

Ontwerpen van een Lasstoel

Bachelor Eindopdracht bij Stork Thermeq



Harmen Westerhof

Universiteit Twente
Faculteit der Construerende Technische Wetenschappen
Industrieel Ontwerpen

Titel

Ontwerpen van een Lasstoel voor het lassen onder membraanwanden bij Stork Thermeq.

Projectkader

Bachelor Eindopdracht voor de opleiding Industrieel Ontwerpen (Bsc.) aan de Universiteit Twente.

Auteur

H.A. Westerhof
s0071994

Publicatiedatum

6-1-2011

Bestemd voor

Prof. Dr. Ir. A. O. Eger
Universiteit Twente

Oplage

5

Ing. T. G. M. Krone
Universiteit Twente

Aantal pagina's

42

F. M. A. Legtenberg
Stork Thermeq

Aantal pagina's bijlage

47

W. P. Klaassen
Klaassen BV

UNIVERSITEIT TWENTE.

Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Industrieel Ontwerpen
Postbus 217
7500 AE Enschede
053 – 4899111

Stork Thermeq

Langelermaatweg 12
7553 JD Hengelo (Ov.)
Postbus 33
7550 AA Hengelo (Ov.)
074 – 2401724

Klaassen BV

H. ter Kuilestraat 191
7547 SK Enschede
Postbus 280
7500 AG ENSCHEDE
053 – 4308888

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van de Bacheloropdracht van Harmen Westerhof. Dit verslag geeft weer hoe te werk is gegaan met het ontwerpen van een Lasstoel voor Stork Thermeq in opdracht van Klaassen BV. Het resultaat van de opdracht is naast dit verslag een functioneel prototype en een volledig tekeningenpakket om de Lasstoel in een kleine serie te kunnen produceren.

Dit resultaat zou niet bereikt zijn zonder steun van een aantal mensen die ik hiervoor graag zou willen bedanken. Ten eerste mijn opdrachtgevers Wim-Paul Klaassen van Klaassen BV en Freddy Legtenberg van Stork Thermeq, die tevens de rol van begeleider vervuld heeft. Ten tweede de lasmedewerkers bij Stork Thermeq, die mij inzicht hebben gegeven in hun wensen met betrekking tot de Lasstoel, Theo Dijkstra, John Frongink, Peter Postel, Kevin Bruintjes en Edwin Ridgmond. Daarnaast heeft Toon Bouwhuis mij geholpen met het onderzoeken van lasbenodigdheden (lashelm, handschoenen, etc.) en heeft Kees-Wim Verkerk mij geholpen met de theorie achter het lassen.

Met betrekking tot de ergonomie heb ik hulp gehad van Hans Leusenkamp van STEP en van Dorien van de Belt. In een aantal zinnige gesprekken hebben ze mij informatie verschaft over de minder conventionele houding van de lasmedewerkers en hoe de richtlijnen voor normale houdingen aan te passen aan de houding van de lassers.

Bij het maken van het prototype heb ik hulp gehad van de werkplaatsmedewerkers op de UT. Hiervan wil ik vooral Jacob Dogger voor een aantal nuttige tips en Joop Tiehuis voor het fantastische laswerk bedanken.

Ook mijn collega's bij Stork Thermeq wil ik bedanken voor de gezelligheid tijdens de vrijdagmiddagborrels, de nuchtere Twentse kijk op alle zaken en het bijbrengen van enkele Twentse uitspraken.

Tot slot bedank ik mijn begeleider vanuit de UT, Theo Krone, die mij van begin tot eind geholpen heeft met de opdracht, met het bestellen van onderdelen en met de uiteindelijke verslaglegging.

Ik wens u veel plezier met het lezen van dit verslag.

Harmen Westerhof.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	5
Inleiding.....	6
Hoofdstuk 1 - Vooronderzoek.....	7
1.1 Werkhouding van lasmedewerkers.....	7
1.2 Mening lasmedewerkers over werkhouding.....	8
1.3 Huidige oplossingen Stork Thermeq.....	8
1.4 Oplossingen in vergelijkbare situaties.....	9
1.5 Wetgeving betreffende werkhouding.....	10
1.5.1 Arbowet.....	10
1.5.2 Arbobesluit.....	11
1.5.3 Warenwet.....	11
1.5.4 Conclusie wetgevingen.....	12
1.6 Ergonomische beginselen.....	12
1.6.1 Inleiding ergonomie.....	12
1.6.2 Modellen.....	12
1.6.3 Standaardhouding.....	12
1.6.4 Lichaamsvariatie.....	12
1.6.5 Motiliteit.....	13
1.6.6 Zithouding (zitvlak).....	13
1.6.7 Zithouding (rug).....	13
1.6.8 Armsteunen.....	13
1.6.9 Afmetingen van mensen.....	14
1.6.10 Houdingen van mensen.....	14
1.6.11 Gewrichtsexcursies.....	15
1.6.12 Conclusie ergonomische beginselen.....	16
1.7 Het lasproces.....	16
1.7.1 Het lasproces in vogelvlucht.....	16
1.7.2 Gevaren tijdens laswerkzaamheden.....	17
1.7.3 Lashandschoenen.....	17
1.7.4 Lashelm.....	17
1.8 Gebruik van materialen.....	18
1.8.1 Bekleding.....	18
1.8.2 Brandveiligheid.....	18
1.8.3 Slijtvastheid.....	18
1.8.4 Kleurechtheid.....	18
1.8.5 Materiaalkeuze.....	18
1.9 Mate van verstelbaarheid.....	19
1.9.1 Hoogteverstelbaarheid.....	19
1.9.2 Hoekverstelbaarheid.....	19
1.9.3 Verstelbaarheid hoofdsteen.....	20
1.9.4 Verstelbaarheid leuningen.....	20
1.10 Afmetingen.....	21
1.10.1 Zitvlak en rugvlak.....	21
1.10.2 Leuningen.....	21
1.11 Eisen en wensen van de lasmedewerkers.....	22
1.11.1 Eisen en wensen.....	22
1.11.2 Doelgroepanalyse.....	22
1.11.3 Doelgroep / -sfeercollage.....	22
1.12 Eisen en wensen van stakeholders.....	24
1.13 Programma van Eisen.....	24
1.13.1 Eisen.....	24

1.13.2 Wensen.....	25
Hoofdstuk 2 - Conceptfase.....	26
2.1 Deelproblemen.....	26
2.2 Concepten.....	28
2.2.1 Concept "Ligfiets".....	28
2.2.2 Concept "Tandartsstoel".....	30
2.2.3 Concept "Schommelstoel".....	31
2.2.4 Concept "Fitnessbank".....	33
2.2.5 Concept "Fitnessbank met Leuningen".....	33
2.3 Conceptkeuze.....	34
Hoofdstuk 3 - Conceptuitwerking.....	36
3.1 Stijfheid en sterkte Frame.....	36
3.2 Afmetingen.....	37
3.2.1 Zitvlak.....	37
3.2.2 Rugvlak.....	37
3.3 Bekleding.....	38
3.4 Vastzetten verstelmogelijkheden.....	38
3.5 Vormgeving.....	38
3.6 Eindontwerp.....	38
Hoofdstuk 4 - Prototype.....	39
4.1 Versie 1.....	39
4.2 Evaluatie versie 1.....	39
4.2.1 Evaluatie algemeen.....	39
4.2.2 Evaluatie hoofdsteen.....	39
4.2.3 Evaluatie verplaatsbaarheid.....	39
4.2.4 Evaluatie armleuningen.....	39
4.3 Versie 2.....	40
4.4 Kosten.....	40
4.5 Technische tekeningen.....	41
Hoofdstuk 5 - Conclusies en aanbevelingen.....	42
5.1 Conclusies.....	42
5.2 Aanbevelingen.....	42
Bronvermelding.....	43

Samenvatting

Bij Stork Thermeq in Hengelo worden grote industriële producten gefabriceerd voor onder andere energie-installaties en afvalverwerkingscentrales. Een van de activiteiten van Stork Thermeq betreft het op maat fabriceren van stalen membraanwanden. In het fabricageproces van deze membraanwanden worden de wanden op bokken van 100 cm hoog gelegd en vervolgens worden er aan de boven- en onderzijde van de wanden laswerkzaamheden verricht.

Bij het lassen aan de onderzijde van de wanden wordt gebruik gemaakt van een aantal verlaagde kantine- en bureaustoelen. De lasmedewerkers ontwikkelen allerlei vermoeidheidsklachten door deze werkhouding en daarom is er gezocht naar een betere oplossing. De opdracht luidt als volgt: ontwerp een stoel die de lasmedewerkers in staat stelt op een veilige en comfortabele manier laswerkzaamheden te verrichten aan de onderzijde van membraanwanden of vergelijkbare producten.

Na een uitvoerig vooronderzoek naar wetten en regelgevingen met betrekking tot onder andere arbeidsomstandigheden en brandveiligheid en een onderzoek naar relevante ergonomische beginselen, is er een programma van eisen opgesteld.

Op basis van dit programma van eisen is een vijftal concepten gemaakt. Deze concepten zijn geëvalueerd aan de hand van het programma van eisen zodat er één concept verder uitgewerkt kon worden.

Bij de uitwerking van het concept tot een functioneel prototype is er onderzocht welke materialen er het beste gebruikt konden worden, gebaseerd op duurzaamheid, veiligheid en prijs. Het ontwerp is verder ontwikkeld en vervolgens is er een eerste versie van het prototype gebouwd. Dit prototype is getest door een aantal lasmedewerkers in de werkplaats van Stork Thermeq. Op basis van de bevindingen van de lasmedewerkers is het ontwerp en het prototype aangepast tot het uiteindelijke ontwerp. Van dit ontwerp zijn technische tekeningen gemaakt, zodat de lasstoel in kleine series geproduceerd kan worden.

Inleiding

Stork Thermeq in Hengelo is in 1997 ontstaan uit het in 1982 opgerichte Stork Ketels. Naast de oorspronkelijke kennis op het gebied van ketelsystemen is Stork Thermeq een specialist op het gebied van onder andere ontgassers en branders. Bij Stork Thermeq worden bovengenoemde producten ontworpen en geproduceerd in haar eigen werkplaats.

Een van de activiteiten van Stork Thermeq is het op maat fabriceren van membraanwanden. Een membraanwand is een warmtewisselaar die onder andere gebruikt wordt in afvalverbrandingsinstallaties. De warmte van de afvalverbranding verhit het water in de membraanwand. Met de stoom hiervan kan vervolgens een turbine aangedreven worden om energie op te wekken.

De productie van de membraanwanden gaat bij Stork Thermeq grotendeels machinaal met behulp van de membraanwandlasinstallatie, maar vervolgens moeten er handmatig onder andere uiteinden aan de pijpen en opzetstukken voor bevestiging aan de wanden gelast worden. Hiervoor worden de wanden op bokken van 100 cm hoogte gelegd.

Omdat de uiteinden die aan de membraanwand bevestigd worden, rondom gelast moeten worden, is het voor de lasmedewerkers noodzakelijk om ook aan de onderzijde van de membraanwand te lassen. Het is voor de lasmedewerkers moeilijk om in een comfortabele houding onder de membraanwand te zitten en daarbij ook goed in staat te zijn de laswerkzaamheden te verrichten.

De lasmedewerkers zijn niet tevreden over de huidige situatie en hebben al verschillende zitmogelijkheden geprobeerd, zo wordt er bijvoorbeeld gebruik gemaakt van verschillende soorten verlaagde bureaustoelen. Geen daarvan heeft echter tot een bevredigend resultaat geleid.

De opdracht die hieruit volgt, is om een stoel te ontwerpen die de lasmedewerkers een comfortabele werkhouding biedt bij het werken onder de membraanwanden.

In eerste instantie is er een inventarisatie van de problemen bij de laswerkzaamheden gedaan door middel van observaties van de laswerkzaamheden en interviews met lasmedewerkers. Ook is er gezocht naar vergelijkbare situaties in andere branches en de oplossingen die daar gebruikt worden. Naar aanleiding hiervan is uiteindelijk een Programma van Eisen opgesteld. Dit vooronderzoek en de resultaten ervan is te vinden in hoofdstuk 1.

In hoofdstuk 2 wordt de conceptfase van het ontwerpproces besproken met als resultaat een evaluatie van vijf concepten aan de hand van het Programma van Eisen. In hoofdstuk 3 volgt de uitwerking van het gekozen concept die uiteindelijk heeft geleid tot een pakket technische tekeningen.

Hoofdstuk 4 beslaat het maken en evalueren van het prototype. De conclusies en aanbevelingen zijn te vinden in het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 5.

Hoofdstuk 1 - Vooronderzoek

In deze eerste fase van het ontwerptraject zullen de onderzoeksvragen beantwoord worden die noodzakelijk zijn voor het opstellen van een Programma van Eisen. Dit Programma van Eisen is tevens het eindresultaat van het vooronderzoek, en hiermee zal in de volgende fase van het ontwerptraject verder gewerkt worden.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd: hieronder worden eerst alle onderzoeksvragen genoemd en per paragraaf zal een onderzoeksvraag beantwoord worden. Aan het einde van het hoofdstuk staat het Programma van Eisen.

De onderzoeksvragen in dit vooronderzoek zijn op te delen in drie categorieën. Hieronder zijn de vragen per categorie weergegeven.

Werkhouding

- Welke werkhouding hebben de lasmedewerkers tijdens het lassen?
- Wat is de mening van de lasmedewerkers over hun werkhouding tijdens het lassen?
- Wat zijn bij Stork Thermeq de huidige oplossingen ter verbetering van de werkhouding?
- Wat zijn in vergelijkbare situaties de oplossingen ter verbetering van de werkhouding?
- Wat is er wettelijk vastgelegd op het gebied van werkhouding?

Gebruik van de lasstoel

- Wat zijn de lichamelijke kenmerken van de lasmedewerkers?
- Welke richtlijnen zijn er vanuit de ergonomie met betrekking tot zitmeubilair?
- Hoe gaat het lasproces in zijn werk?
- Wat zijn de gevaren die kunnen optreden tijdens de laswerkzaamheden?
- Welke materialen zijn geschikt om een lasstoel van te maken?
- In welke mate dient de lasstoel verstelbaar te zijn?

Input van stakeholders

- Wat zijn de eisen en wensen van de lasmedewerkers aan een lasstoel?
- Wat zijn de eisen en wensen van de opdrachtgever aan een lasstoel?

1.1 Werkhouding van lasmedewerkers

Welke werkhouding hebben de lasmedewerkers tijdens het lassen? Om deze vraag te beantwoorden, is gekeken hoe een lasmedewerker zijn werkzaamheden aan de onderzijde van een membraanwand verricht.

