaande stoel)

Vorm, kleur en finishing

- vorm moet draagbaar zijn (ingeklapte toestand)
- vorm mag de arts niet hinderen bij zijn werk (uitgeklapte toestand)
- geen scherpe delen waar mensen zich aan kunnen bezeren

Materialen

- moet bij de poten erg slijtvast zijn
- moet bewerkt kunnen worden met de aanwezige faciliteiten
- er moet eenvoudig uitgelegd kunnen worden, hoe de materialen bewerkt moeten worden
- materialen moeten goedkoop zijn
- moeten aanwezig zijn of niet te duur om te importeren.
- moeten het klimaat aankunnen
- moeten stoot en slijtvast zijn
- moeten zo licht mogelijk zijn
- materialen mogen niet giftig zijn
- materialen moeten tegen vocht kunnen

Ergonomie

- er moet rekening gehouden worden dat de stoel alle typen mensen kan hanteren
- de bediening moet eenvoudig zijn
- rugleuning anatomisch vormgegeven (wens)
- zitting anatomisch vormgegeven (wens)
- de tandarts moet gemakkelijk met de stoel kunnen werken, dus moet er vooral naar zijn/haar ergonomische maten worden gekeken.

Bedrijfszekerheid

- stoel moet het altijd doen
- stoel mag niet inklappen als er iemand in zit
- vergrendeling mag niet gemakkelijk worden los gestoten
- scharnieren mogen niet vastlopen
- hij moet voor en na gebruik altijd inklapbaar zijn
- door slijtage mag de functie van de stoel niet veranderen

Opslag

- bij de opslag moeten er geen speciale handelingen moeten worden verricht

Veiligheid

- mensen moeten zich niet kunnen bezeren aan de stoel
- hij mag niet omvallen

Productbeleid

- de functionaliteit van de huidige stoel moet gehandhaafd blijven
- er moet geprobeerd worden om de stoel lichter te kunnen ontwerpen dan de huidige
- de draagbaarheid van de nieuwe stoel moet beter worden

Maatschappelijke en politieke implicaties

- tandartsen zijn erg blij met het product, het vergemakkelijkt het veldwerk, wat uiteindelijk resulteert in een flexibele en snelle behandeling van de patiënten
- door de fabricage in Oeganda te doen, wordt er daar werkgelegenheid gecreëerd en wordt er kennis overgebracht aan de bevolking

Installatie, ingebruikstelling

- gemakkelijk in- en uitklapbaar
- het moet duidelijk zijn wat de handelingen zijn voor het in- en uitklappen

Hergebruik, afvalverwerking

- bij de keuze van de materialen moet er rekening gehouden worden met het milieu

3.6 QFD

Quality Function Deployment (QFD)

De literatuur die gebruikt is voor het maken van de QFD is; Quality Function Deployment van Lou Cohen, productontwerpen, structuur en methoden van roozenburg en Eekels en de website van isixsigma.

Om de wensen van de klant te vertalen in de technische eigenschappen wordt er een QFD gemaakt. In het boek “productontwerpen, structuur en methoden” van Roozenburg en Eekels wordt er een definitie gegeven van QFD, deze luidt als volgt; ‘QFD is een methodiek – dat wil zeggen een stelsel van methoden – voor het identificeren en specificeren van wensen van klanten en het vertalen van die wensen in termen van de gewenste technische kenmerken van producten en productieprocessen.’

De QFD geeft een waarde aan de belangrijkheid van bepaalde wensen. Door deze waarde, wordt er duidelijk gemaakt, welke wensen de meeste aandacht vragen. Vervolgens worden de wensen vertaald in de wensen van technische kenmerken zoals; scharniering, corrosiebestendigheid, materiaalkeuze enz.

Ook wordt de tevredenheid van huidige en concurrerende producten in de QFD meegenomen. Deze leveren ook een bijdrage in het belang van de wensen. Voor het huidige product hebben wij gekozen voor de veldtandartsstoel die de DHIN in Nepal heeft gebruikt. Voor het concurrerende product hebben we gekozen voor de stoel van A-dec.

Om tot een goed beeld te komen van de wensen en de belangrijkheid hiervan wordt het invullen van het diagram gedaan door de klant zelf. De klant is immers de gebruiker van het product en weet precies wat er goed is en wat verbeterd zou moeten worden.

3.6.1 House of Quality

	scharmering	corrosiebestendigheid	materiaalkeuze	bemaling	kleurkeuze	gewicht	belang v/d klant- A	tevredenheid huidige product- N	tevreden over product concurrent	doel nieuwe product- P	verbeteringsgraad- B=P/N	verkooppunten- C (1-0-1-5)	belangrijkheid absoluut- D=A*B*C	belangrijkheid genormaliseerd
1 Veiligheid	○ ₁₄	△ ₁₄	5				5	4	4	5	1.25	1.1	6.88	4.82
2 draagcomfort	△ ₁₇	○ ₉	50	151		15	4	1	2	4	4	1.5	24.00	16.81
3 bedieningscomfort	● ₂₃	○ ₈	3	3	○ ₈	3	4	4	4	3	0.75	1.2	3.60	2.52
4 positionering	● ₂₃	△ ₃					4	4	4	3	0.75	1.2	3.60	2.52
5 zit-en lig-comfort		● ₁₄	2				3	4	5	3	0.75	1	2.25	1.58
6 Onderhoud	○ ₂₀	○ ₇	50		△ ₇	7	4	3	3	5	1.67	1.4	9.33	6.54
7 inklapbaarheid	● ₄₄	○ ₁₅	44		△ ₅		5	4	4	4	1	1.4	7.00	4.90
8 Stabieliteit	○ ₁₃	○ ₁₃	38			13	5	5	4	5	1	1.2	6.00	4.20
9 degelijkheid	○ ₁₄	○ ₁₄	14	14	△ ₅	5	5	5	4	5	1	1.3	6.50	4.55
10 Hygiëne	○ ₁₀	○ ₃₀	30		△ ₃		4	4	3	4	1	1.2	4.80	3.36
11 beperkte afmeting	○ ₂₀	● ₅₀	50	50		20	5	4	4	5	1.25	1.5	9.38	6.57
12 Duurzaamheid	● ₄₁	○ ₄₁	41				5	5	2	5	1	1.3	6.50	4.55
13 Aantrekkelijkheid	○ ₃	○ ₃	9	9	△ ₁	1	2	4	3	2	0.5	1.5	1.50	1.05
14 fabricage in oeganda	○ ₅₅	△ ₁₆	16	16	△ ₁₀	10	4	1	1	5	5	1.3	26.00	18.21
15 ongeschoonde fabricage	○ ₁₄	○ ₁₄					5	3	3	4	1.33	1	6.67	4.67
16 Betaalbaarheid	● ₁₁₈	● ₃₉	118	13	△ ₁₃	13	5	2	1	5	2.5	1.5	18.75	13.13
							totaal						142.75	100
som scores	363	184	#	#	#	50	#						1784	
prioriteit %	20	10	33	20	28	13							100	

0.70 =1%

0.05607 =1%

3.6.2 Uitleg genormaliseerde belangrijkheid

Om de berekening uit te leggen, wordt er als voorbeeld gekeken naar het draagcomfort, omdat dit de eerste wens is met een opvallende waarde van 16,98 %.

De verbeteringsgraad (B)

De verbeteringsgraad, die wordt berekend door het doel van het nieuwe product (P) te delen door de tevredenheid van het huidige product (N) ($B=P/N$). Als het doel van het nieuwe product hoger is dan de tevredenheid van het huidige product, betekend dit dat dit een gebrek is aan het huidige product en dat het beter zou moeten. Het verschil bij het draagcomfort is erg groot, hierdoor is de verbeteringsgraad ook 4 wat dus zwaar meetelt.

De verkooppunten (C)

Bij de verkooppunten wordt er gekeken of de verbetering van desbetreffende wens de verkoop sterk beïnvloedt. De waarde van verkoopbaarheid moet gekozen worden tussen de 1.0-1.5, hoe beter de verkoopbaarheid hoe hoger het cijfer.

De belangrijkheid (D)

De belangrijkheid wordt berekend door het belang, de verbeteringsgraad en het verkooppunt te vermenigvuldigen ($D=A*B*C$). Uiteindelijk komt hier de waarde uit die de absolute belangrijkheid aangeeft. Als al deze getallen van alle wensen bij elkaar worden opgeteld kan er een percentage worden berekend wat in de kolom "belangrijkheid genormaliseerd" staat. Op deze manier is duidelijk te zien welke wensen de meeste aandacht behoren te krijgen. De wensen die de meeste aandacht nodig hebben om tot een goed product te komen zijn, naar aanleiding van deze QFD

Fabricage in Uganda:	18%
Draagcomfort	17%
Betaalbaarheid	13%
Beperkte afmetingen	7%
Onderhoud	7%

Relatiematrix

Onder het dak van de QFD zit de relatiematrix. Hier wordt de relatie tussen 'de wensen van de klant' en 'de technische eigenschappen' weergegeven. Er wordt gekeken of er een sterke, middelmatige, zwakke of geen relatie is. Aan de relatiesterkte wordt een gewicht gegeven, 0, 1, 3 of 9, die wordt vermenigvuldigd met het genormaliseerde belang. Per technische eigenschap worden alle waarden opgeteld. Uiteindelijk wordt dit ook weer in procenten omgerekend. Om zo goed mogelijk aan de wensen van de klant te voldoen moet er aan de volgende 'technische eigenschappen' aandacht worden besteed.

Materiaalkeuze	30%
Bemating	20%
Scharniering	20%
Gewicht	13%
Corrosiebestendigheid	10%
Kleurkeuze	3%

3.6.3 Conclusie

De conclusie die getrokken kan worden aan de hand van de QFD is dat de keuze van het materiaal de meeste invloed heeft op de wensen van de klant.

Dit klopt ook als dit vergeleken wordt:

De keuze van het materiaal is erg afhankelijk van de fabricage in Oeganda. Er is geen toegang tot alle materialen, waardoor er veel creativiteit gevraagd van de ontwerpers om toch een goed product te maken.

De materiaalkeuze beïnvloedt ook sterk het draagcomfort. Er kan hierbij gedacht worden aan flexibele of lichte materialen.

De keuze van het materiaal bepaalt vaak sterk de prijs van een product; een stoel van titanium is duurder dan een stoel van staal, maar hij is wel weer veel lichter.

Door stevige materialen te gebruiken hoeven er vaak geen versterkingen in de constructie worden aangebracht dit heeft weer invloed op de afmetingen van het product.

Als er gekeken wordt naar de afmetingen dan kan men de volgende conclusies trekken.

Er is natuurlijk een sterke relatie met het draagcomfort. Hoe kleiner het product, des te makkelijker het is om het te vervoeren.

De bemating zou invloed kunnen hebben op de betaalbaarheid. Als er dure materialen gebruikt zouden worden dan wordt dit goedkoper naarmate er minder materiaal nodig is waardoor het product kleiner wordt.

Kleine maten zorgen ervoor dat het product niet te groot wordt.

Door gebruik van bepaalde scharnieren zou het draagcomfort verbeterd kunnen worden. Het product kan compacter worden, waardoor het weer gemakkelijker te vervoeren is.

De afmetingen van het product kunnen sterk worden beïnvloed door het gebruik van de juiste scharnieren. Er moet hierbij gekeken worden naar bepaalde patenten.

Bij het gebruik van scharnieren moet er rekening mee gehouden worden dat deze onderhoudsvriendelijk moeten zijn. De scharnieren moeten tegen stof, modder, vocht e.d. kunnen.

Er moet zo licht mogelijk ontworpen worden, omdat het draagcomfort hierdoor namelijk sterk mee beïnvloed wordt.

Om licht te ontwerpen moeten de afmetingen ook zo klein mogelijk zijn.

Ook voor het onderhoud scheelt het als de stoel licht is. De stoel is zo makkelijk om te keren bij het schoonmaken.

Het gebruik van corrosiebestendige materialen bepaalt ook de onderhoudsvriendelijkheid. Het is dan minder van belang om het product droog en schoon te houden.

De kleurkeuze is niet zo van belang. Het zou gebruikt kunnen worden ter verduidelijking van sommige handelingen die gepleegd moeten worden om de stoel te bedienen en ook om gevaarlijke zones aan te geven.

4 Synthese

4.1 Inleiding

In de synthese moet duidelijk gaan worden welke maten er gebruikt gaan worden en hoe er naar de verschillende deeloplossingen is gekeken. De maatvoering die wordt bepaald door naar de ergonomische wensen van de tandarts te kijken.

De deelfuncties worden in een morfologische matrix gezet waaruit vervolgens drie concepten komen. Uit deze concepten wordt er de beste gekozen die vervolgens wordt uitgewerkt in de materialisatiefase.

4.2 Ergonomie

Omdat de veldtandartsstoel meer functionaliteiten heeft dan alleen maar te fungeren als tandartsstoel, hij moet draagbaar zijn, hij moet in te klappen zijn, enz kan er nooit aan al de ergonomische eisen worden voldaan. Er wordt echter wel getracht zoveel mogelijk hieraan te voldoen.

Vanuit de DHIN was het belangrijk dat de stoel op een niveau gezet kon worden, zodat de tandarts die met de stoel moet werken op zijn gewenste positie kan werken. Belangrijk hierbij was dat de rugleuning versteld kan worden om een zit- en lig-positie te krijgen.

Aan de faculteit gezondheidszorg van de hoge school van Utrecht is er al een aantal keer onderzoek gedaan naar de ergonomie in de tandheelkunde. Er wordt dan ook hier gekeken naar de werkhouding van de tandarts zelf.

De tandartsstoel zelf beïnvloed sterk de houding van de tandarts. Omdat er in ontwikkelingslanden meestal gewerkt moet worden onder moeilijke omstandigheden kan er stress ontstaan en moet de tandartsstoel zelf niet ook nog eens een onderdeel van deze stress zijn. Er worden namelijk honderden mensen per dag geholpen die in een lange rij staan te wachten om geholpen te worden.

In het volgende, worden algemene richtlijnen gegeven die gelden voor tandartsstoelen in Nederland. Er wordt rekening gehouden met de eisen aan de stoel zelf en de houding van de tandarts die beïnvloed wordt door de stoel. De ergonomie voor de patiënt is niet van groot belang, maar mag ook weer niet vergeten worden. Deze is vaak allang blij dat er iets aan zijn gebit gedaan kan worden. Als de patiënt comfortabel is hij/zij vaak wel beter te behandelen.

Ergonomie van de tandarts

Bij het zitten:

- De benen moeten niet horizontaal zitten. Een hoek van 105-110° is aan bevelen.
- Voeten moeten vlak op de grond staan
- Bovenlichaam moet rechtop of licht gebogen zijn. Voorkomen dienen te worden: ver vooroverwaarde bewegingen, zijwaartse buigingen en draaiingen van de wervelkolom om een verticale as.
- Het hoofd licht voorover buigen tot 20°
- De bovenarmen hangen zoveel mogelijk af langs het lichaam
- Het polsgewricht en de vingers zijn licht gebogen.

Bij het staan:

- Voor de armen en het hoofd geldt dezelfde houding als bij het zitten.
- De rug is recht, waarbij de bovenkant van het bekken (om een holle rug te voorkomen) iets naar achteren wordt gekanteld.
- De romp staat recht boven de benen.
- De voeten staan evenwijdig af licht naar buiten wijzend iets uit elkaar.
- De knieën zijn soepel gestrekt, maar niet doorgestrekt.
- Het lichaamsgewicht moet meer op de voorvoeten rusten dan op de hielen.

De ideale positie van de patiënt:

De positie van de mond van de patiënt moet zo gekozen worden dat een goede bereikbaarheid voor de behandeling mogelijk is.

- De rugleuning kan kantelen en is niet dikker dan 4 cm.
- De gehele stoel is in iedere stand in hoogte verstelbaar.
- De gehele stoel kan achterover en terug kantelen
- De hoofdsteen is kantelbaar of er is een hoofdkussen aanwezig waarmee de positie van het hoofd veranderd en gefixeerd kan worden.
- De armsteunen voor de patiënt en de basis van de stoel mogen de behandelaar in de werkzaamheden niet hinderen
- De bediening van de stoel moet eenvoudig zijn.

Stand van de stoel:

- Voor behandeling in de onderkaak moet de stoel in de zit-stand gezet worden.
- Voor behandeling in de bovenkaak moet de stoel in horizontale stand gezet worden.
- De hoogte van de stoel is afhankelijk van wat de houding is van de tandarts.
- De knieën van de patiënt mogen niet hoger komen dan het hoofd. (dit is de zogenaamde comfortgrens). Anders kan er stuwingsoptreden in de bloedsomloop van het hoofd en de ademhaling kan worden beperkt.

Voor een goed zicht moet de mondhygiënist:

- Gebruik maken van de instelmogelijkheden van de hoofdsteen.
- Het hoofd van de patiënt naar zichzelf toe- of af- draaien.
- Zorgen voor goede verlichting.

Maten die de stoel moet bevatten:

De maten die gekozen zijn komen uit het boek; productergonomie van Hans Dirken. Om alles beter te visualiseren zijn er tekeningen gemaakt zie figuur 6. In deze tekeningen zijn bijna alle bruikbare maten opgenomen.

