

**Herontwerp en optimalisatie van het uitschuifstelsel voor de
nieuwe lijn horse trucks
&
Ontwerp van een uitschuifbare kast/tafel module voor de
nieuwe lijn horse trucks**



**Bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente
Roel ter Weeme**

**Herontwerp en optimalisatie van het uitschuifstelsel voor de nieuwe lijn horse trucks &
Ontwerp van een uitschuifbare kast/tafel module voor de nieuwe lijn horse trucks**

Bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen

Roel ter Weeme

S0200301

Roelofsen Raalte

8102 NB Raalte

Heesweg 41

Begeleider: J.W. Roelofsen

Universiteit Twente

Faculteit CTW

7500 AE Enschede

1^e begeleider: T.G.M. Krone

2^e begeleider: A.O. Eger

25 mei 2014

Inhoudsopgave

Voorwoord	IV
Samenvatting	V
Hoofdstuk 1: Inleiding	1
Hoofdstuk 2: Analyse uitschuifstelsel	5
Hoofdstuk 3: Krachten en spanningen	6
Hoofdstuk 4: Optimalisatie-richtingen	12
Hoofdstuk 5: Concepten	16
Hoofdstuk 6: Detaillering	23
Hoofdstuk 7: Realisering (wegens vertrouwelijke informatie verwijderd uit het verslag)	
Hoofdstuk 8: Conclusies en aanbevelingen uitschuifstelsel	29
Hoofdstuk 9: Analyse interieur	30
Hoofdstuk 10: Ideeën	35
Hoofdstuk 11: Uitwerking uitschuiftafel	37
Hoofdstuk 12: Concepten uitschuiftafel	41
Hoofdstuk 13: Detaillering uitschuiftafel	45
Hoofdstuk 14: Prototype uitschuiftafel	50
Hoofdstuk 15: Conclusies en aanbevelingen uitschuiftafel	54
Bijlage A: Kosten (wegens vertrouwelijke informatie verwijderd uit het verslag)	
Bijlage B: Reactiekrachten en spanningen	55
Bijlage C: Doorbuiging	62
Bijlage D: Samenstellingstekeningen	63
Bijlage E: Staaltabellen	65
Bijlage F: Krachtmeting Linak	66

Voorwoord

In het kader van de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente heb ik in de periode van eind oktober tot eind februari twee ontwerpopdrachten uitgevoerd voor het bedrijf Roelofsen B.V. in Raalte. In dit verslag worden de verschillende fasen, afwegingen en resultaten van de ontwerpstudies besproken.

Ik wil graag enkele mensen bedanken die hebben bijgedragen aan het behaalde resultaat.

Voor mijn stageperiode wil ik Jonny Roelofsen bedanken voor zijn feedback en de begeleiding binnen het bedrijf. Ook wil ik René Dankelman en Wesley Masman bedanken voor hun adviezen en assistentie bij het realiseren van de eindproducten.

Voor de begeleiding vanuit de Universiteit wil ik Theo Krone bedanken voor zijn feedback en adviezen om de gehele opdracht tot een goed einde te brengen.

Samenvatting

In de periode van eind oktober tot eind februari zijn voor het bedrijf Roelofsen B.V. in Raalte twee ontwerpopdrachten uitgevoerd. Roelofsen is een carrosseriebouwbedrijf gespecialiseerd in het maken van horse trucks. Deze horse trucks hebben als primaire functies het vervoeren van meerdere paarden en een luxe onderkomen bieden voor de gebruikers.

De eerste opdracht was het herontwerpen van het uitschuifstelsel. Dit uitschuifstelsel zorgt ervoor dat de slide-out (een gedeelte van de living die uitgeschoven kan worden om de leefruimte in de truck te vergroten) naar buiten en binnen kan worden geschoven. Het doel van het herontwerp is het stelsel te verkleinen waardoor er meer ruimte is voor andere componenten in de truck en waar mogelijk te optimaliseren qua prijs.

Het nieuwe stelsel moet ten opzichte van het oude hetzelfde gebruiksgemak hebben en dus in 30 seconden uitschuiven. Daarbij moet het goedkoper worden dan het huidige stelsel van 2500 euro om een betere concurrentiepositie te verkrijgen. Maar de belangrijkste eis is de maximale lengte van het stelsel die van 2500 mm naar 1700 mm gaat.

Het huidige stelsel is berekend op reactiekrachten en spanningen in de verschillende componenten. Hieruit bleek dat het stelsel overgedimensioneerd is waardoor er ruimte bleek tot optimalisatie qua afmetingen, gewicht en kosten.

In het hoofdstuk optimalisatierichtingen is vervolgens gekeken naar verschillende ideeën en mogelijkheden om te kunnen optimaliseren. Deze mogelijkheden zijn vervolgens verwerkt tot drie concepten. Er is een keuze gemaakt voor het concept wat veel op het oude stelsel lijkt omdat hier geen functioneel prototype van gemaakt hoeft te worden waardoor er veel kosten bespaard blijven. Het concept is in de detailleringfase van het ontwerptraject tot in detail uitgewerkt waarbij alle onderdelen in technische tekeningen zijn vastgesteld en besteld. Ook zijn de belangrijkste onderdelen gecontroleerd op spanningen om er zeker van te zijn dat deze niet zullen bezwijken tijdens het gebruik. Het concept is tot en met de productie uitgewerkt waardoor het nieuwe uitschuifstelsel in een van de horse trucks is ingebouwd.

De tweede opdracht tijdens de bacheloropdracht was het ontwerpen van een uitschuiftafel voor het interieur van de slide-out van de Profiliner RR5. De Profiliner RR5 heeft een kleiner slide-out dan in de huidige modellen waardoor er geen ruimte meer is voor een U-bank. Om toch een tafel in deze slide-out te verwerken is daarom een nieuw product ontwikkeld.

De ontwikkeling tot functioneel prototype van deze uitschuiftafel is tot stand gekomen door het doorlopen van verschillende ontwerpfasen. Hierbij is er eerst een programma van eisen opgesteld aan de hand van de analysefase. Aan de hand van dit programma van eisen zijn verschillende ideeën bedacht. Het idee waarbij een ingeklapte tafel onder de bank vandaan komt en vervolgens de tafelpoot omhoog komt en het tafelblad uitgeklapt wordt is als beste beoordeeld.

Het idee is uitgewerkt tot twee concepten, één waarbij de tafel door een gasveer onder de bank vandaan wordt geduwd en één waarbij dit door middel van spierkracht gebeurt. Omdat beide concepten aan de meeste eisen voldeden hebben de kosten doorslag de gegeven. Het concept zonder de gasveer is vervolgens tot in detail uitgewerkt waar naast de functionaliteit op de vormgeving is gelet. Het eindconcept past goed bij de vormgeving van de rest van het interieur. Uit de gebruikstest met het functioneel prototype bleek het oppervlak van het tafelblad iets te klein voor optimale functionaliteit waardoor hier nog meer aandacht aan besteed moet worden.

Hoofdstuk 1: Inleiding

De bacheloropdracht is de afsluitende opdracht van de bachelor, in dit geval van de studie Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Het doel van de opdracht is de opgedane kennis van de studie zelfstandig toe te passen in een opdracht. Bij deze opdracht komen dan ook verschillende aspecten van het industrieel ontwerpen naar voren. Zo wordt er een ontwerptraject doorlopen voor een nieuw product en wordt er een bestaand systeem geoptimaliseerd.

De opdracht die in de rest van de inleiding verder zal worden toegelicht en onderbouwd bestaat uit twee delen: 'Het herontwerpen en optimaliseren van het uitschuifstelsel voor een nieuwe lijn horse trucks' en 'Het ontwerpen van een uitschuifbare kast/tafel module voor de nieuwe lijn horse trucks'.

Het bedrijf

De opdracht is uitgevoerd voor het carrosseriebouwbedrijf Roelofsen BV. Het bedrijf is opgericht in 1986 door de huidige directeur en mijn begeleider, de heer Jonny Roelofsen. Inmiddels is het bedrijf met meer dan 60 werknemers het grootste carrosseriebouwbedrijf van horse trucks in Nederland. Het bedrijf is verdeeld over twee vestigingen in Raalte. De hoofdvestiging biedt plaats aan ongeveer 40 werknemers waarvan er 10 in het kantoor werken en de rest in de werkplaats/montagehal. De kantoorafdeling is verdeeld in de administratie/receptie, de inkoop, de teken/ontwerpafdeling en de verkoopafdeling.

Het bedrijf maakt tailor made carrosserieën voor een grote verscheidenheid aan klanten van over de hele wereld. Voorbeelden hiervan zijn carrosserieën voor de motorsport, wielersport en mobiele kantoren voor de NAM (fig. 1-1, 1-2, 1-3).



Figuur 1- 1



Figuur 1- 2



Figuur 1- 3

Het grootste aantal trucks dat gebouwd wordt en tevens de specialiteit van het bedrijf zijn de zogenaamde horse trucks (fig. 1-4). Trucks voor het vervoer van paarden (fig. 1-6) en tevens onderkomen voor de berijder(s) tijdens wedstrijden (fig. 1-5). Ook deze trucks worden op maat gemaakt naar de wens van de klant en zijn daarom allemaal uniek. De horse trucks kunnen tot wel acht paarden vervoeren en verschillen voornamelijk in afmeting en luxe door de grootte van de bijbehorende living. Van een klein zitgedeelte tot grote woonkamer, badkamer, keuken en plaats om met vijf personen te slapen.



Figuur 1- 4



Figuur 1- 5



Figuur 1- 6



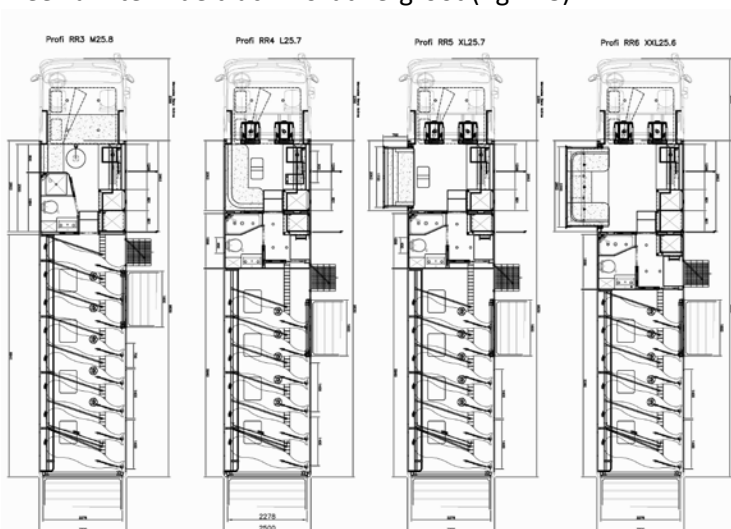
Figuur 1- 7

In de tweede vestiging van het bedrijf worden kleinere tweepaards auto's gebouwd (fig. 1-7). Deze carrosserieën staan op een basis van een Renault Master en hebben het grote voordeel dat ze met een BE-rijbewijs bestuurd mogen worden. Deze tweepaards auto's hebben de naam 'Parados' en worden in grotere hoeveelheden in standaard vorm gemaakt. In deze vestiging van het bedrijf werken de overige 20 personen.

Vraagstelling

De horse trucks worden allemaal op maat gemaakt naar de specifieke wensen van de klant. Hierdoor wordt er aan de teken/ontwerpfase veel extra tijd besteed waardoor de verkoopprijs toeneemt. Om meer te standaardiseren en om meer te kunnen concurreren met bedrijven uit België, Duitsland en Oost-Europa wil het bedrijf een aanvullende lijn trucks op de markt brengen, de zogenaamde 'Profiliner'. Deze Profiliner-lijn zal zich gaan focussen op uniformiteit waardoor er meer onderdelen in grote getalen ingekocht kunnen worden. Om de klant voldoende keuze te bieden zal de profi-lijn bestaan uit vier standaard modellen (fig. 1-9) waarbij de klant kan kiezen tussen een kleine living met grote stal of vice versa.

De klant kan bij zowel de kleine als de grote living kiezen voor een slide-out. Een slide-out is een gedeelte van de carrosserie die, als de truck geparkeerd staat, naar buiten kan schuiven waardoor de leefruimte in de truck wordt vergroot (fig. 1-8).



Figuur 1- 9



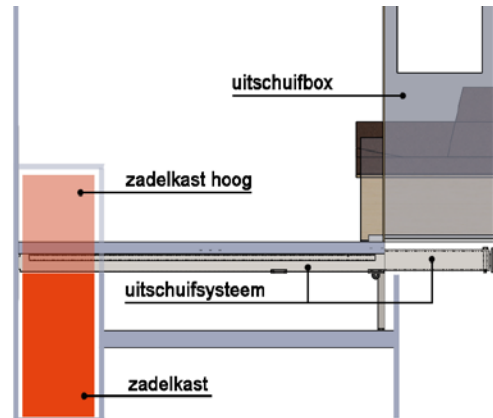
Figuur 1- 8

Uitschuifstelsel

Het eerste deel van het verslag, de hoofdstukken 2 tot en met 8, zal een ontwerplossing bieden voor het probleem dat veroorzaakt wordt door nieuwe wensen van de klant. De meeste klanten die een horse truck bestellen nemen paarden mee om er op te rijden. Daarom beschikken de meeste trucks over een zadelkast aan de zijkant van de truck (fig. 1-10). Omdat er meestal veel wordt gereden op verschillende paarden willen de klanten het liefst een zo groot mogelijke zadelkast. De maximale grootte van de zadelkast wordt bepaald door de ruimte in de truck. Bij de versies met een slide-out wordt deze ruimte op dit moment beperkt door het uitschuifstelsel. Het uitschuifstelsel is het stelsel dat de uitschuifbox naar buiten en weer naar binnen doet bewegen (fig. 1-11)



Figuur 1-10



Figuur 1-11

Het uitschuifstelsel maakt gebruik van twee omegaprofielen die gestrekt over de hele breedte van de truck liggen. Uit deze omegaprofielen worden door middel van twee lineaire actuatoren twee kokerprofielen naar buiten gedruwd die verbonden zijn met de zijwand van de uitschuifbox. Om de hoge variant van de zadelkast mogelijk te maken in de Profiliner is het nodig het uitschuifstelsel in te korten. Tevens zal er met betrekking tot de kosten geoptimaliseerd worden in verband met het behouden van een goede concurrentiepositie.

Uitschuiftafel

De huidige trucks met slide-outs zijn (fig. 1-12) in de living standaard van een U-bank (fig. 1-13) voorzien. In deze situatie wordt er een losstaande tafel in de opening van de bank geplaatst omdat daar voldoende ruimte voor is. Dit zal bij de nieuwe 'Profi-RR6' niet veranderen.



Figuur 1-12



Figuur 1-13

De 'Profi-RR5' (fig. 1-9) zal worden uitgerust met een rechte bank. Dit komt doordat de living niet breed genoeg is voor een U-bank. Hier zal bij het inschuiven van de uitschuifbox geen ruimte zijn om de losstaande tafel kwijt te kunnen. Daarom wil Roelofsen, om toch aan de meeste eisen van de klant

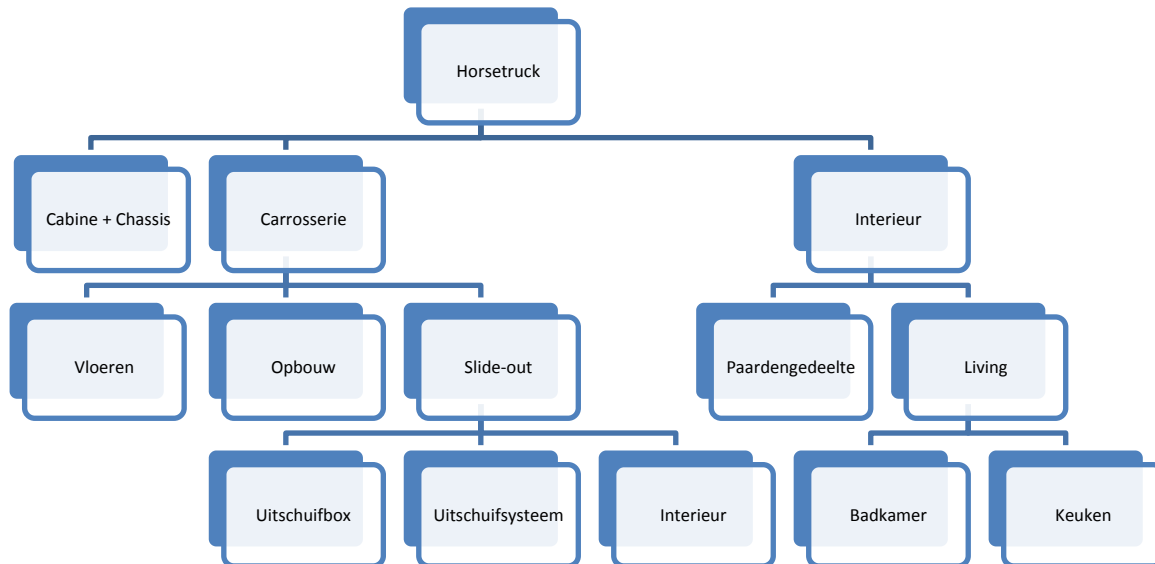
te kunnen voldoen betreffende een tafel in de living, een nieuwe tafel ontwikkelen. Deze tafel zal dezelfde functionaliteit als de tafel van de U-bank moeten hebben maar bij het uitschuiven van de uitschuifbox uit de bank tevoorschijn moeten komen. Deze ontwikkeling zal in het tweede gedeelte, de hoofdstukken 9 tot en met 13, van dit verslag worden uiteengezet.

Doelstelling

Het doel van dit rapport bestaat uit twee delen. Het eerste deel presenteert het herontwerp van het uitschuifstelsel voor de Profiliner waarbij het voor het bedrijf van belang is dat dit stelsel aan het eind van het optimalisatietraject geïmplementeerd kan worden. Het tweede deel van het rapport presenteert een ontwerp en prototype van een uitschuifbare kast plus tafel voor de kleine slide-out van de Profiliner RR5. Hierbij zal een functioneel prototype het einddoel van het product zijn waarna Roelofsen het verder kan ontwikkelen.

Hoofdstuk 2: Analyse uitschuifstelsysteem

Een complete horse truck is een groot systeem met allerlei subsystemen. Omdat het niet nodig is het hele systeem te analyseren is er een verdeling gemaakt in subsystemen. In fig. 2-1 is de hiërarchie van de subsystemen weergegeven.



Figuur 2- 1

Het hoofdsysteem is op te delen in drie subsystemen: de cabine plus het chassis, de carrosserie en het interieur. De cabine plus het chassis wordt door Roelofsen ingekocht bij een van de verschillende vrachtauto producenten en is de basis voor de carrosserie (fig. 2-2).



Figuur 2- 2



Figuur 2- 3



Figuur 2- 4

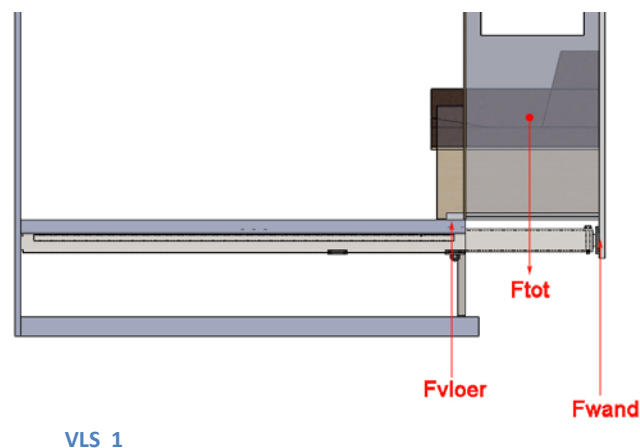
Het interieur van de horse truck heeft betrekking op alles wat binnen in de carrosserie gebouwd wordt. Hierin is duidelijk onderscheid te maken tussen het paardengedeelte (fig. 2-3) en de living (fig. 2-4). De subsystemen 'Cabine + Chassis' en 'Interieur' zijn niet interessant voor het oplossen van het gestelde probleem en zullen verder niet worden belicht.

Het subsysteem carrosserie is wel belangrijk om goed te analyseren omdat het slide-out systeem hier direct, en het uitschuifstelsysteem indirect deel van uitmaakt. In verband met vertrouwelijke informatie is de rest van de analyse niet in dit verslag opgenomen.