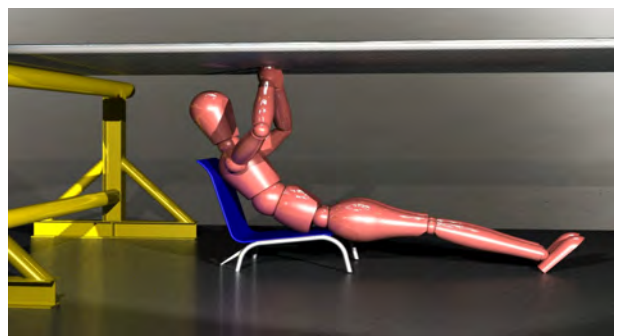
De lasmedewerker zit ongeveer 45 graden achterover met zijn benen vrijwel volledig gestrekt, hierdoor ontstaat een hoek van ongeveer 160 graden tussen romp en benen. De schouderbladen van de lasmedewerker komen net boven de rand van de rugleuning uit. De lasser houdt zijn bovenarmen ongeveer 90 graden omhoog en 30 graden naar voren, de onderarmen zijn in een hoek van ongeveer 80 graden ten opzichte van de bovenarmen.

Op foto 1.1 demonstreert een lasmedewerker zijn houding tijdens het lassen.

Om bovenstaande houding nauwkeuriger te kunnen analyseren, zijn Solidworksmodellen gemaakt van de gebruikte stoel, de stelling en de lasmedewerker. Het model van de lasser is niet een eigen fabrikaat, maar een aanpassing van een op het Internet gevonden model (<http://solidworks.cad.de>). Op afbeelding 1.2 is het model



Afb. 1.1: Een lasmedewerker demonstreert zijn lashouding.



Afb. 1.2: Solidworksmodel van lashouding.

van de lashouding te zien.

Later, in de paragrafen over ergonomie, zal verder ingegaan worden op het Solidworksmodel en de wijze waarop het model gebruikt kan worden in de ontwerpfase.

1.2 Mening lasmedewerkers over werkhouding

Wat is de mening van de lasmedewerkers over hun werkhouding tijdens het lassen? Het antwoord op deze vraag is gevonden door interviews te houden met vier lasmedewerkers. Het volledig uitgeschreven interview is te vinden in bijlage B1.

Volgens de geïnterviewde lasmedewerkers is bovenhoofds lassen moeilijker dan normaal lassen. Het is vermoeiend om de armen lange tijd boven het hoofd te houden en daarbij toch nauwkeurig te werken. Bij het lassen moet omhoog gekeken worden, wat een extra belasting voor nek en rug ten gevolge heeft. Een versterkende factor is de lashelm die door de nekspieren overeind gehouden moet worden. Een klassieke lashelm weegt tussen de 300 en 800 gram, maar een moderne helm met luchtafzuiging kan wel meer dan 1 kilogram wegen.

Een achterover hangende houding is volgens de lasmedewerkers in principe een goede werkhouding, maar het is wel belangrijk om goede ondersteuning van voornamelijk de nek te hebben.

1.3 Huidige oplossingen Stork Thermeq

Wat zijn de oplossingen ter verbetering van de werkhouding die momenteel bij Stork Thermeq gebruikt worden, en vinden de lasmedewerkers hiervan? Er zijn foto's gemaakt van de bestaande oplossingen en deze zijn beoordeeld op een aantal punten die van belang zijn voor een lasstoel. De punten waar de stoelen op beoordeeld worden zijn de volgende:

- Verplaatsbaarheid: het gemak waarmee de stoel op te tillen en te verplaatsen is, ook door iemand die op de stoel zit;
- Hoogte: de hoogte van de stoel ten opzichte van de membraanwand;
- Grootte: de lengte en breedte van de stoel; als de stoel te groot is, staat deze al gauw in de weg;
- Verstelbaarheid: de mate waarin de stoel aan de lichamelijke eigenschappen van de lasser aan te passen is;
- Comfort: het comfort dat de stoel de lasser biedt;
- Neksteun: of de stoel over een nekondersteuning beschikt;
- Stabiliteit: de mate waarin de stoel stevig staat, niet wiebelt en niet gemakkelijk omvalt;
- Brandveiligheid: de mate waarin de stoel bestand is tegen vonken en gloeiende stukjes metaal.

Dit alles is weergegeven in tabel 1.1.

Product	Afbeelding	Plus- / minpunten	
Kantinstoel		+	Verplaatsbaarheid (licht, goed aangrijppingspunt) Hoogte (voor de meeste lassers geschikt) Grootte (relatief klein, dus staat niet snel in de weg)
		-	Verstelbaarheid (er zijn geen verstelmogelijkheden) Comfort (hard zit- en rugvlak) Neksteun (er is geen nekondersteuning)
Ligstoel		+	Verstelbaarheid (zit- en rugvlak, neksteun en stoelhoogte verstelbaar) Stabiliteit (grote en stabiele basis) Neksteun (de stoel bevat een verstelbare nekondersteuning)
		-	Stevigheid (de verstelmechanismen zijn niet spelingsvrij) Comfort (het zit- en rugvlak en de neksteun zijn erg hard) Verplaatsbaarheid (vrij zwaar en niet erg makkelijk beet te pakken)

Product	Afbeelding	Plus- / minpunten
Bureaustoel I		+ Verstelbaarheid (rug- en armleuningen zijn verstelbaar) Comfort (zachte zitting en rugvlak) Verplaatsbaarheid (door wieltjes gemakkelijk te verplaatsen)
		- Stabiliteit (te gemakkelijk draaibaar en geen wiebelvrije constructie) Neksteun (de neksteun ontbreekt) Brandveiligheid (de stoffen bekleding is brand- en schroeigevoelig)
Bureaustoel II		+ Comfort (zachte zitting en rugvlak) Hoogte (de stoel is voor de meeste lassers geschikt)
		- Stabiliteit (de stoel staat stevig en wiebelt niet) Verstelbaarheid (er zijn geen verstelmogelijkheden) Neksteun (de neksteun ontbreekt)

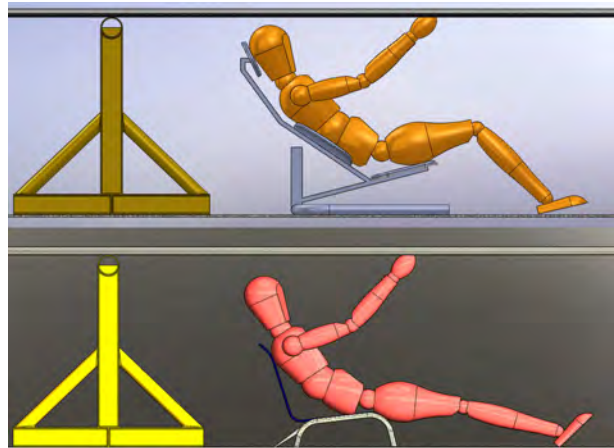
Tabel 1.1: Bestaande oplossingen bij Stork Thermeq.

Afbeelding 1.3 geeft een indicatie van de lichaamshoudingen bij twee van bovenstaande lasstoelen.

De lasmedewerkers vinden de huidige oplossingen eigenlijk allemaal oud en versleten. De verlaagde kantinestoeltjes hebben geen nekondersteuning en zijn niet verstelbaar. De houten stoelen waren oorspronkelijk verstelbaar, maar het mechanisme heeft de tand des tijds niet doorstaan. Bovendien is deze stoel niet comfortabel en glijdt je voortdurend naar beneden.

Medewerkers hebben zelf aanpassingen aan de huidige lasstoelen gedaan. Wanneer verstellen niet meer mogelijk is, lassen ze de verstelmogelijkheid vast op hun eigen voorkeur, waardoor er voor anderen minder prettig mee te werken is.

Er is één lasstoel die armleuningen heeft, dit wordt als zeer prettig ervaren om de stoel even op te kunnen tillen om te verplaatsen terwijl je op de stoel zit. Andere stoelen moeten verschoven worden door met de voeten over de vloer te duwen of door elke keer op te staan.



Afb. 1.3: Vergelijking van twee huidige lasstoelen.

1.4 Oplossingen in vergelijkbare situaties

Wat zijn in vergelijkbare situaties de oplossingen ter verbetering van de werkhouding? Om deze vraag te beantwoorden is een kleine concurrentieanalyse gehouden.

Kijkend naar bestaand zitmeubilair dat eventueel toepasbaar is als lasstoel, is er een aantal producten dat deze functie in meer of mindere mate zou kunnen vervullen. In tabel 1.2 staat een aantal producten opgenoemd en deze producten zijn beoordeeld op dezelfde punten als de huidige oplossingen bij Stork Thermeq.

Product	Afbeelding	Plus- / minpunten
Crepper		+ Verplaatsbaarheid (door de wielen makkelijk te verplaatsen) Comfort (zachte contactpunten) Neksteun (verhoging voor hoofd en nek)
		- Hoogte (te laag voor toepassing bij Stork Thermeq) Grootte (vrij groot, dus staat gauw in de weg) Verstelbaarheid (niet verstelbaar)

Product	Afbeelding	Plus- / minpunten	
Tandartsstoel		+	Verstelbaarheid (in vrijwel alle mogelijke posities verstelbaar) Comfort (zachte zitting en rugvlak) Neksteun (uitstekende ondersteuning voor hoofd en nek)
		-	Verplaatsbaarheid (erg zwaar dus niet verplaatsbaar) Grootte (erg groot)
Bureaustoel		+	Verstelbaarheid (rugsteun, leuning en hoogte zijn verstelbaar) Comfort (zachte zitting en rugvlak) Verplaatsbaarheid (door de wielen makkelijk te verplaatsen)
		-	Brandveiligheid (stoffen bekleding is niet brandveilig) Neksteun (geen ondersteuning voor nek of hoofd)
Kniestoel		+	Comfort (zachte zitting en rugvlak en ergonomische houding) Verplaatsbaarheid (licht van gewicht, dus gemakkelijk te verplaatsen)
		-	Neksteun (geen ondersteuning voor hoofd of nek) Brandveiligheid (stoffen bekleding is niet brandveilig) Verstelbaarheid (niet verstelbaar) Stabiliteit (schommelstoel-onderstel, dus niet stabiel staand)
Luie stoel		+	Neksteun (uitstekende ondersteuning voor hoofd en nek) Comfort (zeer zachte zitting en rugvlak) Verstelbaarheid (rugvlak is verstelbaar)
		-	Verplaatsbaarheid (zwaar en niet gemakkelijk vast te pakken) Brandveiligheid (bekleding is niet brandveilig)
Campingstoel		+	Verplaatsbaarheid (licht van gewicht en inklapbaar) Grootte (inklapbaar dus neemt buiten gebruik weinig ruimte in)
		-	Stabiliteit (staat niet erg stabiel, omval gevaar) Stevigheid (fragiele constructie) Brandveiligheid (bekleding is niet brandveilig)

Tabel 1.2: Bestaande oplossingen in andere branches.

1.5 Wetgeving betreffende werkhouding

Wat er wettelijk is vastgelegd op het gebied van werkhouding, is te vinden in een aantal wetten en besluiten.

In Nederland wordt tegenwoordig vrijwel alles in wetten, regelgevingen en richtlijnen vastgelegd. Op het gebied van arbeidsomstandigheden gelden de Arbowet, het Arbobesluit en richtlijnen van de Raad van de Europese Gemeenschappen. Er is gekeken naar de wetsartikelen die betrekking hebben op zitmeubilair en hieronder zijn de relevante artikelen per wet weergegeven.

1.5.1 Arbowet

De Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet), is een door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid uitgegeven kaderwet. Dit wil zeggen dat de wet geen concrete regels bevat, maar algemene bepalingen over het arbeidsomstandighedenbeleid (Arbobeleid) in bedrijven. Het voor dit onderzoek meest relevante gedeelte uit de Arbowet is hieronder, enigszins samengevat, weergegeven. Het volledige artikel is te vinden in bijlage B2.

Artikel 3 – Arbobeleid

- a) Tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd, organiseert de werkgever de arbeid zodanig dat daarvan geen nadelige invloed uitgaat op de veiligheid en de gezondheid van de werknemer.
- b) Tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd worden de gevaren en risico's voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemer zoveel mogelijk in eerste aanleg bij de bron daarvan voorkomen of beperkt.
- c) De inrichting van de arbeidsplaatsen, de werkmethoden en de bij de arbeid gebruikte arbeidsmiddelen alsmede de arbeidsinhoud worden zoveel als redelijkerwijs kan worden gevergd aan de persoonlijke eigenschappen van werknemers aangepast.

In de Arbowet wordt algemeen gesteld dat de werkgever moet zorgen voor veilige arbeidsomstandigheden, dat de problemen in eerste instantie bij de bron aangepakt moeten worden en dat de werknemer een arbeidsplaats moet hebben die aan zijn persoonlijke wensen en eigenschappen aangepast kan worden. Dit spreekt eigenlijk voor zichzelf en is weinig van invloed op het ontwerp van de lasstoel.

1.5.2 Arbobesluit

In het Arbeidsomstandighedenbesluit (Arbobesluit) wordt specifiek ingegaan op zaken als inrichting van arbeidsplaatsen, werken met gevaarlijke stoffen en persoonlijke beschermingsmiddelen. Hieronder is een aantal relevante passages, wederom in samenvatting, weergegeven. Het volledige artikel staat in bijlage B3.

Artikel 5.2 – Voorkomen van gevaren

De arbeid wordt zodanig georganiseerd, de arbeidsplaats wordt zodanig ingericht en zodanige hulpmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen worden gebruikt, dat de fysieke belasting geen gevaren met zich kan brengen voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemer.

Artikel 5.3 – Beperken van gevaren

Voorzover de gevaren, bedoeld in artikel 5.2, redelijkerwijs niet kunnen worden voorkomen, wordt gezorgd dat die gevaren zoveel als redelijkerwijs mogelijk is worden beperkt

Artikel 5.4 – Ergonomische inrichting

Tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd worden werkplekken ingericht volgens de ergonomische beginselen.

Ook in het Arbobesluit staan enkel zaken die niet meer dan logisch zijn, dus ook het Arbobesluit is weinig van invloed op het ontwerp van de lasstoel.

1.5.3 Warenwet

De Warenwet richt zich op de deugdelijkheid van levensmiddelen en andere consumentenproducten. In de Warenwet is een clause opgenomen die betrekking heeft op de veiligheid van producten, te weten het Warenwetbesluit Algemene Productveiligheid. Dit besluit geldt als aanvulling binnen Nederland op de Europese Richtlijn inzake algemene productveiligheid. In het Warenwetbesluit staat wederom weinig dat van invloed is op het ontwerp van de lasstoel, maar in de Europese Richtlijn is een relevante passage aangetroffen. Deze is hieronder, enigszins bewerkt, weergegeven.

Algemeen Veiligheidsvereiste

Een veilig product is een product dat geen enkel risico oplevert, dan wel slechts beperkte risico's die met het gebruik van het product verenigbaar zijn en vanuit het oogpunt van een hoog beschermingsniveau voor de gezondheid en de veiligheid van personen aanvaardbaar worden geacht.

Verplichtingen van de Producenten

De producenten moeten producten op de markt brengen die aan het algemeen veiligheidsvereiste beantwoorden. Voorts dienen zij de consument de relevante inlichtingen te verstrekken die hem in staat stelt zich een oordeel te

vormen over de aan een product verbonden risico's indien deze niet onmiddellijk herkenbaar zijn, en passende maatregelen te treffen om problemen te voorkomen.

De Europese richtlijn stelt dus dat een product zo veilig moet zijn als redelijkerwijs mogelijk is en dat de gebruikers geïnformeerd dienen te worden over eventuele risico's bij het gebruik van het product.