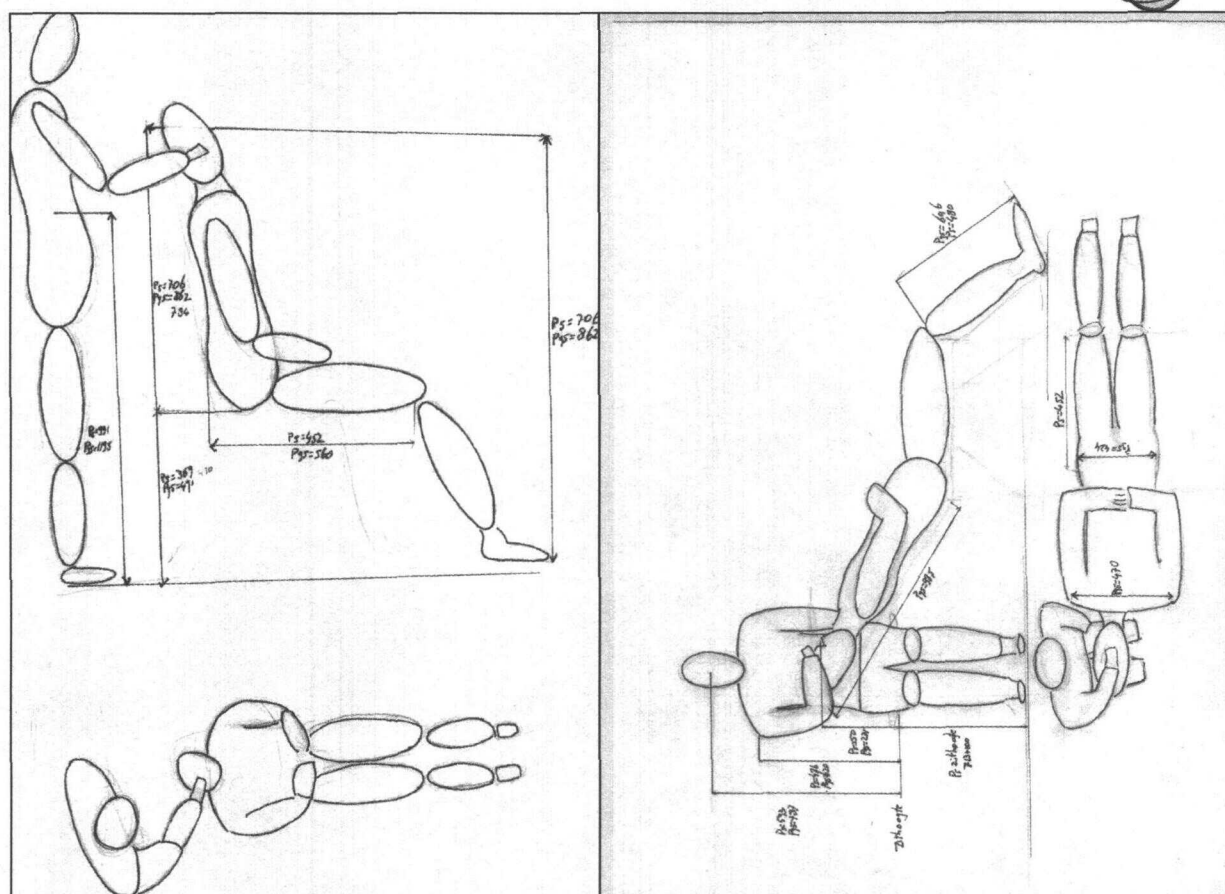


Fig 6. Uitgewerkte situaties met afmetingen.

De zitting:

De zitting krijgt een p5 van de bil- knieholte diepte. Zo kunnen de kleinste en de grootste op de stoel zitten.

De waarde bedraagt: 452mm

De rugleuning:

Bij de rugleuning moet er rekening gehouden worden dat er een lang iemand op komt te liggen. De lichaamsmaat waar naar gekeken moet worden is de p95 van oog- zitvlak hoogte. Deze maat moet genomen worden, omdat het leunvlak van het hoofd op deze hoogte zit.

Deze bedraagt: 862

Bepaling van de hoogte:

Om te kijken naar de houdingen van de patiënt ten opzichte van de arts zijn er gemiddelde mannekens gebruikt. De arts die staat naast of achter de patiënt en de patiënt die zit steeds met zijn hoofd op de hoogte van de arts zijn elleboog. De reden dat de ellebooghoogte genomen wordt is, omdat de ellebogen van de tandarts zoveel mogelijk vrij langs het lichaam moeten hangen. De patiënt die zit met een hoek van ± 10 graden en in lig-positie met een hoek van ± 70 graden.

Omdat de rugleuning versteld wordt om de patiënt in de lig-positie te krijgen zal zijn hoofd naar beneden gaan, hierdoor komt het hoofd een stuk lager te liggen. De arts die werkt met beide posities, de patiënt zittend voor de onderkaak en liggend voor de bovenkaak. De hoogte die de stoel dus zou moeten hebben zit tussen de zit- en lig-positie in. Gemiddeld is het verschil tussen deze twee posities 200 mm. De ellebooghoogte van de arts zit in het midden en hoeft gemiddeld maar een stuk van 100 mm te overbruggen.

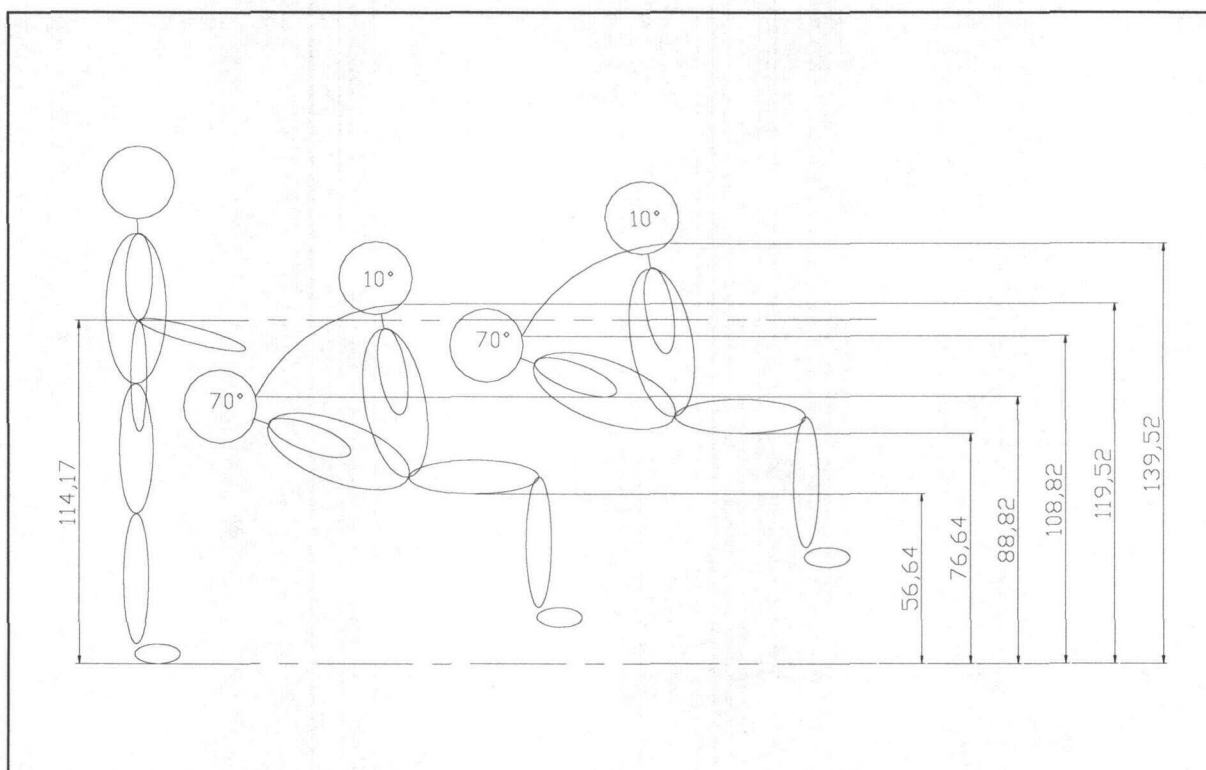


fig 7. Weergave van de posities uitgewerkt in autoCAT

In figuur 7 zijn in autocat de situaties gegeven die het meeste voorkomen. Voor de maten van de patiënt zijn de p50 maten genomen. De patiënt is vaak zo variabel dat hier geen rekening mee gehouden kan worden. Daarbij komt ook nog kijken dat het bovenlichaam van de meeste volwassenen vaak gelijk is. Het verschil van de mens zit het meest in de benen.

Bij de maat van de tandarts is er gekeken naar de ellebooghoogte, hier is de p5, p50, p95 genomen. De patiënt is precies op het midden van de zittende en liggende positie gezet. Het midden is dan gelijk gelegd met de ellebooghoogte.

De verstelling die de stoel moet hebben in hoogte is dan tussen de ± 56 en de 76 cm.

4.3 Uitwerking van houten scharnieren

Omdat er gewerkt moet worden met de materialen die plaatselijk te verkrijgen zijn. Is hout een goede optie om toe te passen in het project. Op het eerste gezicht is dit niet het eerst materiaal waar men aan denkt als men een veldtandartsstoel gaat maken. Wel voor de zitting en rugleuning maar niet voor scharnieren verbindingstukken enz..

Om te kijken wat de mogelijkheid is van hardhout als scharnieren e.d. is er een houten balk gekocht en is er gekeken of hieruit dergelijke producten te maken zijn. Ook is er getest of deze materialen sterk genoeg zijn. In de figuur 8 is het principe van het maken van een houtblok als scharnier uitgelegd.

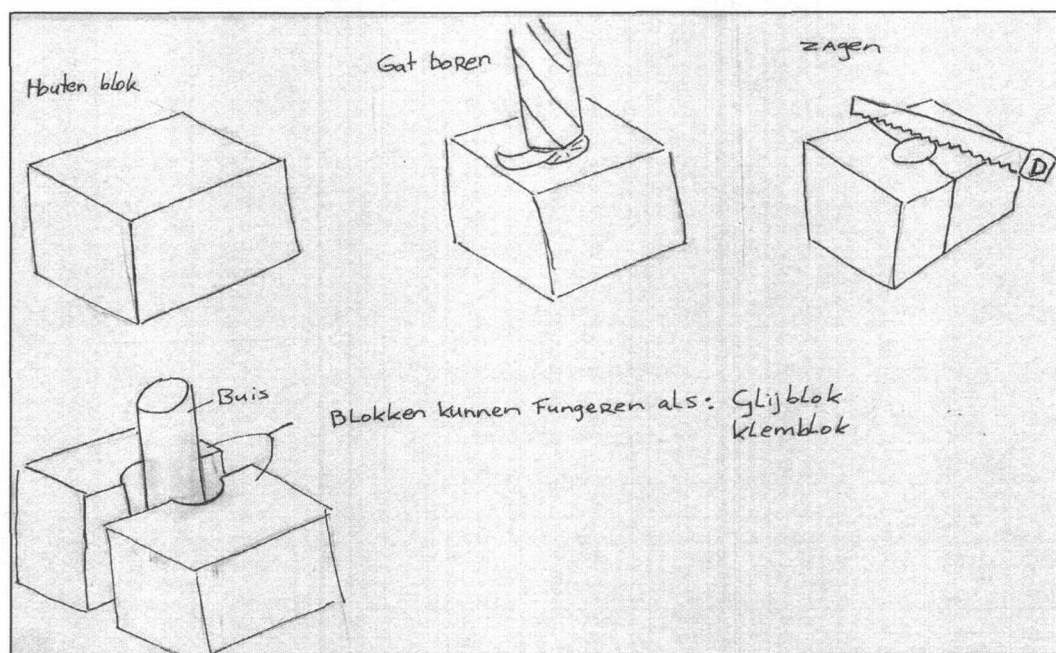


fig 8. Simulatie voor het vervaardigen van houten scharnieren.

Deze techniek is zeer eenvoudig en uit testen is gebleken dat hij ook erg functioneel is. In Oeganda is er beschikking over technieken, zoals zagen en boren tot diameters van 25mm. Het principe is toe te passen als; geleiding (zie foto's en solid works tekening), scharnier zoals in concept drie is uitgewerkt. Ook kan het worden toegepast als bevestigingshulpmiddel om houten platen aan stalen buizen vast te maken. Er wordt dan maar één helft van het blok gebruikt en deze wordt aan de buis geschroefd en aan het blokje kan men bijvoorbeeld een houten plaat bevestigen.

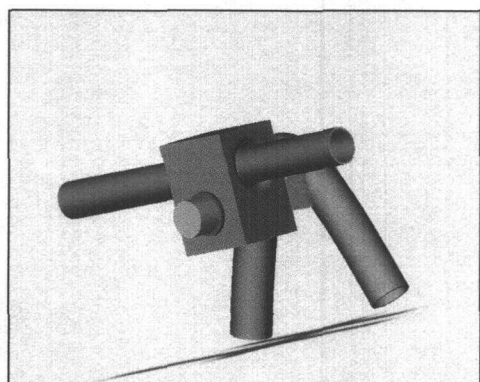


Fig 9. uitwerking van een houten scharnier in Solid Works

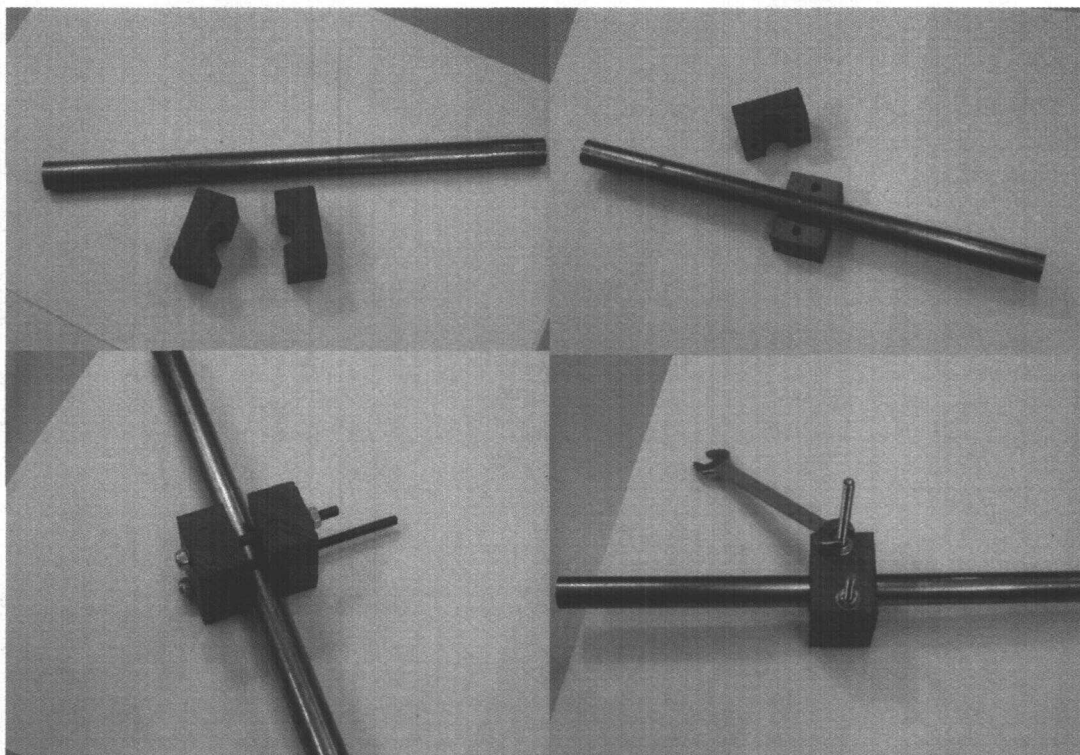


Fig 10. Foto's van een houten scharnier die voor het testen is gemaakt.

Punten waarbij rekening moet worden gehouden, bij het gebruik van hout in constructies zijn:

- Boor geen gaten in de nerfrichting. Bij de testen is ook gebleken dat het hout dan erg snel splijt.
- Het is niet mogelijk om gebruik te maken van een veerklemming d.m.v. een zaagsnede te maken tot aan het gat en dan door een bout te klemmen. Als men een dergelijke klemming wil hebben dan moet het hele blok worden doorgezaagd zoals in het voorbeeld en moet er d.m.v. twee bouten de klemming tot stand worden gebracht. Er hoeft dan echter maar een bout te worden aangedraaid. De reden dat dit moet gebeuren is dat de scheur die anders zou optreden al heeft plaatsgevonden d.m.v. de zaagsnede.
- Het hout moet goed behandeld worden met een sterke lak.

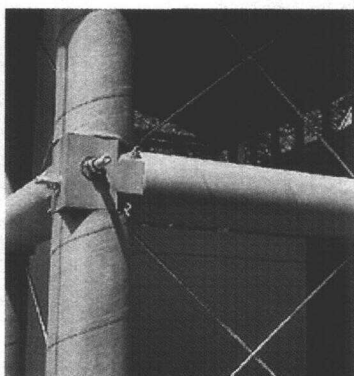


Fig 11. Voorbeeld van een houten verbindingsstuk.

4.4 Morfologische matrix

deelfuncties	alternatieven			
	1	2	3	4
verstelling van de leuning	 beugel aan de leuning	 kanteleuningin	 schuifscharnier	 vierstangenmech.
verbindings-technieken/scharniering	 verbindingshulpstuk	 schroeven	 kogellagers	 glijlager
hoogteverstelling	 in scharnierpoten	 in de zitting	 hakend plaatje	 krikprincipe
verbindings-technieken/scharniering	 verbindingshulpstuk	 schroeven		
nekverstelling	 neksteuntje	 verstelling in leuning		
vervoer	 onder de arm	 op de rug	 als brancard	 met wiel
stabiliseren	 wiggen	 1 verstelbare poot		

4.5 Conceptevaluatie

De concepten die hieronder besproken worden zijn tot stand gekomen met behulp van een morfologische matrix. Voor verschillende deelfuncties van de stoel zijn verschillende oplossingen gevonden. Door per deelfunctie een oplossing te kiezen komt er een concept uit.

Concept 1:

Bij dit concept is er gekozen voor een stoel waar alleen de rugleuning verstelbaar is. De verstelling van de rugleuning gaat doormiddel van een beugel die achter de leuning zit. Deze beugel is verstelbaar in trappen. De rug van de patiënt kan in een aantal verschillende houdingen worden gezet van een lig- naar een zithouding. De scharnieren in dit concept is doormiddel van een bout verbinding.

De hoogteverstelling wordt mogelijk gemaakt doordat er balken onder de zitting zitten waar de beugel van de achterste poten tegenaan komt. Om de stoel te stabiliseren is er in een van de achterpoten een verstelling in hoogte mogelijk.