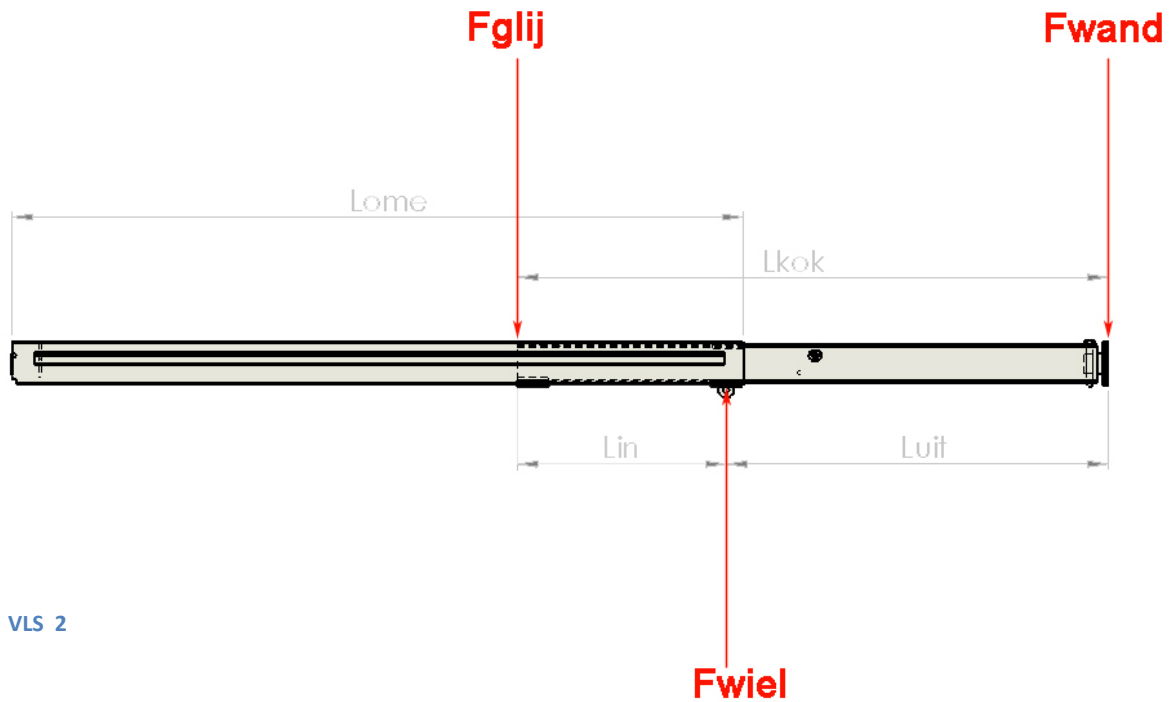
Hoofdstuk 3: Krachten en Spanningen

Voordat er een herontwerp gemaakt kan worden van het uitschuifstelsel is het belangrijk om te berekenen wat de krachten, spanningen en doorbuigingen zijn van het huidige stelsel. Door middel van berekeningen kan er bepaald worden hoeveel het gewicht van de uitschuifbox maximaal mag zijn bij het gebruik van het huidige uitschuifstelsel. Ook kan er berekend worden wat de inkorting van het uitschuifstelsel voor effect heeft op de krachten en of deze krachten de maximale spanningen van het materiaal zullen overschrijden. Uit de resultaten zal blijken of het reëel is om het stelsel in te korten en of het mogelijk is deze te optimaliseren.

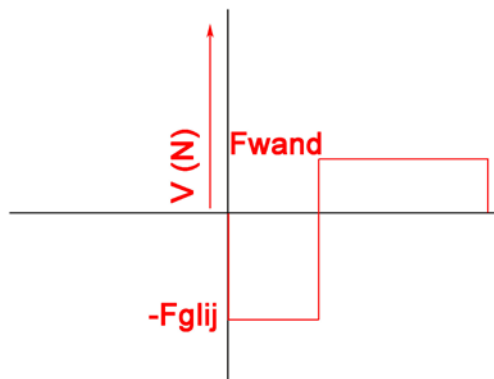
In hoofdstuk 2 zijn alle subsystemen en koppelingen tussen deze systemen behandeld. De resultaten hiervan zijn verwerkt in versimpelde schematische weergaven van de situatie en de krachten die er op werken. Eerst zullen de VLS'en worden toegelicht waarbij duidelijk wordt waar de maximale krachten en spanningen op het stelsel werken. In bijlage B worden de berekeningen uitgewerkt. De resultaten van de berekeningen worden aan het eind van dit hoofdstuk verder besproken.



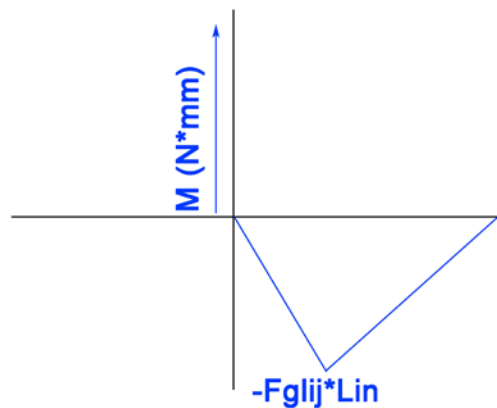
In VLS 1 is het gehele slide-out systeem weergegeven. Hierin is te zien dat de uitschuifbox in uitgeschoven toestand een kracht uitwerkt die door de uitschuifkoker en vloer van de horse truck worden opgevangen. Omdat het massazwaartepunt van de uitschuifbox lastig te bepalen is en ook de massa van de gebruikers moet worden toegevoegd aan het systeem, worden deze twee massa's samengevoegd in één kracht die in het midden van de box aangrijpt (F_{tot}). Deze veronderstelling resulteert erin dat de vloer en de uitschuifkokers ieders één helft van het gewicht moeten dragen. Omdat er twee uitschuifkokers en twee omegaprofielen zijn wordt de kracht verdeeld.



In VLS 2 vindt in het uitschuifstelsel de koppeling plaats tussen de uitschuifkoker en het omegaprofiel. De kracht F_{wand} die uit het eerste VLS komt zal daarom op de plaatsen waar de uitschuifkoker contact maakt met het omegaprofiel zorgen voor reactiekrachten. Zo zal de roloplegging die met vier bouten aan de omega is bevestigd de kracht F_{wiel} moeten leveren om de koker omhoog te houden. Aan de achterkant van de koker zal de omega via de glijoplegging een reactiekracht op de koker uitwerken. Behalve de belasting van de box levert de koker zelf ook een gedeelde belasting dankzij de zwaartekracht. Deze belasting is verwaarloosd omdat het gewicht van de koker vele malen kleiner is dan het gewicht van de uitschuifbox. Door middel van de zogenoemde krachten- en momentenevenwichten zijn de verhoudingen tussen de krachten te berekenen. De krachten- en momentenevenwichten zijn in de bijlage B te vinden.

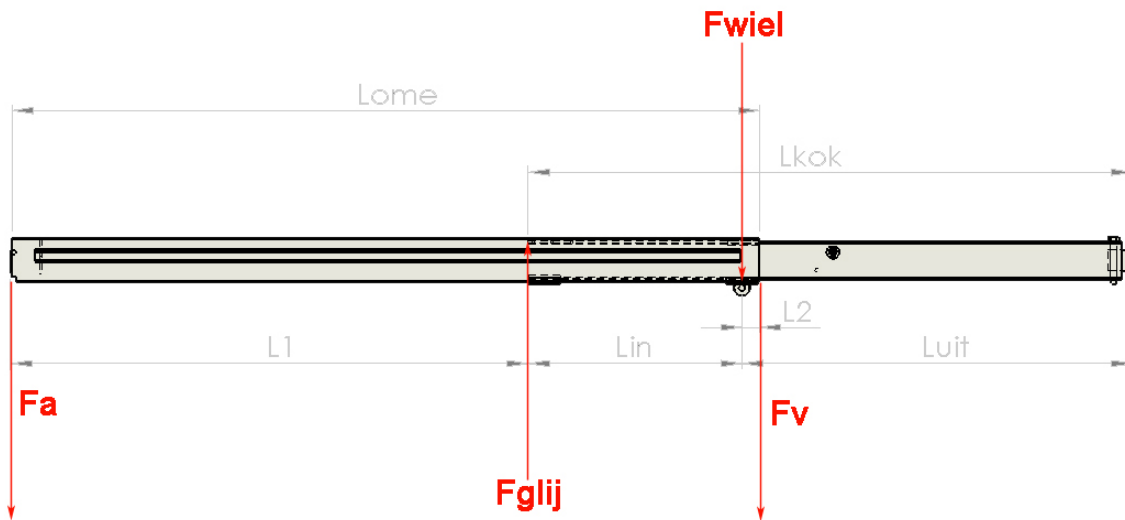


Figuur 3- 1



Figuur 3- 2

De spanningen in de koker worden bepaald door de interne schuifkracht en het interne moment in de koker. De interne schuifkracht resulteert in een bepaalde schuifspanning en het interne moment in een buigspanning. De plaats en grootte van de schuifspanning is weergegeven door middel van de Vlijn (fig. 3-1). Hieruit is meteen af te lezen dat de maximale schuifspanning zal optreden in het gedeelte waar de koker in het omegaprofiel zit. Dit komt doordat de uitgeschoven lengte langer is dan de inwendige lengte. Uit de Mlijn (fig. 3-2) is af te lezen dat het maximale interne moment van de koker en dus de maximale buigspanning in de koker zal plaatsvinden ter hoogte van de roloplegging.

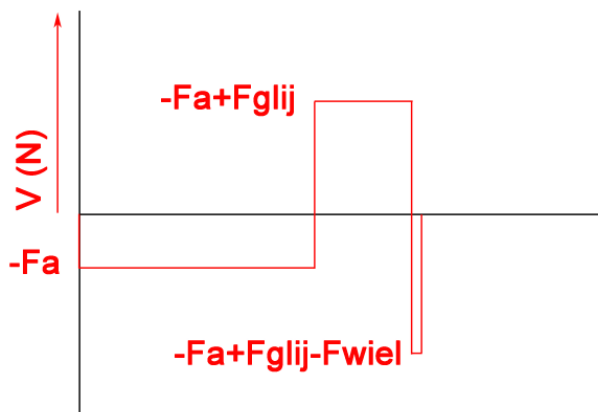


VLS 3

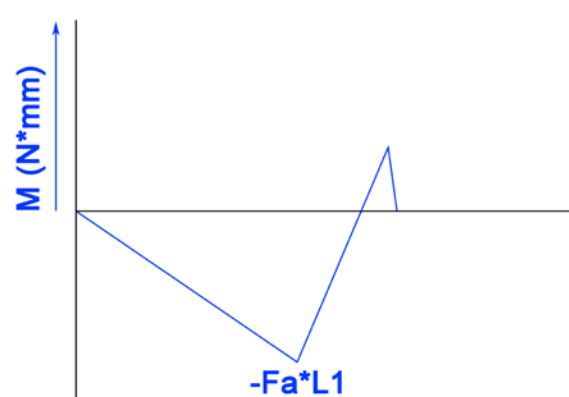
Het omegaprofiel wordt door middel van een aantal parkerschroeven aan de topvloer bevestigd. De topvloer wordt op zijn beurt met stalen kokers aan de voorkant met de ondervloer verbonden en aan de achterkant gebeurt dit door middel van de zijwand. Omdat de topvloer uit verschillende materialen bestaat die uit allemaal lagen bestaat die met lijm met elkaar zijn verbonden, wordt de topvloer in de berekeningen niet meegenomen en wordt er vanuit gegaan dat de stalen constructie van het omegaprofiel de krachten opvangt. De berekening wordt daarom vereenvoudigd door uit te gaan dat het omegaprofiel op de uiteinden aan de ondervloer wordt bevestigd met stalen kokers. Tevens wordt de verdeelde belasting van het omegaprofiel wederom verwaarloosd omdat deze in vergelijking met de reactiekrachten heel klein is. Deze veronderstelde situatie is in VLS 3 weergegeven waarbij de krachten F_{wiel} en F_{glij} vanuit het vorige VLS weer terugkomen in tegengestelde richting. Deze krachten zorgen voor de reactiekrachten op de plekken waar de omega is opgehangen.

De maximale interne schuifkracht zal plaatsvinden tussen de rolplegging en de voorste ophanging van de omega (fig. 3-3).

Het maximale interne moment treedt op waar de koker het omegaprofiel omhoog wil duwen en zal daar voor de maximale buigspanning zorgen (fig. 3-4).



Figuur 3- 3



Figuur 3- 4

Spanningen

Bij systemen met balkprofielen zoals hier het geval is, zal het systeem normaal gesproken eerder bezwijken door de buigspanning dan door de schuifspanning.

De buigspanning hangt af van het interne moment en de sectie modulus (W) van het gekozen profiel. Wanneer het interne moment afneemt is het dus mogelijk om een kleiner profiel te kiezen met een lagere sectie modulus.

De schuifspanning hangt naast de interne schuifkracht ook af van het gekozen profiel. De formules van de spanningen zijn te vinden in bijlage B.

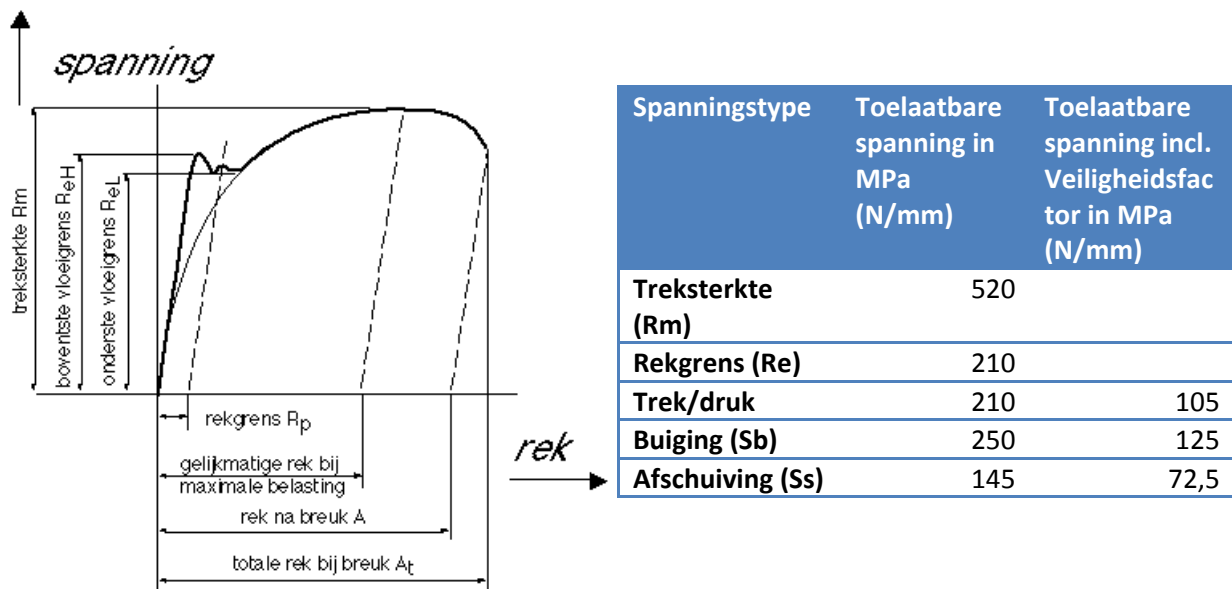
Doorbuiging

Naast de berekeningen op sterkte is het ook van belang dat de doorbuigingen in het systeem niet te groot worden. Op de website Designerdata.nl zijn de doorbuigingen te berekenen van standaard situaties (zie bijlage C).

Materiaal

Een materiaal bezwijkt wanneer de treksterkte is gepasseerd (fig. 3-5). Het zal echter daarvoor al plastisch deformeren wat niet mag gebeuren, daarom wordt er in de werktuigbouw gekeken naar de rekgrens R_p . Bij deze waarde zal het materiaal 0,2% elastisch deformeren, maar het zal altijd weer terugkomen naar de oorspronkelijke vorm.

Roelofsen gebruikt voor al haar constructiewerk RVS AISI 304. Dit wordt verkozen boven constructiestaal omdat het geen behandeling nodig heeft en niet roest. Dat het meer kost dan constructiestaal neemt men voor lief. De waarden van de toelaatbare spanningen zijn weergegeven in figuur 3-5 en komen uit het boek 'Roloff Matek, Normen & Tabellen'. Omdat er absoluut niet boven deze waarden uitgekomen mag worden, ook niet bij zeer extreem gebruik, zal er gerekend worden met een veiligheidsfactor.



Figuur 3- 5

Omdat er ontworpen wordt met berekeningen naar statische belasting en er geen rekening gehouden wordt met dynamische belasting, slijtage, trillingen en zeer extreem gebruik, zal er gerekend worden met een veiligheidsfactor van 2 waarmee de herziene toelaatbare buigspanning op 125 MPa en de afschuifspanning op 72,5 MPa komt.

Berekeningen

Om tot concrete resultaten te komen zijn de verschillende formules en krachten- en momentenevenwichten in Matlab tot een script verwerkt waar door de verschillende variabelen in te vullen en aan te passen er verschillende resultaten kunnen worden behaald.

Er kan gekeken worden wat in de huidige situatie de maximale spanningen zijn en of deze onder de toelaatbare spanningen blijven. Dit is vrij aannemelijk omdat de huidige uitschuifsystemen al tijden worden gebruikt. Aan de andere kant is het wel interessant om te weten hoe ver de spanningen van de toelaatbare spanningen af liggen. Er kan ook gekozen worden om met de toelaatbare spanning te starten om een optimaal profiel te kiezen met betrekking tot de kosten.

Om de berekeningen te controleren is er eerst gekeken hoe groot de krachten en spanningen zijn in het huidige systeem. De afmetingen van het uitschuifstelsel zijn al bekend maar de kracht F_{tot} nog niet. Deze zal direct afhangen van het gewicht van de uitschuifbox en is daarom eerst bepaald. Vervolgens zijn ook de resultaten berekend met de maximale afmetingen die door de beperkingen zijn opgelegd.

Gewicht uitschuifbox

De nauwkeurigste manier om het gewicht van de uitschuifbox is te bepalen door deze te wegen. Dit was echter niet mogelijk waardoor er een benadering gemaakt moest worden. Door het volume van de verschillende componenten te vermenigvuldigen met het soortelijk gewicht is zo het gewicht bepaald op 650 kg. Wanneer de horse truck gebruikt zal worden zal het gewicht van de gebruikers en hun spullen hier bij op komen. In een extreem geval kunnen er 5 personen van 100 kg in de slide-out met 100 kg bagage. Zo komt het totale gewicht waar mee gerekend zal worden op 1250 kg.

Onderdeel van uitschuifbox	Gewicht in kg
Aluminium profielen	300
Profielen en platen	150
Interieur	200
Personen + bagage	600
Totaal	1250

Resultaten

Door de gegevens in te vullen in het script voor de spanningen en krachten en het script voor de doorbuigingen zijn de resultaten bepaald. Om er zeker van te zijn dat het script werkt is de eerste situatie ook nagerekend. Deze voltallige berekening en het script staan in bijlage B.

Gegevens

Lome (mm)	Lkok (mm)	Luit (mm)	Ftot (N)	Profiel kok (mm)	Profiel omega (mm)
2330	1850	1150	6250	120x60x6	140x80x3
1600	1600	1050	6250	120x60x6	140x80x3

Reactiekrachten

Fwiel (N)	Fglij (N)	Fv (N)	Fa (N)	Vkokmax (N)	Mkokmax (N*mm)	Vomemax (N)	Momemax (N)
8259	5134	4600	1475	-5134	-3.6 ^{e6}	-4600	-2.3 ^{e6}
9090	5970	5080	1950	-5970	-3.3 ^{e6}	-5080	-2.0 ^{e6}

Spanningen

Sb kok (MPa)	Ss kok (MPa)	Sb ome (MPa)	Ss ome (MPa)
-60	-4,5	-50	-6,7
-55	-5,2	-43	-7,4

Doorbuigingen

vkok (mm)	vome (mm)
-1,5	-2
-1.5	-2.5

Conclusie

Uit de resultaten blijkt dat grootste krachten werken op de roloplegging ofwel Fwiel. Er mag nu vanuit gegaan worden dat de huidige constructie deze krachten kan weerstaan zonder problemen. De maximale buigspanning vindt bij deze afmetingen plaats in de kokers maar is met 70 MPa nog ver verwijderd van de toelaatbare spanning van 125 MPa. Hieruit blijkt dat het huidige systeem op dit moment overgedimensioneerd is waardoor het mogelijk is het systeem in te korten en optimaliseren. De resultaten van de ingekorte versie leveren zelfs nog lagere buigspanningen omdat de slide-out minder ver wordt uitgeschoven. Doordat de koker ook korter is geworden zijn de reactiekrachten iets opgelopen waardoor ook de schuifspanningen iets zijn gestegen. Deze waarden blijven allemaal nog steeds ver verwijderd van de toelaatbare waarden waardoor er op gebied van materiaal en gewicht geoptimaliseerd kan worden.

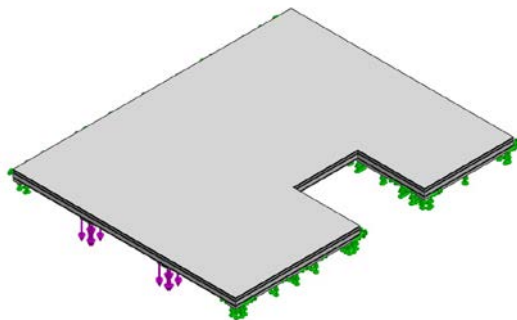
Hoofdstuk 4: Optimalisatierichtingen

Uit de kracht en spanningsberekeningen is gebleken dat het huidige uitschuifstelsel sterker is dan nodig. Naast het inkorten van het stelsel is er dus een mogelijkheid om hier te optimaliseren met betrekking tot materiaalgebruik en gewicht. Uit de kostenanalyse bleek tevens dat het omegaprofiel een duur onderdeel is waardoor het de moeite waard is om te onderzoeken of er hier ook financieel te optimaliseren is. Daarnaast zijn de actuatoren samen het duurste gedeelte van het uitschuifstelsel en zal er in dit hoofdstuk gekeken worden of er betere alternatieven zijn.

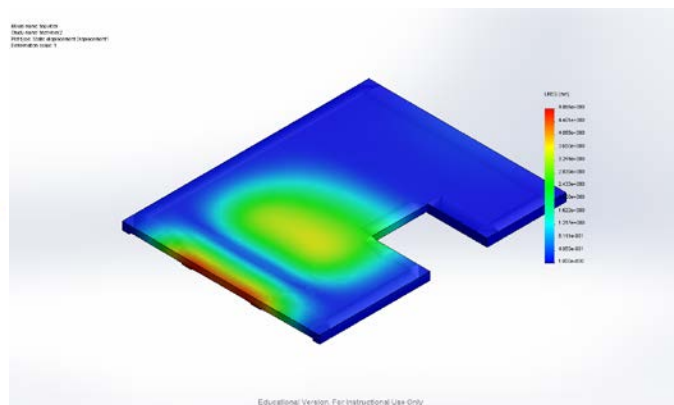
Omegaprofiel

In theorie werken er maar op twee plekken krachten op het systeem. Dit zijn bij de roloplegging en de glijoplegging. De interne momenten en schuifspanningen worden daarbij opgevangen door het hele omegaprofiel. Om een poging te doen tot maximale kostenbesparing zal er gekeken worden of deze krachten en spanningen ook door de topvloer opgevangen kunnen worden. De topvloer is 70 mm dik en bestaat uit lagen schuim (XPS) en multiplex, afgewerkt met een laag polyester.