1.5.4 Conclusie wetgevingen

In bovenstaande paragrafen is gebleken dat er wettelijk weinig tot niets specifiek is vastgelegd met betrekking tot het ontwerp van de lasstoel. De wetten zijn zeer algemeen en hebben enkel de boodschap dat de werknemer veilig zijn werk moet kunnen verrichten.

In Artikel 5.4 van het Arbobesluit wordt verwezen naar de ergonomische beginselen, Hier zal in het volgende gedeelte verder op ingegaan worden.

1.6 Ergonomische beginselen

In deze paragraaf zullen twee onderzoeksvragen beantwoord worden, in de eerste plaats welke richtlijnen er vanuit de ergonomie zijn met betrekking tot zitmeubilair en in de tweede plaats wat de lichamelijke kenmerken van de lasmedewerkers zijn.

Veel van de theoretische aspecten zijn gebaseerd op het boek Productergonomie van Dirken (2001). De afbeeldingen zijn afkomstig uit het boekje Ergonomie Compact van Voskamp en Schilder (2005).

1.6.1 Inleiding ergonomie

Oorspronkelijk gezien is ergonomie de wetenschappelijke studie van de mens in relatie tot zijn omgeving. Tegenwoordig wordt met ergonomie praktisch gezien het vakgebied bedoeld waarin men zich bezighoudt met het ontwerpen van werkplekken en hulpmiddelen bij de arbeid. Voor dit onderzoek zijn de gegevens over lichaamsafmetingen en lichaamshoudingen relevant, deze zullen aan het einde van dit gedeelte behandeld worden. Eerst zal aandacht besteed worden aan richtlijnen voor de inrichting van werkplekken en het ontwerpen van supports.

Een support is in de ergonomie een product dat de functie van het volhouden van een lichaamshouding ondersteunt (Dirken, 2001). Een support is algemeen gesteld een hulpmiddel dat zorgt voor passieve krachtopvang, waarbij voornamelijk de invloed van de zwaartekracht en de reactiekracht op het menselijk lichaam worden bedoeld. Vanuit de ergonomie wordt een aantal adviezen gegeven betreffende het ontwerpen van supports. Hieronder zullen de belangrijkste hiervan behandeld worden.

1.6.2 Modellen

Een mens met al zijn houdingen en bewegingen is verreweg te complex om iedere keer in detail af te beelden. Daarom wordt in de ergonomie vaak met modellen gewerkt, variërend van een getekende stokjespop of een papieren schaalmodel tot een 3D visualisering in bijvoorbeeld Solidworks. Een dergelijke vereenvoudiging is voor een eerste benadering van zitmeubilair zeker voldoende, dus kan in de ontwerpfase van deze opdracht gebruikt worden.

Zoals in paragraaf 1.1 reeds vermeld, is er een 3D model in Solidworks gemaakt. Dit model kan gebruikt worden om een eerste indruk te krijgen van de houding die een lasmedewerker zou kunnen aannemen bij een bepaald ontwerpvoorstel, nog voordat daar een mock-up of prototype van gemaakt is. Bij het model zijn de gewrichtsbewegingen (de zogenaamde gewrichtsexcursies, zie paragraaf 1.6.10) af te lezen. Dit zegt niet alles over een comfortabele houding, maar het geeft wel een indicatie.

1.6.3 Standaardhouding

Gezien de vele mogelijke standen van ledematen, romp en hoofd, is er binnen de ergonomie een afspraak gemaakt over de beginsituatie. De meest voorkomende is de Anatomische Standaardhouding. Hierbij staat de mens rechtop, met neerhangende armen en de duimen naar buiten gedraaid. De mens kijkt naar voren en houdt het hoofd zo dat de onderzijde van de oogkassen en de bovenzijden van de gehoorgangen in een horizontaal vlak liggen. Bewegingen en houdingen zijn duidelijk aan te geven ten opzichte van deze standaardhouding. Zo ook de richtlijnen betreffende de lichaamshoudingen die in de paragraaf Afmetingen en houdingen van mensen zijn weergegeven.

1.6.4 Lichaamsvariatie

De gemiddelde mens bestaat niet, dus dient bij het ontwerpen van een support rekening gehouden te worden met de

spreiding in lichamelijke kenmerken binnen de gebruikersgroep. Het ontwerpen voor een gespreid kenmerk kan worden gerealiseerd door desbetreffende dimensie in het ontwerp zelf variabel te maken. Het ontwerp wordt dus in- of verstelbaar gemaakt. Instelbaarheid houdt in dat het product voorafgaand aan gebruik op verschillende standen kan worden ingesteld. Verstelbaarheid betekent daarentegen dat het product tijdens gebruik gemakkelijk en vaak veranderd kan worden. Ter illustratie: een lamp die aan het plafond gehangen wordt, kan instelbaar zijn om een bepaald gedeelte van een ruimte te verlichten, een bureaulamp is direct verstelbaar om aan de wens van de gebruiker gehoor te geven. Het is zeer wenselijk om bovenstaand principe toe te passen bij het ontwerp van de lasstoel.

1.6.5 Motiliteit

Bij het lang in een bepaalde houding staan of zitten, worden bloedvaten afgesloten, zenuwen bekneeld of ontstaan schuifspanningen in de huid. Deze effecten treden op bij iedere langdurig volgehouden houding, zelfs bij uitstekende ondersteuning. Het lichaam reageert op de genoemde effecten door van houding te veranderen. Bij langdurig zitten wordt de lichaamshouding regelmatig een beetje aangepast en bij langdurig staan leidt de bewegingsimpuls ertoe dat men af en toe de voeten verzet en van standbeen wisselt. Deze continue beweeglijkheid heet motiliteit. Een goed ontworpen support biedt de gebruiker dus de mogelijkheid om enigszins van houding, spierinzet en contactvlak te wisselen. Met bovenstaand principe zal tijdens het ontwerp van de lasstoel rekening gehouden moeten worden.

1.6.6 Zithouding (zitvlak)

Zoals het skelet de mens intern steunt, steunt de support, als extern skelet, het lichaam aan de buitenzijde. Het interne skelet heeft spierkracht nodig om te kunnen steunen, maar het externe skelet helpt om de benodigde spieractiviteit laag te houden. Ondersteuning van het lichaam is niet op alle segmenten van het lichaam wenselijk. Het grootste gedeelte van het gewicht op het zitvlak wordt overgedragen ter plaatse van de zitbeenknobbels die de onderzijde van het bekkenbot vormen. Ook de meer perifere gebieden van het zitvlak dragen een deel van de last en een groter zitgebied is tevens nodig om te kunnen verzitten (zie motiliteit). Indrukking van het zitgebied zorgt, indien de stramheid van het materiaal correct is, voor meer comfort. Bij een achterover zittende houding dienen er in het zitvlak geen hinderlijke schuifspanningen op te treden, een goede rompondersteuning is dus minstens net zo belangrijk als ondersteuning van het zitvlak.

1.6.7 Zithouding (rug)

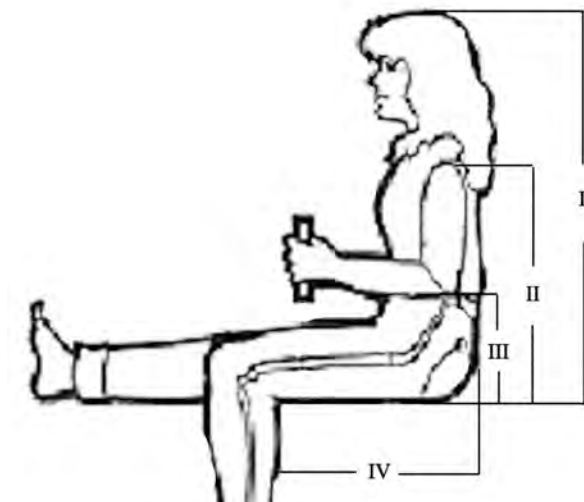
De romp wordt tijdens het zitten rechtop gehouden en door de hoek tussen bovenbenen en romp, kantelt het bekken zich achterover. Hierdoor wordt de onderrug bol getrokken, wat zeer ongewenst is. Dit kan met spierkracht worden gecompenseerd, maar na verloop van tijd vermoeit dit en wordt de in elkaar gedoken houding weer aangenomen. Afhankelijk van tijdsduur, lichaamsbouw, getraindheid, etc., kunnen door deze houding ernstige rugklachten ontstaan. Door de support te voorzien van een onderrugsteun ter hoogte van de tweede of derde wervel kan de onderrug in de juiste houding gehouden worden (Dirken, 2001).

1.6.8 Armsteunen

Armsteunen zijn wenselijk als handen of onderarmen niet op een tafel steunen. Bovendien kunnen de armsteunen worden gebruikt om te helpen bij het opstaan of om de support te verplaatsen. De hiervoor relevante elleboog-zitvlakhoogte is sterk variabel en nauwelijks gerelateerd aan de lichaamslengte. Een minimale hoogte-instelbaarheid van 20 tot 30 cm lijkt wenselijk, maar instelbaarheid leidt ook vaak tot verkeerd instellen. Een compromis kan gevonden worden door te kiezen voor het gemiddelde en de armsteun 24 cm boven de zitreferentielijn te plaatsen. Bij het bovenhoofds werken is een normale armsteun eigenlijk niet van nut, dus er zijn twee mogelijkheden: de armsteunen dienen verhoogd te worden, of er kan gekozen worden de steunen achterwege te laten.

1.6.9 Afmetingen van mensen

In de ergonomie worden lichaamsafmetingen van mensen gerangschikt op basis van een percentage van de gehele populatie. Dit wordt weergegeven met bijvoorbeeld P5, P50 en P95. Hier houdt P5 in dat 5 procent van de populatie lichaamsafmetingen heeft die kleiner zijn dan de gegeven waarde. P95 betekent dat 5 procent van de bevolking lichaamsafmetingen heeft die groter zijn dan de gegeven waarde. P50 geeft logischerwijs de gemiddelde waarde weer.



Afb. 1.4: Lichaamsafmetingen

Van het eerder besproken 3D model van de lasser zijn drie varianten gemaakt, een P5, P50 en P95. Hiermee kan een ontwerpvoorstel getest worden op geschiktheid voor 90% van de Nederlandse bevolking.

In tabel 1.3 is een aantal lichaamsafmetingen weergegeven, de afmetingen zijn gevisualiseerd in afbeelding 1.4. Voor dit onderzoek zijn enkel gegevens van mannelijke Nederlanders tussen de 18 en 65 jaar relevant, alle werknemers van Stork Thermeq vallen namelijk binnen die categorie.

Er dient bij de lichaamslengte rekening gehouden te worden met toeslagen voor gedragen schoenen. Deze bedraagt 20 tot 35 mm.

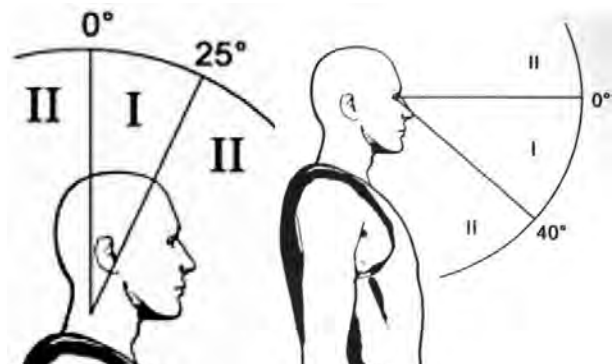
Variabele	P5	P50	P95
Lichaamslengte (staand)	1680	1819	1958
Kruin-zitvlakhoogte (zittend) (I)	881	947	1013
Schouderhoogte (zittend) (II)	574	630	686
Elleboog-zitvlakhoogte (zittend) (III)	207	235	299
Bil-knieholte diepte (zittend) (IV)	473	519	565
Heupbreedte (zittend)	333	381	429
Gewicht (kg)	56,8	82,4	108

Tabel 1.3: Lichaamsafmetingen van mannen (in mm).

1.6.10 Houdingen van mensen

Naast de afmetingen van het menselijk lichaam, is het belangrijk om te weten hoe het menselijk lichaam kan bewegen. Hiervoor wordt gekeken naar een aantal ergonomische adviezen met betrekking tot werkhoudingen. In de paragraaf hierna zal gekeken worden naar gewrichtsbewegingen, de zogenaamde gewrichtsexcursies.

Onderstaande afbeeldingen en tabellen geven adviezen bij het gebruik van een bepaalde werkhouding. De grenzen zijn zodanig bepaald dat de medewerkers zonder nadelige gevolgen deze houdingen tijdens het werk kunnen aannemen. In de kolom getiteld Statisch, staat het advies voor een statische werkhouding, de kolommen getiteld Laagfrequent en Hoogfrequent geven advies in situaties waar er respectievelijk weinig en veel bewogen wordt.



Afb. 1.5: Hoofd voor- / achterover en zichtlijnen.

De posities van hoofd en nek (afbeelding 1.5 en tabel 1.4) zijn vrijwel volledig statisch tijdens de laswerkzaamheden, dus dient het advies uit de kolom Statisch te worden opgevolgd. Hieruit blijkt dat de hoek van het hoofd ten opzichte van de romp tussen 0 en 25 graden dient te blijven.

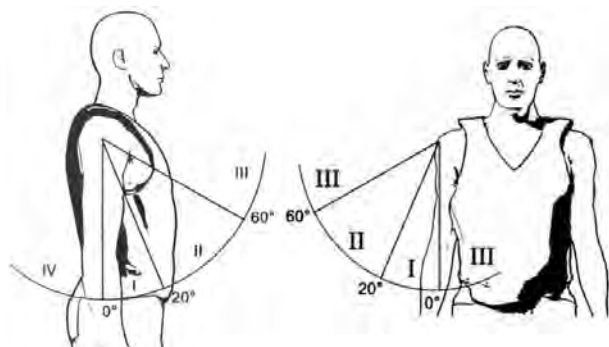
Nr.	Statisch	Laagfrequent	Hoogfrequent
I	Acceptabel	Acceptabel	Acceptabel
II	Niet acceptabel	Acceptabel mits korte duur	Niet acceptabel

Tabel 1.4: Hoofd voor- / achterover en zichtlijnen.

Bij bovenstaand advies dient echter opgemerkt te worden dat bij een achteroverhangende houding, zoals die bij het lassen aangenomen wordt, de richting van de zwaartekracht ten opzichte van het hoofd anders is. Aangezien de romp niet rechtop staat, maar ergens tussen de 25 en 45 graden achterover gekanteld is, vindt er bij een hoek tussen romp en hoofd van 0 graden een aanzienlijke belasting op de nekspieren plaats. Deze belasting is qua spiergebruik vergelijkbaar met het achterover kantelen van het hoofd, en valt daarmee in categorie II.

Bij statische werkzaamheden is deze positie volgens de richtlijn niet acceptabel. Uit andere richtlijnen (zoals bijvoorbeeld die voor het optillen van de bovenarm verderop in deze paragraaf) valt echter af te leiden dat dergelijke houdingen wel acceptabel zijn bij volledige ondersteuning. Er zal dus gezorgd moeten worden voor volledige ondersteuning van het hoofd.