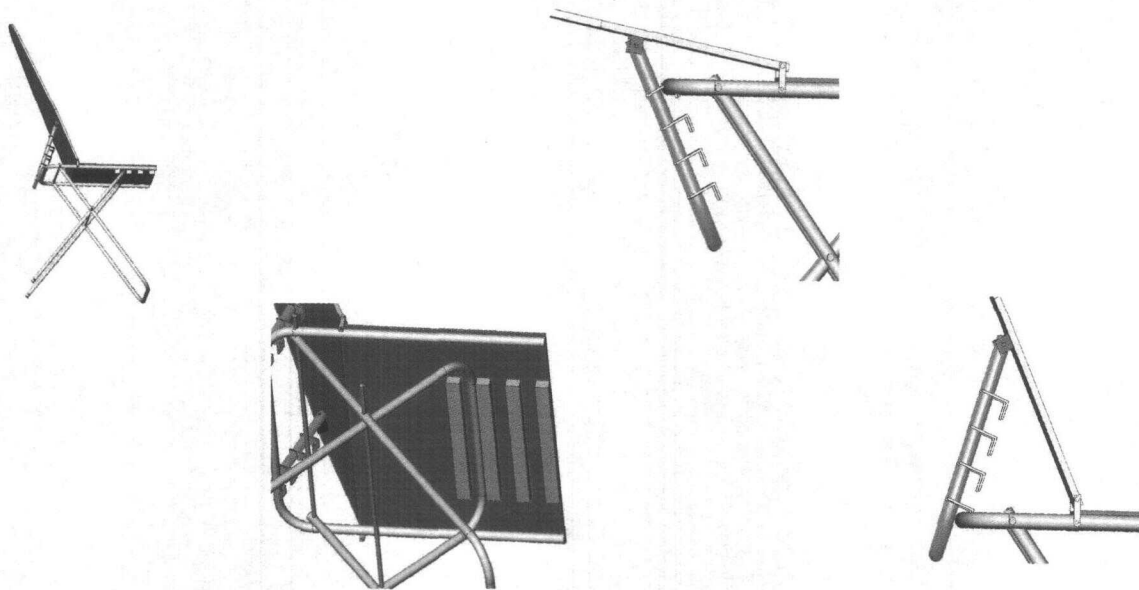


Fig 12. Uitwerking van concept 1 in Solid Works.

Voordelen:

- Eenvoudig concept
- Eenvoudig te produceren in Oeganda
- Zeer onderhoudsvriendelijk
- Er weinig onderdelen die kunnen slijten

Nadelen:

- de hoogteverstelling is in trappen
- geen speciale features
- de tandarts kan in zitpositie niet met zijn benen onder de rugleuning bewegen

Concept 2:

Bij dit concept zijn de bewegingen van de rugleuning en de zitting gekoppeld en kunnen niet onafhankelijk van elkaar bediend worden. Om de patiënt in de liggende positie te krijgen kan de rugleuning naar achteren worden getrokken. De zitting gaat dan mee in dezelfde houding. Er zijn twee standen mogelijk n.l.; de zit- en de lig-stand. De schuinite van de lig-stand kan bepaald worden door een beugel die achter de leuning zit waar deze tegenaan leunt. De arts bepaalt zelf hoe ver hij de patiënten naar achteren wil hebben. Als hij dit eenmaal heeft ingesteld, dan krijgt hij de patiënt steeds in zijn gewenste houding.

De hoogteverstelling is het principe van een strijkplank. De voorste poten glijden over het frame van de zitting in een "houten scharnierglijblok". Het principe van het glijblok wordt in hoofdstuk 4.3 uitgelegd.

De stabilisatie gebeurt ook doormiddel van wiggen. Dit kan zijn door een plank onder de poten te leggen.



Fig 13. Uitwerking van concept 2 in Solid Works.

Voordelen

- eenvoudig concept
- eenvoudig te bedienen

Nadelen:

- de benen van de patiënt gaan hangen waardoor er geen goede bloeddorstroom mogelijk is
- veel losse onderdelen voor de hoogteverstelling
- zitting kan niet als stevigheid in het frame gebruikt worden
- er zijn maar twee standen nodig, voor meer standen komen er weer teveel onderdelen aan te pas

Concept 3:

De rugleuning is in dit concept verstelbaar op praktisch hetzelfde principe als de geleiding van concept 2. Het principe is dat er in een houten blok twee gaten zitten die als een kruis boven elkaar zitten. In de tekening is dit duidelijk te zien. De groene buis komt vast aan de rugleuning, waar hij d.m.v. een penverbinding kan scharnieren. Doordat het houtblok aan het frame vastzit en alleen maar kan draaien hier, zal dit zorgen dat deze in elkaar glijden. Om de leuning te fixeren kan het houtblok worden aangedraaid door b.v. een vleugelmoer. In de bijlage staat dit principe duidelijk uitgelegd.

De hoogteverstelling is ook weer een strijkplankprincipe. De fixatie gebeurt hier doormiddel van een plaatje (rode onderdeel in de tekening) waar een aantal sleuven in zijn geslepen. Het plaatje wordt vastgemaakt aan het frame van de voorpoten, waar hij kan scharnieren. Aan het frame van de achterpoten steekt op een bepaalde hoogte een pennetje uit, waar de sleuven van het plaatje in kunnen vallen. Als deze in elkaar zitten, zitten de poten gefixeerd.



Fig 14. Uitwerking van concept 3 uitgewerkt in Solid Works

Voordelen:

- Rugleuning is traploos te verstellen
- Eenvoudig principe
- De poten zitten vast en kunnen niet worden los gestoten

Nadelen:

- kans op slijtage is groter

4.6 Uiteindelijke keuze

Functionele eisen		Concept evaluatie			
		Waardering			
		Concept 1	Concept 2	Concept 3	Ideaal
1	draagcomfort	2	1	4	4
2	fabricage in oeganda	2	3	3	4
3	betaalbaarheid	2	2	3	4
4	onderhoud	2	3	4	4
5	beperkte afmeting	3	2	4	4
7	inklapbaarheid	3	2	4	4
8	stabiliteit	2	2	2	4
9	veiligheid	3	2	3	4
10	degeijkheid	4	2	3	4
11	ongeschoolde fabricage	3	2	3	4
Σ		26	21	33	40
Rel Σ		65%	53%	83%	100%

Fig. 15 kesselringmethode voor vergelijking van de concepten.

Het toetsen van de concepten is uiteindelijk gebeurd door toepassing van de kesselringmethode figuur 15. Deze methode toets de concepten aan de belangrijkste eisen die uit de QFD verkregen zijn. Onderin de vergelijking wordt procentueel aangeven welk concept het meest aan de eisen voldoet.

Het concept wat uiteindelijk gekozen is en waarmee verder gewerkt gaat worden is concept nr. 3. Het concept is eenvoudig te produceren met de middelen die ze in Oeganda hebben. Er gaat met buis gewerkt worden en deze zijn eenvoudig te bewerken er is een pijpensnijder of ijzerzaag nodig en een buigtang.

De hoogteverstelling vindt plaats door een "verstelplaatje met sleuven" die haken aan een pinnetje.

Voor de leuningverstelling wordt het scharnierprincipe gebuikt met het houtblok. Hoe deze precies gaat worden, wordt uitgewerkt in de materialisatie.

4.7 Niet uitgewerkte principes

Er zijn nog meerdere principeoplossingen mogelijk. Deze zijn echter niet uitgewerkt.

Het vierstangen mechanisme:

Het vierstangen mechanisme, dit principe staat ook in de morfologische matrix. Het is niet opgenomen in de concepten, omdat dit bij voorbaat al is afgevallen. Het voordeel van deze oplossing is dat het erg ergonomisch is voor de patiënt.

Een groot nadeel is dat het veel onderdelen nodig heeft die erg slijtvast moeten zijn. Deze onderdelen zijn niet te maken in Oeganda. Elke keer als de patiënt in zijn lig-houding wordt geplaatst dan scharniert het hele vierstangenmechanisme. De slijtage die hierbij gaat optreden vereist slijtageon gevoelig onderdelen.

Ook vereist een dergelijk principe een grote nauwkeurigheid bij de fabricage. De nauwkeurigheid die hierbij gevraagd wordt is in Oeganda niet te realiseren.

Het krikprincipe:

Het principe van een krik toepassen voor de hoogteverstelling brengt erg veel onderdelen met zich mee, hetgeen de veldtandartsstoel ook weer erg zwaar maakt en wat veel slijtagegevoelig onderdelen met zich meebrengt. Ook het feit dat deze verstelling niet de belangrijkste is en in principe maar vier standen nodig heeft, heeft doen besluiten om dergelijke oplossingen weg te laten.

5 Materialisatie

5.1 Inleiding

In deze fase wordt het model gemaakt. Eerst wordt er bepaald welke materialen er gebruikt gaan worden en vervolgens worden de berekeningen en tekeningen in Solid Works gemaakt. Van het getekende concept wordt een proefmodel gemaakt die getest wordt. Aan de hand van de testen worden er aanpassingen gedaan en komt het uiteindelijke model tot stand. Uiteindelijk moet er een productieproces worden opgesteld, maar voordat dit gebeurt wordt er nog naar de detaillering gekeken. Bij de detaillering worden de berekeningen aan het model uitgevoerd en wordt er gekeken welke diameters e.d. van de verschillende materialen minimaal gebruikt kunnen worden.

5.2 Materiaalkeuze

Keuze van het materiaal voor de veldtandartsstoel, ligt in dit project na al het onderzoek voor de hand. Uit het onderzoek is gebleken dat er geen gebruik gemaakt gaat worden van natuurlijke composieten. Ook is gebleken dat het invoeren van materiaal praktisch onmogelijk is.

Uiteindelijk is de keuze beperkt gebleven tot de materialen waar de heer Koelewijn beschikking over heeft, of waar hij eenvoudig aan kan komen. De materialen die gebruikt gaan worden voor de stoel zijn:

poten:	stalen buis Ø 20mm wanddikte 1.5 mm
zitvlak:	stalen buis Ø 20mm wanddikte 1.5 mm
	hout voor de zitting
Rugleuning:	houten plaat
Scharnier:	mahonie hout, dit is hardhout wat erg sterk is, het moet echter wel gelakt worden.

Door de keuze van het materiaal is het volgende model tot stand gekomen. Van dit model zijn uiteindelijk werktekeningen gemaakt die te zien zijn in de bijlage. Aan de hand van de werktekeningen is er een proefmodel gemaakt die getest is.

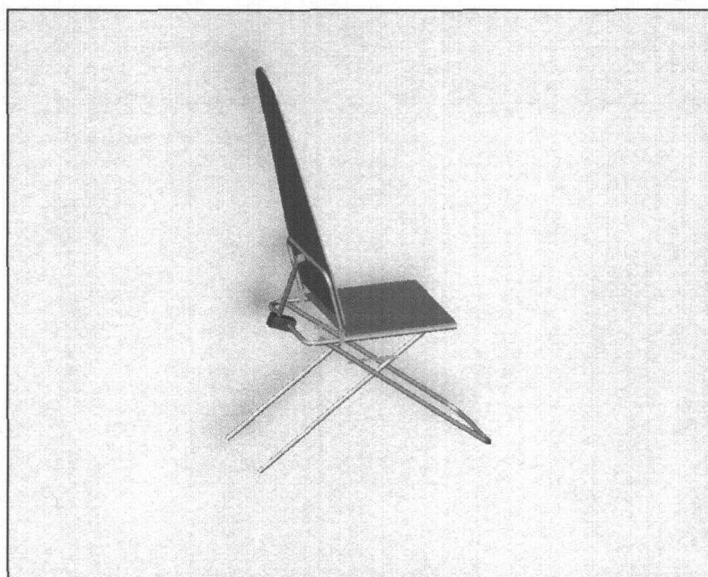


Fig 16. eerste uitgewerkte concept voor het testen.

5.3 Tussenevaluatie

Naar aanleiding van alle materiaalgegevens is het concept uitgewerkt in solid works zoals in figuur 15. Van dit uitgewerkte model is een proefmodel waarvan de werktekeningen te zien zijn in de bijlage, gemaakt waarmee getest is.

Aan de hand van de testen met het proefmodel; kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

1. De stabiliteit wordt niet gehaald, door een te groot moment op de poten.
2. De hoogteverstelling moet soepeler, de plaatjes die de stoel vergrendelen moeten onafhankelijk van elkaar bediend worden, zodat het verstellen te veel moeite kost.
3. Het gewicht is redelijk zwaar.

Eventuele oplossingen voor de mankementen die gevonden zijn aan het proefmodel:

1. Verbeteren van de stabiliteit:

Om het probleem van de stabiliteit op te lossen, is er iemand op de stoel gaan zitten en is schokkende bewegingen gaan maken. Al snel bleek dat de poten erg doorveren en dat de verbinding van de poten aan het zitframe geen sterke verbinding is.

Oplossing voor het doorbuigen:

Het doorbuigen van de poten is opgelost door de vergrendeling van de poten niet boven het scharnierpunt te zetten maar eronder.

Ook moet er een extra buis ter versterking tussen de achterpoten komen, waardoor de poten niet meer de neiging krijgen om naar buiten te gaan. .

Oplossing voor de verbinding van de poten aan het zitframe:

Om de momentkrachten van het scharnier te verminderen is het verstandig om de voorpoten even breed te maken als het zitframe. De voordelen die hiermee behaald worden zijn, er vindt geen groot moment plaats, omdat de krachten nu recht onder het zitframe verdeeld worden. De oplossing voor dit probleem is, de voorpoten in te klemmen tussen de plaatjes van de rugleuning zie figuur 17.

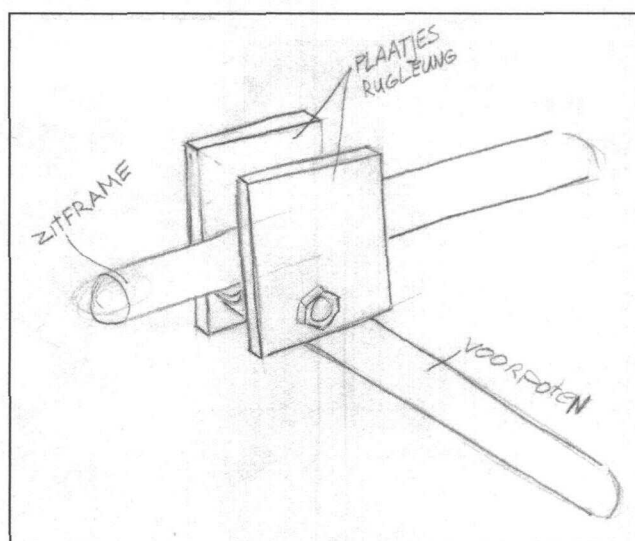


Fig 17. Principe van de inklemming tussen de rugleuningplaatjes

2. De hoogteverstelling:

Dit probleem is een minder groot probleem. Dhr. Gundlach was al tevreden met deze oplossing. Alleen zou het mooi zijn als deze verstelling misschien beter kan. Een eventuele oplossing voor dit probleem zou zijn, een as tussen de twee plaatjes te doen om ze zo samen te kunnen bedienen. Deze oplossing zou weer veel gewicht een ruimte in beslag nemen. Na overleg is er een idee gekomen om een ketting te gebruiken die op verschillende standen te verstellen is. Dit principe is verder uitgedacht en toegepast in het ontwerp.

3. Het gewicht:

Het gewicht daar valt op het moment niet veel aan te doen. Er zou plaatselijk in Oeganda zelf nog gekeken moeten worden of er andere materialen zijn voor de zitting en de rugleuning hier valt qua materiaal nog het meeste gewicht te besparen. Het gewicht van het frame zou lager kunnen door ander materiaal te gebruiken, hoewel het frame nu niet echt zwaar is, ondanks dat het van staal is.

5.4 Nieuwe concept

Na de tussenevaluatie zijn de oplossingen die zijn verkregen aan de hand van het proefmodel uitgewerkt in solidworks. Het uiteindelijke model is hier te zien op figuur18.

De werktekeningen die tot stand zijn gekomen m.b.v. het tekenprogramma Solid Works zijn opgenomen in de bijlagen.

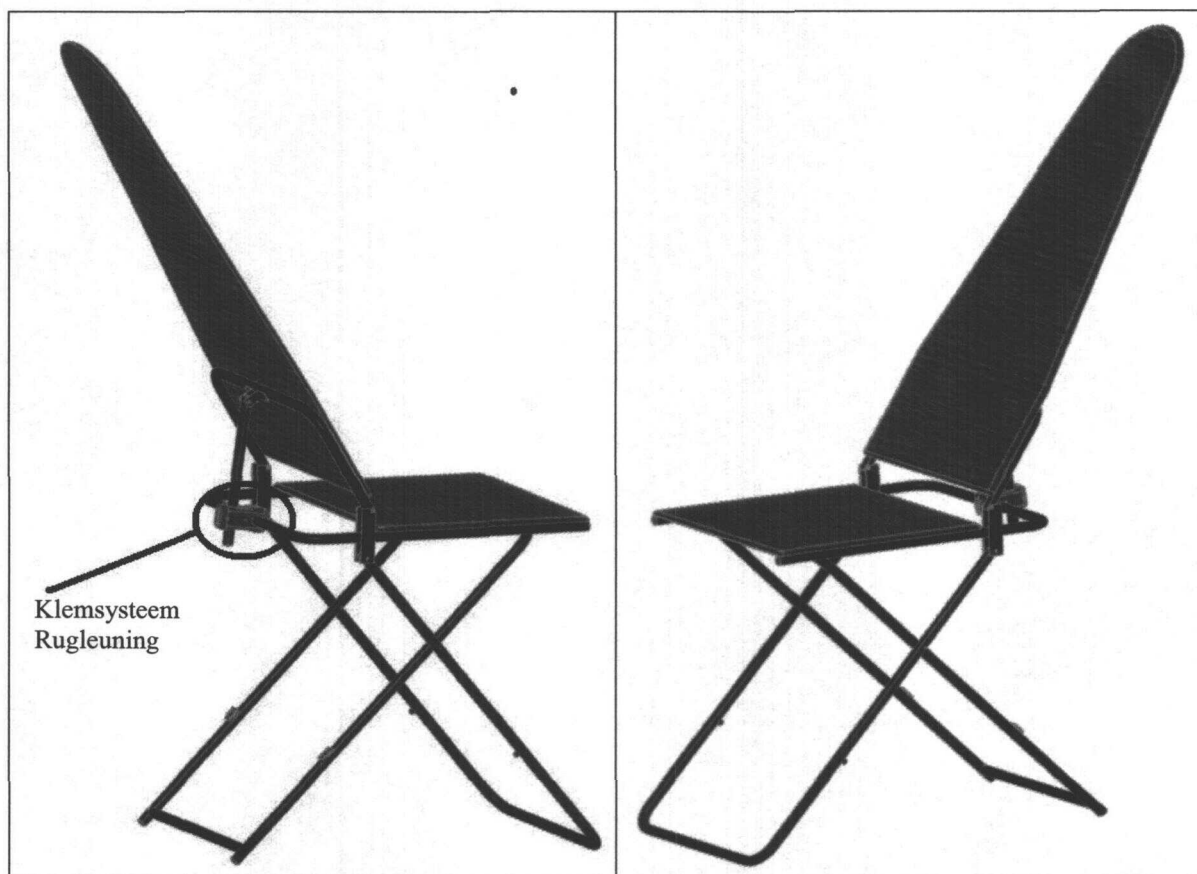


Fig18. Uiteindelijk model van de veldtandartsstoel.