Om te testen of deze vloer bestand is tegen de krachten die opgewekt worden door de uitschuifkokers is de vloer in Solid Works gemodelleerd en een simulatie uitgevoerd (fig. 4-1, 4-2). De situatie is gesimuleerd door de vloer op de plekken waar deze wordt ondersteund in te klemmen en op de plekken waar het wiel en het glijblok zitten de berekende krachten uit het vorige hoofdstuk aan te laten grijpen.



Figuur 4- 1



Figuur 4- 2

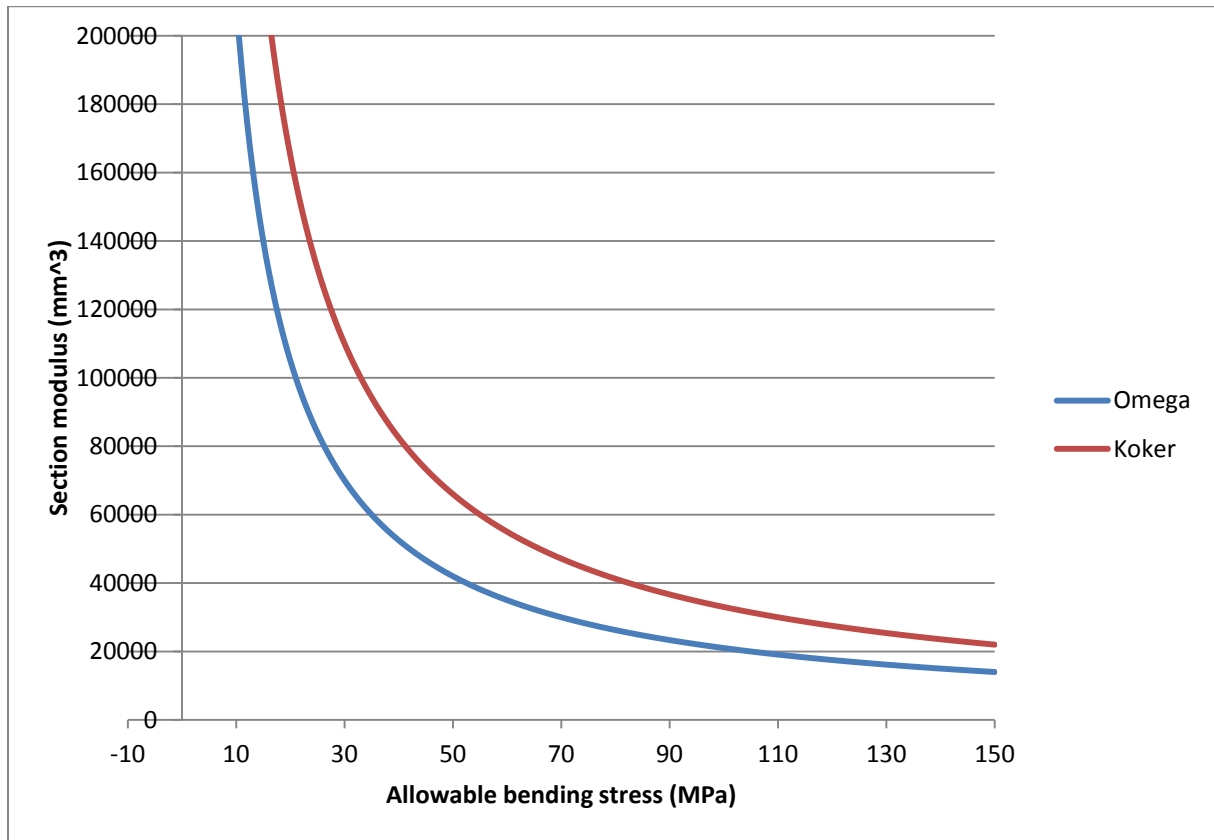
Uit verschillende simulaties met SolidWorks bleek de vloer heel stevig en door de kracht F_{glij} maar enkele mm omhoog gedrukt te worden. Door middel van een staalplaatje tussen de kracht en de vloer wordt de spanning iets verdeeld waardoor deze onder de rekgrens blijft.

Ter hoogte van F_{wiel} werd wel een verplaatsing van 20 mm gemeten. Dit komt doordat in deze test de vloer daar nog niet is ondersteund met stalen profielen. In de realiteit wordt de vloer aan die zijde met een aantal stalen kokers met de ondervloer verbonden waardoor er bijna geen verplaatsing meer mogelijk is.

Na een gesprek met Theo Krone bleek dat het gebruik van SolidWorks simulaties bij sandwichpanelen zoals deze niet altijd tot betrouwbare resultaten leiden. In een gesprek met de leverancier van de vloerpanelen werd ook afgeraden om zulke krachten op de vloer te zetten. Wel is het mogelijk om de vloer door middel van andere materialen plaatselijk te verstevigen waardoor het alsnog mogelijkheden biedt.

Om te bepalen wat voor materialen en profielen nodig zijn om de omega te vervangen is het maximale interne moment van de nieuwe situatie gebruikt om de optimale sectiemodulus te

verkrijgen. In de grafiek hieronder is de sectiemodulus uitgezet tegen de toelaatbare spanning van het gebruikte materiaal.



Uit deze grafiek blijkt dat bij een materiaal met een toelaatbare buigspanning van 125 MPa (RVS) een minimale sectie modulus van $16.8 \times 10^3 \text{ mm}^3$ gekozen moet worden voor het omegaprofiel. Uit standaard tabellen zoals in bijlage E is vervolgens een geschikt profiel te kiezen die aan de eisen voldoet. Met behulp van deze grafiek kunnen ook geschikte profielen en materialen voor de uitschuifkoker gekozen worden. Hieruit blijkt meteen dat het mogelijk is kokerprofielen te kiezen van 100x60x4 of 80x50x5 in plaats van 120x60x6 mm.

Actuatoren

De actuatoren (fig. 4-3) kosten 450 euro per stuk waar nog eens 150 euro bij komt aan het gelijk laten lopen van de actuatoren (regelsysteem). Dit is een grote uitgavenpost waardoor er gekeken is of het mogelijk is om in plaats van twee, één actuator te gebruiken.



Figuur 4- 3

Hiervoor is van belang de kracht te kennen die nodig is om de box naar buiten te duwen en weer naar binnen te trekken. Omdat de uitschuifbox op allerlei plekken wrijving heeft is dit niet

nauwkeurig uit te rekenen. Zo is er een rolwrijving op het wielje, een glijwrijving op de achterkant van de koker, maar waarschijnlijk ontstaat de meeste wrijving door de rubbers die zorgen voor het waterdicht houden van de box.

Een andere manier om de kracht te meten die nodig is om de box te verplaatsen is door eraan te gaan trekken met een krachtmeter. Deze oplossing biedt de meest nauwkeurige uitkomst maar was moeilijk uit te voeren, omdat er geen goede aansluitplek was voor de krachtmeter. Niet-destructief onderzoek was op die manier niet mogelijk.

De laatste optie was om het vermogen van de elektrische lineaire actuatoren te bepalen door te meten hoeveel ampère ze gebruiken tot dat de box in beweging komt.

Er worden twee LA363A actuatoren gebruikt. Zonder box gebruikten deze 3 ampère per stuk en met box 7 ampère. In bijlage F is af te lezen dat dit neer komt op 1500N per actuator. In totaal dus 3000N.

LA36 with 24V motor

Order number	Push max. (N)	Pull max. (N)	*Self-lock min. (N) Push	*Self-lock min. (N) Pull	Pitch (mm/spindle rev.)	Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) In steps of 50 mm	Typical amp. (A) 24 V	
						no	full		No load	Full load
362CXXXXXXXXBXX	10000	10000	13000	13000	8	11	7	100 - 999*	2.4	10.4
363AXXXXXXXXBXX	2600	2600	3400	3400	12	41	32.3	100 - 999	2.4	10.4
363BXXXXXXXXBXX	4500	4500	5800	5800	12	23.3	18.9	100 - 999*	2.4	10.2
363CXXXXXXXXBXX	6800	6800	8800	8800	12	15.7	12.7	100 - 999*	2.4	10.3
365AXXXXXXXXBXX	1700	1700	2200	2200	20	68	52	100 - 999	2.4	10.3
365FXXXXXXXXBXX	500**	500**	1000	1000	20	160	135	100 - 999	2.4	10.0

Figuur 4- 4

Roelofsen wil het liefst gebruik maken van bestaande leveranciers omdat ze daar een bepaalde relatie mee hebben opgebouwd. Om deze reden is er eerst gekeken naar de lineaire actuatoren van Linak. Uit bovenstaande tabel blijkt dat een 363A actuator 2600N kracht levert en daarmee net niet sterk genoeg is voor de toepassing. Het is wel mogelijk om de actuator met een andere versnelling te gebruiken waardoor deze meer kracht levert. Het nadeel hiervan is dat de snelheid evenredig omlaag gaat waardoor het uitschuiven meer dan 30 seconden zal duren.

Een ander punt dat bepalend is voor de keuze van de actuator is de 'Self-lock'. Deze waarde geeft aan bij welke belasting de ingeschoven actuator zal bezwijken. Deze belasting kan optreden wanneer de truck door de bocht rijdt en de middelpuntvliedende kracht ervoor zorgt dat de box naar buiten wil glijden. Deze middelpuntvliedende kracht wordt bepaald door de volgende formule.

$$F_m = \frac{mv^2}{r}$$

Om een resultaat te krijgen is er gekeken naar een bestaande oprit van een snelweg. De bocht heeft een straal van 50 m. Aangenomen is dat de vrachtauto hier met 50 km/h rijdt en de uitschuifbox het eerder bepaalde gewicht van 650 kg heeft. De middelpuntvliedende kracht is dan 2550N.

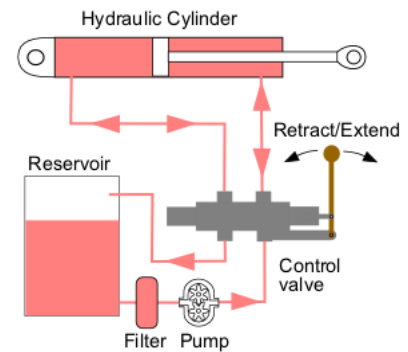
Deze waarde is lager dan de 'Self-lock' van een 363A actuator maar zit er niet ver vanaf. Omdat de berekening gebaseerd is op aannames en de kracht kwadratisch toeneemt ten opzichte van de snelheid is het verstandig om hier een redelijke veiligheidsmarge bij te nemen omdat het falen van de constructie in deze situatie absoluut niet mag voorkomen.

Alternatieven

Naast de op dit moment gebruikte actuatoren zijn er ook alternatieven op de markt. Deze zijn ook onderzocht om tot de beste keuze te komen. Voor het beoogde systeem zijn alleen lineaire actuatoren geschikt en deze zijn daarom hieronder besproken inclusief de toepassingen en de voor- en nadelen.

Hydraulische actuatoren

Hydraulische actuatoren (fig. 4-5) werken door een holle cilinder met een zuiger. Door middel van drukverschil aan weerszijden van de zuiger zal de cilinder in beweging worden gebracht. Doordat vloeistoffen bijna niet samen te persen zijn, zijn hydraulische actuatoren erg precies. Het nadeel van een hydraulisch systeem is dat het kan lekken en er altijd een hydraulische pomp, elektromotor en reservoir nodig zijn om druk op te bouwen. Dit maakt het te duur om te gebruiken voor maar één toepassing. Als er meerdere systemen met hydraulische druk gaan werken kan het financieel haalbaar zijn.



Figuur 4- 5

Pneumatische actuatoren

Pneumatische actuatoren werken volgens hetzelfde principe als hydraulische. De druk wordt hier echter opgebouwd met een samengeperst gas, meestal lucht. Een voordeel van pneumatiek ten opzichte van hydrauliek is dat een vrachtwagen standaard luchtdruk beschikbaar heeft van 8 bar en daarmee uitstekend de actuator zou kunnen aandrijven. Daarnaast is het minder desastreus als er een lek is omdat er enkel lucht lekt en geen vloeistof. Voor hydraulische en pneumatische actuatoren geldt dat als de druk om wat voor reden dan ook wegvalt, de kracht ook wegvalt. Daarom is het noodzakelijk om een pneumatische cilinder met vergrendeling te kiezen. Om de benodigde kracht van 3000N te leveren is een dubbelwerkende cilinder met een diameter van 80mm voldoende. Deze zijn verkrijgbaar voor ongeveer 400 euro. Na een gesprek met een pneumatiek expert bleek het echter noodzakelijk om extra componenten op de cilinder te plaatsen om voldoende nauwkeurigheid te verkrijgen wat resulteert in dezelfde kosten als bij het huidige systeem.

Conclusie

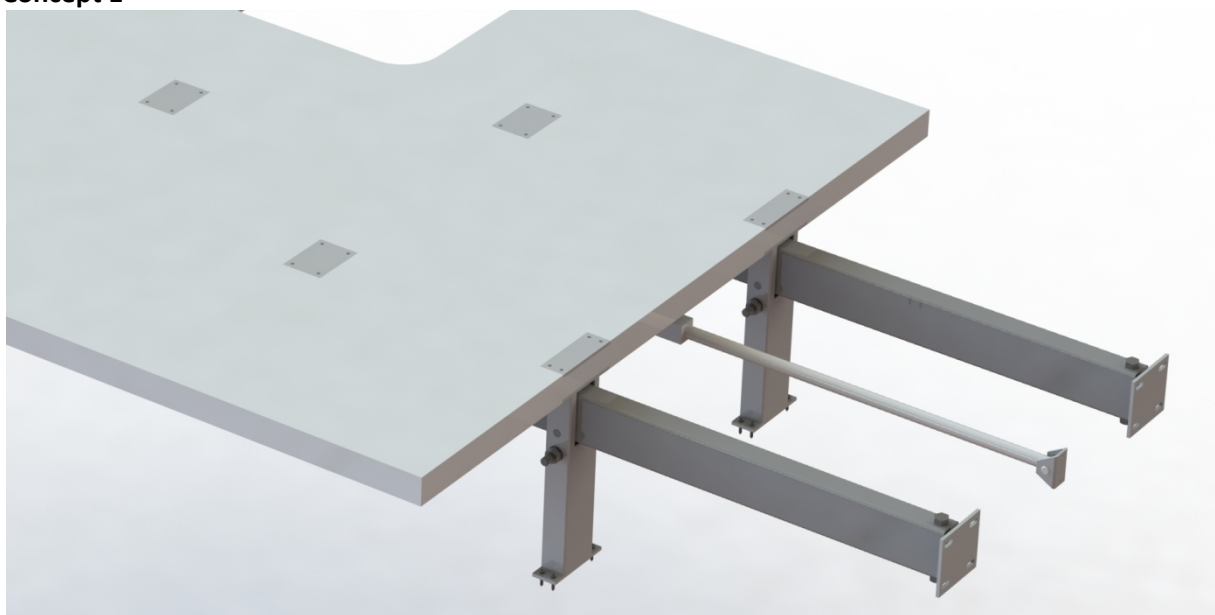
Er zijn verschillende mogelijkheden om het uitschuifstelsel te optimaliseren. Uit de berekeningen, grafieken en tabellen is af te leiden dat de omega- en kokerprofielen met een kleinere sectie modulus nog steeds niet zullen bezwijken. Qua actuatoren zijn er ook een aantal alternatieven, deze zijn echter net zo duur en brengen risico's met zich mee. Daarom gaat de voorkeur van Roelofsen uit naar dezelfde actuatoren.

Hoofdstuk 5: Concepten

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat er een aantal oplossingen zijn voor het beoogde probleem. Deze oplossingen zijn gecombineerd in drie concepten die de meeste kans van slagen hebben.

Het eerste concept is het meest gewaagd. De krachten van de kokers worden door de vloer opgevangen en de twee actuatoren worden vervangen door één centraal geplaatste actuator. Het tweede concept is een variant van het eerste concept waarbij er wel weer gebruik gemaakt wordt van een verstevigende staalconstructie. De winst zal behaald worden door te wisselen van een duur omegaprofiel naar een relatief goedkoop standaardprofiel. Het laatste concept zal gebaseerd zijn op het huidige concept.

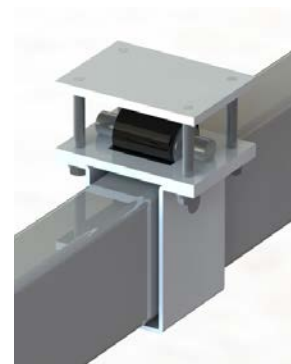
Concept 1



Figuur 5- 1

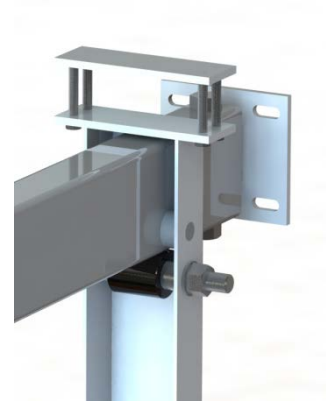
Dit concept bestaat nog steeds uit twee uitschuifkokers van 120x60x6 mm (fig. 5-1). In hoofdstuk 4 is al aangegeven dat lichtere kokerprofielen (100x50x5 of 100x60x4) wat betreft sterkte mogelijk zouden zijn. Ze voldoen dan nog steeds aan de norm. In overleg met de directeur is hier om drie redenen niet voor gekozen. Deze profielen buigen iets meer door, wat betreft prijs verschillen ze te weinig met de zwaardere profielen en de stelkop die nu goed werkt past niet in een kleiner profiel.

In plaats van twee actuatoren in de geleiders zit er één actuator tussen de geleiders. Omdat de sterkere variant van Linak niet in de 1000 mm versie verkrijgbaar is, is dit dezelfde als in de huidige modellen. In theorie komt deze 400N te kort om de box in- en uit te schuiven en zal de wrijvingsweerstand omlaag moeten. Om deze wrijving te verminderen is de glijoplegging achteraan de uitschuifkoker vervangen door een roloplegging (fig. 5-2). Het wiel is gemaakt van hoge dichtheid kunststof met ingebouwde koperen bus om redelijk wrijvingsloos te draaien. De as van 20 mm wordt op een RVS plaat gelast die met 4 bouten in een andere plaat wordt gebout. De twee platen klemmen zich vast om de topvloer die op de juiste plaats is in gefreesd.



Figuur 5- 2

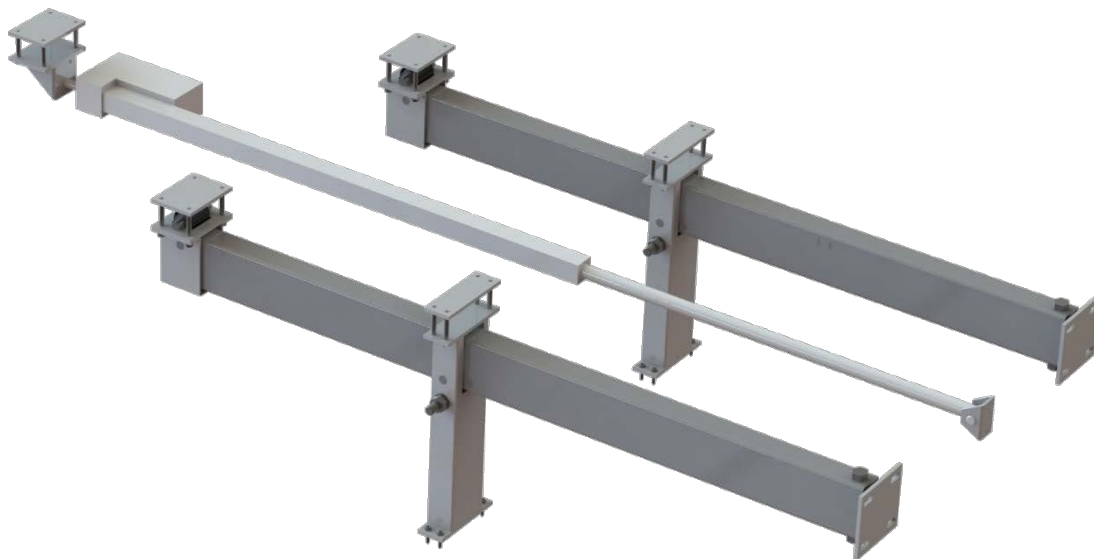
De oplegging aan de voorkant blijft een roloplegging (fig. 5-3). Net als bij de ophanging aan de achterkant wordt de vloer vastgeklemd tussen twee staalplaten. Omdat de koker hier een kracht uitoefent naar beneden wordt het wiel ondersteunt door een U-profiel die met de vloer eronder verbonden is. Net als bij de achter-ophanging wordt de geleiding van de koker in de andere richtingen wel door schuifblokjes gedaan. Doordat de krachten hierop veel lager zijn dan op de wielen levert dit weinig wrijving op. De componenten zijn zoveel mogelijk demontabel ontworpen zodat onderhoud eenvoudig is. Als de wielen aan vervanging toe zijn kunnen deze eenvoudig verwisseld worden door de as los te maken.



Figuur 5- 3

De actuator komt net als de achter-ophanging aan de vloer te hangen. De kracht van de actuator in horizontale richting wordt opgevangen door de vier bouten die door de vloer gaan. Door het gewicht van de actuator werkt er ook een kleine kracht naar beneden maar deze zal geen problemen opleveren.