De posities van de bovenarmen (afbeelding 1.6 en tabel 1.5) tijdens het lassen zijn minder statisch dan de positie van het hoofd, zoals hierboven besproken, maar de armen zijn niet dermate veel in beweging dat er gekeken kan worden naar de kolommen die betrekking hebben op bewegende arbeid. De beweging die wordt uitgevoerd komt voornamelijk uit de onderarmen. Hier kan derhalve niet een sluitende conclusie uit getrokken worden, als advies wordt wel meegenomen dat arbeid in een houding meer buiten de neutrale positie sneller acceptabel wordt indien er voor volledige ondersteuning wordt gezorgd. Hier zal dus in het ontwerp rekening mee gehouden moeten worden.



Afb. 1.6: Optillen bovenarm.

Nr.	Statisch	Laagfrequent	Hoogfrequent
I	Acceptabel	Acceptabel	Acceptabel
II	Acceptabel mits volledige steun	Acceptabel	Niet acceptabel bij lange duur
III	Niet acceptabel	Acceptabel mits korte duur	Niet acceptabel
IV	Niet acceptabel	Acceptabel mits korte duur	Niet acceptabel

Tabel 1.5: Optillen bovenarm.

1.6.11 Gewrichtsexcursies

De maximale gewrichtsexcursie is de maximale uitslag bij gewrichtsbeweging die gemeten is vanuit de Anatomische Standaardhouding. De maximale gewrichtsexcursies geven de grenzen aan van de standen van segmenten en daarmee maken ze duidelijk welke lichaamshoudingen en manipulaties mogelijk zijn. Die excursies zijn echter maxima, waarbij de segmenten in een uiterste stand staan. Voor het ontwerpen van producten die een bepaalde houding of beweging opleggen zijn die extreme standen af te raden. Uiterste gewrichtsstanden zijn vaak niet comfortabel, kunnen niet lang volgehouden worden en brengen de segmenten in minder krachtige of nauwkeurige posities. Ergens tussen de extreme grenzen ligt een gebied van comfortabele gewrichtsstanden. Een support dient de gebruiker in staat te stellen zijn ledematen in een comfortabele stand te houden. In tabel 1.6 is van een aantal relevante gewrichtsexcursies de maximale grenswaarden en comfortabele grenswaarden weergegeven.

Gewricht	Beweging	Maximale excursie	Comfortabele excursie
Nek	Flexie	+40 / -35	+12 / -25
Romp	Flexie	+100 / -50	
Schouder	Omhoog	+180 / -45	+15 / +35

Gewricht	Beweging	Maximale excursie	Comfortabele excursie
Schouder	Opzij	+180 / -30	
Heup	Flexie	+120 / -15	0 / +85
Knie	Extensie	+0 / -135	0 / -95
Elleboog	Flexie	+145 / 0	+85 / +110

Tabel 1.6: Gewrichtsexcursies.

1.6.12 Conclusie ergonomische beginselen

De conclusie uit voorgaande paragrafen is dat bij het ontwerpen van een support rekening gehouden moet worden met de menselijke eigenschappen motiliteit en de verscheidenheid in lichaamsafmetingen

Daarnaast moet de support zorgen voor het opleggen van gewrichtsexcursies die binnen de comfortzone liggen en zorgen voor voldoende ondersteuning van het lichaam en bij een achteroverliggende houding met name ondersteuning van het hoofd. Er dient ook rekening gehouden te worden met ondersteuning van de armen. Deze adviezen zullen terug te vinden zijn in het programma van eisen.

1.7 Het lasproces

Met betrekking tot de werking van het lasproces en enkele zaken die daarmee te maken hebben, zijn er twee vragen die in deze paragraaf beantwoord zullen worden. Hoe gaat het lasproces in zijn werk en wat zijn de gevaren die kunnen optreden tijdens de laswerkzaamheden?

1.7.1 Het lasproces in vogelvlucht

Om een product te kunnen ontwerpen voor lasmedewerkers, is het van belang om enige kennis te hebben van het lasproces. Hiervoor is gebruik gemaakt van het cursusmateriaal Laspraktijkingenieur, uitgegeven door het Nederlands Instituut voor Lastechniek (1999).

De definitie van lassen volgens het NIL luidt als volgt:

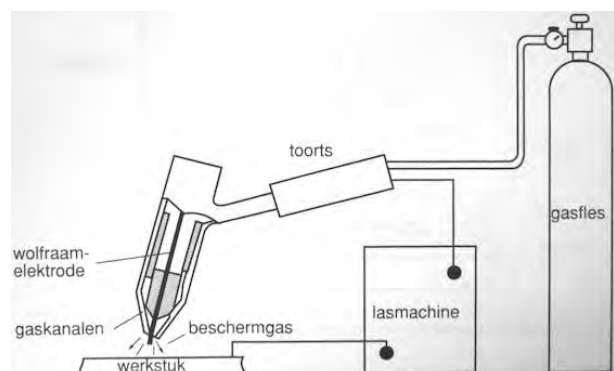
“Lassen is het verbinden van metalen, waarbij het materiaal op de verbindingsplaats in vloeibare of deegachtige toestand wordt gebracht (door toedoen van warmte en/of druk), terwijl al of niet materiaal van dezelfde of ongeveer dezelfde samenstelling wordt toegevoegd.”

Er zijn drie belangrijke groepen van lasprocessen te onderscheiden, te weten smeltlassen en warm- en kouddruklassen. Binnen deze groepen bestaan talloze varianten, waarvan TIG-, MIG-/MAG- en Onderpoederlassen bij Stork Thermeq de meest gebruikte zijn. De laswerkzaamheden die aan de membraanwanden worden verricht, dus die binnen de relevantie van dit onderzoek vallen, worden vrijwel uitsluitend met TIG-lassen gedaan.

TIG is de afkorting van Tungsten Inert Gas. Bij het TIG-proces wordt een elektrische boog getrokken tussen een niet afsmeltende wolfram elektrode en het werkstuk, hierdoor wordt het werkstuk verhit en ontstaat een gesmolten lasbad.

Toevoegmateriaal, in de vorm van blanke staven, kan met de hand worden aangevoerd. De wolfram elektrode is omgeven door een mondstuk waardoor het inerte gas (meestal argon) wordt geleid. Dit gas zorgt ervoor dat het gesmolten materiaal wordt beschermd tegen de omringende atmosfeer. Wanneer gassen uit de atmosfeer in contact komen met het lasbad, kan dat zeer nadelige gevolgen hebben voor de mechanische eigenschappen van de las en de toevoegdraad.

In afbeelding 1.7 staat een schematische weergave van een TIG-las opstelling.



Afb. 1.7: Schematische weergave TIG-las opstelling.

De TIG-lasser moet een constante booglengte van ongeveer 3mm houden. Een verandering van de booglengte van

bijvoorbeeld 0,5 mm zal reeds een verandering van de lasbreedte van ca. 15% veroorzaken. Zijn de schommelingen in afstand elektrode – werkstuk nog groter, dan kan de elektrode het werkstuk of de toevoegdraad raken. Vervuiling van de elektrode hierdoor kan grote veranderingen van de boogeigenschappen tot gevolg hebben. Daarnaast moet de lasser, om oxidatie te voorkomen, ervoor zorgen dat het gesmolten uiteinde van de toevoegdraad niet in contact kan komen met de lucht. Deze moet dus in het gasscherp gehouden worden.

1.7.2 Gevaren tijdens laswerkzaamheden

Er is aan de lasmedewerkers gevraagd of ze last hebben van vallende vonken of slakken (stuk gloeiend metaal) tijdens het lassen. Volgens de lasmedewerkers is TIG-lassen verreweg de meeste gebruikte lasmethode bij Stork Thermeq. Elektrisch en CO₂-lassen wordt nauwelijks gebruikt. Bij de laatste twee methoden komt het nog wel eens voor dat er een vonk of slak naar beneden valt, maar bij TIG-lassen is dat verwaarloosbaar.

Tijdens het lassen dienen de lasmedewerkers lashandschoenen en een lashelm te dragen. In de volgende twee subparagrafen zal uitgelegd worden welke invloed deze persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen hebben op het ontwerp van de lasstoel.

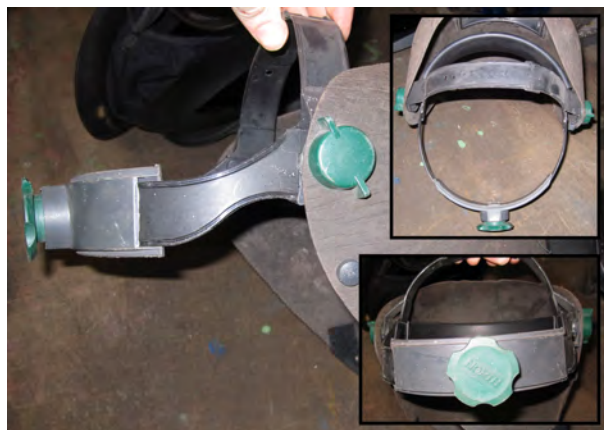
1.7.3 Lashandschoenen

De lashandschoenen die de lasmedewerkers tijdens het lassen dragen, worden meestal gemaakt van leer. De handschoenen worden gemaakt om zo soepel mogelijk te zijn, zodat er nauwkeurig mee gewerkt kan worden. Desondanks zorgt het dragen van lashandschoenen voor een beperkte handfunctie. In het ontwerp van de lasstoel dient dus onder andere rekening gehouden te worden met de grootte van handgrepen. Deze dienen niet te klein of te glad zijn, zodat ze goed met lashandschoenen aan te bedienen zijn.

Afbeelding 1.8 toont een paar standaard lashandschoenen van runderleer.



Afb. 1.8: Lashandschoenen.



Afb. 1.9: Lashelm (Inzet: Boven- en achteraanzicht).

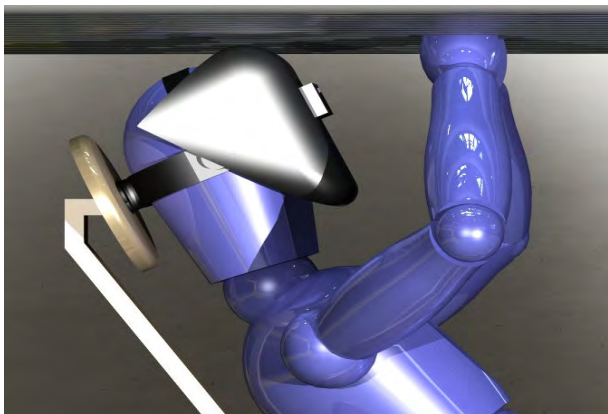
1.7.4 Lashelm

Er is gekeken naar de lashelm die elke lasser draagt tijdens de laswerkzaamheden. De lashelmen hebben op de achterzijde een draaiknop waarmee de helm versteld kan worden. Als de lasmedewerker met zijn helm op, op een stoel met nekondersteuning gaat zitten, rust het hoofd juist op die draaiknop, wat een hinderlijke belasting op het achterhoofd tot gevolg heeft. Hiermee dient dus rekening gehouden te worden in de ontwerpfase.

Er worden twee soorten lashelmen gebruikt bij Stork Thermeq, maar deze twee zijn zeer representatief voor wat er in alle takken van de lasindustrie wordt gebruikt. Afbeelding 1.9 toont de klassieke lashelm met de genoemde verstelknop op de achterzijde. In afbeelding 1.10 is een moderne lashelm met luchtverversing te zien. De luchtslang komt aan de bovenkant van de achterzijde uit de helm om met een luchtververser verbonden te worden. Deze slang is zeer flexibel en kan dus naar wens gepositioneerd worden.



Afb. 1.10: Lashelm met luchtverversing.



Afb. 1.11: Solidworksmodel met lashelm.

Afbeelding 1.11 demonstreert hoe de draaiknop op de achterzijde van een lashelm problemen oplevert bij het zitten op een stoel met een hoofdsteun.

1.8 Gebruik van materialen

In deze paragraaf zullen de mogelijke materialen die in de lasstoel gebruikt kunnen worden, besproken worden.

1.8.1 Bekleding

In het Programma van Eisen zijn twee eisen gesteld aan de bekleding. Ten eerste dient de bekleding van het zitvlak ongeveer 2,5 cm in te zakken als er op gezeten wordt en ten tweede dient alle bekleding van een brandvertragend materiaal gemaakt te worden.

Mogelijke materialen voor de bekleding zullen beoordeeld worden volgens de volgende criteria: brandveiligheid, slijtvastheid, prijs en in mindere mate lichtechtheid. Per eigenschap zal een uitleg gegeven worden van de eisen en manier van beoordelen, vervolgens zullen de mogelijke materialen beoordeeld worden.

Er bestaan teveel mogelijke materialen om ze allemaal te kunnen beoordelen, daarom is er een voorselectie gemaakt van 3 materialen, verdeeld over 3 categorieën. Te weten leder, kunstleer (skai) en een lasdeken.

1.8.2 Brandveiligheid

De norm waar bij brandveiligheid van textiel het meeste naar verwezen wordt is BS 5852. Voor de BS 5852-proef wordt in een zuurkast op een gestoffeerd bankje een gestandaardiseerde brandende sigaret en een vlam gelegd. Om voor de test te slagen, moet bij de sigarettentest de vuurhaard binnen één uur zijn gedoofd, inclusief de ongeveer 25 minuten brandtijd van de sigaret. Bij de vlamtest moet de vlam binnen 120 seconden uit zijn, inclusief de 20 seconden brandtijd van de vlam. Hiernaast bestaan er nog talloze andere normen betreffende brandveiligheid en brandvertraging. Een illustratie van BS 5852 en andere normen is te vinden in bijlage B8.

Materiaal dat geschikt is voor gebruik in de lasstoel, zal moeten voldoen aan BS classificatie 1 en 2.

1.8.3 Slijtvastheid

Slijtvastheid van stoffen wordt gemeten met behulp van een Martindale slijtageapparaat voor textiel. Deze test is gebaseerd op het slijten van een textielweefsel tegen een ruwe stof. In bijlage B8 staat het overzicht van gebruiksklassen en het bijbehorende aantal toeren Martindale van het Nederlandse KIM-systeem (Kwaliteit Informatie Meubelstoffen). Voor intensief woon- en werkgebruik dient een stof te voldoen aan meer dan 20.000 toeren Martindale, de hoogste categorie.

1.8.4 Kleurechtheid

Bij het kiezen voor een materiaal voor de bekleding speelt de kleur en verkleuring een kleine rol. Dit kan echter wel de doorslag geven als alle andere variabelen geen uitsluitsel bieden. Het criterium dat bij de beschikbare materialen vermeld wordt, is de lichtechtheid volgens het KIM-systeem op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 het minst en 5 het meest kleurecht is. Meer uitleg staat eveneens weergegeven in bijlage B8.

1.8.5 Materiaaleigenschappen

Op basis van de normen hierboven besproken is er naar de drie materialen gekeken, leder, kunstleer en de lasdeken welke het meest geschikt is om te gebruiken voor de lasstoel. In tabel 1.7 staat voor de drie materialen opgesomd hoe de materialen voldoen aan de in voorgaande paragrafen omschreven criteria. Daarnaast is er een kolom toegevoegd waarin de uitstraling van het materiaal beoordeeld is.