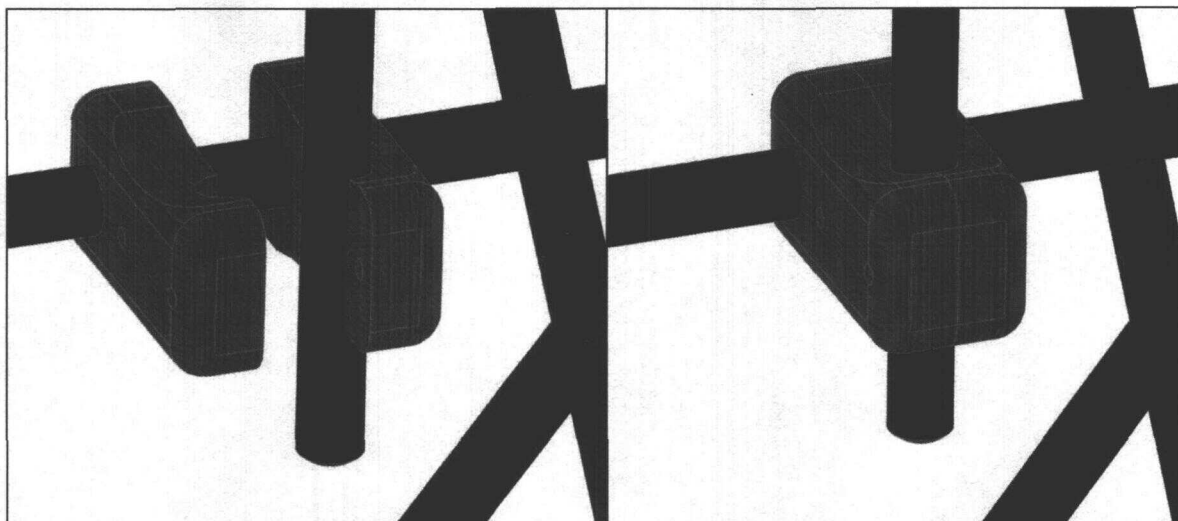


fig 19. Principe van het klemsysteem rugleuning.

Het klemsysteem zoals in figuur 19 is weergegeven werkt als is uitgelegd in hoofdstuk 4.3. De inklemming komt tot stand met een bout en een vleugelmoer. Deze zijn niet weergegeven in de tekening.

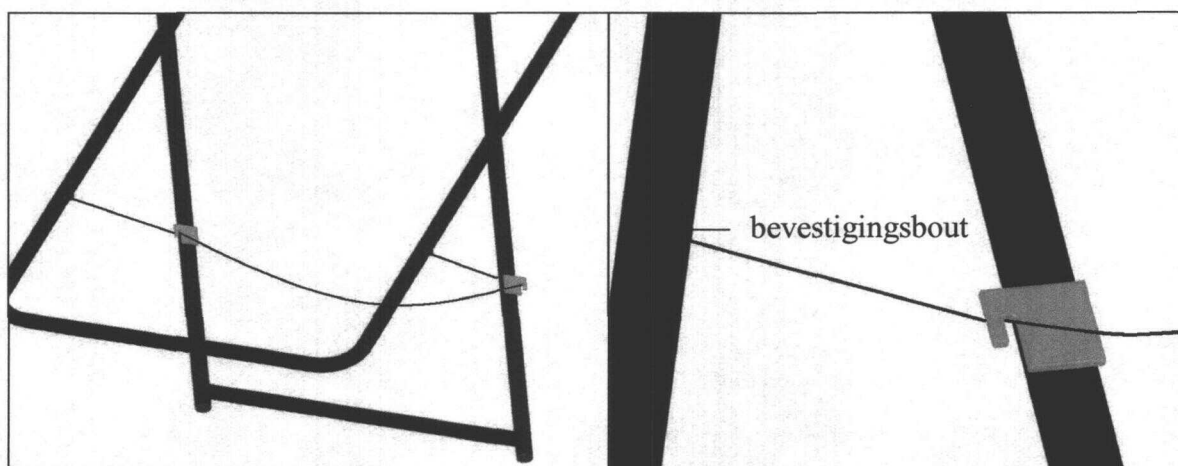


Fig 20. Principe van het kettingsysteem.

De zwarte lijn die is getekend in figuur 20, geeft weer hoe de ketting uiteindelijk komt te lopen. De ketting die klemt zich in het plaatje door hem een kwartslag te draaien en in de sleuf te doen. De ketting zal zich door het gewicht van de stoel vasttrekken en zich tegen het plaatje aan trekken. De bevestiging van de ketting aan de voorpoot gaat als volgt, er zijn twee M6 moeren aan de voorpoten gelast. In beiden komt een M6 bout die door de ketting is gestoken.

De tandarts kan, door de ketting naar achteren te trekken en zijn voet op de tussenstang van de achterste poot te zetten de stoel eenvoudig in hoogte verstellen.

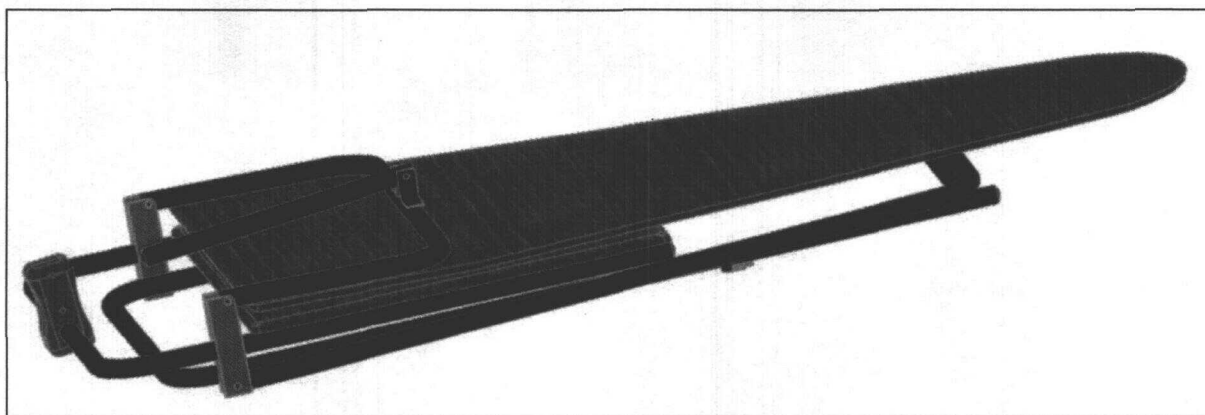


Fig 21. de veldtandartsstoel in ingeklapte toestand.

Om de stoel te vervoeren zoals in figuur 21 is aangegeven moet er gezorgd worden dat de stoel niet kan uitklappen. Om dit te bereiken moet de ketting strak getrokken worden en vervolgens vergrendeld worden ergens aan het zitframe, dit is nog niet nader bepaald. De rugleuning kan worden neergeklapt en in deze toestand vergrendeld worden in het klemsysteem voor de rugleuning.

Specificatie van de stoel

Lengte ingeklapt:	125 m
Breedte ingeklapt:	140 mm
Hoogteverstelling:	min. 560mm tot max.760 mm
Leuningverstelling:	kan in alle gewenste posities.
Gewicht:	±120 N (12 kg)

In uitgeklapte toestand kan er om de stoel gewerkt worden zonder dat er hinder van de stoel wordt ondervonden.

Als het nieuwe model getest wordt aan de eisen die opgesteld zijn in het pakket van eisen. Dan kan de conclusie getrokken worden dat het model zich aan de eisen houdt. In hoofdstuk 6 wordt nog verder op deze conclusie ingegaan.

5.5 Productieproces

5.5.1 Inleiding

Om duidelijk te maken hoe het productieproces verloopt, is er eerst een lijst met de benodigde gereedschappen gemaakt. Alle gereedschappen zijn wereldwijd vrij eenvoudig te verkrijgen.

5.5.2 Lijst van benodigde gereedschappen

- Buigijzer voor buis Ø 20 (Ø 22 is ook mogelijk)
- Sleutelset voor minimaal M6 schroeven en bouten
- Zaag voor hout (cirkelzaag is het eenvoudigst, maar een handzaag is ook goed)
- Handboor
- Kolomboor
- Borensset 4mm.....
- Boor 21mm
- Werkbank met bankschroef
- Centerpons
- Hamer
- Rolmaat
- schuifmaat
- Pijpensnijder of ijzerzaag
- Haakse hoek (kan ook een tafelrand zijn)
- Elektroden lassen (niet verplicht)
- Autogeen lassen (niet verplicht)

5.5.3 Lijst van inkoopproducten

- 2x bouten M6x50 met ringtjes en moertjes voor de scharnier poten
- 2x bouten M6x35 met ringtjes en moertjes voor de voorpotenbevestiging aan het zitframe
- 2x bouten M6x35 voor de bevestiging van de rugleuning
- 8x plaatschroeven om de rugleuning en het zitvlak te monteren
- Dunwandige buis Ø20mm, wanddikte 1,2mm
- Mahonie platen 460 x 500 zitting
- Mahonie platen 460 x 960 rugleuning
- Lak voor hout
- Lak voor staal

5.5.4 Beschrijving productieproces

Het productieproces kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Zoals hier het proces wordt uitgevoerd is een richtlijn. Omdat er in de praktijk processen meestal anders verlopen als theoretisch hoeft men zich hier niet strikt aan te houden. Allereerst wordt het proces uitgewerkt en vervolgens zal worden uitgelegd hoe men met de gereedschappen moet werken.

Allereerst worden de buizen gebogen volgens de maten die op de tekeningen staan aangegeven. Er moet getracht worden om deze maten zo nauwkeurig mogelijk te benaderen. Ook de haaksheid van de buizen moeten op het oog haaks zijn, het is verstandig om hier wel een haakse hoek bij te gebruiken. Voor de haakse hoek kan ook de hoek van een tafel gebruikt worden, men moet dan wel zeker weten dat deze hoek haaks is.

Als de pijpen gebogen zijn, kunnen de gaten erin geboord worden. Voordat de gaten geboord worden moeten ze worden afgetekend. Er moet op gelet worden dat de gaten recht tegenover elkaar komen te zitten.

De gaten van de zitting en de rugleuning moeten nog niet geboord worden.

Uiteindelijk kunnen de zitting en de rugleuning gezaagd en geboord worden. Men moet eerst de gaten in de zitting en de rugleuning maken en vervolgens in het zitframe en de beugel van de rugleuning. Voor het aftekenen van de gaten van de zitting in het frame, worden de gaten van de zitting gebruikt. Zo komen de gaten recht boven elkaar.

Als de gaten overal in zijn geboord moeten de plaatjes aan het zitframe gelast en geboord worden. Als dit vervolgens is gedaan moet alles geverfd en gelakt worden.

Na het lakken kan het frame in elkaar gezet worden. Hiervoor dienen de bouten en moeren te worden gebruikt die op de tekeningen staan aangegeven. Zorg dat de bouten en moeren zo worden aangedraaid dat het systeem nog wel kan scharnieren. Op de plaatsen waar geen scharnier zit, kunnen ze echter wel strakker worden aangedraaid.

De gevormde buizen:

Om de buizen te buigen is er een buigijzer nodig. Het werken met een buigijzer vereist enige ervaring, daarom is het verstandig om voordat er gebogen gaat worden, te proefbuigen. Men zal merken dat na 3 à 4 vier keer gebogen te hebben, dat er enige ervaring wordt opgedaan en er redelijk precies gebogen kan worden.

De buigtang buigt iedere keer met een vaste straal (R) zie figuur 22. Deze afstand R kan terug gemeten worden op de pijp, omdat punt A geen duidelijk punt op de buigtang is, is dit punt als terugmeetmaat niet geschikt. De voorkant van de haak is hiervoor beter geschikt, dit punt is tijdens het buigen goed zichtbaar.

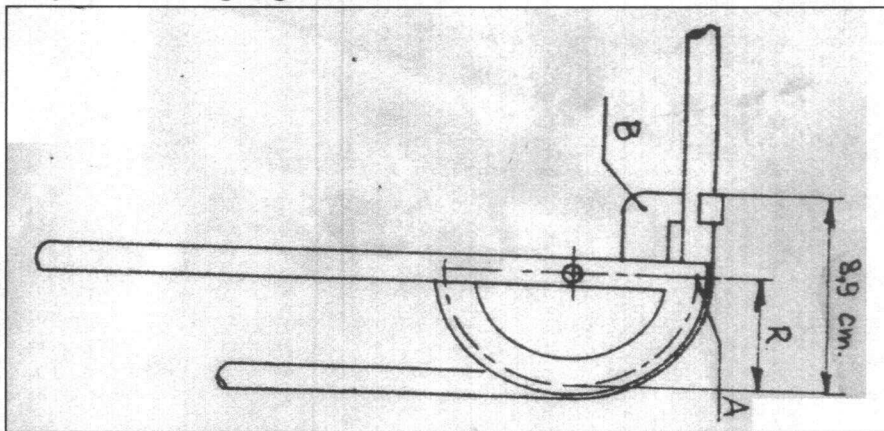


Fig 22. Tekening over buigen (bron: verslag buigen, werkplaats Hogeschool van Utrecht)

De bepaling van de terugmeetmaat:

Door in een stuk pijp een haakse bocht te buigen en bij de voorkant van de haak een streepje op de pijp te zetten, is de afstand vanaf dit streepje tot het hart van de bocht op te meten. Deze afstand: HART BOCHT-VOORKANT HAAK zal altijd dezelfde zijn. In het voorbeeld figuur 22 is deze afstand 8,9 cm. Het is raadzaam deze afstand met slagcijfers bij punt B in de haak te slaan, zodat niet iedere keer bepaald hoeft te worden hoe groot deze is. Deze maat moet bij iedere buigtang afzonderlijk bepaald worden, daar niet iedere buigtang precies hetzelfde is. Het op maat buigen van een haakse sprong:

Voor de eerste bocht wordt een stuk afgezet van $15 - 8,9$ (terugmeetmaat) = 6,1

De tweede bocht $20 - 8,9 = 11,1$ dit is de aftekenmaat vanaf het hart van de pijp

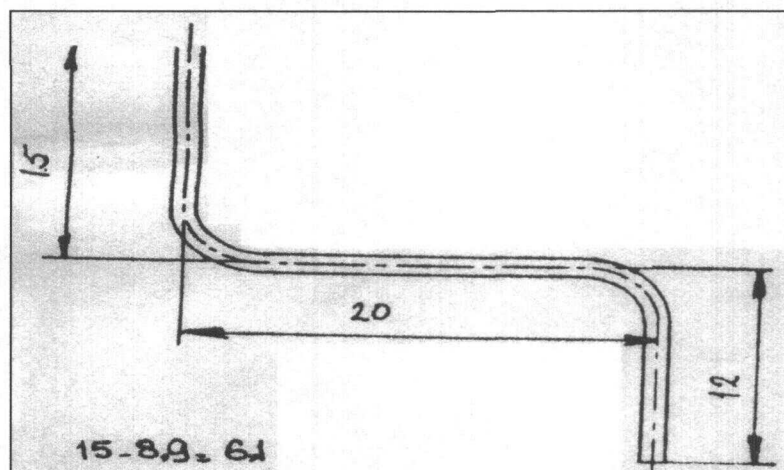


Fig 23 tekening over buigen (bron: verslag buigen, werkplaats Hogeschool van Utrecht)

Het is mogelijk om met een buigijzer van 22 mm een pijp te buigen van 20 mm. Het probleem wat zich voor gaat doen is dat de pijp niet 90° wordt. Dit probleem valt echter wel op te lossen. Men spant de gebogen pijp net voor de bocht in de bankschroef. Vervolgens wordt er een pijp die net iets groter is over de gebogen pijp heen gedaan. Op deze manier kan de hoek gericht worden. Het is raadzaam om dit principe altijd toe te passen om de buizen te richten.

Het boren van de gaten:

Voordat men de gaten van de scharnieren gaat boren moet eerst alles worden afgetekend. Om een nauwkeurige maat te krijgen moet men de pijpen niet aftekenen vanaf de uiteinden maar vanaf het rechte stuk waar de bochten zitten. Deze maat is namelijk altijd vast.

Als men de gaten heeft afgetekend moeten ze gecenterd worden. Het centeren moet gebeuren anders kan de boor tijdens het boren niet op zijn plaats gehouden worden. Het boren van de gaten kan op twee manieren geschieden. Met een kolomboor en met een handboor. Het verschil tussen beiden is, dat er met een kolomboor secuurder gewerkt kan worden, maar met de handboor is er meer vrijheid. De gaten moeten op het oog nauwkeurig geboord worden. Om dit te bewerkstelligen is het verstandig om de pijp in een bankschroef te doen en kort bij de bankschroef te boren.

Voordat men de juiste diameter boort, boort men eerst voor met een kleinere boor van ± 2 mm. De diameter van de boor is afhankelijk van de diameter van het scharnier c.q. schroef die de verbinding tot stand maakt. Omdat de scharnieren niet aan hoge toleranties moeten voldoen, kan er gesteld worden dat het gat waar de as in gaat, een 0,5 mm groter moet zijn dan de as zelf.

Scharnierplaatjes van de rugleuning:

De techniek die gebruikt gaat worden om de scharnierplaatjes van de rugleuning te bevestigen hangt sterk af van de kwaliteit van de werkzaamheden. Het kan namelijk op vier manieren; elektrisch lassen, autogeen lassen, hardsolderen en vastbouten. Er moet plaatselijk ondervonden worden welke techniek er het beste past. Het vastbouten moet alleen maar gedaan worden als er geen andere mogelijkheid is. Bij het vastbouten treed er meer verzwakking in het materiaal dan nodig is.