De vloer van PECOCAR wordt bij productie in gefreesd op de plekken waar de 10 platen (fig. 5-4) in komen te liggen. Op deze manier komen de geleiders en actuator-ophanging altijd op de juiste plek en versnelt het de assemblage tijd.



Figuur 5- 4

In dit concept wordt er geld bespaard op de omegaprofielen maar de stevigheid van het geheel neemt af. De topvloer moet nu het interne moment opvangen die normaal gesproken door het omegaprofiel wordt opgevangen. Uit het vorige hoofdstuk bleek dat dit $2,1 \times 10^6 \text{ Nmm}$ was. Omdat de doorsnede van de vloer grotendeels uit schuim bestaat zal dit het moment niet kunnen opvangen zonder over de maximale buigspanning te gaan. Daarom zal er versteviging in de vloer moeten worden aangebracht. Dit kan door op bepaalde plekken het schuim te vervangen door een materiaal met hogere rekgrens. Hier is multiplex voor gekozen omdat dit door de leverancier PECOCAR al wordt gebruikt als materiaal en er beter doorheen gefreesd kan worden dan door staal. De rekgrens van multiplex verschilt tussen de 30 en 40 MPa. Met een veiligheidsfactor van 2 is er verder gerekend met 15 MPa. Dit levert een minimale sectie modulus op van $140 \times 10^3 \text{ mm}^3$. Omdat de hoogte van de

vloer 70 mm is waarvan 20 mm buitenlagen, is er ruimte voor een hoogte van 50 mm. De minimale breedte van de plank om dit moment op te kunnen vangen is 350 mm.

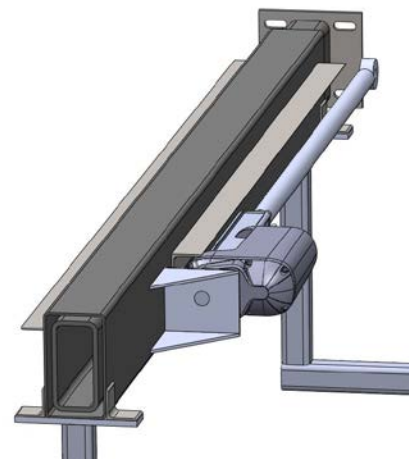
Concept 2



Figuur 5- 5

Concept 2 is goedkoop en toch zeer stevig. Net als bij het eerste concept wordt er bij concept 2 met dezelfde kokerprofielen gewerkt als bij het huidige systeem. Bij de geleiding is er gekozen voor twee 140x80x3 mm koker profielen (fig. 5-6). Deze profielen passen perfect om de uitschuifkokers en zijn net iets steviger dan de omegaprofielen. Naast de stevigheid is vooral de prijs een pluspunt van deze koker. Omdat het gaat om een standaardmaat kunnen deze kokers in RVS voor ongeveer 200 euro per 6 meter aangeschaft worden. Dit is een groot verschil met de prijs van de omegaprofielen.

Omdat er standaard kokers worden gebruikt is er geen ruimte om de actuator binnen de geleiding te plaatsen waardoor deze ernaast is gepositioneerd (fig. 5-6). Het wiel aan de voorkant waar de koker overheen rolt is veranderd in een glijoplegging door middel van een kunststof glijblok. Dit glijblok heeft een hele hoge slijtvastheid en relatief lage glijweerstand waardoor er niet teveel energie verloren gaat. Er is gekozen voor dit glijblok omdat het makkelijker is aan te brengen dan een rol. Omdat er toch enige verandering zal zijn in de benodigde druk- en trekkracht om de box in- en uit te schuiven, zal er gebruik worden gemaakt van twee lineaire actuatoren. Hier wordt ingeleverd op de prijs ten opzichte van één actuator maar heeft als voordeel dat het een bewezen principe is en er dus geen risico op falen is.



Figuur 5- 6

De actuatoren zullen met behulp van een ophangstelsel aan de koker worden gehangen (fig. 5-6). De optredende krachten van de actuator worden via de koker doorgeleid en verdeeld over de vloeren. Aan de voorkant kunnen de actuatoren met de uitschuifkoker of direct met de box worden verbonden.



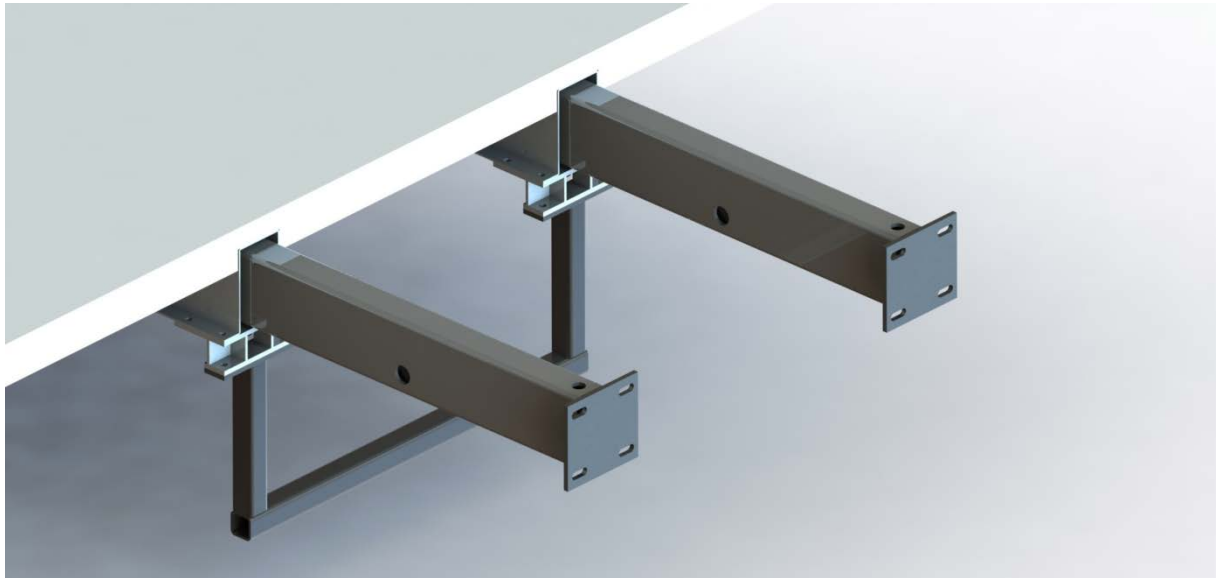
Figuur 5- 7

Naast het uitschuiven van de slide-out zorgt het systeem ook voor de nodige stevigheid in de truck. Dit wordt gecreëerd door de kokers met de topvloer en de onderste vloer te verbinden. De verbinding met de topvloer wordt bewerkstelligd door L-profielen (fig. 5-7/1) tegen de koker te lassen en deze met Parkers in de topvloer te schroeven. De verbinding met de ondervloer wordt gecreëerd door standaard kokers (fig 5-7/2).

Grootste voordelen aan dit concept zijn de prijs en de stevigheid. De kokers zijn maximaal gedimensioneerd qua lengte waardoor de reactiekrachten zo laag mogelijk blijven. Door het gebruik van twee actuatoren zal het in- en uitschuiven geen problemen opleveren. De prijs blijft laag door het gebruik van standaard staalprofielen maar er wordt geen winst gemaakt op de actuatoren.

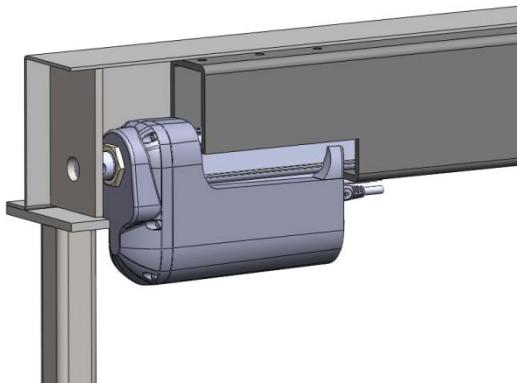
Nadelig is het plaatsen van de actuatoren buiten de kokers waardoor deze minder beschermt zijn tegen de elementen. Ook ziet het er iets minder mooi afgewerkt uit. In de praktijk zal dit bijna niet gezien worden doordat de actuatoren van buiten af gezien, worden afgeschermd door de kokers.

Concept 3



Figuur 5- 8

Concept 3 (fig. 5-8) lijkt veel op het huidige systeem, maar is op een aantal plekken aangepast aan de nieuwe situatie. Zo is de lengte van de omegaprofielen ingekort naar 1610 mm. Omdat er in dit concept weer twee actuatoren worden gebruikt zijn deze net als in de huidige situatie in de uitschuifkoker geplaatst. Hierdoor zijn er geen extra onderdelen nodig voor ophangpunten en zijn de actuatoren beschermt en mooi weggewerkt binnen de kokers.



Figuur 5- 9

Doordat de behuizing met de motor van de actuator het grootste is steekt deze onder het omegaprofiel uit (fig. 5-9). Dit is geen probleem want de omega is open aan de onderkant. Voor de uitschuifkoker brengt het wel een probleem met zich mee. Deze is al ingekort naar 1700 mm door de afgenomen ruimte voor het hele systeem. Door de actuator in de koker te plaatsen zal deze nog eens met 300 mm afnemen waardoor de spanningen te hoog oplopen. Om de spanningen te minimaliseren en de lengte van de koker zo lang mogelijk te houden wordt de koker aan

de onderkant ingezaagd zodat deze precies om de actuatorbehuizing valt. In de doorsnede van fig. 5-9 is dit duidelijk zichtbaar. Deze inkeping vergroot de schuifspanning doordat het massatraagheidsmoment afneemt. Omdat de schuifspanningen ver van de kritieke waarden af zitten levert dit geen problemen op. Ook op de buigspanning heeft het niet veel invloed omdat het maximale buigmoment bij het wiel zit en niet bij het glijblok.



Figuur 5- 10

De grootste kracht werkt op het wiel aan de voorkant waar de koker overheen rolt. Bij volledig uitgeschoven toestand levert dit een kracht op van 10 kN naar beneden. In de oude situatie werd het wiel via een as aan het omegaprofiel gebout, en werd de kracht via het omegaprofiel naar de topvloer doorgeleid. In de nieuwe situatie is nog steeds het omegaprofiel bevestigd aan de topvloer maar wordt de kracht F_{wiel} voornamelijk opgevangen door een steunconstructie onder het wiel (fig. 5-10). In detail is dit weergegeven in fig. 5-11.

Omdat het wiel grote krachten te verduren krijgt is het in te denken dat het op een gegeven moment aan vervanging toe is. Daarom is het onderdeel met bouten aan de omega en de steun verbonden.

Voordelig aan dit systeem is dat het bij de werkplaatsmedewerkers al bekend is. De enige wezenlijke verschillen zijn de steunen onder het omegaprofiel die slechts vast gebout hoeven te worden. Het systeem heeft zichzelf al bewezen en ziet er door de verborgen actuators netjes uit en gaat lang mee. Nadelig is dat door de plaatsing van de actuators in de kokers er hogere spanningen optreden dan voorheen. Vooral op het wiel spelen grote krachten waardoor het verstandig is om of het huidige wiel in deze situatie uitvoerig te testen of een sterke rollager als wiel te kiezen.



Figuur 5- 11

Conceptkeuze

Alle concepten zijn beoordeelt op de belangrijkste eigenschappen. De prijs is een van de belangrijkste eigenschappen omdat dit in het bedrijfsleven bepaalt of het gemaakt gaat worden. De productie gaat voornamelijk over de tijd die het kost om te assembleren en of dit geen moeilijkheden met zich mee brengt. Het gebruik draait om de gebruiker die de box binnen 30 seconden uit wil schuiven zonder veel lawaai. Het onderhoud heeft betrekking op het kunnen vervangen van onderdelen die eventueel kunnen falen. Hierbij is het van belang dat deze onderdelen eenvoudig toegankelijk en demonteerbaar zijn. De levensduur is gebaseerd op de actuatoren die wel of niet afgedekt zijn. De spanningen hebben betrekking op de krachten die er spelen in het systeem en de materialen die ze op moeten vangen.

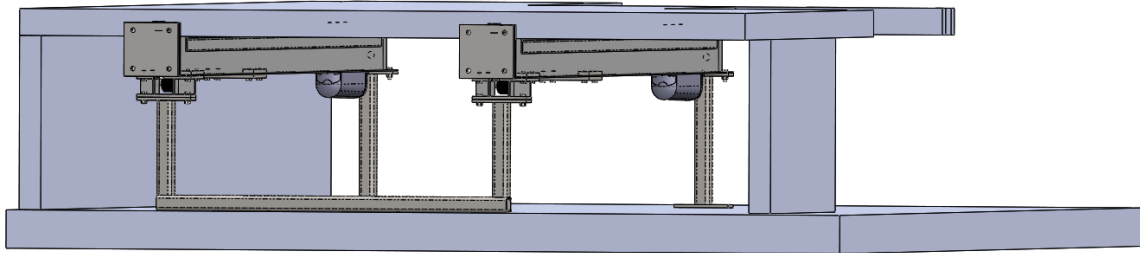
	Prijs	Productie	Gebruik	Onderhoud	Deadline	Spanningen	Totaal
Conc. 1	+	++	+	++	+	0	6
Conc. 2	+	+	++	++	+	++	9
Conc. 3	0	++	++	++	++	+	9

Zoals in de tabel is af te lezen zijn alle concepten in principe haalbaar. Toch komen concept 2 en 3 beter naar voren dan concept 1. Dit heeft vooral te maken met de krachten die door de vloer moeten worden opgevangen. In theorie is dit mogelijk door de vloer te verstevigen met een bepaald materiaal. Na overleg met de leverancier bleek dit meer geld te kosten dan een stevigere staalconstructie onder de vloer. Door het gebruiken van één actuator in plaats van twee worden wat kosten gecompenseerd. Het is echter nog niet bewezen dat een actuator sterk genoeg is om de box volledig in en uit te schuiven waardoor dit een te groot risico is.

Concept 2 en 3 scoren allebei 9 punten en zijn beide direct toepasbaar in de nieuwe Profiliner modellen. Er is gekozen om concept 3 verder uit te werken omdat die het meest lijkt op het oude model. Hierdoor zijn er bijna geen onbekende risico's waardoor problemen voorkomen kunnen worden en de deadline zodoende niet in gevaar hoeft te komen.

Hoofdstuk 6: Detailering

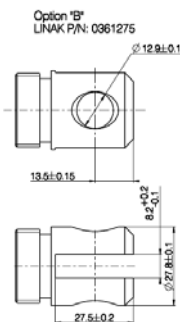
Het derde concept (fig. 6-1) is gekozen om verder uit te werken. In dit hoofdstuk zal het concept worden doorontwikkeld zodat het precies in de Profiliner modellen zal passen. Ook wordt er extra gelet op de productie en het onderhoud zodat dit zo snel en eenvoudig mogelijk uitgevoerd kan worden. Vervolgens worden alle onderdelen nog doorgerekend zodat men zeker kan zijn dat het product niet zal deformeren.



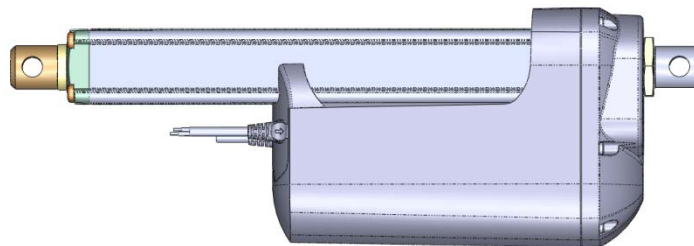
Figuur 6-1

Actuator

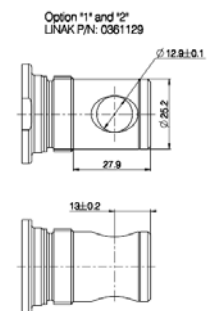
Het uitschuifstelsel moet geschikt zijn voor zowel de Profiliner RR5 als de RR6. Dat betekent dat het uitschuifstelsel een slag moet kunnen maken van 700 mm voor de RR5 en een slag van 1000 mm voor de RR6. Er moet dus een actuator in komen die een slag heeft van 1000 mm. In eerste instantie was het plan om dezelfde actuatoren te gebruiken als nu, dus met een slag van 1100 mm zodat in het geval de klant een extra ver uitstaande slide-out wil, dit ook kan. Uit een gesprek met Linak bleek echter dat de 1100 mm actuatoren niet standaard zijn maar speciaal voor Roelofsen gemaakt worden en significant meer geld kosten dan de standaard LA363 999 (fig. 6-3). Een bijkomend voordeel van deze standaard actuator is dat deze altijd voorradig is en daarom snel geleverd kan worden. Een nadeel is dat deze standaard variant alleen voordelig is als er ook wordt gekozen voor de standaard ophangpunten (fig. 6-2 en 6-4) wat resulteert in een kleine aanpassing aan de koker en omegaprofielen.



Figuur 6-2



Figuur 6-3

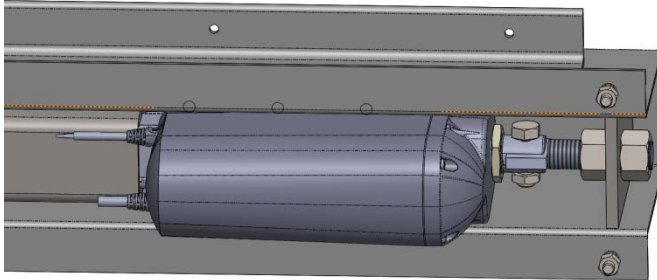


Figuur 6-4

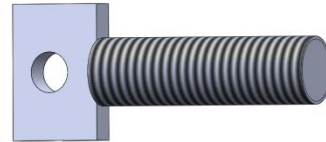
Achterophanging

Het produceren van de horse truck kan nooit op de mm precies gebeuren. Daarom is het belangrijk dat de actuator in de lengterichting te stellen is zodat uiteindelijk de wand van de slide-out perfect op de overige wanden aansluit. Om dit te bewerkstelligen en de actuator met het omegaprofiel te verbinden, is het onderstaande onderdeel ontwikkeld (fig. 6-6). Het is niets meer dan een plaatje aan een asje met schroefdraad. Het plaatje valt precies tussen de gleuf in de actuator en is daar met

een bout vast te stellen. De as met schroefdraad wordt met twee moeren vastgezet aan het omegaprofiel en is door de moeren te verstellen nog enkele mm in axiale richting verstelbaar (fig. 6-5).



Figuur 6-5

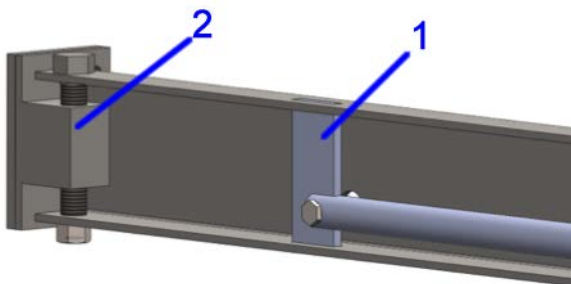


Figuur 6-6

Voorophanging

De voorophanging van de actuator (fig. 6-7/1) hoeft in geen enkele richting verstelbaar te zijn omdat dat voor rekening komt van de achterophanging en de stelkop (fig. 6-7/2) die op de onderstaande afbeelding ook zichtbaar is. Op de doorsnede is te zien dat de ophanging simpel tot stand komt met een plaatje die in een gleuf van de koker is gelast (fig. 6-7/1). De actuator wordt met een bout aan dit plaatje gemonteerd.

Door een gat in de koker zijn de bout en moer tijdens productie eenvoudig bereikbaar voor montage (fig. 6-8).



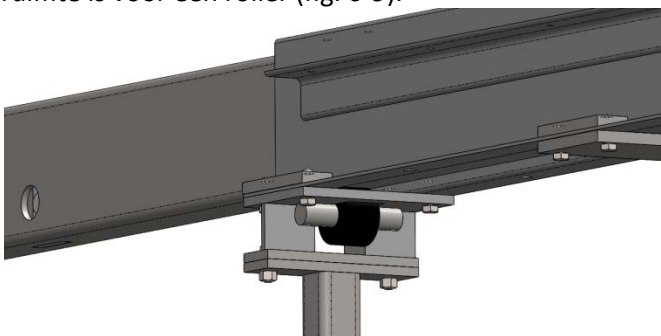
Figuur 6-7



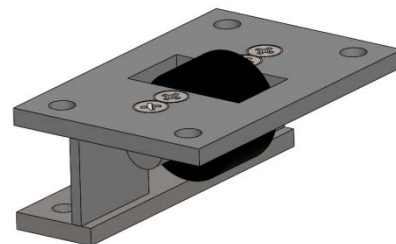
Figuur 6-8

Geleidingen

De uitschuifkokers zijn door middel van geleiders met de omegaprofielen verbonden. De voorkant is een rolplegging omdat hier de grootste krachten werken in verticale richting en er voldoende ruimte is voor een roller (fig. 6-9).



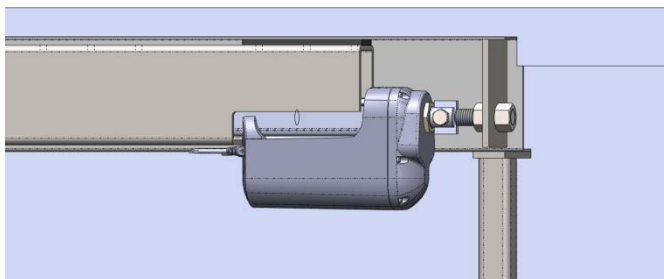
Figuur 6-9



Figuur 6-10

Door de grote krachten die er op deze roller werken is er gekozen om de roloplegging te ondersteunen aan de onderkant in tegenstelling tot de eerdere situatie waarbij de roller via een plaat onder de omega werd gehangen. Hierdoor worden de krachten naar de ondervloer weggeleid en verdeeld, resulterend in lagere krachten op de topvloer. De as waarmee de roller is opgehangen wordt door vier bouten aan de wielplaat bevestigd (fig. 6-10). In verband met onderhoud is de roloplegging demonteerbaar waardoor in geval van slijtage, deze vervangen kan worden. De platen zijn van RVS AISI 304 en de roller is van kunststof met een hoge dichtheid en slijtvastheid, ingelegd met een koperen bus.