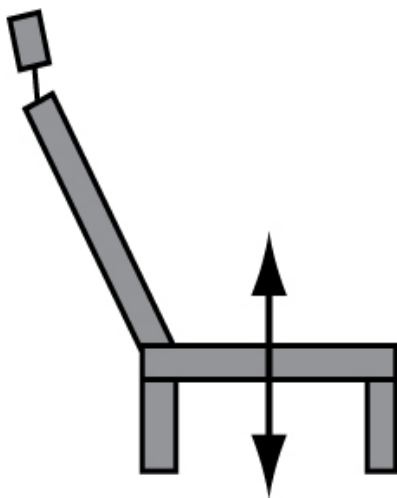
Materiaal	Brandveiligheid	Slijtvastheid	Kleurechtheid	Uitstraling
Leder	BS 5852 1 + 2	> 20000	5	Professioneel
Kunsleer	BS 5852 1 of 1 + 2	100000	5	Matig professioneel
Lasdeken	Vlamvertragend tot 1260 °C	Onbekend	Onbekend	Goedkoop

Tabel 1.7: Materiaaleigenschappen bekleding.

1.9 Mate van verstelbaarheid

Omdat op voorhand moeilijk te bepalen is welke verstelmogelijkheden er nodig zijn en welke achterwege gelaten kunnen worden, zal er in eerste instantie zoveel mogelijk verstelbaarheid toegevoegd worden. De verstelbaarheid is opgedeeld in de categorieën hoogteverstelbaarheid en hoekverstelbaarheid.

1.9.1 Hoogteverstelbaarheid



Afb. 1.12: Hoogteverstelbaarheid.

Met hoogteverstelbaarheid wordt bedoeld de mogelijkheid om de hoogte van de zitting ten opzichte van de ondergrond te verstellen, zoals te zien in afbeelding 1.12.

Gebaseerd op de theorie uit het ergonomie gedeelte in paragraaf 1.6 met betrekking tot de verschillen tussen mensen, is het noodzakelijk om de zitting van de lasstoel op verschillende hoogtes in te kunnen stellen. Niet elke lasmedewerker is even lang, en om toch voor alle lassers een houding te creëren waarbij ze niet te ver boven het hoofd moeten reiken, of juist te dicht met het hoofd bij het werkstuk komen te zitten is verstelbaarheid van het zitvlak een noodzaak.

Het verschil tussen een zittend P5 en een zittend P95 persoon in schouderhoogte is 112 mm. En het verschil in kruin-zitvlakhoogte is zelfs 132 mm. Dit zou dus betekenen dat de hoogte van de lasstoel 132 mm verstelbaar moet zijn.



Afb. 1.13: Kantinestoeltje met verhoging.

Een tweede argument blijkt uit de huidige werksituatie waarin sommige lassers iets op de lasstoel aanbrengen waardoor ze hoger komen te zitten, bijvoorbeeld een kussentje of een opgevouwen kartonnen doos (zie afbeelding 1.13). Hieruit blijkt dat de lassers behoefte hebben om de lasstoel aan hun persoonlijke voorkeurshoogte te kunnen aanpassen.

Omdat het prototype zo veel mogelijk functionaliteit zal moeten bevatten, zal de hoogteverstelbaarheid verder uitgewerkt worden en toegevoegd worden in het ontwerp.

1.9.2 Hoekverstelbaarheid

Naast de verstelbaarheid van de hoogte, is het ook mogelijk om de hoeken van de zitting en de rugleuning te verstellen, zoals te zien in afbeelding 1.14.

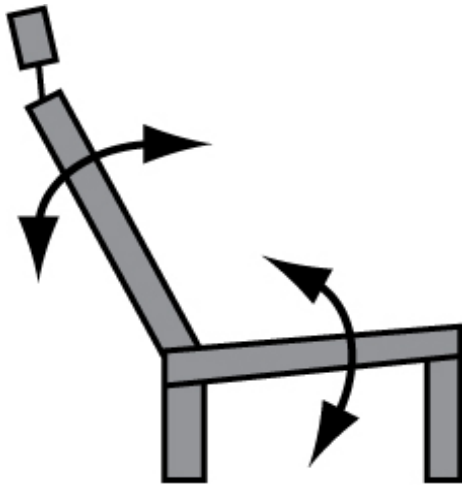
De huidige oplossingen hebben geen hoekverstelbaarheid, dus wat dat betreft is onduidelijk of hier een wens voor

bestaat. Op basis van de ergonomie theorie echter en dan met name de onderdelen over verschillen tussen mensen en motiliteit blijkt dat een mogelijkheid om de houding te veranderen wel wenselijk is.

Ten tweede, afhankelijk van hoe de hoogteverstelbaarheid gaat, kan het noodzakelijk zijn om de hoeken van de zitting

en de rugleuning aan te passen. Als de hoogte bijvoorbeeld bij slechts één van de twee poten van het frame versteld wordt, veranderen de hoeken van de zitting en de rugleuning, waardoor de zitpositie minder comfortabel wordt.

Als de lasstoel gebruikt gaat worden voor andere toepassingen dan enkel het lassen onder de membraanwand, is



Afb. 1.14: Hoekverstelbaarheid.

hoekverstelbaarheid wel zeer wenselijk. Er zou bijvoorbeeld een normale rechtop stoel van gemaakt kunnen worden, die wel laag bij de grond zit, om bijvoorbeeld te kunnen werken aan de zijkant van een werkstuk laag bij de grond. Ook zou het tot de mogelijkheden kunnen behoren om er een volledig plat bankje van te maken, zodat er eventueel op de buik op gelegen kan worden om aan een werkstuk dat plat op de grond ligt te werken.

Als laatste mogelijkheid is het staan op de lasstoel in bankvorm ook mogelijk, en daarbij is het eveneens wenselijk dat de zitting of rugleuning horizontaal te stellen is.

Omdat er zoals gezegd voor het prototype meer functionaliteit ingebouwd gaat worden dan wellicht noodzakelijk, zal de hoekverstelbaarheid verder uitgewerkt worden.

Er is gekozen om bij de hoekverstelbaarheid zo weinig mogelijk gebruik te maken van buigende momenten op het frame, de buizen worden dus recht belast, en hierdoor is er minder dik materiaal nodig, wat tot een lichtere lasstoel leidt. Er schuiven twee buizen over elkaar heen, waarvan de buitenste buis verbonden is met het frame en de binnenbuis met het rug- dan wel zitvlak. De binnenste buis is voorzien van gaten op regelmatige afstand, om met een pen de hoek op verschillende standen vast te kunnen zetten.

1.9.3 Verstelbaarheid hoofdsteun

Een van de eerste eisen aan de lasstoel was een verstelbare hoofdsteun. In eerste instantie is er alleen gekeken naar een in hoogte verstelbare hoofdsteun, maar wellicht is het ook noodzakelijk om de hoofdsteun een hoekverstelbaarheid te geven en dit niet direct afhankelijk te laten zijn van de hoek van de rugsteun.

De grootte van de hoogteverstelbaarheid van de hoofdsteun wordt gelijk gesteld aan die van de algemene hoogteverstelbaarheid, te weten 130mm.

De hoekverstelbaarheid van de hoofdsteun zal een gecompliceerde constructie opleveren, waarbij niet gegarandeerd kan worden dat er een solide geheel overblijft. Dit wordt dus in eerste instantie achterwege gelaten, maar mocht uit de prototypetest blijken dat het toch noodzakelijk is, kan het later toegevoegd worden.

1.9.4 Verstelbaarheid leuningen

Bij de verstelbaarheid van de leuningen is het van belang dat de hoogteverstelbaarheid een groot bereik heeft. Dit moet het mogelijk maken om zowel een steunpunt te hebben tijdens het lassen, dus ongeveer op schouderhoogte, als een steunpunt op een normale hoogte voor armleuningen zoals bij een bureaustoel gebruikelijk is. Deze laatste hoogte is direct af te lezen uit de tabel met menselijke maten, te weten de P5 voor zitvlak-ellebooghoogte, die 207 mm bedraagt (P95 is 299 mm). De schouderhoogte van een P95 zou het hoogste punt zijn van de armleuningen, deze bedraagt 686 mm (P5 574 mm). De leuningen dienen dus 480mm verstelbaar te zijn. Dit is heel erg veel en zal ongetwijfeld leiden tot een fragiele constructie, dus wellicht is het een idee om twee bevestigingsmogelijkheden te maken, zodat de leuning op schouderhoogte te variëren is en onafhankelijk ook op leuninghoogte. Voor het uiteindelijke product is dit niet de meest charmante oplossing, maar voor de prototypetest wel.

In dit laatste geval zou een verstelbereik van 112mm voldoende zijn, maar omdat het wellicht wenselijk is om de leuning iets boven schouderhoogte te kunnen plaatsen, wordt er meer bereik toegevoegd.

Hoekverstelbaarheid

Hoekverstelbaarheid van de leuning wordt om een te ingewikkelde constructie te vermijden achterwege gelaten. De toegevoegde waarde weegt niet op tegen de extra risico's die het met zich meebrengt. Net als bij de hoekverstelbaarheid

van de hoofdsteun kan uit de prototypetest blijken dat het wel noodzakelijk is, dan zal de functionaliteit later toegevoegd kunnen worden.

Draaibaarheid

De leuning dienen vrij draaibaar te zijn in het horizontale vlak, zowel om de leuning even aan de kant te kunnen doen, als ze niet nodig zijn, als om tijdens het steunen op de leuning toch iets te kunnen verplaatsen. Hier moet rekening gehouden worden met hoe soepel de verdraaiing toegepast kan worden, niet te soepel want dan gaan de leuning uit zichzelf bewegen als de stoel niet geheel recht staat, maar ook niet te stroef, want dan is het niet verplaatsbaar door de gebruiker van de stoel terwijl hij erop zit.

1.10 Afmetingen

In deze paragraaf worden de richtlijnen besproken die betrekking hebben op de afmetingen van de contactpunten die de stoel heeft met degene die op de stoel zit.

1.10.1 Zitvlak en rugvlak

Richtlijnen volgens Dirken voor het zitvlak van een bureaustoel en de gekozen maten van de lasstoel zijn als volgt:

Maat	Richtlijn bureaustoel
Breedte	450 – 500 mm
Diepte	350 – 420 mm

Tabel 1.8: Richtlijnen afmetingen bureaustoel

Dirken geeft geen richtlijnen voor afmetingen van het rugvlak van een bureaustoel, dus de maten zullen gebaseerd worden op een normale bureaustoel en op de gekozen bemating van het zitvlak.

1.10.2 Leuning

De afmetingen van de leuning zijn eveneens gebaseerd op de richtlijnen voor een bureaustoel (Dirken, 2001). Met deze richtlijnen in het achterhoofd is de bemating van de armleuningen tot stand gekomen. Een aantal maten wijken enigszins af van de richtlijn en de redenen hiervoor zullen hieronder uitgelegd worden.

Breedte

De breedte van een armleuning dient volgens Dirken 40 – 60 mm te zijn, maar er is gekozen om de leuning iets breder (ongeveer 30%) te maken dan dit. Dit geeft de lassers meer mogelijkheden om hun armen neer te leggen, ze kunnen zo hun armen iets verplaatsen om bij een ander gedeelte van het werkstuk te kunnen, zonder de leuning te hoeven verstellen. De breedte van de leuning zal 80 mm zijn met aan de voor- en achterzijde een afronding, zodat er geen hoeken ontstaan waar de lasser achter zou kunnen blijven haken, met kleding of bijvoorbeeld de slang van de lastoorts.

Diepte

Ook de diepte van de leuning wordt ongeveer 30% vergroot ten opzichte van de richtlijn. Deze geeft 120 – 200 mm en de gekozen bemating is 250 mm. De grotere diepte zal net als de grotere breedte de lassers de mogelijkheid bieden hun steunpunt te verplaatsen, zonder dat de leuning versteld hoeft te worden.

Hoogte boven zitvlak

De hoogte boven het zitvlak is gezien de toepassing van de armleuningen in de lasstoel sterk verschillend van de richtlijn. De richtlijn stelt een verstelbare maat van 120 – 280 mm, dit betekent een verstelafstand van 160 mm. In paragraaf 1.9.4 is reeds besproken dat de verstelafstand van de armleuningen iets meer dan 112 mm dient te bedragen, de gekozen bemating is 120 mm. De 120 mm is opgedeeld in 7 stappen van 20 mm.

In tabel 1.9 staan alle maten van de armleuningen op een rij.

Maat	Richtlijn
Breedte	40 – 60 mm
Diepte	120 – 200 mm
Opening (rugleuning – armleuning)	0 – 100 mm (100 mm verstelbaar)
Hoogte boven zitvlak	120 – 280 mm (160 mm verstelbaar)
Ellebogenbreedte (armleuning – armleuning)	500 – 550 mm

Tabel 1.9: Richtlijnen afmetingen bureaustoel.

1.11 Eisen en wensen van de lasmedewerkers

Uit de interviews met de lasmedewerkers is een aantal eisen en wensen naar voren gekomen waar rekening mee gehouden zal moeten worden in de ontwerpfase van de lasstoel. Om tot een goed ontwerp te kunnen komen, dient niet alleen rekening gehouden te worden met de eisen en wensen die door de lasmedewerkers worden uitgesproken, maar ook met het imago van de doelgroep. Daarom volgt in paragraaf 1.11.2 een omschrijving van de doelgroep. Daarnaast is er ook een collage gemaakt om de sfeer in de werkplaats bij Stork Thermeq uit te beelden.

1.11.1 Eisen en wensen

Onderstel

De vloer in een werkplaats is nooit volledig vlak, dus stoelen met kleine pootjes zijn niet handig, die gaan onvermijdelijk wiebelen en het verschuiven werkt niet goed. Een huidige oplossing daarvoor is een stukje vlakijzer onder de poten, waardoor een soort van slee ontstaat.

Het verplaatsen van een stoel met wieltjes gaat te gemakkelijk, je moet wel op dezelfde positie kunnen blijven zitten om nauwkeurig genoeg te kunnen werken. Als er een rem op de wieltjes zit, zou dit kunnen werken, maar deze moet wel gemakkelijk te bedienen zijn.

Verstelbaarheid

De medewerkers vinden het zeer belangrijk dat de stoel naar hun eigen voorkeuren te verstellen is. Niet iedereen is immers even lang of breed.

Extra opties

Een hanger voor een lastoorts is een wens, anders wordt deze op de grond gelegd, en moet hier ver naar gereikt worden als de stoel verplaatst is.

Het komt voor dat de lassers de stoel gebruiken om op te staan om net even iets hoger te kunnen reiken als een wand verticaal hangt of om over een wand te kunnen reiken die horizontaal ligt.

In de winter is het behoorlijk koud in de fabriekshal, het zou dus prettig zijn dat de punten waarop de lassers contact hebben met de stoel (zitting, rugleuning) gemaakt zijn van een isolerend materiaal. Staal of aluminium zou veel te koud zijn om op of tegenaan te zitten.