Het houten scharnier:

Het vervaardigen van het houten scharnier gebeurt zoals dit wordt uitgelegd in hoofdstuk 4.3: Uitwerking van houten scharnieren. Het gat dat hierin geboord moet worden, moet op een kolomboor geboord worden, omdat hier een gat van Ø21 mm in moet, wat niet te boren is met een handboor.

Het lassen:

Voor het lassen moet er net als bij het buigen, eerst geëxperimenteerd worden. Eerst moet er gekeken worden wat de juiste spanning is, er staan richtlijnen op het pak met de laselektroden. Dit is een richtlijn de fijninstelling moet toch op gevoel gedaan worden.

Als men daadwerkelijk aan de stoel gaat lassen moet men goed naar de tekening kijken. Men tekent de voorkant van waar het plaatje moet komen af. Als deze is afgetekend, worden de twee plaatjes op hun plaats gezet door een lijmkleem zie figuur 23. Het is verstandig om de beugel van de rugleuning er ook alvast los in te leggen. Op deze manier komt precies de afstand van de beugel tussen de plaatjes. De plaatjes moeten aan de onderkant gelast worden. Zorg er echter wel voor dat de onderkant van het plaatje gelijk loopt met de onderkant van de buis. In fig. 23 hieronder is de situatie uitgetekend.

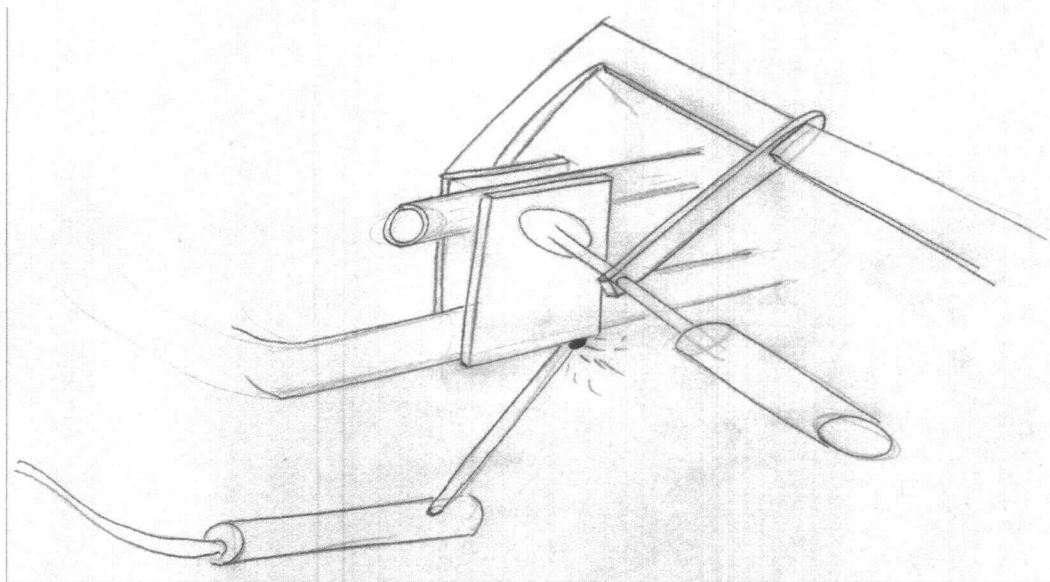


fig 23. Situatie zoals de plaatjes op het frame gelast moet worden.

5.6 Het kantelmoment

Na het maken van een concept idee zijn we gelijk begonnen met het bepalen van een aantal belangrijke waarden. Deze zijn het kantel moment en de spanningen in de poten. In de berekeningen zijn steeds de slechtste situaties als uitgangspunt genomen. Op de manier zullen de uitkomsten slechter zijn dan de werkelijkheid en zal ons ontwerp sterker zijn dan de berekeningen.

Om het kantel moment te bepalen zijn er een aantal berekeningen gedaan en zijn er aannamen vastgesteld. In dit hoofdstuk zullen eerst de aannamen worden besproken zodat achtereenvolgens de berekeningen gedaan kunnen worden. Het kantelmoment is bepaald met de momenten stelling. Om deze op te zetten hebben we de krachten en de armen moeten bepalen.

5.6.1 Het bepalen van de krachten

Als men zit of licht heeft het lichaam een aantal ondersteuningspunten. Op deze punten wordt een bepaalde kracht uitgeoefend. Deze krachten is bij benadering proefondervindelijk bepaald door in deze houding te gaan zitten en een weegschaal op het drukpunt te plaatsen. Om in de berekening de krachten met het maximale gewicht te bepalen, hebben we de waarden in procenten uitgezet tegen het lichaamsgewicht. Vervolgens is procentueel de kracht van het maximale gewicht bepaald. De waarden zijn te zien in de tabel van figuur 24.

Bepaling van steunpuntkrachten				
Positie		F(meting) [kg]	%	F(steunpunt) [kg]
1	Gewicht (max. gew.)	90,0	100	125,00
2	Voeten (<i>zithouding</i>)	19,2	21,33	26,66
3	Zitvlak (<i>zithouding</i>)	59,6	66,22	82,78
4	Rug (<i>zithouding</i>)	7,4	8,22	10,28
5	Hoofd (<i>zithouding</i>)	5,0	5,55	6,94
6	Voeten (<i>lighouding</i>)	10,6	11,78	14,73
7	Zitvlak (<i>lighouding</i>)	51,6	57,33	71,66
8	Rug (<i>lighouding</i>)	30,2	33,56	41,95
9	Hoofd (<i>lighouding</i>)	4,6	5,44	6,80
10	Leunen op tafel	10,0	11,11	13,89

Fig 24. tabel met steunpuntkrachten

In de waarden die uit de tabel komen zit een meetfout. Deze is eenvoudig aan te tonen door alle waarden van de lighouding bij elkaar op te tellen en deze te vergelijken met het lichaamsgewicht.

$$10,6kg + 51,6kg + 30,2kg + 4,6kg = 97kg$$

$$97kg \neq 90kg$$

Er zit dus een fout in van 7 kg totaal.

Deze fout zorgt ervoor dat de waarde waar mee gerekend wordt hoger is dan in werkelijkheid.

5.6.2 Massa van de stoel

Voor het berekenen van het gewicht van de zitting en de leuning, moet men het soortelijke gewicht weten. Deze waarde is gehaald uit het "polytechnisch zakboek".

$$\rho_{\text{mahonie}} = 550 - 750 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$A_{\text{rugleuning}} = 500 \times 250 + 500 \times 709 - 250 \times 790 + \pi \times 125^2 = 351337 \text{ mm}^2$$

$$m_{\text{rug}} = \rho \times V$$

$$m_{\text{rug}} = 750 \times (0,351 \times 0,01) = 2,64 \text{ kg}$$

$$m_{\text{zit}} = 750 \times (0,5 \times 0,45 \times 0,01) = 1,69 \text{ kg}$$

$$m_{\text{houttotaal}} = 2,64 + 1,69 = 4,33 \text{ kg}$$

Het soortelijke gewicht van de buizen Ø 20mm wanddikte 1,5mm, is niet in de tabellen gegeven. Het soortelijke gewicht wordt bepaald aan de hand van de gegevens uit het "polytechnisch zakboek" van een buis Ø 21,3 wanddikte 2,3.

$$\rho_{\text{buis}} = \frac{1,08 \text{ kg}}{137 \text{ mm}^2} = 0,00788 \text{ kg} / \text{mm}^3$$

$$A_{\text{buis}(20)} = \pi \times r_{\text{buiten}}^2 - \pi \times r_{\text{binnen}}^2$$

$$A_{\text{buis}(20)} = \pi \times 10^2 - \pi \times 8,5^2 = 87,18 \text{ mm}^2$$

$$m_{(\text{kg} / \text{m})} = \rho_{\text{buis}} \times A_{(\text{buis} 20)} = 0,00788 \times 87,18 = 0,69 \text{ kg} / \text{m}$$

Het gewicht van het totaal aantal buizen wordt:

$$m_{(\text{buizen})} = M_{(\text{kg} / \text{m})} \times l_{(\text{totaal})}$$

$$m_{(\text{buizen})} = 0,69 \times 7,110 = 4,886 \text{ kg}$$

Het totaal gewicht van de stoel komt op:

$$m_{\text{stoel}} = m_{\text{hout}} + m_{(\text{buizen})}$$

$$m_{\text{stoel}} = 4,33 + 4,886 = 9,211 \text{ kg}$$

Conclusie:

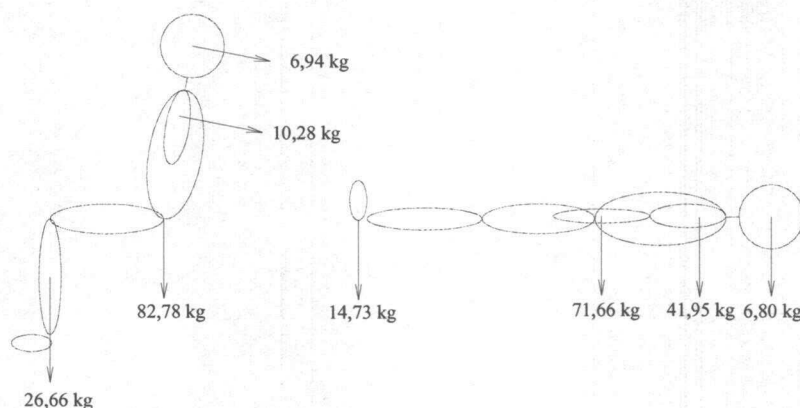
Er komen nog een paar dingen bij die de stoel zwaarder maken. Men moet denken aan boutjes, moertjes en scharnierplaatjes. Voor de verdere berekeningen van de veldtandartsstoel kan de stoel op 10 kg gesteld worden.

5.6.3 Het bepalen van moment armen

Hiervoor zijn de drukpunten van het lichaam en de positie van het lichaam op de stoel bepaald.

De drukpunten van het lichaam:

Om de drukpunten te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van de gemiddelde maten van mannen en vrouwen. Deze maten zijn verkregen uit het boek; "Productergonomie" van Hans Dirken.



De positie van het lichaam:

Het draaipunt van de stoel bevindt zich bij het punt waar de poten op de grond staan. Om alle drukpunten van het lichaam op de stoel te bepalen moeten we de afstand van het draaipunt van de poten tot het drukpunt van het zitvlak bepalen.

We hebben aangenomen dat het drukpunt van het zitvlak precies in het midden van het lichaam aangrijpt. Hiervoor is uit de ergonomie de helft van de maat van de borst diepte genomen.

$$234/2 = 117$$

Deze maat is bepalend voor de afstand van het zitvlak tot de rugleuning.

Met behulp van goniometrie kunnen we de afstand van de poot tot de rugleuning bepalen.

We hebben de hoogste en laagste stand van de stoel bepaald en weten de lengte van de poten.

De poten zijn even lang dus er is sprake van symmetrie.

Hoogste stand	760mm
Laagste stand	560mm
Lengte van de poot	600mm
Afstand tot het schanier	300mm
Van poot tot rugleuning	90mm

Het overstaande vlak van x is;

$$760[mm]/3 = 253,33mm$$

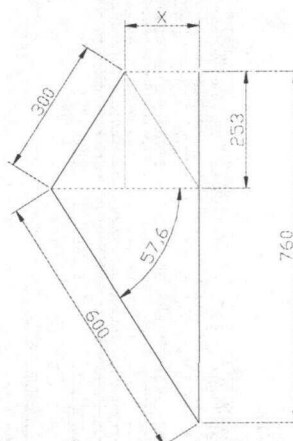
Hieruit volgt;

$$\sin^{-1} \alpha = \frac{253,33[mm]}{300[mm]}$$

$$\alpha = 57,6^\circ$$

$$x = 300[mm] \cos 57,6^\circ$$

$$x = 160,75mm$$



Vervolgens kunnen we het kantelpunt van de stoel bepalen. Hiervoor wordt de slechtste positie genomen. In dit geval dus de ligpositie in de hoogste stand.

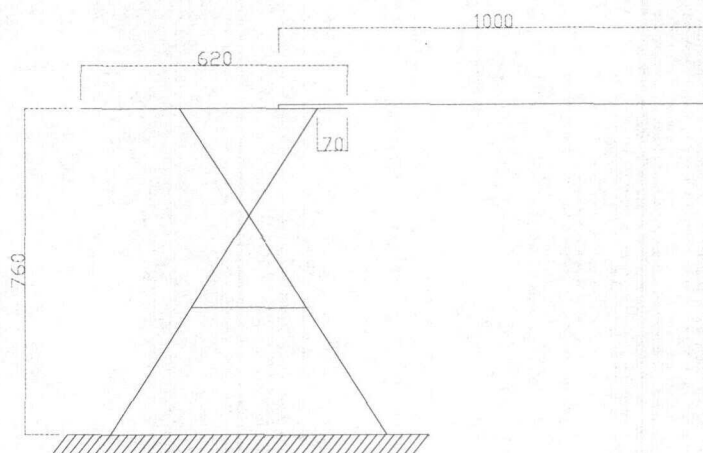
De armen van de momenten zijn als volgt bepaald;

a	= 160,75+90+610,5	=	866,25	mm	voeten
b	= 160,75+90+171	=	581,75	mm	zitvlak
c	= aangenomen waarde	=	180,00	mm	zwaartepunt v/d stoel
d	= 733-160,75+90	=	322,25	mm	rug (schouderbladen)
e	= 910-160,75+90	=	499,25	mm	hoofd
f	= 910-160,75+90	=	499,25	mm	steunpunt

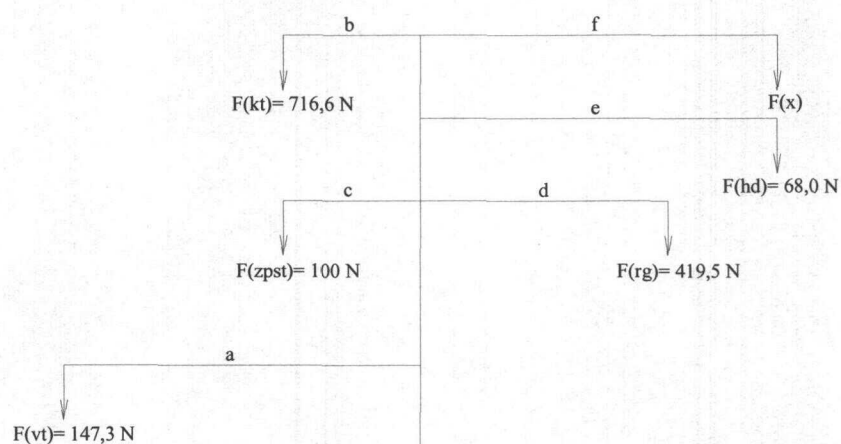
Het zwaartepunt:

De afstand van het zwaartepunt is aangenomen door van alle elementen in de tweedimensionale tekening het middelpunt te bepalen. We houden zo geen rekening met de soortelijke massa van een onderdeel. Ook word door de twee dimensionale waarde geen rekening gehouden met verschuiving van het zwaartepunt door vormen in de derde dimensie.

Situatie schets



Tekening van de momenten lijnen



Bij de berekening wordt aangenomen dat de constructie oneindig stijf is en niet zal vervormen.

$$\sum M = 0$$

$$\sum M_L = \sum M_R$$

$$(a \cdot F_a) + (b \cdot F_{kt}) + (c \cdot F_{zpst}) = (d \cdot F_{rg}) + (e \cdot F_{hd}) + (f \cdot F_x)$$

$$(0,8665 \cdot 266,6) + (0,58125 \cdot 716,6) + (0,180 \cdot 100) = (0,32225 \cdot 419,5) + (0,49925 \cdot 68,0) + (0,49925 \cdot F_x)$$

$$F_x = 994,2N$$

$$F_x = 99,42kg$$

5.6.4 Nauwkeurigheid

Bij de nauwkeurigheid van deze berekening kan men een heleboel aanmerkingen plaatsen. Bijna alle maten zijn bij benadering vastgesteld. De afwijking tot de realiteit is afhankelijk van het gewicht en de lengte van de persoon. In de tabel van figuur 18 is ook gemeten wat de kracht is die een persoon uitoefent op een tafel als men er op leunt. Uit de berekening blijkt dat de kracht F_x bijna een factor 9 over deze maat zit. Er kan dus gesteld worden dat de stoel niet zal kantelen als de tandarts bij het hoofd van de patiënt leunt.

5.6.5 Conclusie

Kijkend naar de momenten die op de stoel werken is te zien dat de grootste kracht op het zitvlak uitgeoefend wordt. Vast te stellen is dat de stoel stabiel is tot de persoon met het zitvlak over het draaipunt van de poot komt.

6 Conclusie en aanbevelingen.

De vraagstelling van dit project luidt: aan welke eisen moet een veldtandartsstoel die op het kinderdorp van dhr. Koelewijn in Oeganda geproduceerd gaat worden voldoen, om de gebruiker in dit geval vooral de tandarts tevreden te stellen? De antwoorden voor de vraagstelling zijn gevonden door het ontwerpproces zoals is aangeleerd bij de studie Product Design & Engineering te doorlopen en zijn opgenomen in het pakket van eisen paragraaf 3.5. Uiteindelijk is er een veldtandartsstoel gekomen die op het kinderdorp geproduceerd kan worden met de middelen en materialen die plaatselijk aanwezig zijn.

In de QFD is naar voren gekomen, dat er veel waarde gehecht wordt aan; het draagcomfort, de betaalbaarheid en de fabricage in Oeganda. Er is daarom geprobeerd, om zoveel mogelijk aan deze eisen te voldoen.

Het draagcomfort van de stoel is door middel van omgevingsfactoren het moeilijks te realiseren. In Oeganda is het erg moeilijk om aan gewichtsbeparende materialen te komen. Er is onderzoek gepleegd naar de haalbaarheid om natuurlijke vezels in composieten te gaan gebruiken. Het is haalbaar om een dergelijk proces in Oeganda neer te zetten, alleen is dit al een project op zich. Ook is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van het importeren van materialen zoals aluminium. Op het importeren van materialen naar Oeganda is er veel controle nodig, spullen worden gestolen en deze controle kan door dhr. Koelwijn niet geboden worden. Uiteindelijk is er met dit project, zo licht mogelijk geconstrueerd met de materialen die plaatselijk aanwezig zijn.