Aan de achterkant wordt de koker door een plaatje van hetzelfde materiaal als de roller verbonden met het omegaprofiel (fig. 6-12). Dit plaatje is goedkoper dan een roller toepassen in de koker. Ook levert een roller hogere belasting op de omega op waardoor deze in zou kunnen deuken. De plaat verspreidt de belasting maar zorgt wel voor extra wrijving. Door het gebruiken van twee actuatoren is dit echter geen probleem. Om ervoor te zorgen dat de koker in ingeschoven toestand ook ondersteund wordt is een extra staalplaat met geleiding onder de omega gemonteerd. Deze geleider zorgt er ook voor dat de koker niet in de breedte kan bewegen.



Figuur 6-11



Figuur 6-12

De lengte van de uitschuifkoker is heel belangrijk. Het liefst wil men deze zo lang mogelijk zodat de krachten en spanningen in het systeem zo laag mogelijk blijven. Maar doordat de actuator in de omega's worden geplaatst wordt de uitschuifkoker korter. Om toch zo veel mogelijk lengte te creëren is het nodig om een stuk van de uitschuifkoker te verspanen. Door de actuator zo laag mogelijk in de omega te hangen wordt dit verspaande deel tot een minimum beperkt (fig. 6-11).

Verbinding uitschuifstelsel met vloeren

Door middel van twee hoekprofielen over de lengte van de omega wordt deze verbonden met de topvloer. Deze verbinding zorgt ervoor dat het systeem de krachten in lengterichting opvangt. In horizontale richting gebeurt dit door de steunen aan de voor en achterkant. Omdat duwkrachten aan de voorkant hoger zijn dan de trekkrachten aan de achterkant zijn de steunen aan de voorkant op een horizontale koker gemonteerd die de spanning verdeelt over een groter oppervlak. Anders zou de onderste de kracht niet goed kunnen wegvoeren en daardoor indeuken. De steunen zijn demonteerbaar zodat de watertank in geval van een defect vervangen kan worden.

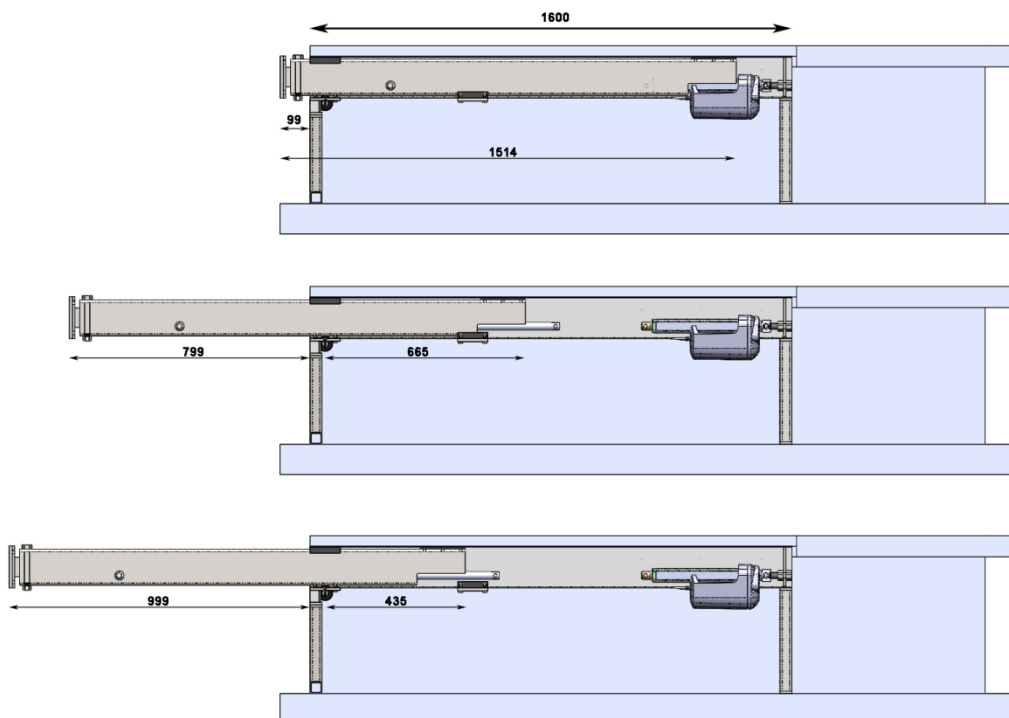
Materiaalkeuze

Alle onderdelen worden gemaakt van Roestvast staal AISI 304. Dit is het materiaal waar het bedrijf het liefst mee werkt omdat het niet roest en daardoor duurzaam is. In vergelijking met constructiestaal afgewerkt met een coating heeft het als voordeel dat RVS nog bewerkt kan worden en er daarna niet opnieuw een coating overheen hoeft om roesten tegen te gaan.

De geleide onderdelen zoals de roller en de glijblokken worden van Polyethyleen terephthalaat gemaakt of kortweg PETP. Dit is een composiet wat grotendeels uit polymeer bestaat en voor 15% uit glasvezel. Dit materiaal heeft een hoge mechanische sterkte, lage wrijvingscoëfficiënt en een hoge slijtageweerstand waarmee het een ideaal materiaal is voor deze toepassing.

	RVS AISI 304	PETP
Rekgrens (MPa)	210	80
Maximale buigspanning (MPa)	250	100
Maximale schuifspanning (MPa)	145	50
Maximale drukspanning (MPa)	210	90

Sterkte controle



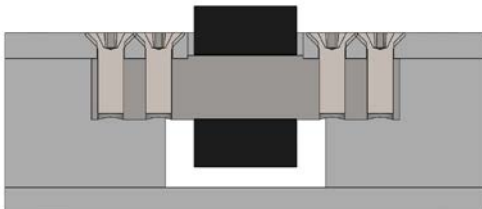
Figuur 6- 13

Nu het complete uitschuifstelsel in SolidWorks is gemodelleerd en de materialen bekend zijn is het belangrijk om de kritieke onderdelen op spanningen te controleren voordat de onderdelen daadwerkelijk worden besteld. De krachten zullen het hoogst zijn wanneer het uitschuifstelsel gebruikt zal worden in de Profiliner RR6 omdat de slide-out dan 900 mm wordt uitgeschoven (fig. 6-13). De spanningen zijn berekend door de uitschuiflengtes en lengtes van de koker en omegaprofiel in te vullen in het script waarmee eerder ook de krachten zijn berekend. De resultaten zijn hieronder in de tabel weergegeven. De reactiekrachten op de geleidingen zijn bij de RR4 lager dan bij de oude situatie doordat de verhouding van de uitgeschoven lengte ten opzichte van de ingeschoven lengte is afgenomen. Voor de RR6 wordt deze verhouding groter waardoor de krachten ook toenemen. De krachten op de steunen, F_v en F_a , zijn ook toegenomen omdat de omega korter is geworden. De maximale schuifspanning in de koker is veel toegenomen doordat de doorsnede van het profiel kleiner is geworden. Desondanks blijven deze waarden ver onder de toelaatbare schuifspanning waardoor dit geen probleem oplevert. De buigspanning in de koker is ook afgenomen

doordat de uitgeschoven lengte is afgenomen van 1000 mm naar 900 mm en 700 mm. Doordat de lengte van de omegaprofielen zijn ingekort loopt de buigspanning minder hoog op. De schuifspanning blijven allemaal ver verwijderd van de toelaatbare schuifspanning.

	Oude situatie	Profiliner RR5	Profiliner RR6
Uitschuifbox	1000 mm	700 mm	900 mm
Uitschuiflengte	1149 mm	849 mm	1049 mm
Inwendige lengte	700 mm	665 mm	465 mm
Fwiel	8259 N	7125 N	10197 N
Fglij	5134 N	4000 N	7072 N
Fv	4600 N	4688 N	5078 N
Fa	1475 N	1563 N	1953 N
Interne schuifkracht koker	-5134 N	-4000 N	-7072 N
Massatraagheidsmoment koker	3,6 ^e 6 mm ⁴	7,9 ^e 5 mm ⁴	7,9 ^e 5 mm ⁴
Q koker	3,8 ^e 4 mm ³	1,45 ^e 4 mm ³	1,45 ^e 4 mm ³
Intern moment koker	-3,59 ^e 6 Nmm	-2,65 ^e 6 Nmm	-3,28 ^e 6 Nmm
Max. Buigspanning koker	-60 MPa	44,2 MPa	54,7 MPa
Max. Schuifspanning koker	-4,5 MPa	-6,1 MPa	-10,8 MPa
Interne schuifkracht omega	-4600 N	-4688 N	-5078 N
Q omega	2,8 ^e 4 mm ³	2,8 ^e 4 mm ³	2,8 ^e 4 mm ³
Massatraagheidsmoment omega (I)	3,2 ^e 6 mm ⁴	3,2 ^e 6 mm ⁴	3,2 ^e 6 mm ⁴
Intern moment omega	-2,33 ^e 6 Nmm	-1,38 ^e 6 Nmm	-2,12 ^e 6 Nmm
Max. Buigspanning omega	-51 MPa	33,3 MPa	-46,4 MPa
Max. Schuifspanning omega	-6,7 MPa	-6,8 MPa	-7,4 MPa

Behalve het omegaprofiel en de uitschuifkoker zijn er nog een aantal verbindingselementen die op sterkte gecontroleerd moeten worden voordat er onderdelen besteld kunnen worden. De roloplegging krijgt ook grote krachten te verduren en zal daarom in eerste instantie worden doorgerekend.



Op het wiel werkt een kracht van 10.197 N. Deze levert een schuifspanning op in het wiel. $\tau = \frac{V}{A}$. De schuifkracht V is de helft van Fglij omdat de spanning over twee oppervlakken A wordt verdeeld. Het oppervlak waar de schuifspanning over werkt is de breedte van het wiel keer de straal. Hiermee komt de schuifspanning in het wiel op 6,4 MPa. Dit is een stuk lager dan de toelaatbare

afschuifspanning van het kunststof met hoge dichtheid. Dezelfde schuifkracht zorgt ook voor een schuifspanning in de as. Maar hier geldt voor het oppervlak de doorsnede van de as. Dit levert in de as een schuifspanning van 16 MPa die in dit geval veel lager is dan de toegestane schuifspanning van RVS.

De as is door middel van vier bouten verbonden met de staalplaat erboven. In deze bouten werkt een trekkracht die een trekspanning veroorzaken. Deze trekspanning $\sigma = \frac{V}{A}$ is Fglij in het geheel delen door de doorsnede oppervlakte van de vier bouten. Dit resulteert in een trekspanning van 50 MPa.

Naast de trekspanning moeten de bouten ook schuifspanning weerstaan. Deze wordt berekend door de oppervlakte van de bout die met de as in aanraking is als oppervlakte te kiezen. Er van uitgaande dat de bouten allemaal een kwart van de kracht Fglij verwerken wordt de schuifspanning dan 6,6 MPa.

Als laatste zullen de krachten door de steun naar de ondervloer doorvloeien. De doorsnede van de steun heeft een oppervlak van 200 mm² waarmee deze ook ongeveer 50 MPa aan drukspanning te verduren krijgt. Al deze waarden hebben een ruime marge met de toelaatbare spanningen waardoor er geen problemen verwacht worden.

Conclusie

De spanningen in het systeem zijn allemaal minimaal een factor 2 verwijderd van de maximaal toelaatbare spanningen van de verschillende onderdelen. Hierbij is de veiligheidsfactor al meegenomen en kan er gezegd worden dat er niet optimaal is geoptimaliseerd. Echter is er bewust voor gekozen om bepaalde onderdelen hetzelfde te houden met betrekking tot de productie en standaard onderdelen. Zo is er gekozen om voor dezelfde omegaprofielen en uitschuifkokers te kiezen als voorheen waardoor hetzelfde stelmechanisme behouden kon blijven. Dit stelmechanisme werkt namelijk erg goed waardoor het risicovol is om voor iets compleet anders te kiezen. Dankzij het nieuwe uitschuifsysteem is het mogelijk om de hoge zadelkast in de horse truck te plaatsen waarmee het aan de belangrijkste nieuwe eis voldoet. Qua gebruik is er niks veranderd doordat er dezelfde actuatoren gebruikt zijn als bij het oude systeem. De prijs van het geheel is lager dan het oude systeem doordat het systeem korter is en er minder materiaal wordt gebruikt.

Hoofdstuk 8: Conclusies en aanbevelingen uitschuifstelsel

Door het ontwerpprobleem theoretisch te benaderen en te zoeken naar optimalisatiemogelijkheden bleken hier wel kansen te liggen. Zo zou het mogelijk zijn de profielen van het uitschuifstelsel te verkleinen waardoor deze onderdelen minder geld zouden kosten. In de praktijk bleek echter dat wanneer een systeem binnen afzienbare tijd geïmplementeerd moet worden er op sommige vlakken concessies gedaan moeten worden.

Om ontwikkelingskosten te besparen is er gekozen om dezelfde profielen te gebruiken als het oude systeem. Dit zorgde ervoor dat de methode van bouwen niet hoefde te veranderen en onderdelen als het stelmechanisme weer gebruikt konden worden. Doordat het systeem op dezelfde manier in de horse truck te bouwen met veel dezelfde onderdelen, kan het systeem niet alleen in de Profiliner lijn maar ook in de andere modellen worden toegepast. Deze modulariteit zorgt ervoor dat de onderdelen in grote getalen te bestellen zijn waardoor de inkoop prijs afneemt.

Ook heeft het gebruiken van een standaard versie van de actuator tot een lagere inkoop prijs geleid. Door de omegaprofielen en kokerprofielen in te korten zijn deze ook goedkoper geworden dan eerst. Dat veranderingen kunnen leiden tot problemen bleek ook bij het bouwen van het eindproduct in de horse truck. De rolgeleiding die nu direct ondersteunt moest worden door een kokerprofiel die met de ondervloer is verbonden kwam tegen de watertank aan. Hierdoor werd er door de medewerker van Roelofsen besloten om de rolgeleiding maar weer op de oude manier op te hangen. Hier zullen in dit geval geen problemen door ontstaan omdat het om de Profiliner RR5 ging en de krachten op het wiel daar minder zijn dan bij het oude systeem. Bij de RR6 levert het echter hogere krachten op dan normaal en is het daarom niet exact te voorspellen hoe de vloer zich onder die krachten gedraagt. Om die reden is het aan te bevelen om wel de ondersteuning direct onder het wiel aan te brengen. Daarnaast is het niet mogelijk gebleken de indeuking van de omega door de koker analytisch te berekenen waardoor het noodzakelijk is dit eerst te testen alvorens het systeem in de RR6 op de markt wordt gebracht.

Hoofdstuk 9: Analyse interieur

Inleiding

In de nieuwe Profiliner lijn zijn 4 standaardmodellen voorzien.

- RR3: Geen slide-out, kleine living, rechte bank met tafeltje
- RR4: Geen slide-out, middel grote living, U-bank met tafeltje
- RR5: Slide-out, middel grote living, rechte bank met uitschuif tafeltje
- RR6: Slide-out, grote living, U-bank met tafel

De interieurs van de modellen RR3 en RR4 zijn in het kader van dit rapport niet aan de orde.

De uitschuifbox in de RR6 is wat betreft interieur gelijk aan de huidige modellen. Daar is geen nieuw ontwerp nodig.

De RR5 heeft een kleinere uitschuifbox dan in de huidige modellen en is daarmee ook nieuw. In deze kleinere uitschuifbox is geen plaats voor een U-bank. Daar zal gebruik gemaakt gaan worden van een rechte bank. Er is echter geen plaats voor de gebruikelijke tafel..

Omdat het interieur van de truck al vast staat en de uitstraling van de box daar bij moet aansluiten, is besloten om geen compleet herontwerp van het hele interieur van de box te maken. Er zal een ontwerp worden gemaakt van de bank inclusief tafel waarbij alleen de tafel en het systeem om de tafel in en uit te klappen, tot in detail zal worden ontworpen. De bovenkasten, kussens en ladekasten onder de bank zullen hetzelfde blijven als bij de huidige slide-outs en enkel in afmeting veranderen.



Figuur 8- 1

In fig. 8-1 zijn linksboven en rechts twee voorbeelden te zien met slide-out. Linksonder is een voorbeeld van een interieur zonder slide-out.

Gebruik

Omdat de living van de kleinere Profiliner RR5 een stukje kleiner is dan die van de grote RR6, zal de functionaliteit en het gebruik ervan ook iets anders zijn. De U-bank in grote uitschuifboxen kan al snel plaats bieden aan vier personen. Door aan de andere kant van de tafel twee krukken neer te zetten geeft dit zitruimte voor zes personen. De tafel, zie figuur 8-1, is van een dusdanig formaat dat er met dat aantal mensen ook b.v. gedineerd kan worden. Een U-bank is voor de kleine box geen optie. Om deze reden is gekozen voor een rechte bank. Ook in de RR5 moet er een tafeltje komen, om b.v. een bord op te kunnen plaatsen. Het aantal zitplaatsen kan net als in de RR6 eventueel aangevuld worden met 2 krukken.

Als er met de truck wordt gereden is de box ingeschoven en moet de tafel ingeklapt kunnen worden zodat er genoeg loopruimte overblijft. Desondanks komt het voor dat er soms een korte stop wordt gemaakt waarbij de box niet uit wordt geschoven. Ook dan moet de tafel uitgeklaapt kunnen worden om zo comfortabel mogelijk te kunnen eten. Het opzetten en afbreken van de tafel mag niet langer dan 30 seconden duren.

Marktonderzoek

De opdracht vanuit Roelofsen is duidelijk, echter is het bedrijf zelf de secundaire belanghebbende en niet de primaire. Ook al beslist het bedrijf of ze het te ontwerpen product gaan verkopen, het is natuurlijk van groot belang dat dit product ook bij de primaire gebruiker in goede smaak zal vallen. Om zo veel mogelijk oplossingen voor het probleem te bestuderen is er eerst een eenvoudig marktonderzoek gedaan. Deze is beperkt gebleven tot deskresearch omdat dit de goedkoopste en snelste manier is om aan informatie te komen.

Concurrenten

Het bedrijf Ketterer is gevestigd in Duitsland en is een van de concurrenten van Roelofsen. Het bedrijf valt net in een iets hoger segment en is daarom interessant om te onderzoeken. Na onderzoek op internet bleek al snel dat Ketterer alleen werkt met vaste tafels die eventueel op een andere plek neer te zetten zijn. In het geval van een U-bank zetten ze deze op dezelfde manier neer als bij Roelofsen. Bij het gebruik van een rechte bank zoals in fig. 8-3 schuift de bank onder het tafelblad. Er wordt echter niet goed rekening gehouden met gebruik van de living als de uitschuifboxen ingeschoven zijn. In geval van een dubbele slide-out is het niet meer mogelijk om dan naar achteren te lopen waardoor er bij een korte stop niet even in de living gezeten kan worden.



Figuur 8- 2



Figuur 8- 3

In België is het bedrijf Stephex gevestigd en is in veel kenmerken vergelijkbaar met Roelofsen. Ze bouwen in hetzelfde segment en het interieur van de trucks lijkt veel op die van Roelofsen. Net als Ketterer gebruikt het in geval van een U-bank een tafel met twee verstelbare poten die op de verhoging van de slide-out staat. Ze maken ook horse trucks met rechte bank maar die worden gebruikt als aanvulling op de U-bank en beschikken niet over een eigen tafel.



Figuur 8- 4



Figuur 8- 5

In Hongarije zit het bedrijf Interhorse, zij bieden alleen trucks met U-banken aan en gebruiken de verhoging tussen de bank net als alle andere bedrijven, om de tafel te plaatsen.



Figuur 8- 6



Figuur 8- 7

Andere markten

Naast de verschillende horse truck bouwers zijn er ook een aantal andere markten waar er compacte oplossingen worden bedacht voor ruimtegebrek in het interieur. Een paar van deze markten zijn de automobiellindustrie, caravans en campers, scheepsbouw en kleine appartementen.

De caravans en campers zijn heel erg vergelijkbaar met de horse trucks van Roelofsen. Ook al zijn caravans en campers over het algemeen minder chique ingericht, is het toch nuttig te kijken naar de mogelijke vernuftigheden met betrekking tot klaptafels. Een veel voorkomende oplossing is de uitklapbare tafel die aan de zijwand van de caravan of camper is gemonteerd. In ingeklapte toestand heeft het een klein tafelblad. Wanneer er gegeten gaat worden wordt deze tafel simpelweg uitgeklapt tot ruime vierpersoons tafel (fig. 8-8).



Figuur 8- 8

Daarnaast worden in caravans, campers en motorhomes de in hoogte verstelbare tafel veel toegepast. Deze tafels zijn door middel van een gasveer in hoogte verstelbaar. Op de laagste stand wordt het tafelblad gebruikt als ondersteuning voor een bed en de hoogste stand biedt voldoende hoogte om fatsoenlijk te eten (fig. 8-9).



Figuur 8- 9

In de scheepsbouw worden ook veel in hoogte verstelbare tafels toegepast om verschillende functies te kunnen vervullen in een compacte ruimte. Een mooi voorbeeld is de tafel in de kuip van de boot die uit de vloer omhoog wordt geduwd. Een nadeel hiervan is echter wel dat de tafel niet echt schoon is als er de hele dag mensen overheen hebben gelopen. Daarnaast worden tafels gebruikt waarvan de poot uit de vloer gehaald kan worden om de tafel af te breken. Ook worden er weer in hoogte verstelbare poten gebruikt maar met een meer nautische uitstraling (fig. 8-10).