1.11.2 Doelgroepanalyse

De doelgroep van de lasstoel zal in eerste instantie beperkt blijven tot de lasmedewerkers bij Stork Thermeq. Dit zijn mannen tussen de 17 en 65 voornamelijk van Westerse afkomst. De doelgroep verricht verschillende werkzaamheden aan grote metalen producten, onder andere slijpen, frezen, buigen en lassen. De doelgroep blijft vaak jarenlang bij hetzelfde bedrijf werken en is vasthoudend aan zijn gewoontes.

Ook in hun arbeid zijn de medewerkers vrij vasthoudend aan gewoontes. De bestaande lasstoelen zijn al jaren onderwerp van klachten, maar er wordt nog steeds mee gewerkt. Wellicht dat een nieuwe lasstoel met wantrouwen ontvangen wordt. Het beste is dus om te zorgen dat de nieuwe lasstoel een vertrouwde uitstraling krijgt, die past bij andere producten of arbeidsmiddelen die in de werkplaats bij Stork Thermeq te vinden zijn.

1.11.3 Doelgroep / -sfeercollage

Ter oriëntatie op producten die in een werkplaats gebruikt worden, is een doelgroep- / sfeercollage gemaakt, deze is te zien op de volgende pagina (afbeelding 1.15). De collage wordt gekenmerkt door het gebruik van rechte oppervlaktes, strakke lijnen. Qua kleurgebruik valt het op dat er voornamelijk primaire kleuren gebruikt worden.



Afb. 1.15: Doelgroep- / sfeercollage Stork Thermeq.

1.12 Eisen en wensen van stakeholders

Om te weten te komen wat de eisen en wensen van alle stakeholders (belanghebbenden) in de levensloop van de lasstoel, is een stakeholderanalyse gehouden.

In een stakeholderanalyse wordt gekeken naar de verlangens van alle belanghebbenden (zowel primair als secundair). Door in het ontwerpproces rekening te houden met deze verlangens, zal een beter product ontstaan.

Hieronder is een schematisch overzicht van de belangen van de stakeholders, die tijdens het opstellen van het Programma van Eisen als leidraad zal worden gebruikt.

Ontwerper

- Winstgevend zijn
- Naamsbekendheid genereren
- Aan verwachtingen voldoen

Producent

- Eenvoudig produceerbaar zijn
- Productietechnisch gunstige materialen bevatten
- Winstgevend zijn

Distributeur

- Eenvoudig transporteerbaar zijn
- Eenvoudig op te slaan zijn
- Winstgevend zijn

Manager

- Betaalbaar zijn
- Aan veiligheidseisen voldoen
- Duurzaam zijn
- Gemakkelijk repareerbaar zijn

Gebruiker

- Een comfortabele zitpositie bieden
- Stabiel staan
- Veilig zijn
- Gemakkelijk instelbaar zijn
- Gemakkelijk verplaatsbaar zijn
- Indien niet gebruikt niet in de weg staan
- Duurzaam zijn
- Gemakkelijk repareerbaar zijn

1.13 Programma van Eisen

Het volledige voorgaande onderzoek heeft ten dienste gestaan voor het Programma van Eisen. Alle eisen, wensen en specificaties zijn afgeleid uit het onderzoek. Het Programma van Eisen zal in de ontwerpfase als leidraad worden gebruikt en het uiteindelijke ontwerpvoorstel zal geëvalueerd worden aan de hand van het Programma van Eisen.

1.13.1 Eisen

Specificaties

- Het gewicht van de lasstoel mag niet meer dan 15 kg bedragen.
- De afmetingen van de lasstoel mogen niet groter zijn dan (L x B x H) 1000 x 500 x 700 mm.
- De zitting en rugleuning van de lasstoel dienen van een stroef materiaal gemaakt te zijn.

Comfort

- De zitting van de lasstoel dient ongeveer 2,5 cm in te zakken bij de zitbeenknobbels.
- De lasstoel dient voorzien te zijn van een mogelijkheid waaraan de stoel verplaatst of opgetild kan worden.
- De lasstoel dient voorzien te zijn van een over 13 cm verstelbare neksteun.
- De lasstoel mag de lasmedewerker niet een positie opleggen, waarbij hinderlijke gewrichtsexcursies ontstaan.

Gebruiksgemak

- De lasstoel dient met lashandschoenen aan verstelbaar te zijn.
- De neksteun van de lasstoel dient goede ondersteuning te bieden voor lassers met een lashelm op.

Onderhoud

- De lasstoel dient minimaal 10 jaar zonder groot onderhoud te functioneren.
- De lasstoel dient gemakkelijk schoon te maken te zijn.
- Alle onderdelen van de lasstoel dienen afzonderlijk vervangen te kunnen worden.

Veiligheid

- De bekleding van de lasstoel dient van brandvertragend materiaal te zijn gemaakt (DIN 4102, classificatie B1 of beter).
- De lasstoel dient bij normaal gebruik niet om te kunnen vallen.
- De lasstoel mag niet plotseling kunnen verplaatsen terwijl iemand erop zit.

Vormgeving

- De stijl van de lasstoel dient aan te sluiten bij andere gebruikte arbeidsmiddelen.
- De lasstoel dient een solide uitstraling te hebben.

1.13.2 Wensen**Comfort**

- De lasstoel dient voorzien te zijn van armondersteuning voor tijdens de laswerkzaamheden.

Gebruiksgemak

- De lasstoel dient een bevestigingsmogelijkheid voor een lastoorts te hebben.
- De lasstoel dient de mogelijkheid te hebben om erop te staan om hoger te kunnen reiken.
- De lasstoel dient instelbaar te zijn op verschillende werkhoogtes.

Hoofdstuk 2 - Conceptfase

In dit tweede gedeelte van het verslag zal de conceptfase van het ontwerptraject besproken worden. Er is in deze conceptfase zowel op grote als kleine schaal gebruik gemaakt van het fuikmodel. Dat wil zeggen dat er eerst gedivergeerd is, om daarna verantwoorde keuzes te maken en tenslotte weer te convergeren naar een oplossing voor het (deel)probleem.

Er is begonnen met het opstellen van een morfologisch schema, waarin voor de verschillende deelproblemen op zo divers mogelijke manieren oplossingen gegeven worden. Vervolgens is er met behulp van het morfologisch schema een aantal concepten gegenereerd die stuk voor stuk besproken zullen worden.

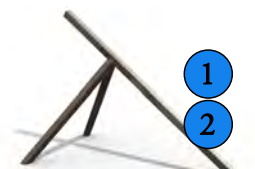
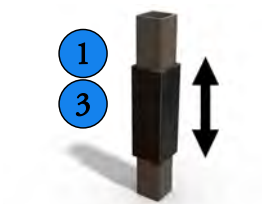
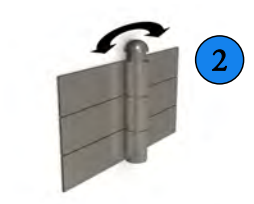
Het eindresultaat van de conceptfase omvat vijf concepten die geëvalueerd worden aan de hand van het Programma van Eisen om tot een conceptkeuze te komen.

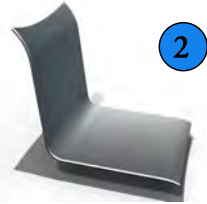
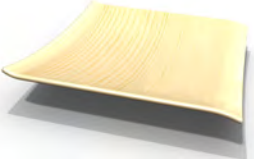
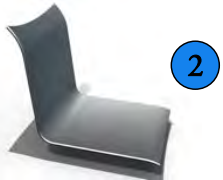
2.1 Deelproblemen

In het vooronderzoek in Hoofdstuk 1 is de opdracht uitgewerkt tot een Programma van Eisen. Het is ondoenlijk om hieruit ineens concepten te genereren, dus daarom is er een lijst met deelproblemen opgesteld. Hieronder zijn deze deelproblemen weergegeven, met daarbij een aantal aandachtspunten. Vanuit deze opsomming is een schema opgesteld met per deelprobleem een aantal mogelijke oplossingen.

Met behulp van de deeloplossingen uit het schema is een drietal concepten gemaakt. Het volledige schema staat in tabel 2.1 en de concepten die hieruit volgen zijn te vinden in de volgende paragrafen.

- Onderkant
 - Stevig
 - Makkelijk verplaatsbaar
 - Niet omvallen
 - Duurzaam
- Frame
 - Stevig
 - Lichtgewicht
 - Duurzaam
- Neksteun
 - Comfortabel
 - Duurzaam
 - Ruimte voor lashelmknop
- Verstelbaarheid
 - Solide
 - Duurzaam
 - Bedienbaar met lashandschoenen aan
- Vastzetten verstelmogelijkheid
 - Solide
 - Duurzaam
 - Bedienbaar met lashandschoenen aan
- Zitvlak
 - Comfortabel
 - Duurzaam
- Rugvlak
 - Comfortabel
 - Duurzaam
- Armsteunen
 - Hendelfunctie
 - Ondersteuning van rugleuning

Onderdeel	Deeloplossingen			
Onderkant	3 losse poten 1	4 losse poten 3	5 losse poten	Slede met 2 banen 2
				
	Slede met 3 banen	Combi poten / slede	Combi poten / wielen	Combi slede / wielen
				
Frame	A-frame 3	Driehoeksconstructie 1 2	Gebogen	Recht
				
Nekstreun	Sleuf voor lashelm	Gat voor lashelm	Inham voor lashelm	Positie onder lashelm
	2 		3 	1 
Verstelbaarheid	Schuiven	Gascilinder	Hydraulisch	Scharnier
	1 3 			 2
Vastzetten Verstelbaarheid	Pen-gat verbinding	Klem	Haak	Draaiknop
	1 		2 	3 

Onderdeel	Deeloplossingen			
Zitvlak	Bureaustoel	Kantinstoel (i.c.m. rug)	Fietszadel	Paardzadel
				
	Kruk	Ligfiets (i.c.m. rug)	Plank	Hangmat
				
Rugvlak	Bureaustoel	Kantinstoel (i.c.m. zit)	Plank	Hangmat
				
Armsteunen	Verstevinging rugsteun	Los	Klein	Geen
				

Tabel 2.1: Schema met deeloplossingen.

2.2 Concepten

Hieronder zullen eerst drie concepten besproken worden die gebaseerd zijn op bovenstaand schema met deeloplossingen. Er zal genoemd worden hoe het concept tot stand gekomen is, en per deelprobleem zal de keuze voor de deeloplossing uitgelegd worden.

Daarna zullen twee concepten besproken worden, die niet gebaseerd zijn op het schema met deeloplossingen.

2.2.1 Concept “Ligfiets”

Het eerste concept dat gemaakt is, is enigszins gebaseerd op een ligfiets met drie wielen. Een voorbeeld van een dergelijke ligfiets, is te zien in afbeelding 2.1. Hieronder volgt een opsomming van de gekozen deeloplossingen voor het concept “Ligfiets”.



Afb. 2.1: Ligfiets met drie wielen.



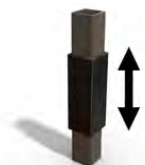
Afb. 2.2: 3 losse poten.



Afb. 2.3: Driehoeksconstructie.



Afb. 2.4: Positie onder lashelm.



Afb. 2.5: Schuiven.



Afb. 2.6: Pen-gat.



Afb. 2.7: Ligfietszitje.



Afb. 2.8: Geen armsteunen.

Onderkant

Een onderkant met drie steunpunten zorgt voor een statisch bepaalde constructie. Dit wil zeggen dat het aantal steunpunten precies voldoet om de constructie stabiel te laten staan, maar niet kan gaan wiebelen op een ongelijke ondergrond.

Frame

Bij een onderkant met drie steunpunten ligt het voor de hand om het frame op te bouwen met drie hoofdbuizen. Daarnaast is in dit frame zo min mogelijk materiaal gebruikt, wat zorgt voor een zo licht mogelijke constructie.

Neksteun

Een neksteun die onder de lasknop gepositioneerd is, geeft de lasser de meeste bewegingsvrijheid, terwijl zijn hoofd en nek toch voldoende ondersteund worden.

Verstelbaarheid

Door te kiezen voor een verstelmogelijkheid waarbij twee buizen over elkaar heen schuiven, ontstaat een stevige constructie die desondanks zo licht mogelijk is. Deze manier van verstellen is toepasbaar zowel voor de zitting en de neksteun, als voor de hoogte van het frame.

Vastzetten verstelmogelijkheid

De verstelmogelijkheid in dit concept wordt vastgezet met een pen-gat verbinding. Het is een eenvoudige constructie die toch zeer stevig is.

Zitvlak en rugvlak

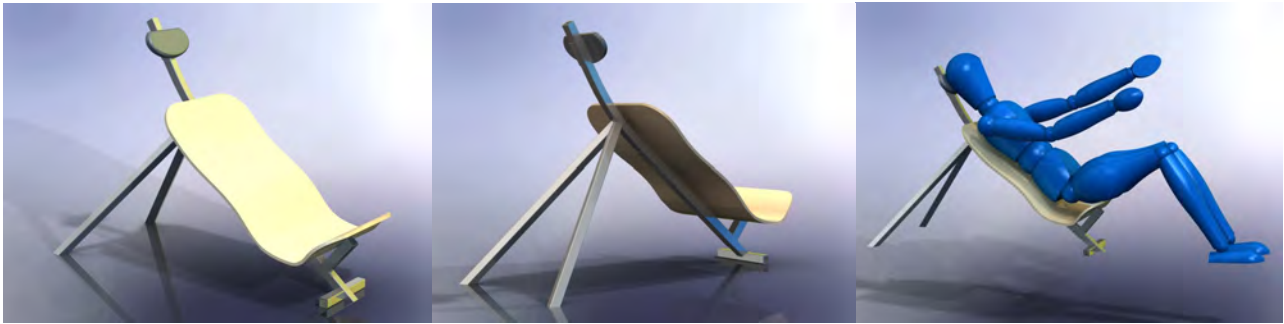
Het zitvlak en het rugvlak bestaan uit één onderdeel, hierdoor blijft een goede hoek en afstand tussen zitvlak en rugvlak gegarandeerd. De combinatie van zit- en rugvlak zorgt er ook voor dat bij het verstellen slechts één component versteld hoeft te worden.

Het rugvlak heeft een lendensteun en loopt door tot halverwege de schouderbladen bij een gemiddeld persoon. Bij een groter persoon zal het rugvlak tot onder de schouderbladen reiken en bij een kleiner persoon tot ongeveer de bovenkant van de schouderbladen. Voor alle personen is dit een comfortabele steun voor de rug.

Armsteunen

Er is gekozen om in dit concept geen armleuningen te gebruiken. De belangrijkste functie van de armsteunen is de hendelfunctie. Bij dit concept is het goed mogelijk om de lasstoel aan de zitting vast te pakken om te verplaatsen dus zijn de armsteunen in dit concept overbodig.

Afbeeldingen van het totaalconcept Ligfiets zijn te zien in afbeelding 2.9.



Afb. 2.9: Concept Ligfiets.

2.2.2 Concept “Tandartsstoel”

Het tweede concept dat gemaakt is, is geïnspireerd door een tandartsstoel. Een voorbeeld van een tandartsstoel is te zien in afbeelding 2.10. Hierna volgt een opsomming van de deeloplossingen bij het concept Tandartsstoel.



Afb. 2.10: Tandartsstoel.