De betaalbaarheid, is de reden geweest voor het hele project. Doordat het project wordt uitgevoerd in Oeganda, blijven de productiekosten laag en komen de meeste kosten in het materiaal en vervoer te zitten.

Uiteindelijk is de productie in Oeganda de belangrijkste eis die er gesteld werd aan het project. Er is nu een stoel die op een paar onderdelen na geheel in Oeganda geproduceerd kan worden, met de eisen die aan een dergelijke stoel gesteld worden. De stoel is zelf zo geconstrueerd dat er geen ingewikkelde mechanieken aan zitten die veel specialisme vereisen. Onderdelen zoals, een neksteuntje en beschermdeppen voor onder de poten, zouden uit de handel gehaald moeten worden. Deze onderdelen zou dhr Gundlach kunnen meenemen als hij naar Oeganda toe gaat.

Aanbevelingen:

Omdat wij zelf niet in Oeganda en laat staan op het kinderdorp van dhr. Koelewijn zijn geweest. Hebben wij al onze indrukken en informatie via de E-mail. Wij hebben ons hier erg aan moeten vasthouden en het zou goed kunnen dat dhr. Koelewijn dingen over het hoofd heeft gezien, die toch goed voor het project gebruikt kunnen worden. Vooral zaken die met de gewichtsbeparing te maken kunnen hebben, zoals de zitting en de Rugleuning. Hiervoor zou een ander materiaal, bijvoorbeeld multiplex, veel gewicht kunnen besparen. Wij raden aan om goed te kijken in Oeganda of er op verschillende onderdelen of manieren nog gewicht bespaard kan worden.

Omdat er aan het einde van het ontwerp nog aanpassingen zijn gedaan, is het niet mogelijk geweest dit ook in het verslag aan te passen. De aanpassingen die gedaan zijn, zijn; de voorpoten die verschoven zijn naar onder de leuning en het verstelsysteem voor omhoog en omlaag. Deze aanpassingen zijn echter niet in de berekeningen meegenomen.

Verder moet er nog uitgezocht worden wat voor een ketting of eventueel staalkabel er gebruikt gaat worden voor de hoogteverstelling.

Bijlagen

Onderdelenspecificatie

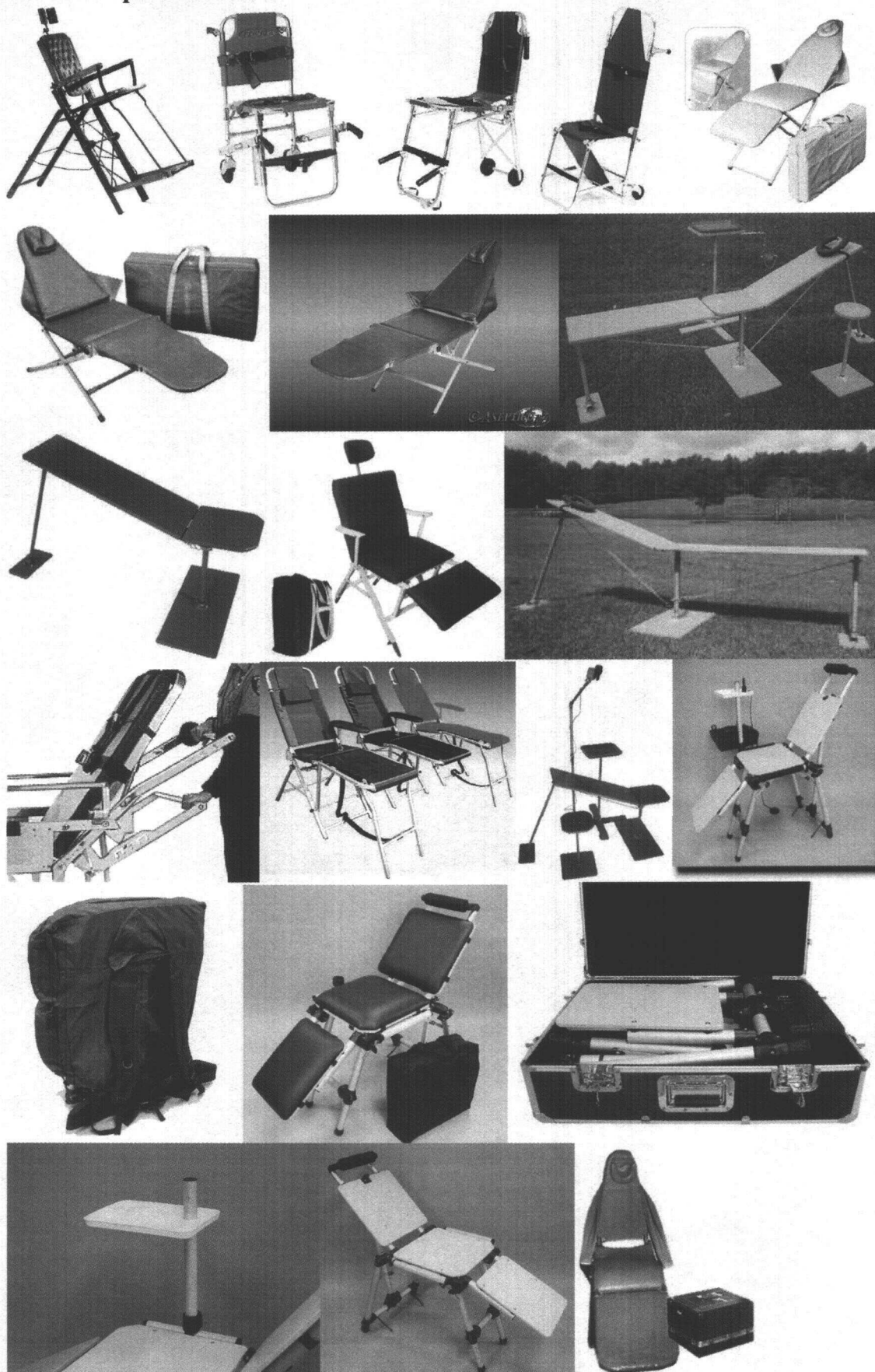
onderdelen specificatie			
onderdeel	materiaal	functie	fabricage methodes
rugleuning	hout	steun voor de rug	* plank wordt gezaagd op maat * gaten boren
	schuim	zacht zitten	* geknipt
	plastic bekleding	bescherming voor schuim	* geknipt * genaaid * geniet
	plastic afwerkplaat	afwerking	* geknipt * geschroefd
	18 schroefjes	bevestiging afwerkpl.	* inkoop
	klittenband	voor bevestiging hoofdkussen	* afknippen * nieten
	bevestigings u-profiel voor verstelstang	bevestiging verstelstang	* zagen * 3x boren * verfspuiten
	kettinkje	voorkomen kwijtraken bevestigingspinnetje voor verstelstang.	* knippen
	ringetje	bevestiging kettinkje/pinnetje	* inkoop
	pinnetje		* boren * draaien * vervormen om het kogeltje en veertje tegen te houden.
	2x hoekstaal	bevestiging aan het onderstel	* zagen/slijpen * boren * verfspuiten
	2x inbusschroef	bevestiging hoekstaal/onderstel	* inkoop
	2x schroeven	bevestiging hoekstaal/leuning	* inkoop
zitting	hout	zitvlak	* plank wordt gezaagd op maat * gaten boren
	schuim	zacht zitten	* knippen
	plastic bekleding	bescherming voor schuim	* knippen * naaien * nieten
	4x inbusschroefjes	bevestiging zitvlak aan frame	* inkoop
frame	2x profielen	bevestiging zitvlak en geleiding voor het stangenmechanisme om het omhoog en omlaag te kunnen doen	* frezen * boren * tappen * zagen * verfspuiten
	2x beschermdopje/rubbertje	dat de stoel in ingeklapte toestand zichzelf niet beschadigd	* inkoop

geleidende poten	buis staal	schroefdraad voor de schroefspil ondersteu- nen en stevigheid aan aan poten geven	* boren * lassen * verfspuiten * tappen
	afgedraaide stalen stang	zorgt ervoor dat de poot door de draad- spil in beweging wordt gezet.	* draaien * tappen
	2x nylon rollers	om de verplaatsing soepel te laten verlopen	* draaien * ?boren?
	2x rechthoek staal- profiel	poten	* zagen * lassen * boren * verfspuiten * slijpen
	rechthoek staalprofiel	versteviging om de poten uit elkaar te houden	* zagen * frezen * lassen
	2x nylon wielletjes	om de stoel te kunnen verplaatsen	* draaien * boren
	2x inbusschroef + moertjes	voor het bevestigen van de wielletjes	* inkoop
vaste poten	tapeind 480 mm	voor het scharnierpunt van de poten t.o.v. elkaar	* draadsnijden
	2x blinde ronde kop moer	voor het tapeind vast te zetten	* inkoop
	2x stalen rechthoek profiel	poten	* lassen * zagen * boren * verfspuiten
	rechthoek staal	versteviging om de poten uit elkaar te houden	* zagen * frezen * lassen
	2x rubber	om de vloer niet te beschadigen	* een of andere rubber- spuittechniek
	stalen stang	voor het bevestigen van de verstelstang voor de rugleuning en voor het scharnieren van de poten	* sleuven in maken voor borgveertjes. * boren * tappen
	draadspil	voor de verschuiving van de achterpoten	* zagen
verschuif- mechaniek	massief alu. stang rond 30	om de draadspil een vast punt aan de stoel te geven	* zagen * boren * tappen * verfspuiten

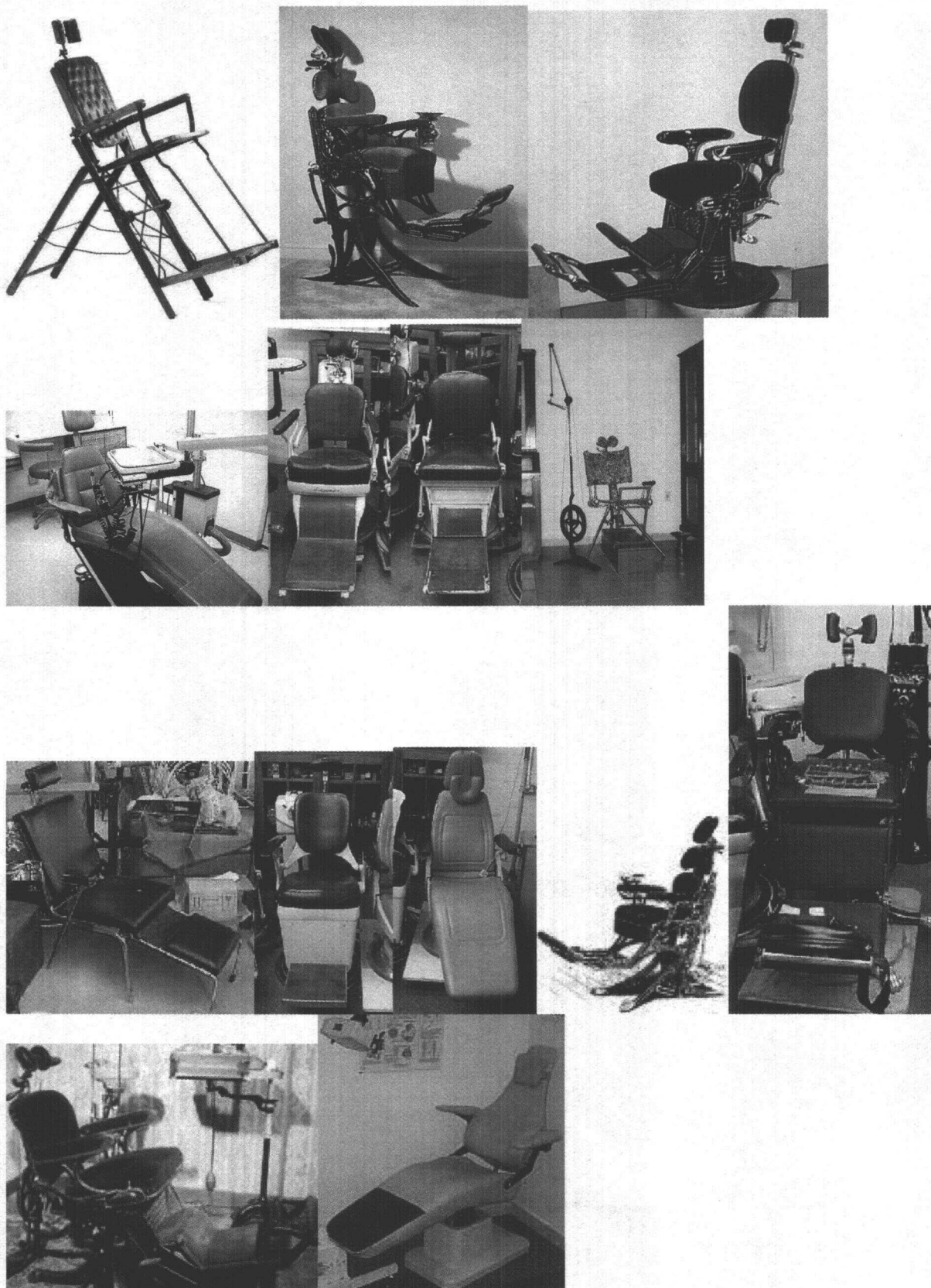
cardan	goedkoop lager	om de cardan en de massief stalen stang t.o.v. elkaar te kunnen laten bewegen	* inkoop
	eerste deel cardan	verbinding met de draadspil, buisje gelast aan ringetje	* frezen * slijpen * lassen * galvaniseren
	tweede deel cardan	verbinding met de zwennel	* boren * draaien * frezen * tappen * waarschijnlijk op bew.stat.
	verenstalen plaatje	borgen van de zwennel	* knippen * boren *?harden? * zetten
	schroefje	om plaatje te bevestigen	* inkoop
	veerpinnetje	om plaatje te borgen	* inkoop
zwennel	staf rond +/- 12mm	zorgen voor zwenneleffect	* buigen * draaien (groefjes borgringen) * verfspuiten * boren
	4 kleine borgringetjes	borgen van k.stof ondersteungedeelte	* inkoop
	nylon ondersteun	ondersteunen van de zwennel	* boren * frezen * draaien (steekbeitel)
	nylon handvat	handvat om de zwennel juist te kunnen gebruiken	* draaien * boren
	2 grote borgringetjes	zorgen dat handvat op zijn plaats blijft	* inkoop
	asje rond +/- 18	verbinding handvat zwennel	* draaien * boren
	pinnetje	voor de verbinding zwennel/cardan	* draain
versteller rugleuning	vierkant stalen blokje	om aan de as die zorgt voor de scharniering w/d achterpoten te kunnen scharnieren	* zagen * boren * verfspuiten * lassen
	stalen buisje	onderdeel om de versteller vast te houden.	* lassen * zagen * tappen * verfspuiten
	staf +/- 12mm 430mm	versteldeel dat vast zit aan de leuning	* draaien * boren * tappen

versteller	inbusschroefje	bevestigen staf door buis	* inkoop
rugleuning	nylon bus met gaten	huis voor schrenkmechaniek	* draaien
2de deel			* frezen
			* boren
	plat staal	beugel die zorgt voor het schrenkeffect	* zetten
			* boren
			* ?afknippen?
			* verchromen
	nylon ringetje	positioneering en geleiding van het huis	* draaien
	veer	zorgt voor het schrenkeffect	* inkoop
beensteun	2x plat staal	voor de bevestiging aan de stoel	* zetten
			* boren
			* tappen
			* verfspuiten
	2x hoekstaal	bevestiging plat aan beensteun	* boren
			* zagen
			* verfspuiten
	4x inbusschroefjes	voor bevestiging	* inkoop
	houten plank	voor ondersteuning van de benen	* zagen
			* boren
	schuim	zacht voor de benen	* geknipt
	plastic bekleding	bescherming voor schuim	* geknipt
			* genaaid
			* geniet
	2x stalen bevestigingsmoeren	om de voetensteun aan de stoel te kunnen vastdraaien	* draaien
			* tappen
			* verfspuiten
	2x inbusbout	om de bevestigingsmoer te kunnen aandraaien	
armleuning	staf +/- 12mm 330mm	steunen voor de armleuning	* draadsnijden
			* boren (passingsgat)
	2x nylon as	ondersteunen van de lappen armleuning	* boren
			* tappen
			* draaien
	2x nylon verloopas	voor de bevestiging en het scharnieren van de steunen	* draaien
			* boren
	2x stalen pinnetje	voor het tegenhouden van de armleuning	* draaien
	2x stalen pinnetje	passingspinnetje die het andere pinnentjes tegen houdt die in de verloopas komt	* draaien
	4x inbusschroefje	bevestiging van het	* inkoop
	2x kunststoflappen	armleuning kunststof napeleer	* knippen
			* naaien
	2x schroef	voor bevestiging van de armleuning	* inkoop
	2x ringetje	voor ondersteuning van de van de schroef voor armleuning	* inkoop