Figuur 8- 10

In de automobiellndustrie is er, ondanks de grote van sommige wagens in vergelijking met normale auto's, het minste ruimte voor een tafel. De functionaliteit van de tafels die er wel ingebouwd zijn blijven meestal beperkt tot het gebruik als tafel voor tablet of hoogstens een laptop. De tafels bieden een ergonomische houding om te werken en klappen allemaal weg in het centerconsole, de stoel of de zijwand (fig. 8-11).



Figuur 8- 11

Design

In figuur 8-1 staan drie interieurs van de living van horse trucks. Dit zijn voorbeelden van doorsnee interieurs. Er zijn ook luxere varianten beschikbaar met veel afgeronde hoeken en duurder materiaal. Dat zal voor de Profiliner niet standaard zijn. Zoals goed te zien is bij de rechterafbeelding creëert de vloer van de uitschuifbox een drempel in de living. Het is niet lelijk maar het zou mooier zijn als de box gelijkvloers zou liggen met de rest van de living. Bij de rechte bank is het dan ook een wens om deze drempel weg te werken. Door de bank over de rand van de vloer te plaatsen is dit eenvoudig te realiseren.

Aan de hand van de analyse en in overleg met de directeur wat betreft de functionaliteiten die hij vindt dat de tafel echt moet hebben is een voorlopig programma van eisen opgesteld. Hierin zijn nog geen grootheden gekwantificeerd omdat het hier nog een vroeg stadium van het ontwerptraject betreft.

Programma van eisen

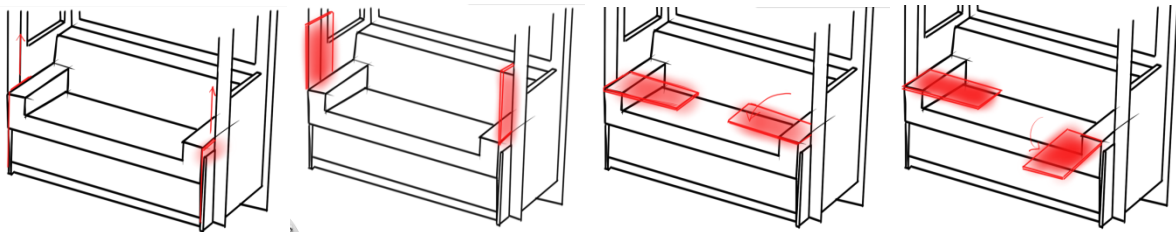
- De tafel moet aan ten minste twee mensen ruimte bieden om te ontbijten en lunchen.
- De tafel moet te gebruiken zijn wanneer de box is ingeschoven.
- De tafel moet eenvoudig neer te zetten en op te bergen zijn.
- De tafel moet bij het interieur van de truck passen.
- De tafel moet luxe uitstralen.

Hoofdstuk 10: Ideeën

Om een goede richting te kiezen waarin er verder ontworpen zal worden, zijn er een aantal ideeën bedacht die aan het eerste programma van eisen voldoen.

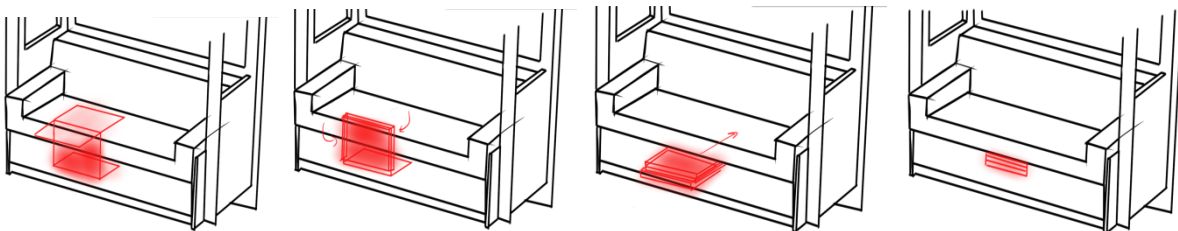
Idee 1

Het eerste idee is gebaseerd op de bank uit het marktonderzoek. Aan beide kanten van de bank zullen tafelbladen naar boven getrokken kunnen worden die vervolgens over de armleuning naar beneden klappen. Om makkelijk op te kunnen staan wanneer er iets op de tafel staat moeten deze tafelbladen ook weg kunnen draaien. Het voordeel aan dit idee is dat het relatief goedkoop te maken is. Ook kan het er zeer afgewerkt uitzien en is het zeer functioneel. De gebruiker kan elk moment zelf bepalen wat er met zijn deel van de tafel gebeurt. Het nadeel is dat het niet zal ogen als een woonkamer maar meer als een tafel uit een auto zoals ook in het marktonderzoek te zien is. Ook biedt het niet de mogelijkheid om gezellig met vier mensen aan een tafel een ontbijtje of lunch te nuttigen.



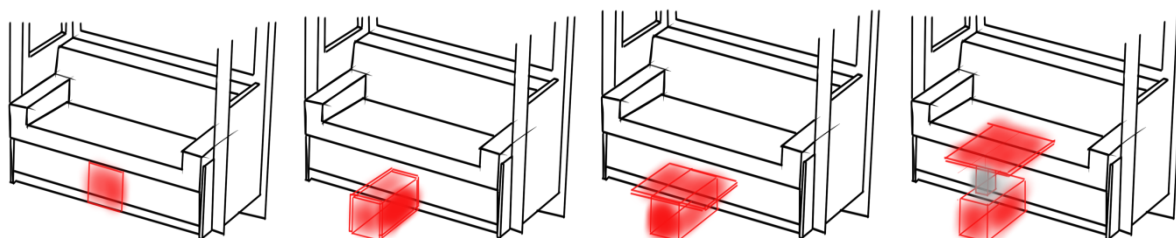
Idee 2

Het tweede idee is een uitklapbare tafel die uit het midden van de bank onder het kussen vandaan is te trekken. Vervolgens kan men deze tot tafel uitklappen. Het voordeel is dat een dergelijk product weinig ruimte in beslag neemt wanneer het ingeklapt is. Het nadeel is dat het moeilijk zal zijn hier een degelijk en stevig functioneel eindproduct van te maken.



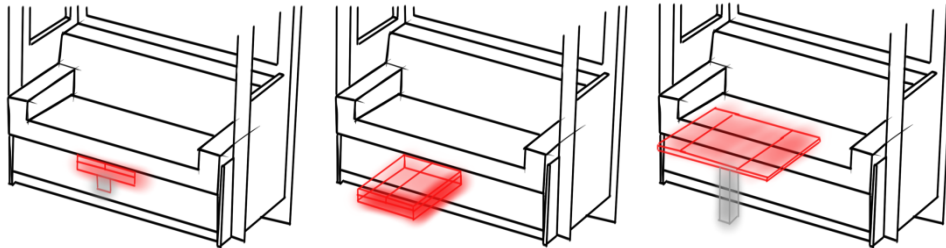
Idee 3

Het derde idee is een centerkolom die uit de bank te trekken is en als salontafeltje gebruikt kan worden. Vervolgens kan het tafelblad uitgeklapt worden en in hoogte worden versteld door een verstelbare poot waardoor het tot een ontbijt/lunch tafel kan uitgroeien. Het voordeel is dat de tafel met een aantal simpele handelingen uit de bank getrokken kan worden en in verschillende standen te gebruiken is. Als de gebruiker een glas wil neerzetten, hoeft hij alleen de kast uit te schuiven. Voor de lunch kan de tafel helemaal uitgeklapt en omhoog worden gezet.



Idee 4

Het laatste idee is een tafelblad en poot die beide los in een la onder de bank worden geplaatst. Nadat de slide-out is uitgeschoven kan de poot in een daarvoor bestemd gat in de vloer van de living worden gezet en het tafelblad erop geplaatst worden. Het voordeel van dit idee is dat het tafelblad grotere afmetingen kan krijgen dan met de andere ideeën. Daarnaast kan er ook een langere poot gebruikt worden. Het nadeel is dat de tafel alleen opgebouwd kan worden wanneer de slide-out is uitgeschoven. Ook is het een nadeel dat de tafel in elkaar gezet moet worden om te gebruiken.



Keuze

Om een weloverwogen beslissing te nemen met betrekking tot het idee dat verder zal worden uitgewerkt zijn de ideeën getest. Er is gekeken hoe de verschillende ideeën zich verhouden ten opzichte van de eisen en wensen die in het vorige hoofdstuk zijn gesteld. Uit deze test komt naar voren dat Idee 1, 3 en 4 weinig voor elkaar onderdoen. Idee 1 kan erg functioneel zijn maar geeft te weinig het gevoel van een woonkamer. Daarnaast is het niet handig om met een paar mensen iets samen te doen zoals b.v. het spelen van een kaartspel. Idee 3 en 4 geven deze mogelijkheid wel. Bij idee 4 is het echter niet mogelijk om de tafel te gebruiken wanneer de box is ingeschoven. Dit is bij idee 3 wel mogelijk plus dat het met simpelere handelingen uit te vouwen is en daardoor een luxer gevoel geeft.

Uiteindelijk is de opdrachtgever degene die het laatste woord heeft. Daarom is in overleg met hem besloten om het derde idee uit te werken.

Eisen	Idee 1	Idee 2	Idee 3	Idee 4
2 mensen ruimte	++	++	++	++
Comfortabele gebruikshouding	++	0	+	++
Gebruiken bij box in	++	++	++	0
Eenvoudig opbergen	++	+	+	0
Uitstraling living	0	0	++	++
Wensen				
4 mensen ruimte	0	0	+	++
Score	8	5	9	8

Hoofdstuk 11: Uitwerking uitschuiftafel

Het gekozen idee bestaat uit een kast die als centerconsole naar buiten geschoven wordt. Vervolgens moet hier een tafel uit naar boven komen. Om een beter beeld te krijgen van de afmetingen en vormen is er in SolidWorks een model van de slide-out gemaakt. Hierin zijn de uiterlijke kenmerken van het interieur meegenomen in de bank en de afwerking daarvan. Ter vergelijking is een foto bijgevoegd waarin het interieur van de uitschuifbox goed zichtbaar is.



Figuur 10- 1

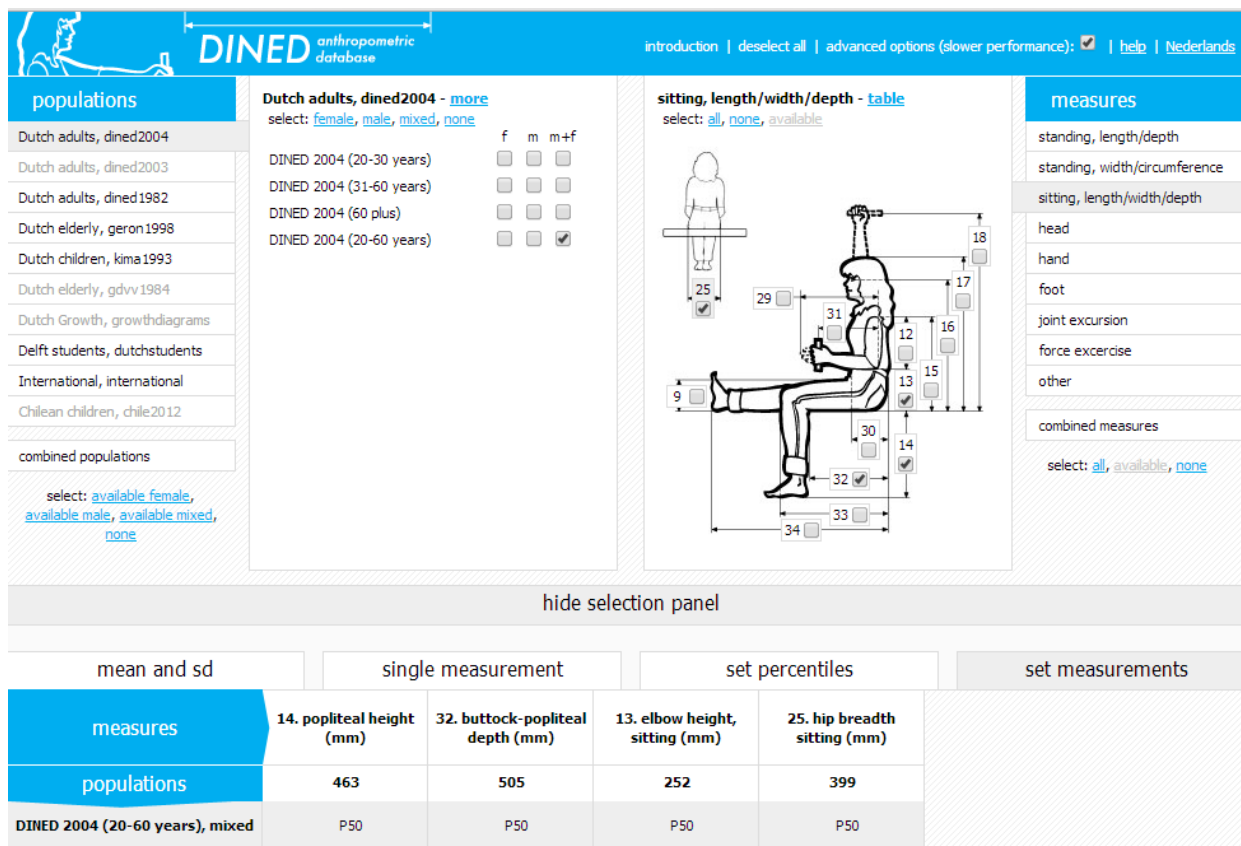


Figuur 10- 2

Nu er gekozen is voor een specifiek idee moet het programma van eisen worden gespecificeerd. Eerst zullen de afmetingen van de bank en beschikbare ruimte voor de kast plus tafel worden bepaald. De belangrijkste maat is de hoogte van het zitvlak van de bank. Deze bepaald uiteindelijk de beschikbare ruimte onder de bank. Om de hoogte van het zitvlak te bepalen is er gekeken naar de huidige U-bank. De rechte bank zal iets meer lounge-achtig worden maar toch nog gebruikt moeten kunnen worden om lekker op te ontbijten en lunchen. Om deze reden is er besloten om de hoogte gelijk te houden aan de U-bank maar de diepte van het zitvlak te vergroten. De afmetingen van de banken zijn te vinden in de onderstaande tabel.

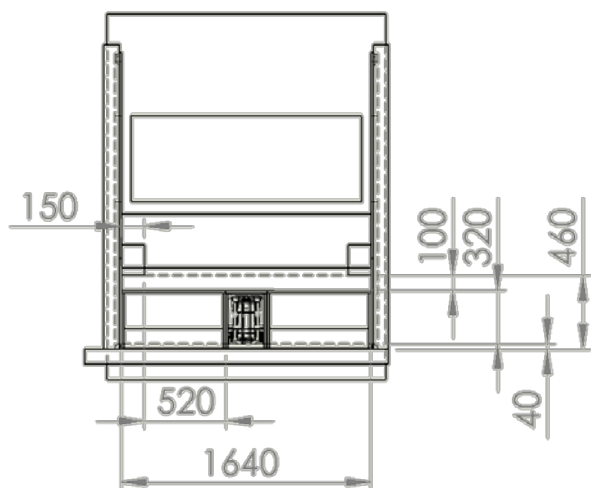
	U-bank	Rechte bank
Hoogte zitvlak	461 mm	461 mm
Diepte zitvlak	476 mm	500 mm
Hoogte rugleuning	430 mm	430 mm
Hoek rugleuning	113 graden	113 graden
Dikte kussen	100 mm	100 mm
Beschikbare hoogte	360 mm	320 mm

Om te verifiëren dat deze afmetingen correct zijn en de bank ergonomisch fijn zal zitten, zijn de waardes naast die van DINED gelegd (fig. 10-3). DINED is een databank waarin alle nominale afmetingen van het menselijk lichaam te vinden zijn. Aangezien de doelgroep bestaat uit mannen en vrouwen verschillend in leeftijd, van kind tot volwassene, is er gekozen om de uitgebreidste doelgroep te pakken: mannen en vrouwen van 20 tot 60 jaar. Hieruit blijkt dat de afstand van het zitvlak tot onderkant voet gemiddeld 463 mm is en de afstand van de knieholte tot de rug 505 mm.



Figuur 10- 3

Wanneer de gebruiker op de bank zit zullen zijn voeten niet op de vloer van de uitschuifbox staan maar op de vloer van de truck. Dit komt doordat de bank op de rand van de box wordt geplaatst. Consequentie hiervan is dat de beschikbare ruimte voor de kast met de dikte van de boxvloer afneemt. Ook de kussens nemen hoogte in beslag waardoor de maximale hoogte van de kast op 320 mm komt. Zie fig. 10-4.



Figuur 10- 4

De breedte van de kast is idealiter zo smal mogelijk zodat er veel beenruimte in de breedte over blijft. Echter moet er wel een afweging worden gemaakt tussen functie en design. Om niet te grote beperkingen op het verdere ontwerpen te leggen is de maximale breedte van de kast bepaald op

300 mm. Dit resulteert in een zitvlakbreedte van 520 mm. Wat voldoende ruimte geeft vergeleken met de 399 mm heupbreedte van de gemiddelde mens.

Programma van eisen

- Afmetingen
 - o Max hoogte kast 320 mm
 - o Max breedte kast 300 mm
 - o Min breedte tafelblad 600 mm
 - o Min diepte tafelblad 400 mm
 - o Min hoogte tafel 690 mm
- Gebruik
 - o Het volledig uitschuiven van de kast en tafel mag niet meer dan 30 seconden duren.
 - o De tafel moet te gebruiken zijn wanneer de box is in- en uitgeschoven.
- Design
 - o De tafel moet dezelfde uitstraling hebben als de rest van het interieur.
- Productie
 - o De onderdelen moeten zoveel mogelijk ingekocht worden.
- Kosten
 - o De kast inclusief tafel mag niet meer dan 600 euro kosten.

Om oplossingen te vinden voor de verschillende functies van het product is er een morfologisch schema gemaakt. Hierin zijn de functies naast elkaar uiteengezet met daaronder de componenten die dit kunnen uitvoeren.

Uit- inschuiven kast	Blokkeren kast	Stijgen dalen tafel	Blokkeren tafel
Spierkracht	Ladegeleider met blokkering	Verstelbare poot spierkracht	Poot met blokkering
Actuator	Actuator met blokkering	Verstelbare poot actuator	Actuator met blokkering
Gasveer	Gasveer met blokkering	Verstelbare poot gasveer	Gasveer met blokkering

Het combineren van verschillende componenten of methoden om functies te bewerkstelligen levert verschillende concepten. Bij nader overleg met de directeur is er besloten om geen actuatoren te gebruiken in de tafel omdat er op een paar lampen na geen stroomvoorziening naar de uitschuifbox zal gaan. Daarnaast zijn actuatoren duur waarmee de 600 euro grens snel voorbij zal worden gegaan. Omdat er in huidige modellen verstelbare tafelpoten zitten die worden aangedreven met gasveren is er gekozen om eerst te kijken of dit een mogelijkheid is. Het uitschuiven van de kast mag zowel door spierkracht als door gasveren gebeuren. Om beide opties open te houden is er besloten om twee concepten te ontwikkelen. Eén met gasveren om de kast uit te schuiven en één waarbij de kast door spierkracht wordt uitgeschoven.

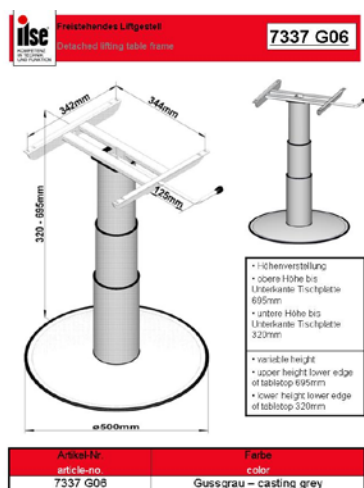
Tafelpoot

Om meteen functioneel realistische concepten te kunnen ontwikkelen, is er besloten om eerst een uitschuifbare tafelpoot te vinden die aan de eisen voldoet. De tafelpoot die in de huidige modellen wordt gebruikt is de Starline (fig. 10-5) en kost 160 euro. De poot is instelbaar van 330 tot 690 mm. Deze poot past derhalve niet in de kast. Daarnaast is de bediening niet optimaal gebleken waardoor er naar een alternatief is gezocht.



Figuur 10- 5

Na veel zoeken op internet en bellen met leveranciers bleek het niet mogelijk een verstelbare tafelpoot te vinden die aan de gewenste afmetingen voldoet. Het is wel mogelijk een op maat gemaakte poot te bestellen maar daarbij wordt de beoogde prijsklasse van 200 euro ver overschreden.



Terwijl dit project liep was de ontwerpafdeling ook bezig met het kiezen van een nieuwe tafelpoot voor de tafels bij de U-bank. Voor de U-bank werd uiteindelijk gekozen voor de Ilse 7337 G06. Wanneer er 10 stuks van deze tafel werden afgenomen werden ze voor 100 euro verkocht. Door dit financieel voordelige aanbod is er besloten om voor de uitschuiftafel een compromis te sluiten in de minimale hoogte en deze tafelpoot als uitgangspunt te kiezen. De tafelpoot is in ingeschoven toestand 320 mm hoog waardoor het net niet aan de eisen voldoet.