Afb. 2.11: 2 sledes.

Onderkant

De onderkant bestaand uit twee sledes zorgt voor voldoende stevigheid, maar toch voor een constructie die makkelijk verplaatsbaar is.



Afb. 2.12: Recht frame.

Frame

Een frame opgebouwd uit rechte buizen is gemakkelijk te produceren, en levert een solide constructie op. Een nadeel aan deze rechthoekige constructie, is de kans dat er scherpe randen ontstaan.



Afb. 2.13: Sleuf voor lashelm.

Neksteun

De neksteun bevat een verticale uitsparing voor de lashelm. Doordat de sleuf de gehele hoogte van de hoofdsteun omvat, komt het minder nauw op welke hoogte de hoofdsteun ingesteld wordt.



Afb. 2.14: Scharnier.

Verstelbaarheid

Verstelbaarheid door middel van een scharnier is een bewezen constructie. Het kan een solide en redelijk spelingsvrije bevestiging opleveren.



Afb. 2.15: Haak.

Vastzetten verstelmogelijkheid

Een haak die achter een pin haakt levert een gemakkelijk los te halen bevestigingsmethode op. Risico is dat het te gemakkelijk gaat en op een ongewenst moment los kan laten.



Afb. 2.16: Kantinstoel.

Zitvlak en rugvlak

De keuze om zitting en rugvlak uit een onderdeel te laten bestaan, zorgt voor een gemakkelijk te produceren product, maar beperkt het aantal verstelmogelijkheden.

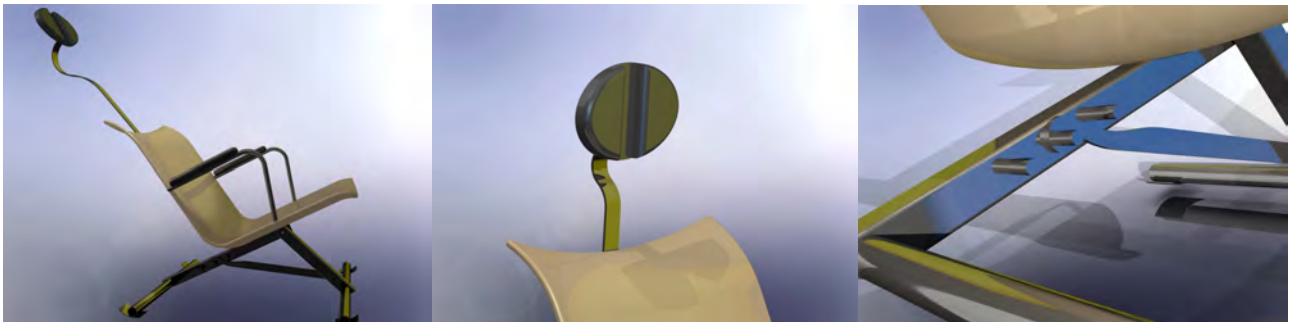


Afb. 2.17: Versteving rugsteun.

Armsteunen

Doordat de armleuningen zowel aan het rugvlak als aan de zitting bevestigd worden, dragen ze bij in de stevigheid van de constructie, dit kan een gewichtsbesparing voor het zitvlak en rugvlak opleveren.

In afbeelding 2.18 is een aantal afbeeldingen van het totaalconcept Tandartsstoel te zien.



Afb. 2.18: Concept Tandartsstoel.

2.2.3 Concept "Schommelstoel"

Het derde concept dat gebaseerd is op het deeloplossingschema, is daarnaast enigszins geïnspireerd door een schommelstoel, waarvan een voorbeeld te zien is in afbeelding 2.19.



Afb. 2.19: Schommelstoel.



Afb. 2.20: 4 losse poten.

Onderkant

De keuze voor een onderkant met 4 losse poten is inherent aan de keuze voor een A-vormig frame, zoals hieronder te zien. Met 4 poten staat de stoel stabiel, maar is er wel een lichte kans op wiebelen.



Afb. 2.21: A-frame.

Frame

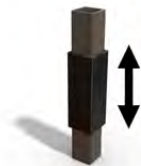
Een A-vormig frame is een zeer stijve constructie, omdat de framebuizen allen op trek of druk worden belast en nauwelijks op buiging, kan er gekozen worden voor dunnere buizen, wat het gewicht van de stoel ten goede komt.



Afb. 2.22: Inham voor lashelm.

Neksteun

De neksteun heeft een inham voor de draaiknop van de lashelm. Het hoofd van de lasser wordt door deze steun goed ondersteund, maar zou daarentegen kunnen zorgen voor een beperking van de bewegingsvrijheid.



Afb. 2.23: Schuiven.

Verstelbaarheid

Er worden hier twee vormen van verstelbaarheid toegepast. De hoofdsteun schuift met een buis over een tweede buis.

De hoek van de zitting wordt versteld met een draaipunt in de punt van de A van het frame.



Afb. 2.24: Draaiknop.

Vastzetten verstelmogelijkheid

Beide verstelmogelijkheden worden vastgezet met een draaiknop. Deze is snel los of vast te draaien en zorgt toch voor een stevige vastzetting. Door de grote diameter van de knop is deze goed te bedienen met lashandschoenen aan.



Afb. 2.25: Hangmat.

Zitvlak en rugvlak

Voor zowel het zitvlak als het rugvlak geldt, dat er een doek opgespannen is tussen twee buizen. Dit levert een comfortabele en toch lichte constructie op.

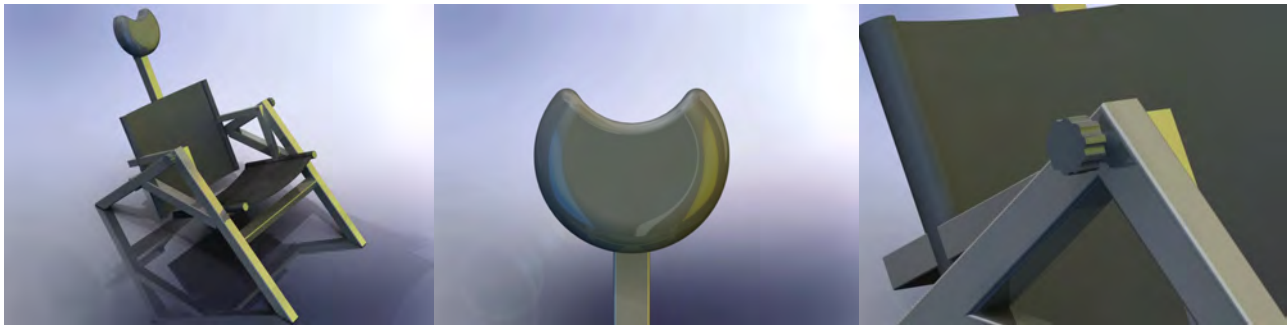


Afb. 2.26: Geen armsteunen.

Armsteunen

Er is gekozen om geen armleuningen toe te voegen, een steunpunt ontstaat al vanuit het frame, en het is ook goed mogelijk de stoel aan het frame vast te pakken om te verplaatsen.

In afbeelding 2.27 staat een aantal afbeeldingen van het concept Schommelstoel.



Afb. 2.27: Concept Schommelstoel.

2.2.4 Concept “Fitnessbank”

Het vierde concept is gebaseerd op een veel in fitnesscentra gebruikt bankje. De bank is erg stevig en gemakkelijk verstelbaar.

In afbeelding 2.28 is een voorbeeld te zien van een fitnessbankje zoals hierboven bedoeld wordt.

Het concept Fitnessbank is wederom in een drietal afbeeldingen weergegeven in afbeelding 2.29.



Afb. 2.28: Fitnessbank.



Afb. 2.29: Concept Fitnessbank.

2.2.5 Concept “Fitnessbank met Leuningen”

Ter ondersteuning van de armen tijdens het lassen, is er ook een concept gemaakt met armleuningen die in hoogte verstelbaar zijn. De leuning is ook draaibaar om de z-as, dat wil zeggen in het platte vlak parallel met de ondergrond.

Hierdoor is het mogelijk om de leuning snel aan de kant te draaien op een moment dat ze niet nodig zijn. Het is daarnaast ook mogelijk om de leuning in zijn geheel te verwijderen, dit naar persoonlijke voorkeur van de lasmedewerker.

Het is echter nog de vraag of de lasmedewerkers behoefte hebben aan een armondersteuning tijdens het lassen, omdat dit hun behoorlijk in de bewegingsvrijheid beperkt. Nauwkeurig werken terwijl de armen volledig ondersteund worden lijkt dus niet wenselijk, maar de aanwezigheid van een steunmogelijkheid juist wel.

Het is zeer lastig om te bepalen hoe de leuning exact gepositioneerd moeten worden. Uit overleg met STEP / fysio Hans Leusenkamp blijkt ook dat een echte steun wellicht niet direct noodzakelijk is, maar de mogelijkheid om te kunnen steunen wel van groot belang is. Even uitrusten tussen de werkzaamheden door, als is het maar voor 10 – 15 seconden, ontlast de spieren voldoende om weer een tijd door te kunnen werken.

De hoogte van deze steun kan het beste bepaald worden nadat er een proefmodel / prototype gebouwd is. De

lasmedewerkers kunnen dan aangeven op welke hoogte ze graag een ondersteuning zouden willen. Bij dit concept is het zeer gemakkelijk de armleuningen op een bepaalde hoogte te bevestigen.



Afb. 2.30: Concept Leuning.

2.3 Conceptkeuze

Nu de vijf concepten bekend zijn, dienen deze geëvalueerd te worden aan de hand van het Programma van Eisen. Er wordt per eis een weegfactor gegeven en de concepten worden beoordeeld op een schaal van 1 tot 5. De weegfactor zal vermenigvuldigd worden met de beoordelingen en het concept met het hoogste eindcijfer, voldoet het beste aan het Programma van Eisen.

Eis	Factor	Ligfiets	Tandartsstoel	Schommelstoel	Fitnessbank	Leuning
Gewicht < 15 Kg	1	5	4	4	3	2
Afmetingen < 1000 x 500 x 700	0,5	4	4	5	5	5
Stroef materiaal zitting	0,5	1	2	2	4	4
Zitting 2,5 cm inzakken	1	1	1	1	5	5
Optilmogelijkheid	1	4	3	4	4	3
Verstelbare neksteun	2	5	4	4	5	5
Lendenondersteuning	0,5	5	5	2	3	3
Geen hinderlijke gewrichtsexcursies	2	5	4	3	5	5
Verstelbaar met handschoenen aan	1	2	3	4	4	4
Ondersteuning met lashelm op	1	3	4	4	5	5
10 jaar zonder groot onderhoud	1	4	3	2	5	4
Gemakkelijk schoon te maken	1	4	2	2	5	4
Gemakkelijk te repareren	1	5	4	3	5	4
Brandvertragend materiaal	2	4	4	2	5	5
Niet omvallen	2	4	2	4	4	4
Niet plotseling verplaatsen	1	3	2	4	4	4
Aansluitende vormgeving	0,5	2	1	4	5	4
Solide uitstraling	0,5	3	1	3	4	3
Bevestiging voor lastoorts	0,5	1	1	1	1	1
Mogelijkheid op stoel te staan	0,5	2	1	1	3	2
Instelbaar op meerdere hoogtes	0,5	2	4	1	4	4
Totaal		77	63,5	63,5	92,5	86

Tabel 2.2: Conceptevaluatie op basis van PvE.

Uit de evaluatie in tabel 2.2 blijkt dat het concept Fitnessbank het meest voldoet aan het programma van eisen. Daarnaast is het bij dit concept ook het gemakkelijkst om extra functionaliteiten toe te voegen of aan te passen, zodat het uiteindelijke ontwerp volledig aan de wensen van de gebruikers kan worden aangepast. Ondanks dat het concept met leuning lager gescoord heeft in de beoordeling, zal het prototype wel leuning bevatten. Zoals reeds in Hoofdstuk 1 vermeld werd, zal er meer functionaliteit aan het prototype worden toegevoegd dan wellicht noodzakelijk en de arMLEuning zijn een interessante toevoeging om te testen.

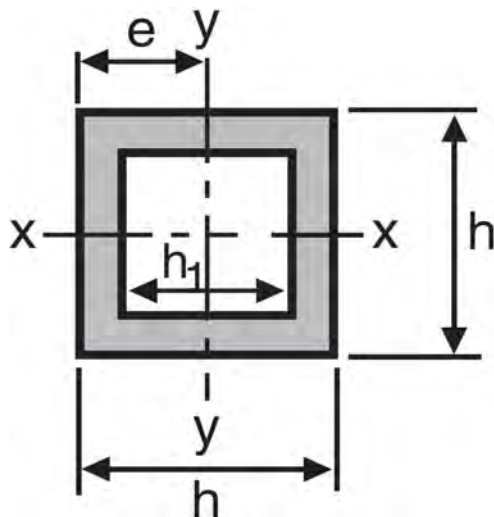
Het concept dat dus verder uitgewerkt zal worden is de Fitnessbank met leuning. De uitwerking en detaillering wordt besproken in het volgende hoofdstuk.

Hoofdstuk 3 - Conceptuutwerking

In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op alle zaken die nodig zijn om het concept uit te werken tot een prototype dat getest kan worden. Er zal per onderdeel besproken worden welke keuzes gemaakt zijn en deze keuzes zullen voor zover mogelijk onderbouwd worden met bronnen of berekeningen. Een groot deel van de bronnen is reeds besproken in Hoofdstuk 1, dus hier zal af en toe naar terugverwezen worden.

Dit hoofdstuk is opgebouwd op basis van de volgorde van keuzes die gemaakt zijn, dat wil zeggen dat eerst de keuzes besproken worden die van relatief grote invloed zijn op het ontwerp, en dat later in het hoofdstuk de gedetailleerdere onderdelen aan bod komen.

3.1 Stijfheid en sterkte Frame



Afb. 3.1: Traagheidsmoment.

Het frame van de lasstoel zal opgebouwd worden uit een aantal stalen buizen van verschillende afmetingen. Om er zeker van te zijn dat het frame sterk genoeg is om een lasmedewerker te kunnen ondersteunen is er een eenvoudige sterkteberekening gedaan om te zien wat de minimale afmeting van de te gebruiken buizen dient te zijn. Dit betreft de horizontale framebuis van 40 x 40 x 2 mm, die in de berekening voorgesteld wordt als een rechte balk.

Voor een simpele balk met een enkele geconcentreerde belasting bevindt de maximale afschuifkracht zich op het uiteinde van de balk dat het dichtst bij de belasting ligt. Het maximale buigend moment bevindt zich direct onder de geconcentreerde belasting (Gere, 2001).

$$\text{Traagheidsmoment } (I) = \frac{h^4 - h_1^4}{12}$$

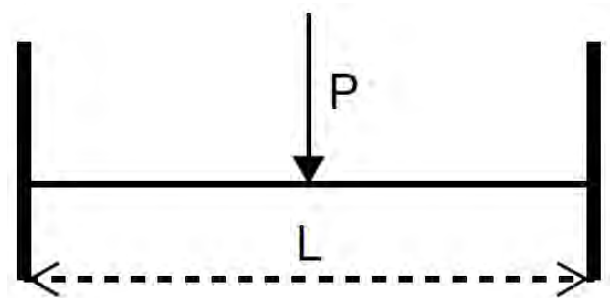
Om het traagheidsmoment van de framebuis te berekenen, zijn, zoals te zien in afbeelding 3.1, de volgende gegevens nodig:

$$h = 40 \text{ mm}$$

$$h_1 = 38 \text{ mm}$$

$$\text{Traagheidsmoment } (I) = \frac{40^4 - 38^4}{12} = 73.365 \text{ mm}^4$$

De framebuis is aan twee zijden ingeklemd en om de maximale belasting te testen, wordt er uitgegaan van een puntbelasting in het midden, zoals te zien in afbeelding 3.2.