Foto's compacte stoelen



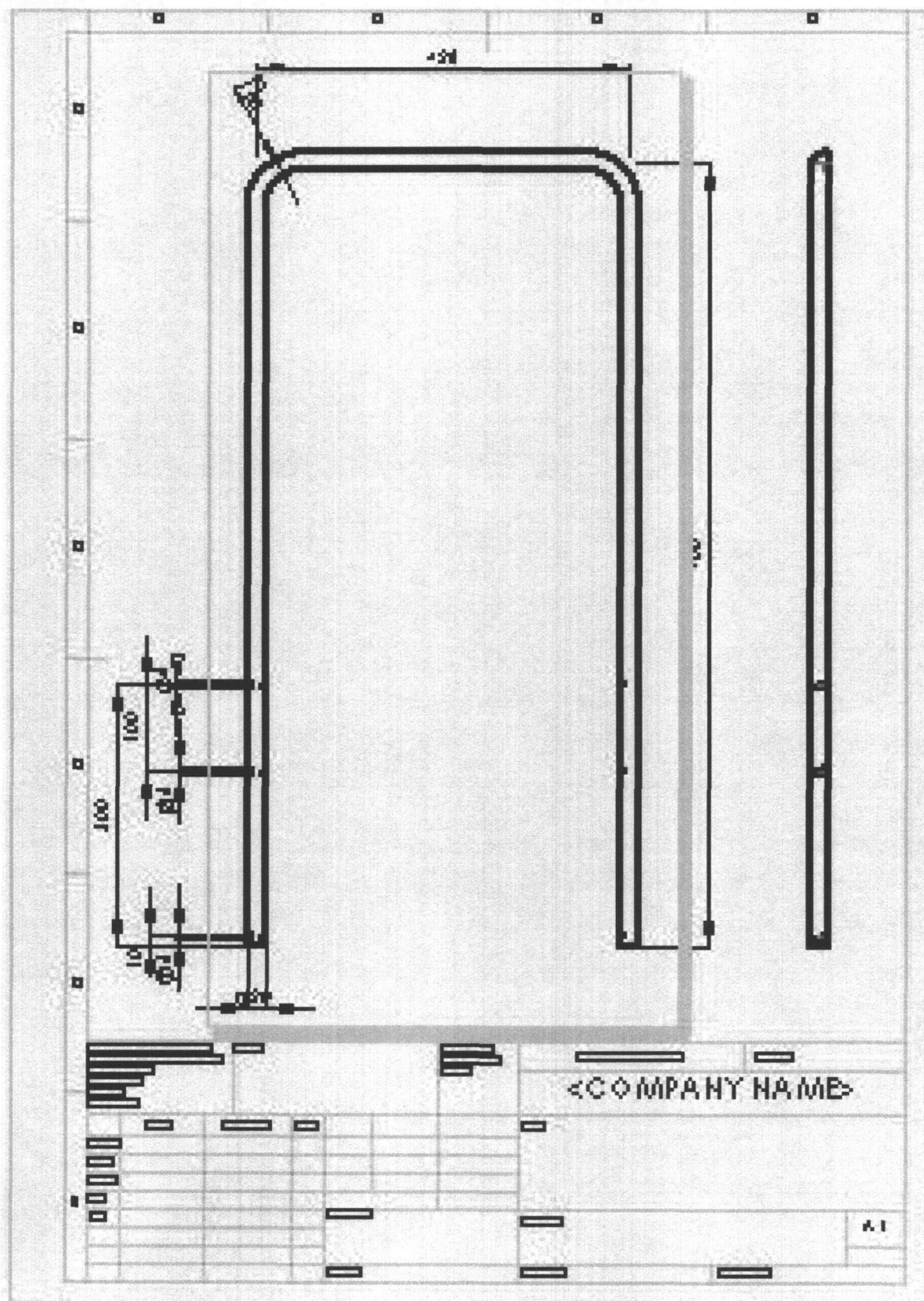
Foto's oude tandartsstoelen



Foto's hedendaagse tandartsstoelen



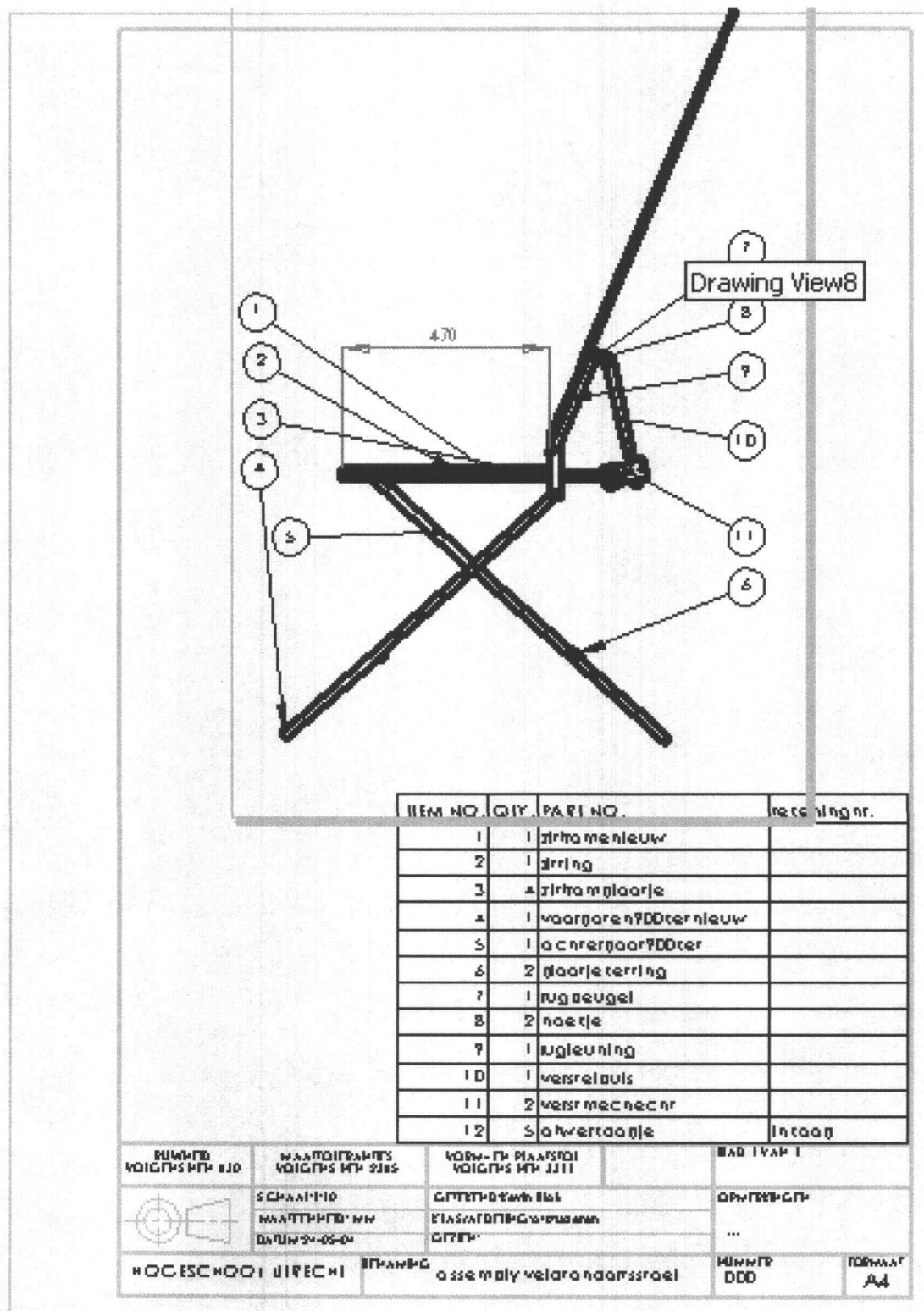
Voorpoten:



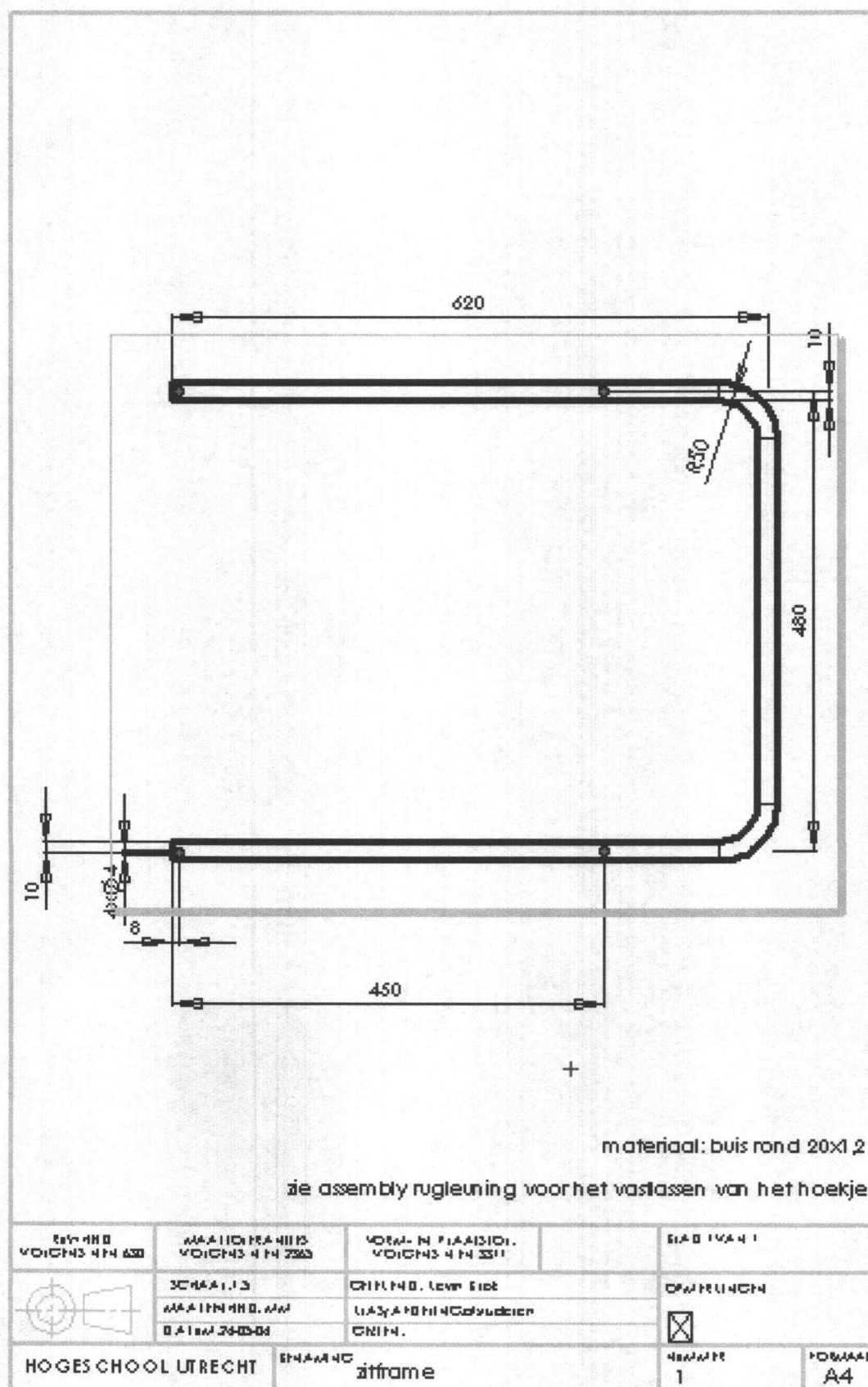
Zitting:



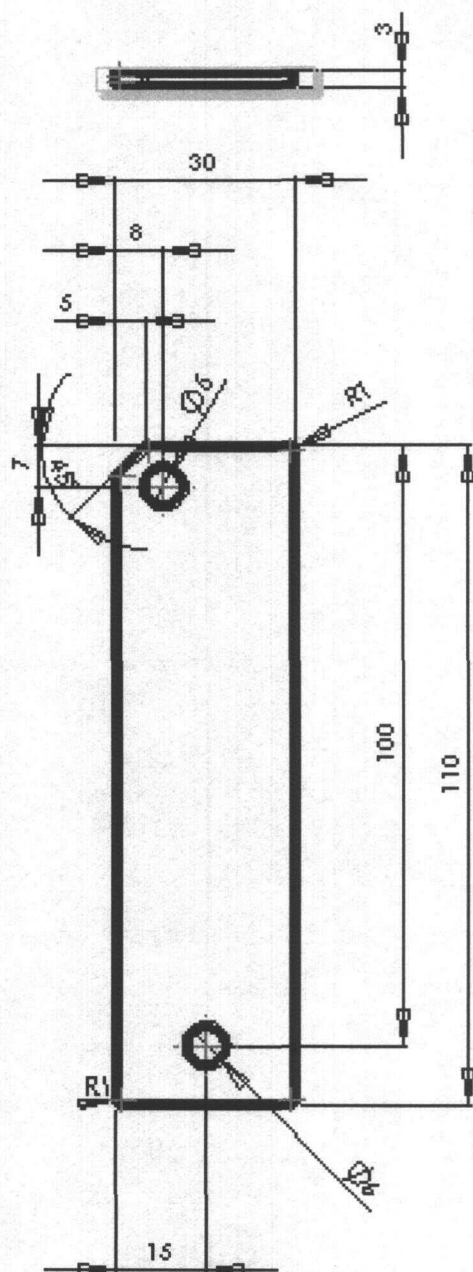
Werktekeningen uiteindelijk concept



Zitframe:



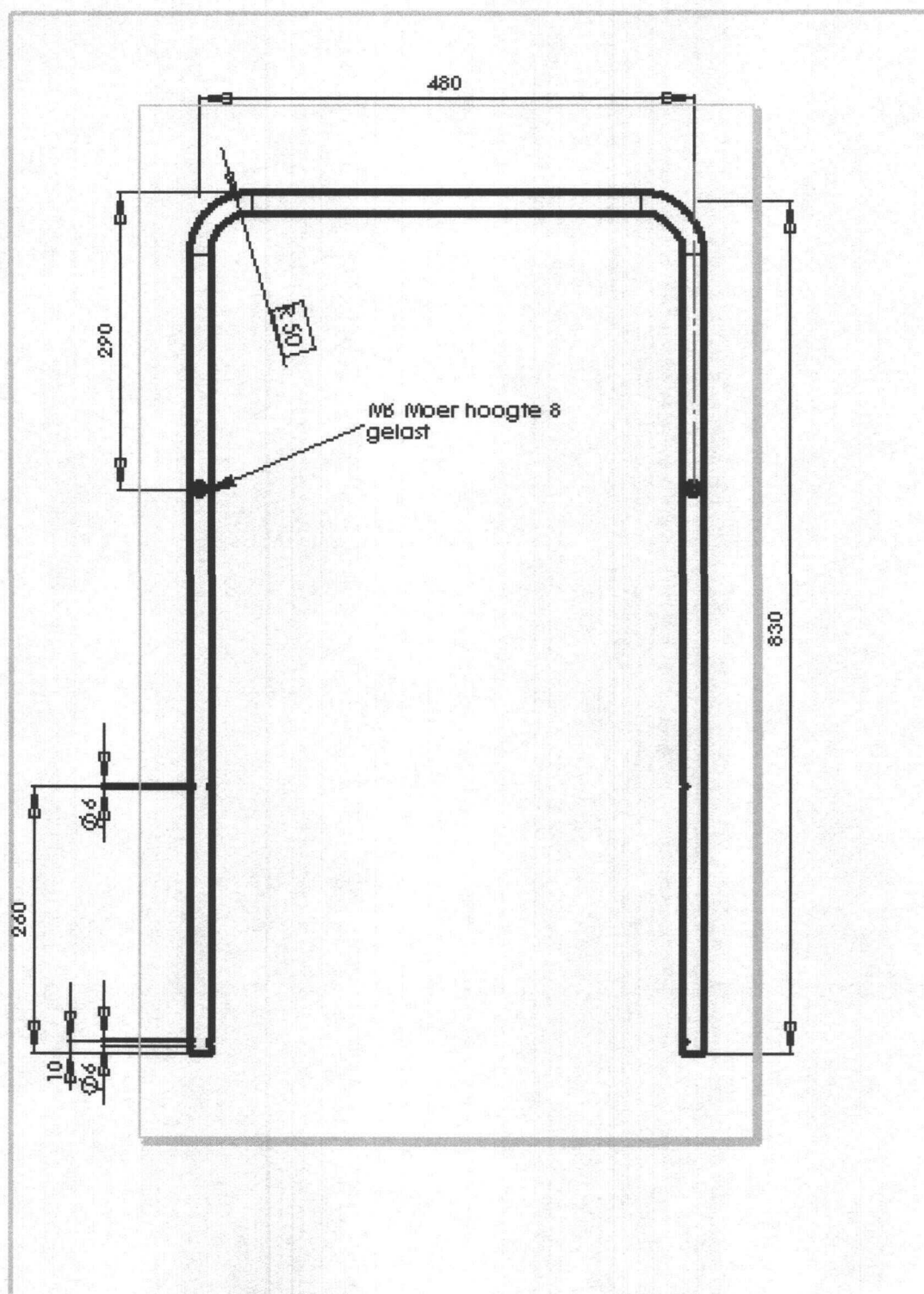
Zitframeplaatje

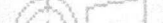


materiaal strip 30x3

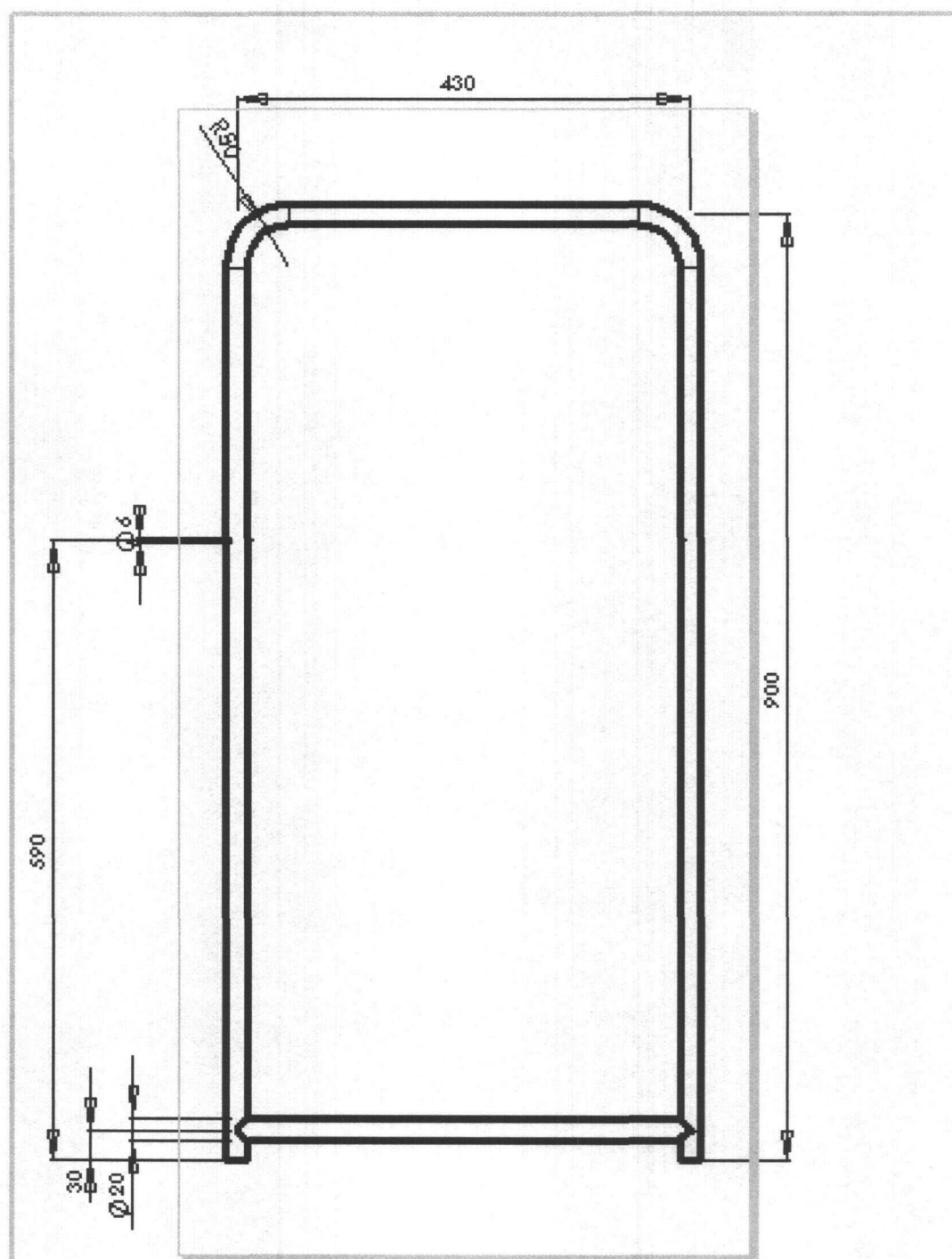
Beveiliging VOICHS 4 IN 630	WAAICHTPAAL VOICHS 4 IN 7263	WOM- IN PLAAICHOI. VOICHS 4 IN 3311	EIA B IVAN I	
	SCHAAI.13	CHINHO.levor Elok	OPMERKING	
	WAAICHTPAAL. WAA	LIASPAHICHOI.levor	...	
	WAAICHTPAAL. WAA	CHINHO.	...	
HOGESCHOOL UTRECHT	BENAMING zitframeplaatje		NUMMER 3	FORMAAT A4