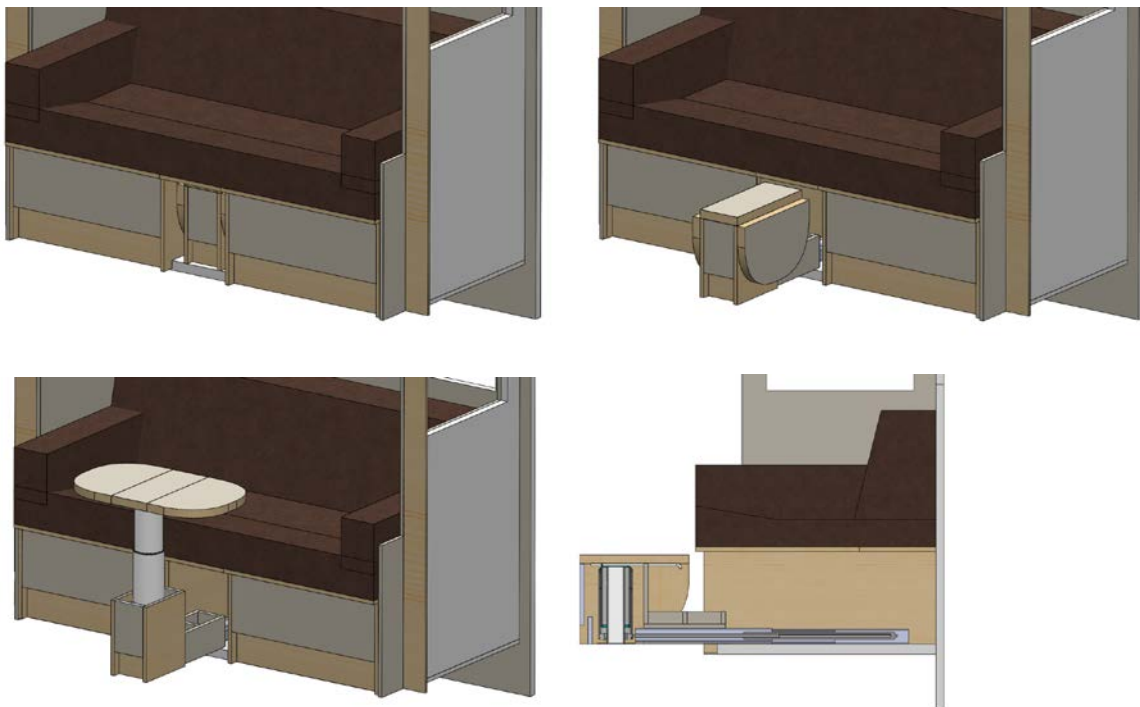
Hoofdstuk 12: Concepten uitschuiftafel

Nu het belangrijkste onderdeel, de tafelpoot, is vastgesteld zijn er twee concepten ontwikkeld. Bij het eerste concept wordt de kast uitgeschoven door een gasveer en bij het tweede concept door spierkracht. In beide gevallen wordt de poot uitgeschoven met een gasveer. Beide concepten zijn opgedeeld in twee delen. Het mechanische, functionele gedeelte en de vormgeving. De twee delen zijn nauw met elkaar verbonden omdat het functionele gedeelte direct invloed heeft op de vormgeving.

Concept 1

Bij het eerste concept wordt de kast uitgeschoven door middel van een gasveer. Door een blokkeerbare gasveer te gebruiken zal de gasveer alleen in werking worden gezet wanneer de bijbehorende knop wordt ingedrukt. Wanneer deze knop wordt losgelaten zal de gasveer op die plek blijven staan en niet meer te verschuiven zijn. Het directe voordeel is dat de kast met een druk op de knop onder de bank vandaan komt wat een sterk gevoel van luxe met zich mee brengt. Daarnaast heeft het als voordeel dat de kast tot elke gewenste plek uitgeschoven kan worden en er geen extra vergrendeling op de ladegeleiders gemonteerd hoeft te worden. Het voordeel van het automatisch uitschuiven middels een gasveer heeft echter een groot nadeel. Wanneer de kast uitgeschoven is zal deze op den duur ook weer ingeschoven moeten worden. Hiervoor zal de drukkende kracht van de gasveer overbrugt moeten worden door spierkracht. Daar komt bij dat een gasveer met blokkering en een slag van 500 mm redelijk prijzig is waardoor de totale kosten van het concept snel oplopen. Zoals in hoofdstuk 10 al vermeld is zijn oplossingen met actuatoren waarmee dit nadeel verholpen zou zijn, te prijzig.

Gebruik



Figuur 11- 1

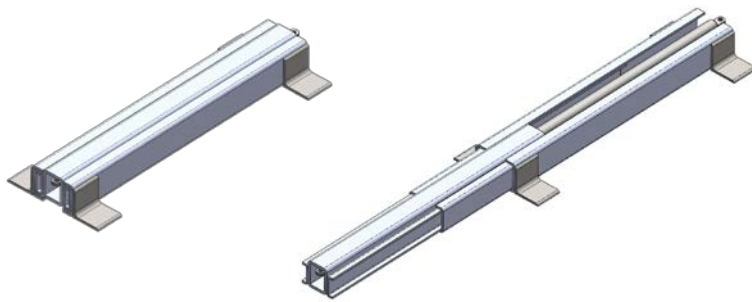
In figuur 11-1 zijn de drie verschillende gebruikersstanden van het concept te zien. In de eerste stand is de kast helemaal verscholen in de bank en is het de bedoeling dat deze zo min mogelijk in het zicht

is. Bij de vormgeving is er op gelet om de vormgeving van de lades naast de kast door te trekken in het concept.

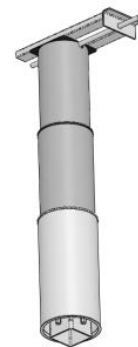
Wanneer de gebruiker een simpel salontafeltje tot zijn beschikking wil hebben, kan hij de kast naar buiten bewegen door de gasveren in werking te brengen. Deze knop zal aan de voorkant in de kast worden verwerkt waardoor deze makkelijk toegankelijk is. Wanneer de gebruiker wil ontbijten of lunchen kan hij de tafel omhoog brengen met de hendel die zich onder het tafelblad bevindt. Vervolgens hoeft hij alleen het tafelblad nog uit te klappen.

Functionaliteit

Het mechanische gedeelte bestaat uit een set ladegeleiders (fig. 11-2) die de tafel 500 mm naar buiten schuiven. Er is gekozen voor ladegeleiders die per set minimaal 100 kg kunnen weerstaan. Hier is voor gekozen omdat de tafel en kast samen al rond de 20 kg zullen wegen en de gebruiker fatsoenlijk op de tafel moet kunnen leunen zonder het gevoel te hebben dat het niet stevig is. De twee ladegeleiders worden met elkaar verbonden door een kokerprofiel van staal. Deze zorgt ervoor dat het geheel minder vatbaar is voor torsie. In de koker zit de gasveer die tevens een slag van 500 mm kan maken. Aan het uiteinde van de koker wordt de tafelpoot gemonteerd. In fig. 11-3 is de tafelpoot van Ilse te zien. Hier is de voet van de poot verwijderd zodat deze eenvoudig met een stalen plaat aan de koker te bevestigen is. Aan de constructie waar het tafelblad op komt te liggen is ook een deel verwijderd zodat deze in stand 1 niet uit de bank steekt.



Figuur 11- 2



Figuur 11- 3

Kosten

Om straks een keuze te kunnen maken tussen de verschillende concepten is er een schatting gemaakt van de kosten van dit concept. De ladegeleiders zijn verkrijgbaar voor 80 euro per stuk bij een vaste leverancier van Roelofsen genaamd Onkenhout. Een blokkeerbare gasveer van 500 mm met 150 N drukkracht inclusief de bedieningsdelen kosten samen ongeveer 150 euro. De staalprofielen die de verbinding tussen de poot en de geleiders bewerkstelligen zullen ongeveer 30 euro kosten. Het tafelblad wordt intern gemaakt en zal dezelfde prijs houden als voorheen. De kast zal ongeveer even duur worden waarmee het totaal op 590 euro komt. Dit is een schatting omdat sommige onderdelen nog niet tot in detail zijn ontworpen en aangevraagd bij leveranciers.

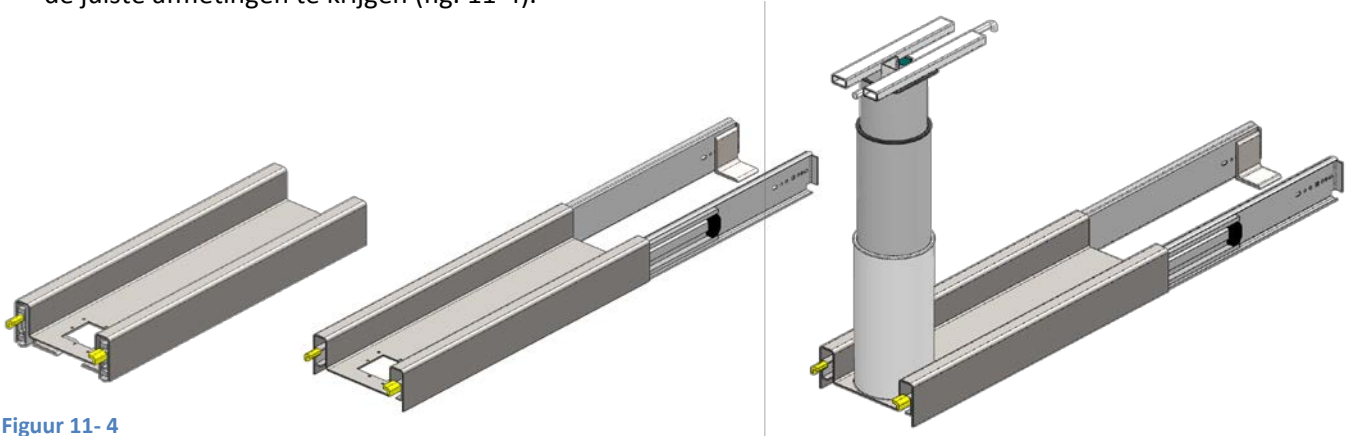
Component	Prijs	Aantal	Totaal
Ladegeleider 500 mm slag > 100 kg	80 euro per stuk	2	160 euro
Gasveer 500 mm slag + blokkering	150 euro	1	150 euro
Staalprofielen	30 euro	1	30 euro
Tafelpoot	100 euro	1	100 euro
Tafelblad	80 euro	1	80 euro
Kast	80 euro	1	80 euro
Concept 1			600 euro

Concept 2

Bij dit concept zal geen gebruik worden gemaakt van een gasveer maar moet de kast door de gebruiker met de hand uitgeschoven worden. Om er voor te zorgen dat de slede bij uitgeschoven stand geblokkeerd wordt moet er een ladegeleider met blokkering worden toegepast. Bij Onkenhout zijn deze geleiders met blokkering in dezelfde afmetingen en sterkte verkrijgbaar als die van concept 1.

Mechaniek

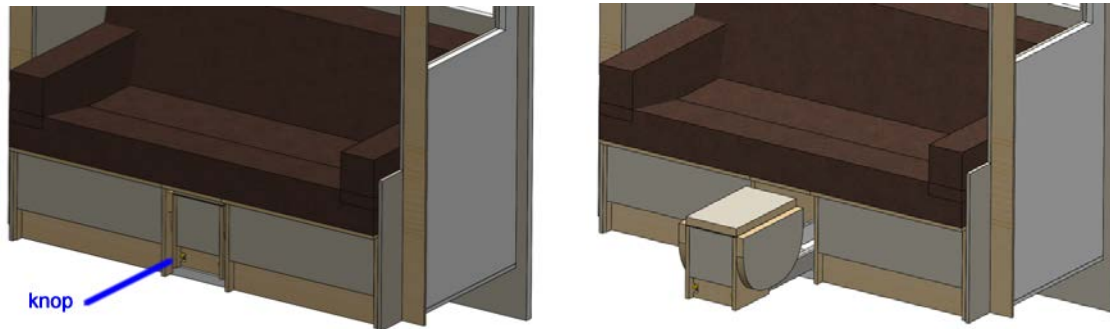
De geleiders met blokkering zijn door middel van één knop aan de voorkant van de geleider te bedienen (fig. 11-4 gele knop). Hierdoor is het noodzakelijk dat deze knop toegankelijk is voor de gebruiker. Daarom kan de tafelpoot niet meer aan de voorkant van de geleiders geplaatst worden maar zal deze er ergens tussen moet komen. Om dit te realiseren wordt er gebruik gemaakt van een gezette plaat RVS die aan de buitenkant van de geleiders wordt bevestigd. Hier is voor gekozen omdat het niet afgewerkt oogt wanneer de geleiders zichtbaar zijn tijdens gebruik. In de plaat is een extrusie gemaakt waar de poot precies invalt. Wederom is de bovenkant gedeeltelijk verwijderd om de juiste afmetingen te krijgen (fig. 11-4).



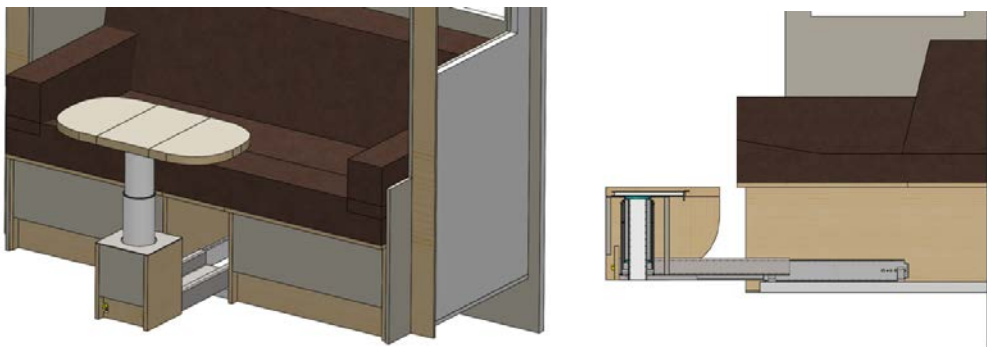
Figuur 11- 4

Gebruik

Doordat de poot tussen de geleiders komt te staan zal de kast iets breder worden. Dit is in de afbeelding hieronder zichtbaar (fig. 11-5 en 11-6). Voor de rest zal de functionaliteit van de tafel niet veranderen. Wel zal de gebruiker iets meer moeite moeten doen om de kast naar buiten te schuiven omdat dit nu door zijn eigen kracht moet gebeuren. Het inschuiven zal echter makkelijker gaan omdat de extra kracht van de gasveer niet overbrugt hoeft te worden. Er zal één geleider met blokkering gebruikt worden omdat dit dan met één hand gedaan kan worden.



Figuur 11- 5



Figuur 11- 6

Kosten

De geleider met blokkering kost iets meer dan die zonder blokkering. De gezette plaat RVS kost ook iets meer dan de standaard profielen van concept 1. Echter is er geen gebruik gemaakt van een gasveer waardoor de totale kosten een stuk lager uitvallen dan bij concept 1.

Component	Prijs	Aantal	Totaal
Ladegeleider 500 mm slag > 100 kg	80 euro	1	80 euro
Ladegeleider 500 mm > 100 kg + blokkering	100 euro	1	100 euro
Staalprofiel	50 euro	1	50 euro
Tafelpoot	100 euro	1	100 euro
Tafelblad	80 euro	1	80 euro
Kast	80 euro	1	80 euro
Concept 2			490 euro

Keuze

De concepten verschillen op grond van vormgeving en functionaliteit heel weinig. Qua gebruik ligt het verschil puur bij het uit en inschuiven van de kast. Het is moeilijk te voorspellen of het prettiger is met gasveer of zonder. Daarom is besloten om geen onnodige risico's te lopen en voor het eenvoudigste systeem te kiezen waarbij het uitschuiven door spierkracht wordt verricht. Daar komt bij dat de financiën altijd een belangrijke rol spelen en er met concept 2 minder kosten gemaakt worden.

Hoofdstuk 13: Detaillering uitschuiftafel

De grote lijnen van het concept zijn vastgesteld. Nu zal er gekeken worden naar kleine verschillen in de vormgeving en zal de functionaliteit getest worden door middel van een werkend prototype.

Vormgeving

Het product heeft drie gebruiksstanden. Het is belangrijk dat het er in alle drie de standen afgewerkt uitziet, naar de standaard van Roelofsen, uitziet. Daarbij is het belangrijk dat de functionaliteit niet verloren gaat.

De belangrijkste afweging is hoe het tafelblad zal worden ingeklapt. Het tafelblad kan aan de buitenkant van de kast vallen of daarbinnen. In het vorige hoofdstuk is te zien hoe deze aan de buitenkant valt (fig. 12-1). Dit heeft als nadeel dat het er in stand 1 en 2 niet zo afgewerkt uitziet omdat het blad duidelijk zichtbaar is (fig. 12-2). In het geval van een rond blad wordt dit gevoel versterkt. Het voordeel is dat er een relatief groot blad gebruikt kan worden en de kast zelf in stand 3 redelijk smal is (fig. 12-3).



Figuur 12- 1



Figuur 12- 2



Figuur 12- 3

Wanneer het tafelblad binnen de kast blijft wordt het tegenovergestelde bewerkstelligd. Het ziet er in stand 1 en 2 erg afgewerkt (fig. 12-4 en 12-5) uit maar resulteert wel in een bredere kast en kleiner tafelblad (fig. 12-6). Om de drempel ook bij de kast weg te werken is de kast naar de topvloer doorgetrokken. Door de kast te verlengen ziet het er in stand 2 uit als een strak salontafeltje waar je prima even iets op kwijt kan. Wanneer de tafel vervolgens wordt uitgeklappt komt is er een opbergvak zichtbaar. Dit kan ideaal zijn om waardevolle spullen in kwijt te kunnen.



Figuur 12- 4



Figuur 12- 5



Figuur 12- 6

Zoals gezegd is het nodig een compromis te sluiten tussen de vormgeving en de functionaliteit. Er is besloten om te kiezen voor het tafelblad dat binnen de kast dichtklapt omdat het erg belangrijk is om kwaliteit uit te stralen. De iets kleinere afmetingen van het tafelblad worden voor lief genomen.

Gebruik

Behalve dat de tafel er goed uitzielt moet het ook fijn in gebruik zijn. Er is in de eisen gesteld dat het opzetten van de tafel niet meer dan 30 seconden mag duren. Behalve dat dit snel moet gebeuren

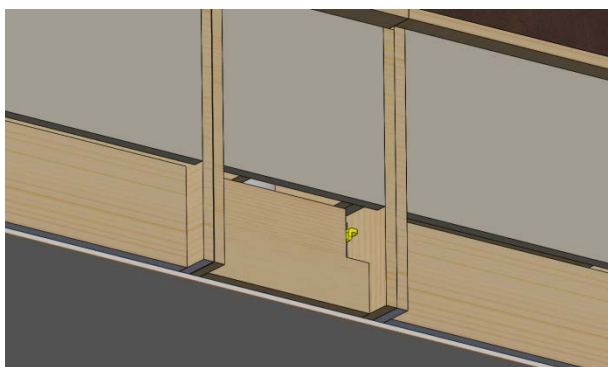
moet dit ook op een ergonomisch verantwoorde manier kunnen. De 3 handelingen die de gebruiker moet verrichten zijn:

- Het uittrekken van de kast
- Het uittrekken van de tafelpoot
- Het openklappen van het tafelblad

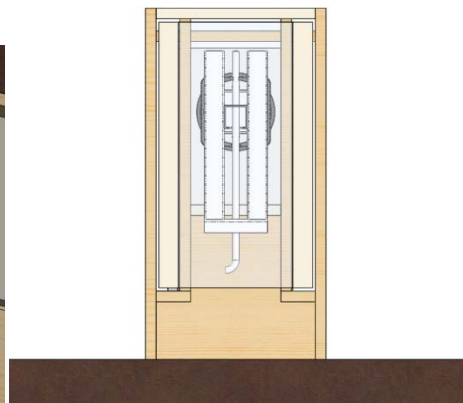
En bij het opbergen van de tafel moeten dezelfde handelingen andersom gebeuren:

- Dichtklappen van het tafelblad
- Naar beneden duwen tafelpoot
- Kast terugschuiven onder de bank

Om deze handelingen eenvoudig te verrichten zullen de bediening van de geleider en de tafelpoot goed toegankelijk moeten zijn. Aan de andere kant mogen ze ook niet teveel opvallen omdat het er dan minder strak uitziet. De knop van de bediening van de geleider is daarom verstopt weggewerkt met een uitkeping in de voorste plank (fig. 12-7). Er is nog steeds voldoende ruimte om de knop te bedienen.



Figuur 12- 7



Figuur 12- 8

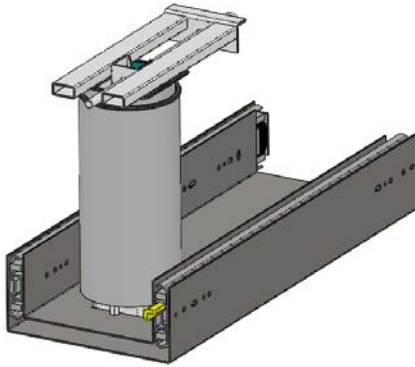
Door de hendel van de tafelpoot te draaien is de tafel in hoogte verstelbaar. Deze wordt vanzelf naar boven gedrukt en moet door spierkracht weer worden teruggeduwd. Om de bediening van de poot goed toegankelijk te maken is er ruimte gelaten tussen de bank en het tafelblad waar de gebruiker ruim met zijn hand tussen past (fig. 12-8).

De laatste handeling die de gebruiker moet verrichten is het openklappen van het tafelblad. Hiervoor zullen dezelfde scharnieren worden gebruikt als bij de huidige klaptafels. Qua ondersteuning zal er nog een geschikt product op de markt gevonden moeten worden om dit te realiseren omdat hetzelfde product dat nu gebruikt wordt te groot is.