Afb. 3.2: Puntbelasting bij tweezijdige inklemming.

Het maximale moment en de daarbij behorende doorbuiging, wordt als volgt berekend:

$$\text{Max moment } (M) = \frac{P \cdot L}{8}$$

$$\text{Doorbuiging } (f) = \frac{P \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I}$$

De gegevens die nodig zijn om het maximale moment in de framebuis te berekenen, zijn als volgt:

$$P = 1500 \text{ N}$$

$$L = 780 \text{ mm}$$

Hieruit volgt het maximale moment:

$$\text{Max moment } (M) = \frac{1500 \cdot 780}{8} = 146.250 \text{ N}$$

Tot slot de gegevens die nodig zijn om de maximale doorbuiging van de framebuis te berekenen:

$$E = 200 \text{ Mpa}$$

$$I = 73.365 \text{ mm}^4$$

$$\text{Doorbuiging } (f) = \frac{1500 \cdot 780^3}{192 \cdot 200.000 \cdot 73365} = 0,25 \text{ mm}$$

Dit resulteert in een doorbuiging van ongeveer 0,25 mm. Aangezien de berekening geldt voor een enkele buis, terwijl er een twee buizen gebruikt worden, zal de werkelijke doorbuiging nog lager uitvallen. Dit is klein genoeg om voldoende sterk te zijn en geen last te veroorzaken voor de lasmedewerker die de stoel gebruikt.

De buis krijgt een zestal gaten voor bevestiging van pennen. Dit lijkt de constructie behoorlijk te verzwakken. Aangezien dit de berekening nogal complex maakt, is met Cosmosworks de doorbuiging gesimuleerd. De gevonden waarden zijn als volgt:

$$\text{Doorbuiging buis zonder gaten zonder pinnen} = 2,44 \cdot 10^{-4} \text{ m} \approx 0,25 \text{ mm}$$

$$\text{Doorbuiging buis met gaten met pinnen} = 2,63 \cdot 10^{-4} \text{ m} \approx 0,26 \text{ mm}$$

$$\text{Doorbuiging buis zonder gaten zonder pinnen} = 2,70 \cdot 10^{-4} \text{ m} \approx 0,27 \text{ mm}$$

Het verschil in doorbuiging tussen een buis zonder gaten en dezelfde buis met gaten en pennen is 0,02 mm. Dit is verwaarloosbaar klein en dus geen enkel probleem.

3.2 Afmetingen

3.2.1 Zitvlak

De afmetingen van het zitvlak en het rugvlak zijn gebaseerd op richtlijnen voor een bureaustoel, zoals besproken in paragraaf 1.10, maar wel enigszins aangepast voor gebruik in een achterover zittende houding.

Er is gekozen om de diepte kleiner te maken dan de richtlijn van Dirken. Achterover hangend zit men namelijk niet met het volle gewicht op het zitvlak, maar ook met een gedeelte op het rugvlak. Een korter zitvlak geeft bovendien meer bewegingsvrijheid en vergemakkelijkt het opstaan als het zitvlak achterover gekanteld is.

De breedte van het zitvlak is ook kleiner gemaakt dan in de richtlijn aangeraden wordt, ten eerste om de lasstoel niet te groot te laten zijn zodat de stoel in de weg staat of te zwaar wordt en ten tweede om dezelfde reden als hierboven, niet het volledige lichaamsgewicht steunt op het zitvlak.

3.2.2 Rugvlak

Dirken geeft geen richtlijnen voor afmetingen van het rugvlak van een bureaustoel, dus de maten zijn ruwweg

gebaseerd op een normale bureaustoel en op de eerder gekozen bemating van het zitvlak. De hoeken van de vlakken zijn ruim afgerond om scherpe punten te vermijden en om te voorkomen dat iemand achter een hoek kan blijven haken en zo de lasstoel om kan gooien.

3.3 Bekleding

Op basis van de gegevens uit paragraaf , is er gekozen voor een bekleding van echt leder. Het is een zeer brandveilig en slijtvast materiaal met bovendien een professionele uitstraling en het biedt een hoog comfort.

Er is een berekening gemaakt van de benodigde hoeveelheid materiaal, de berekening is te vinden in Bijlage B7. In totaal is er $0,79 \text{ m}^2$ materiaal nodig voor alle oppervlakten die bekleed moeten worden. Om een marge te hebben in het fabricageproces, zal er minimaal tweemaal zoveel ($1,6 \text{ m}^2$) besteld worden.

3.4 Vastzetten verstelmogelijkheden

Voor het vastzetten van de verstelmogelijkheden is er gekozen voor een zogenaamde “pop pin” of “rastbolzen”, zie afbeelding 3.3. De werking hiervan is zeer simpel. Om te verstellen dient de pin aangetrokken te worden zodat de pin uit het gat gaat, vervolgens dient de pin losgelaten te worden op het moment dat de juiste instelling bereikt is. Hierbij dient uiteraard gezorgd te worden dat de pin in het gat valt.



Afb. 3.3: Rastbolzen.

3.5 Vormgeving

Aangezien de stoel in een industriële omgeving gebruikt gaat worden, waar alle werktuigen en arbeidsmiddelen gemaakt zijn om tegen een stootje te kunnen, zal de stoel ook hiernaar vormgegeven worden. Het frame van rechte, stalen buizen geeft een machinale uitstraling, aansluitend bij de werkplaats waar de stoel gebruikt zal worden.

De afgeronde vormen van het zit- en rugvlak en van de hoofd- en armsteunen straalt comfort uit, wat ook zeer belangrijk is. De stoel verwelkomt de lasmedewerker met open armen, gesymboliseerd door de armleuningen.

Tenslotte wordt er een speels accent gegeven door de afschuining van het zit- en rugvlak. Het geheel vormt een combinatie van stoer en degelijk met comfortabel en uitnodigend.

3.6 Eindontwerp

Alle bovenstaande factoren hebben uiteindelijk geleid tot het eindontwerp, dat te zien is in afbeelding 3.4.



Afb. 3.4: Eindontwerp Lasstoel.

Hoofdstuk 4 - Prototype

4.1 Versie 1

Van het eindontwerp dat in Hoofdstuk 3 besproken is, is een prototype gemaakt. De eerste versie van het prototype staat weergegeven in afbeelding 4.1.



Afb. 4.1: Prototype lasstoel versie 1.

4.2 Evaluatie versie 1

De eerste versie van het prototype is gedurende een week gebruikt bij Stork Thermeq en hierna is met een aantal lasmedewerkers een evaluatie gehouden, waarin een aantal punten ter verbetering aangedragen werden. Deze punten zullen per stuk besproken worden met daarbij de eventueel gekozen oplossing.

4.2.1 Evaluatie algemeen

De lasmedewerker vinden de stoel comfortabel zitten en vinden het een grote verbetering ten opzichte van de huidige oplossingen. Het eerste probleem dat de lasmedewerker tegengekomen zijn is de hoogte de gehele stoel. Bij de werkzaamheden onder de membraanwand blijkt het moeilijk te zijn om de lashelm die de lasmedewerkers dragen omhoog te kantelen. Dit gebeurt tijdens de werkzaamheden regelmatig en het is erg hinderlijk als dit niet gemakkelijk lukt.

De laagste stand van het verstelmecanisme aan de voorzijde van de stoel is niet laag genoeg en bovendien blijkt het verstellen van de hoogte überhaupt niet erg gewenst. De hoogte van de stoel zal dus aangepast moeten worden, waarbij gezorgd wordt dat het zitvlak dichterbij de ondergrond komt en de verstelmogelijkheid zal komen te vervallen.

4.2.2 Evaluatie hoofdsteun

Het blijkt dat de hoofdsteun niet laag genoeg gesteld kan worden, met name wanneer het rugvlak van de stoel relatief ver achterover gekanteld is. Dit komt voornamelijk door de kromming in de buis waarover de hoofdsteun versteld wordt. Dit zal aangepast worden door de kromming te vervangen door een rechte buis. Hierdoor zal de hoofdsteun op zijn laagste punt tegen de bovenkant van het rugvlak komen te liggen.

4.2.3 Evaluatie verplaatsbaarheid

De lasmedewerkers zijn van mening dat het verplaatsen van de stoel terwijl ze erop zitten te stroef gaat en ze zouden graag willen dat de stoel op wielen geplaatst wordt. Bij het toevoegen van wielen moet rekening gehouden worden met de hoogte. Zoals gezegd in paragraaf 4.2.1 was deze al te hoog, dus er zal een constructie bedacht moeten worden waarbij er wel wielen onder de stoel geplaatst kunnen worden, maar het zitvlak niet hoger boven de grond komt.

4.2.4 Evaluatie armleuningen

De lasmedewerkers hebben geprobeerd hun werkzaamheden te verrichten met ondersteuning van de armleuningen, maar zijn van mening dat dit geen toegevoegde waarde heeft. Het periodiek laten rusten van de armen op de leuningen

is ook niet noodzakelijk, ze is zelfs prettiger om de armen op een pauzemoment juist wat lager te kunnen houden. De leuningen zullen dus uit het ontwerp gehaald worden.

4.3 Versie 2

Het herontwerp na de aanpassingen genoemd in de paragrafen hierboven, is te zien in afbeelding 4.3.



Afb. 4.2: Eindontwerp lasstoel versie 2.

En in afbeelding 4.3 is te zien hoe het prototype aangepast is naar aanleiding van het herontwerp.



Afb. 4.3: Prototype lasstoel versie 2.

4.4 Kosten

In bijlage B10 staat een raming van de kostprijs van het prototype. De totale kosten zijn € 230,77 euro. Mocht de lasstoel in een grotere oplage geproduceerd gaan worden, zullen de materiaalkosten lager uitvallen, omdat bij grotere afname er korting verkregen kan worden op de materiaalkosten. Fabricage en transportkosten zijn niet meegenomen in de berekening.

4.5 Technische tekeningen

Om Stork Thermeq meerdere exemplaren van de stoel te kunnen laten produceren, zijn er technische tekeningen gemaakt van alle onderdelen. De tekeningen zijn bijgevoegd in bijlage B11.

Hoofdstuk 5 - Conclusies en aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk volgen de conclusies en aanbevelingen met betrekking tot het verdere verloop van het ontwerp en de productie van de lasstoel.

5.1 Conclusies

Uit het voorgaande verslag mag worden geconcludeerd dat het ontwerpen van een lasstoel voor Stork Thermeq en het bouwen van een prototype hiervan, geslaagd is. Het prototype voldoet aan het merendeel van de gestelde eisen en zal de lasmedewerkers in staat stellen hun werkzaamheden op een ergonomisch meer verantwoorde en op een meer comfortabele wijze dan voorheen te kunnen verrichten. Zoals in de inleiding van dit verslag vermeld werd, was dat ook de insteek van deze opdracht.

Het prototype dat gemaakt is, is niet volledig perfect afgewerkt. De bekleding is om kosten te besparen bijvoorbeeld niet door een professionele meubelmaker bekleed en ook het laswerk is niet door een professional gedaan. Indien de lasstoel daadwerkelijk geproduceerd zal worden, zal dit uiteraard wel door echte vakmensen gedaan worden, met een beter afgewerkt product als resultaat.

5.2 Aanbevelingen

Nadat versie twee van het prototype gemaakt is, blijven er nog enkele aanbevelingen over. Een aantal hiervan hebben dezelfde oorzaak, namelijk het aanpassen van het prototype naar aanleiding van de evaluatie van de eerste versie van het prototype. Vanwege de complexiteit van een volledig herontwerp, is ervoor gekozen om het bestaande ontwerp aan te passen aan de bijgestelde eisen. Een volledig herontwerp zou waarschijnlijk tot een andere oplossing geleid hebben dit nog meer aan de eisen voldoet. Wellicht dat hier in de toekomst nog naar kan worden gekeken.

Zoals uit de evaluatie bleek, was de zithoogte van de stoel aan de hoge kant, waardoor de lasmedewerkers moeite hadden hun lashelm omhoog te kantelen wanneer zij zich onder een membraanwand bevonden. Indien dit na de aanpassingen nog steeds hinderlijk is, zal de zithoogte verder verlaagd moeten worden, wat echter ook zal moeten leiden tot aanpassing van het verstelmechanisme, aangezien dit zich nu reeds zeer dichtbij de ondergrond bevindt.

De verf van de over elkaar schuivende buizen van het verstelmechanisme is erg aan slijtage onderhevig. Voor de functionaliteit van het mechanisme maakt dit geen verschil, echter is het optisch minder fraai. Er kan dus overwogen worden de schuivende delen een afwerking te geven die bestand is tegen het schuifmechanisme, zoals bijvoorbeeld verchromen of poedercoaten.

Bronvermelding

Literatuur

- Dirken, H. (2001). *Productergonomie: ontwerpen voor gebruikers*. Delft: DUP Blue Print.
- Eger, A.O. (1996). *Succesvolle Productontwikkeling*. Kluwer Bedrijfswetenschappen.
- Gere, J.M. (2001). *Mechanics of Materials*. Cheltenham (UK): Nelson Thornes Ltd.
- Lutters-Weustink, I.F. (2008). *Technisch Teken*. Enschede: Universiteit Twente.
- MCB Nederland (2007). *Het MCB Boek*. Valkenswaard: MCB Nederland BV.
- Nederlands Instituut voor Lastechniek (1999). *Laspraktijkingenieur*; Voorschoten: NIL.
- Voskamp, P. & Schilder, C. (2005). *Ergonomie Compact*. Den Haag: Sdu Uitgevers.
- *Arbeidsomstandighedenbesluit*. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/>. Geraadpleegd 2 maart 2010.
- *Arbeidsomstandighedenwet*. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0010346/>. Geraadpleegd 2 maart 2010.
- *Richtlijn Algemene Productveiligheid*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0095:NL:HTML>. Geraadpleegd 9 maart 2010.
- *Solidworksmodel menselijk lichaam*. http://solidworks.cad.de/lib_mensch01.htm. Geraadpleegd 2 maart 2010.
- *Warenwetbesluit Algemene Productveiligheid*. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0006158/>. Geraadpleegd 9 maart 2010.

Software

- *Photoview 360* (2009). Dassault Systèmes.
- *Solidworks Education Edition* (2009). Dassault Systèmes.

Algemeen geraadpleegd

- Elling, R., Andeweg, B., Jong, J. de & Swankhuisen, C. (2005). *Rapportagetechniek*. Groningen: Wolters Noordhoff.
- Verschuren, P. & Doodewaard, H. (2000). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Utrecht: Lemma.