Voorpoten



Type HRB VOICH3 4 FN 630	AANTAL PRAAKTIS VOICH3 4 FN 7363	VOER- N FIAA3101 VOICH3 4 FN 3311	8,9 gte/jq qibuis 20x1 2	
	SCRAAL 13 AANTAL HRB. 630 D A T E 24-03-04	GRIT. 140. 10mm Slet L A S Y A F O N I N G C o l o n n e n GRIT. 14.	ONAFHUNGEN ...	
HOOGESCHOOL UTRECHT	SPRAAK 40 voorpoten		N O M M E R 4	N O M M E R A4

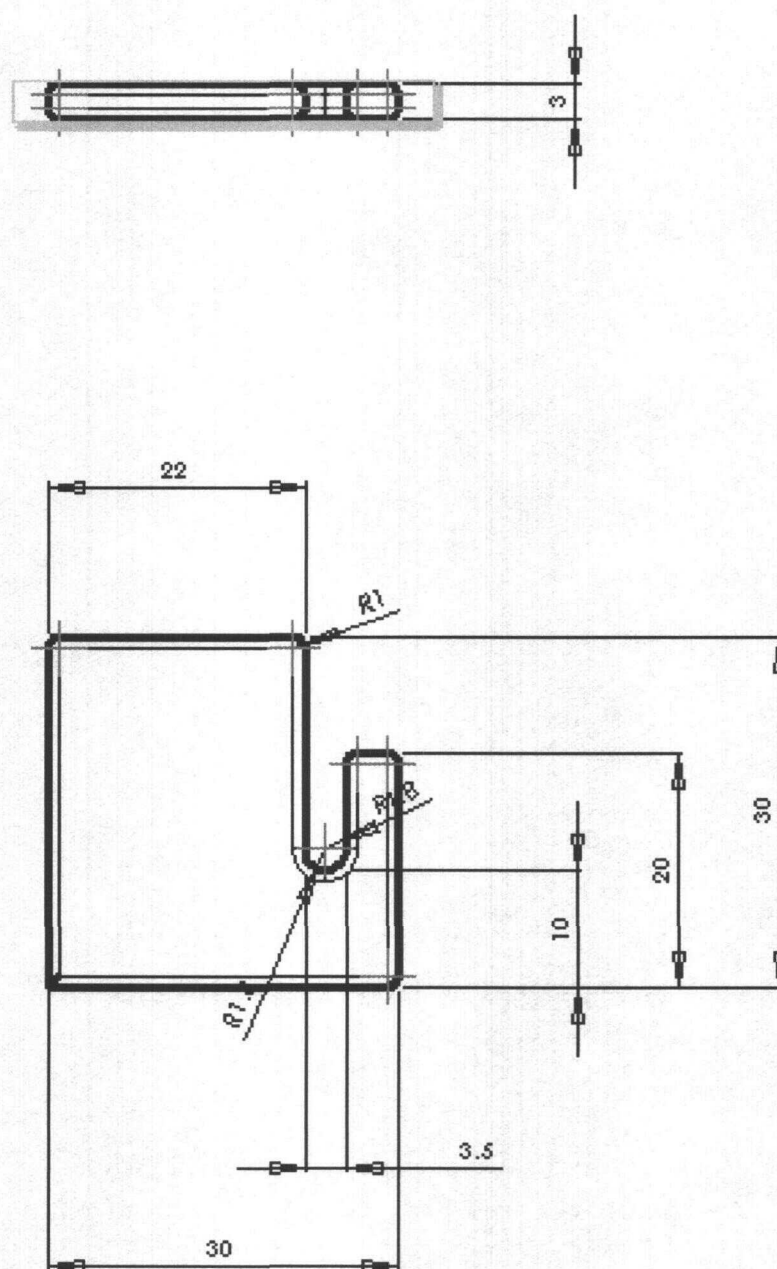
Achterpoten



materiaal: buis 20x1.2

RAYMOND VOICHS 4TH 630	WAAICHTPAKETS VOICHS 4TH 2303	NORMALE FRACTION VOICHS 4TH 3311	STABTVAAT	
	SCHAAFT WAAICHTPAKETS DAIWA 24-03-04	CHILINDRISCH LIASCH 4TH 4000000000 CHILINDRISCH	OPAKUNGEN ...	
HOGESCHOOL UTRECHT		SPANING achterpoten		NUMMER 5
				FORMAAT A4

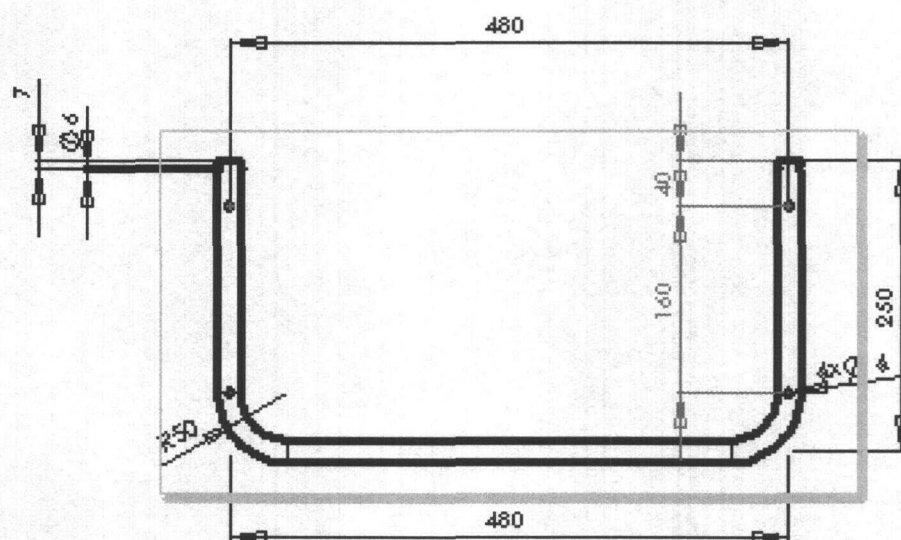
Plaatje voor de ketting te klemmen



Bestelnummer VOICHS 414 630	Maafnummer VOICHS 414 230	Formaat VOICHS 414 330	Stap 1 van 1
	SCHAAFT 2.1 MAATNOMMER 1.1 BETRIJF 24-03-04	CHNHS.1.1.1.1.1.1 LIJSTENOMMER 1.1 CHNHS.	OPMERKINGEN ...
HOGESCHOOL UTRECHT	SHAMING plaatje ketting	NUMMER 6	FORMAAT A4

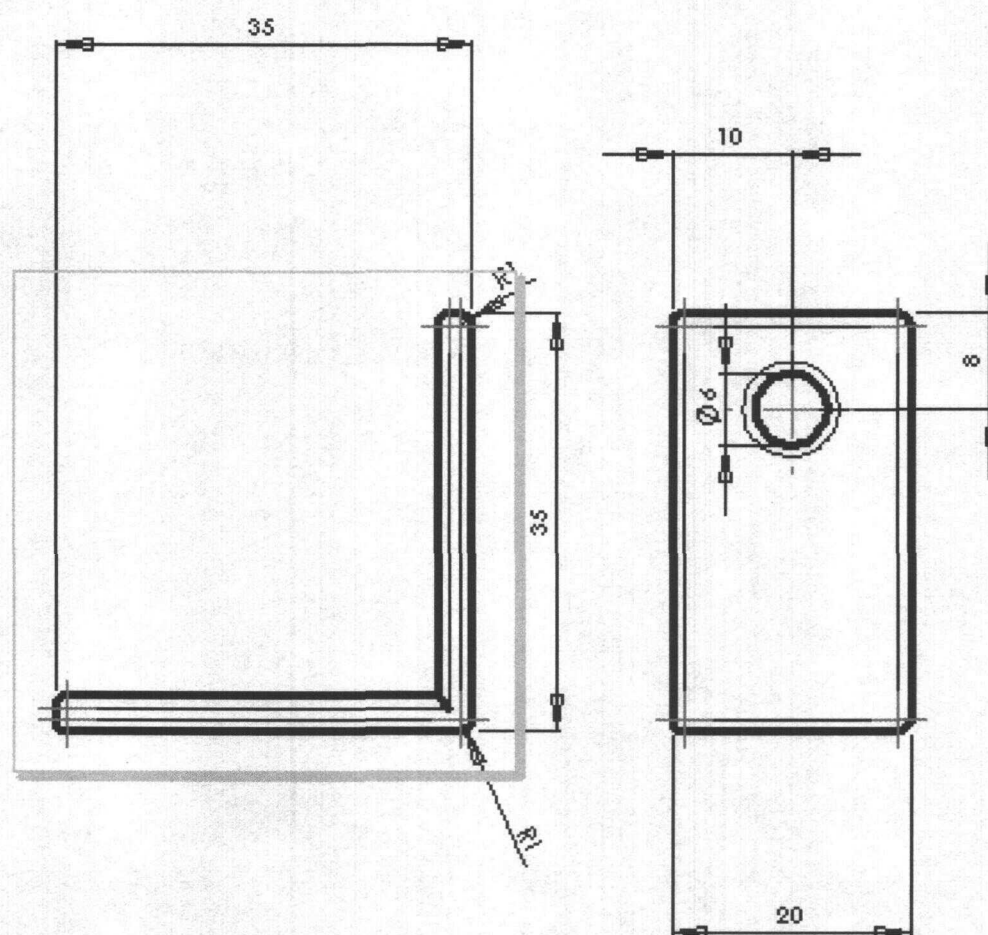
Beugel voor de rugleuning

oolbar



TEKENING VOICHS 411 630	MAATTEKENING VOICHS 411 2503	VOOR- EN NAAM VOICHS 411 3311	SLAAGVAST
	SCHAKEL	CHINING, lever 600	OPMERKING
	MAATTEKENING, mm	MAATTEKENING, mm	...
	BATIM, 24-05-04	CHINING	...
HOGESCHOOL UTRECHT	BRAND	rugbeugel	HOOGTE 7
			FORMAAT A4

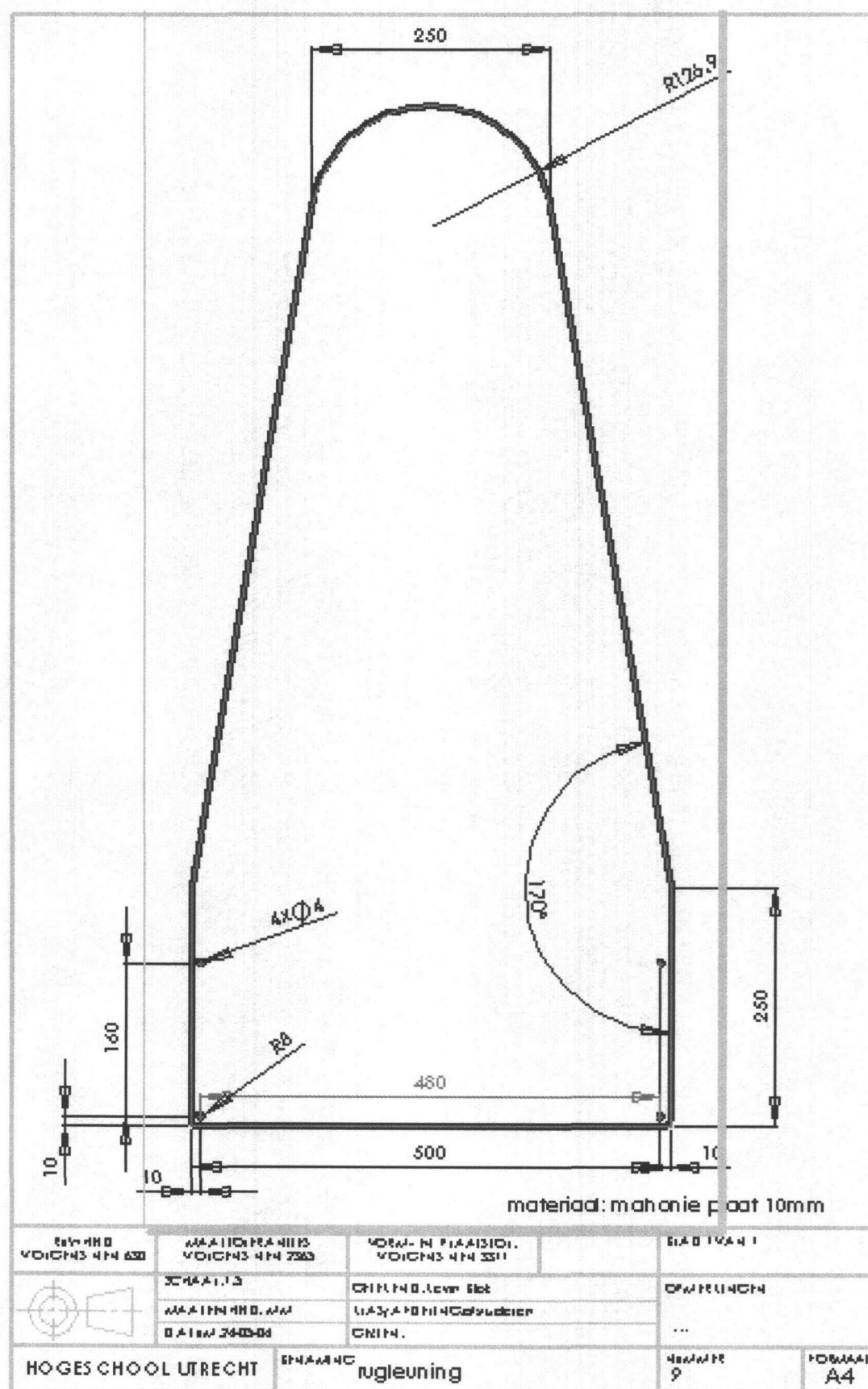
Hoekje voor de leuningverstelling



materiaal: strip 20x3

RECHT VOICHS 4 IN 630	MAATHOEVEN VOICHS 4 IN 730	VOICHS 4 IN 1310	VOICHS 4 IN 1311	SLABTVA 4
	SCHAKEL	CHINHO 2e en 3e	CHINHO 2e en 3e	OPMERKING
MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	...
MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	MAATHOEVEN	...
HOGESCHOOL UTRECHT	SHAWING	hoekje	HOOGTE	HOOGTE
			8	A4

Rugleuning



Samenstelling van het rugleuninggedeelte

Technical drawing of a roof structure. The drawing includes a cross-section and a plan view. The cross-section shows a gabled roof with a peak height of 20m and a base width of 20m. The plan view shows a rectangular base with a width of 20m. The drawing is labeled "RUGLEUNINGASS" and "A4".

Literatuurlijst

Scripties & verslagen

1. Innovatie van de Beensteun; *Philippe Pop* 2003
2. Ergonomie in de tandheelkunde; *Annemarie Timmers* 2001
3. Ergonomie in de tandheelkunde; *Studente aan de HvU* 1995
4. Verslag composieten; *Paul Povel* 2003
5. verslag buigen;

Gebruikte boeken

1. Vormgeven ordening en betekenisgeving. *Wim Muller*
2. Productontwerpen, structuur en methoden. *N.F.M. Roozenburg en J. Eekels*
3. Handboek ontwerpen handboek voor innovatie, communicatie en analyse bij het ontwerpen van producten. *Ir. P.J.W.M. Delhofen*
4. Methodisch Ontwerpen. *J.C.F de Beer*
5. Materiaalkunde voor Technische 2^{de} druk. *Ken G. Budinski, Michael R. Budinski*
6. productergonomie ontwerpen voor gebruikers. *Hans dirken*
7. de menselijke maat een studie over de relatie tussen gebruiksmaten menselijke afmetingen bewegingen en handeling. *Prof.ir. A.J.H. Haak en ir.d. Leever-van der Burgh.*
8. polytechnisch zakboekje. *Koninklijke PBNA*
9. Quality Function Deployment, *Lou Cohen*

Internet

www.demotech.nl
www.cwm-uganda.org/index.html
www.trailside.org/brochure.htm
www.isixsigma.com/tt/qfd/