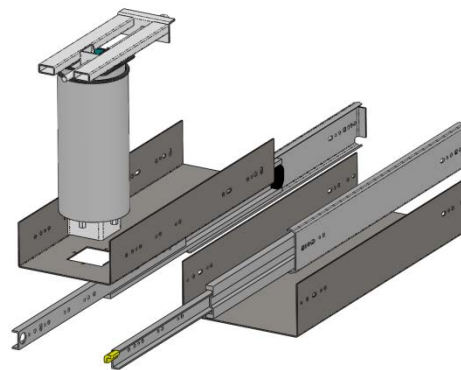
Productie

Bij de productie van de kast gelden dezelfde eisen als de productie van het uitschuifstelsel. Het product moet zoveel mogelijk kant en klaar worden aangeleverd en eenvoudig en snel in de uitschuifbox te installeren zijn. Om het productieproces zo soepel mogelijk te laten verlopen is het product in twee systemen verdeeld. Het mechanische gedeelte en de afwerking.

Het mechanische gedeelte bestaat uit twee gezette RVS profielen, de geleiders en de tafelpoot. Er is een tweede RVS profiel bijgekomen die als basis dient voor het hele product en vervolgens als verbinding met de uitschuifbox. Aan de binnenkant van dit profiel worden de geleiders gemonteerd in daarvoor laser-gesneden gaten. De tafelpoot wordt in het binnenste profiel geplaatst en rondom vast gelast. Vervolgens wordt dit profiel met tafelpoot aan de binnenkant van de geleiders gemonteerd.

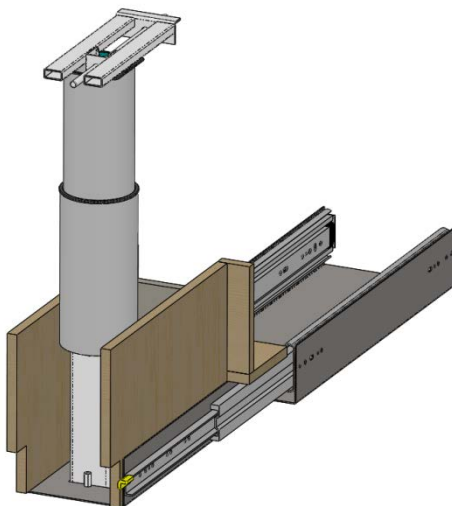


Figuur 12- 9

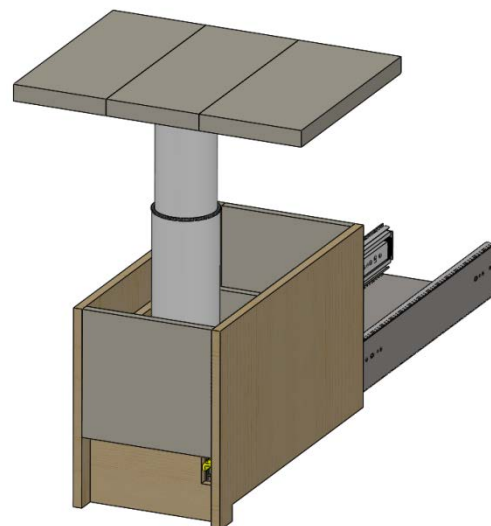


Figuur 12- 10

Wanneer het mechanische gedeelte af is kan de kast erop gemonteerd worden. Het is niet makkelijker om eerst de kast te fabriceren en deze in zijn geheel op het mechanische gedeelte te plaatsen. Wel worden de verschillende planken van te voren gezaagd en afgewerkt alvorens deze in de kast worden gemonteerd. Eerst zullen de binnenste planken van de kast aan het binnenste gezette profiel worden geschroefd. Omdat dit later niet zichtbaar is kan dit door middel van schroeven (fig. 12-11). De overige planken worden vervolgens met deuvels en lijm met elkaar verbonden (fig. 12-12).



Figuur 12- 11

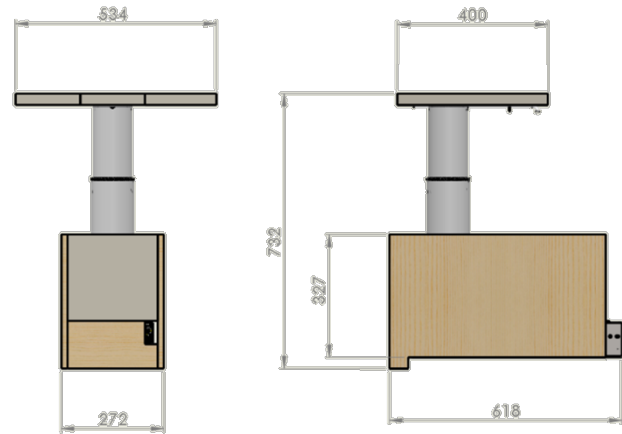


Figuur 12- 12

Afmetingen

De afmetingen van het eindconcept zijn in twee figuren (fig. 12-13) weergegeven. In vergelijking met de gestelde eisen blijkt dat de kast in ingeschoven stand iets hoger uitvalt. Dit was onvermijdelijk door de tafelpoot die al 320 mm hoog was. De breedte van het tafelblad is kleiner uitgevallen dan de gestelde eis. Dit zijn de maximale afmetingen die mogelijk zijn bij de keuze om het tafelblad binnen de kast te laten inklappen. De overige afmetingen vallen wel binnen de gestelde eisen.

	PvE	Eindconcept
Max hoogte kast (mm)	320	327
Max breedte kast (mm)	300	272
Min breedte tafelblad (mm)	600	534
Min diepte tafelblad (mm)	400	400
Min hoogte tafelblad (mm)	690	732
Max lengte totaal	800	618



Figuur 12- 13

Conclusie

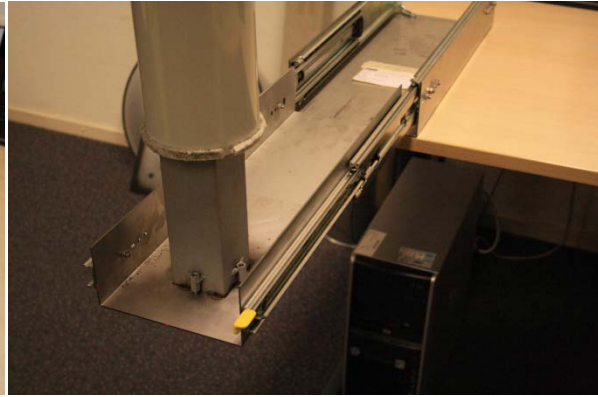
De vormgeving van het eindconcept past goed bij de rest van het interieur en de prijs van het concept valt binnen de gestelde eis. De breedte van het tafelblad is het enige punt waarop de eis niet gehaald wordt en is een punt waarbij problemen kunnen ontstaan. Om te kijken of dit daadwerkelijk problemen oplevert is er besloten een functioneel prototype te bouwen. Hiermee kan niet alleen getest worden of het tafelblad voldoende groot is maar ook of de gebruiker eenvoudig de gebruikshandelingen kan uitvoeren binnen de gestelde 30 seconden. Ook zal met het prototype duidelijk worden of het mechanische gedeelte sterk genoeg is en de tafelpoot niet teveel zal zwenken.

Hoofdstuk 14: Prototype uitschuiftafel

Het mechanische gedeelte van het eindconcept bestaat uit 5 onderdelen. De twee gezette profielen, de twee ladegeleiders en de tafelpoot. De gezette profielen worden bij Disselhorst Metaal besteld. De ladegeleiders bij Onkenhout en de tafelpoot bij Ilse.



Figuur 13- 1



Figuur 13- 2

Productieproces

De stappen die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven zijn hier uitgevoerd. De gaten van de gezette profielen sloten perfect aan op de geleiders waardoor alles eenvoudig in elkaar te zetten was (fig. 13-1). De tafelpoot viel perfect in het binnenste profiel waardoor het met een paar simpele puntlassen stevig kon worden vastgezet (fig. 13-2).

De bovenkant van de tafelpoot vergt nog wel wat arbeid in de werkplaats. Zo moet het frame aan de bovenkant op drie plekken worden doorgezaagd en bijgeslepen. Mocht het product daadwerkelijk gebruikt gaan worden, dan moet met de leverancier worden afgesproken dat dit bij de productie van de tafelpoot al wordt meegenomen.

Na het mechanische gedeelte hoefde alleen de kast er nog omheen gebouwd te worden. Om kosten te drukken is het functionele prototype gemaakt van multiplex in plaats van het gebruikelijke hout met fineer. Het multiplex is 1 mm dikker dan het gebruikelijke hout dat ook in de tekeningen is gebruikt. Deze 1 mm verschil op de 16 mm die het gebruikelijke hout is, zal weinig invloed hebben op het testen van de functionaliteit, waardoor hier voor gekozen is.

De houten planken zijn uit de tekeningen in een zaaglijst verwerkt waardoor de medewerkers van de werkplaats de planken op maat in vierhoekige stukken konden zagen. Vervolgens heb ik de planken waar nodig bijgezaagd en de kast met een spijkerpistool in elkaar gezet.



Figuur 13- 3



Figuur 13- 4

Op de foto's (fig. 13-3 en 13-4) is te zien dat eerst het binnenste gedeelte van de kast aan de geleiders is bevestigd en vervolgens de overige kastdelen hieraan zijn gespijkerd. In figuur 13-4 is te zien dat er voor de hendel speciaal extra ruimte gemaakt is om deze prettig te kunnen draaien.

De laatste stap aan het bouwen van het prototype is het toevoegen van het tafelblad. Het blad is gemaakt uit twee lagen multiplex, een laag van 15 mm en een laag van 10 mm dik, totaal 25 mm dik. Net als bij het eindconcept zullen de kladdelen uit twee lagen bestaan. Het middelste deel bestaat maar uit één laag (fig. 13-5). Deze middelste laag komt namelijk bovenop het frame van de tafelpoot te liggen en zou bij een dubbele laag te hoog worden. In het prototype is er gebruik gemaakt van simpele pianoscharnieren (fig. 13-6) omdat de gebruikelijke scharnieren niet pasten in de smalle tafel.



Figuur 13- 5



Figuur 13- 6

Het blokkeren van de tafel in opengeklapte stand wordt gerealiseerd door een zelf gemaakt steuntje die door twee buisprofielen glijdt. Deze buisprofielen worden aan de onderkant van het tafelblad gelijmd. Voor een uiteindelijk product zal hier een ander onderdeel voor gevonden moeten worden.

Eindresultaat



Figuur 13- 7



Figuur 13- 8

Fig. 13-7 en 13-8 laten het eindresultaat zien van het prototype.

Test

Het gebruik van het prototype (fig. 13-7 en 13-8) is door mijzelf getest. Hieronder is in verschillende foto's te zien welke handelingen de gebruiker uit moet voeren om de tafel uit te klappen. Alle handelingen zijn zittend eenvoudig te volbrengen. De bediening van de begeleiding is goed toegankelijk en de kast is door de lage wrijving van de geleiding zeer soepel uit te trekken en terug te duwen. Er is voldoende ruimte voor de hand van de gebruiker om de bedieningshendel van de tafelpoot te draaien. De reactie van de tafelpoot op deze handeling is echter wat minder soepel. Deze gaat erg snel naar boven in twee vrij lompe bewegingen. Het terugduwen van de tafelpoot gaat daardoor ook redelijk zwaar. Een mogelijkheid om dit te verhelpen is om de gasveren binnen de tafelpoot wat soepeler af te stellen. Het is echter niet mogelijk dit zelf te doen. De leverancier zal dit bij de productie al moeten realiseren.

Ook hangen de tafelbladen nu enigszins naar binnen waardoor bij het terugduwen van de tafelpoot de tafelbladen begeleid moeten worden in de daarvoor bedoelde ruimte. Door scharnieren te gebruiken die wel precies 90 graden open klappen zal dit niet meer gebeuren. De twee schuiven die de tafelbladen overeind houden werken eenvoudig maar zullen in een definitieve versie van een leverancier moeten komen. Er zit nu namelijk teveel speling op waardoor de bladen iets naar beneden hangen.

Gedurende de ontwikkeling van het concept is er vaak getwijfeld over de stabiliteit van de tafelpoot doordat deze op een uitschuifstelsel kwam te staan. Hierdoor was men bang dat de tafelpoot en dus het tafelblad heen en weer zou kunnen zwenken. Uiteindelijk bleek dit heel erg mee te vallen door de gezette profielen die voor stevigheid zorgden. Doordat de kast met de voorkant op de vloer steunde werd de rotatie helemaal uit de poot gehaald.



Het tafelblad zat in uitgeschoven toestand op een prettige hoogte waardoor ook lange gebruikers er bij een zithoogte van 460 mm niet met hun benen tegenaan komen. Qua formaat tafelblad voldoet het wel aan de meest primaire eisen dat er met twee mensen geluncht kan worden. Er passen twee borden en twee kopjes op. Kanttekening hierbij is dat het tafelblad in vergelijking met de redelijk forse kast toch wat aan de kleine kant is.

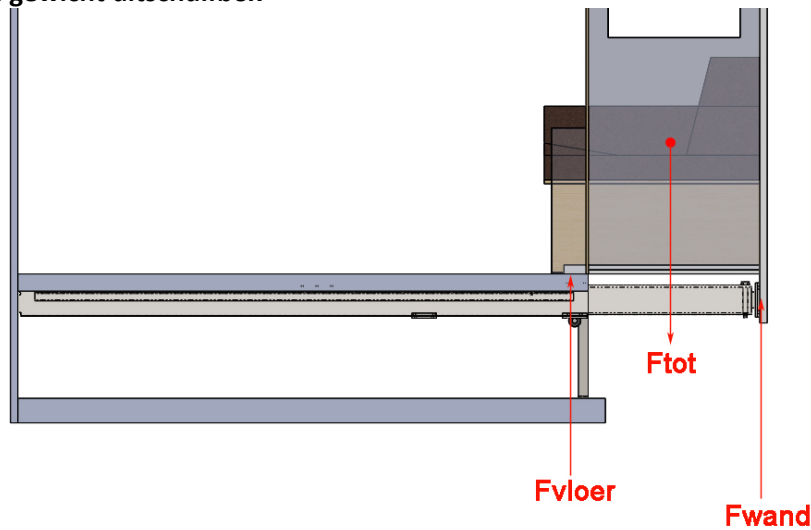


Hoofdstuk 15: Conclusies en aanbevelingen uitschuiftafel

Het functionele prototype van de uitschuiftafel heeft bewezen dat het mogelijk is een uitschuifbare tafel onder de bank vandaan te laten komen en deze een kwalitatief hoge uitstraling te geven voor minder dan 500 euro. Voordat het product daadwerkelijk in de Profi RR5 zal verschijnen moeten er nog een paar kleine verbeteringen worden doorgevoerd. Zo is het niet mogelijk een poot te vinden die minder dan 320 mm hoog is in ingeklapte toestand en is het de keuze van Roelofsen of hier in de kussendikte een concessie gedaan zal worden zodat de totale hoogte van het zitvlak niet te hoog word. Het is ook mogelijk, er van uitgaande dat er normaliter toch maar twee personen op de bank zitten, om alleen het middenstuk van de bank van een dunner kussen te voorzien waardoor de uitschuifkast iets hoger kan worden. Een andere mogelijkheid is om voor een heel ander principe te gaan waarbij de poot door de gebruiker zelf opgezet moet worden.

Het tafelblad bleek uit de test met het prototype toch wat aan de kleine kant in vergelijking met de grootte van de kast. Hierdoor neemt de toegevoegde waarde van het tafelblad af en moet men zich afvragen of dit het geld wel waard is. Het totale oppervlakte van het blad kan vergroot worden door het blad een keer extra dubbel te vouwen. Een betere oplossing is om toch te kiezen voor de kast waarbij het blad aan de buitenkant van de kast valt. Hierdoor wordt de kast smaller en het blad breder waardoor de verhoudingen verbeteren.

Reactiekrachten gewicht uitschuifbox

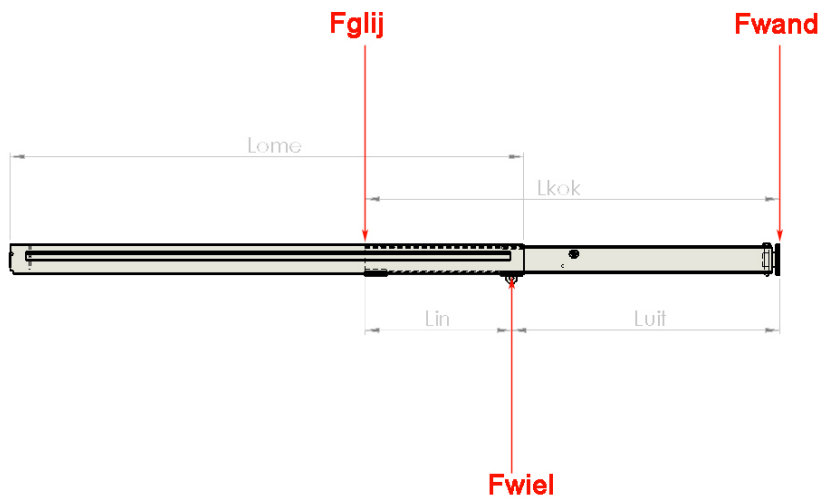


$$\sum F_y = F_{vloer} + F_{wand} - F_{tot} = 0$$

$$F_{tot} = 6250N$$

$$F_{vloer} = F_{wand} = 3125N$$

Reactiekrachten kokerprofiel



$$\sum F_y = F_{wiel} - F_{glij} - F_{wand} = 0$$

$$\sum M = F_{wiel} * Lin - F_{wand} * Lkok = 0$$

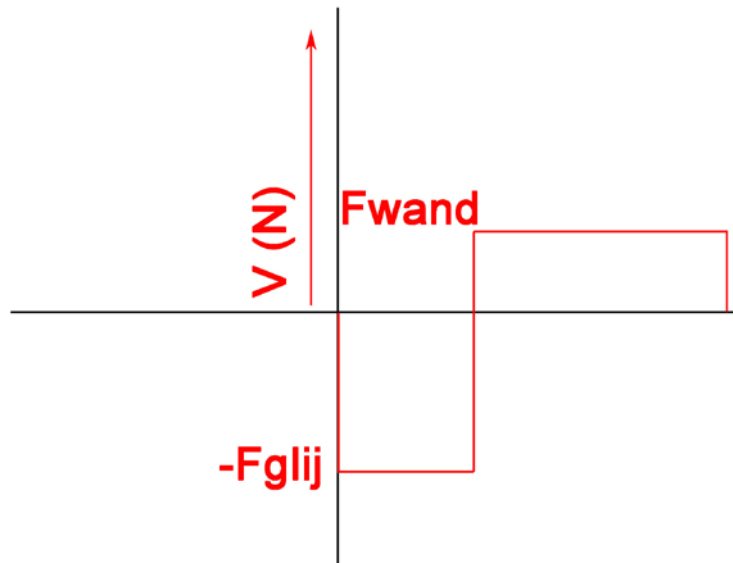
$$F_{wiel} = (F_{wand} * Lkok) / Lin$$

$$F_{wiel} = \frac{3125 * 1850}{700} = 8259N$$

$$F_{glij} = F_{wiel} - F_{wand}$$

$$F_{glij} = 8259 - 3125 = 5134N$$

Interne schuifkracht kokerprofiel

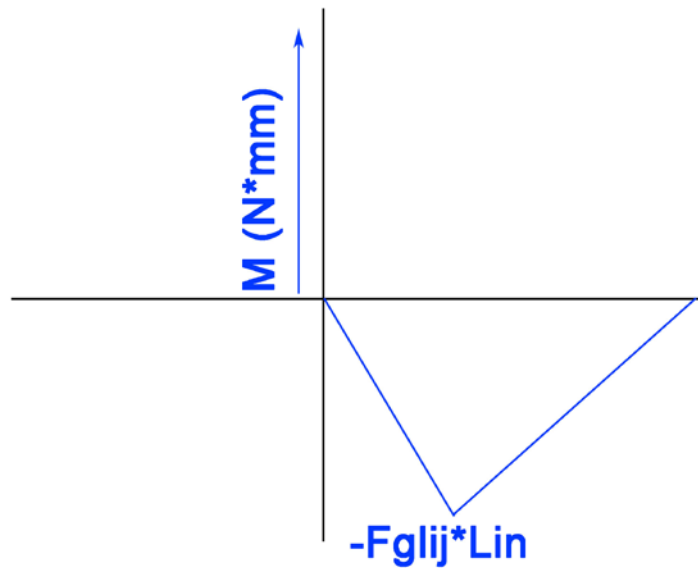


$$V_{kok1} = -F_{glij} \quad (0 < x < L_{in})$$

$$V_{kok2} = F_{wand} \quad (L_{in} < x < L_{kok})$$

$$V_{kokmax} = -F_{glij} = -5134N$$

Interne momenten kokerprofiel

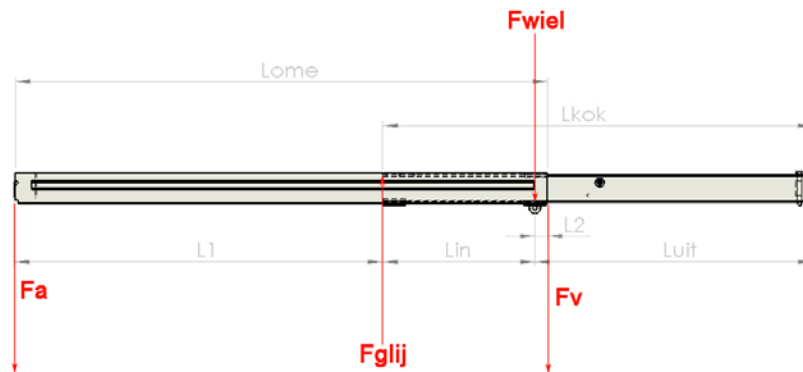


$$M_{kok1} = -F_{glij} * x_{kok} \quad (0 < x < L_{in})$$

$$M_{kok2} = F_{wiel} * (x_{kok} - L_{in}) - F_{glij} * x_{kok} \quad (L_{in} < x < L_{kok})$$

$$M_{kokmax} = -5134 * 700 = -3,6e6Nmm$$

Reactiekrachten omegaprofiel



$$\sum F_y = F_{glij} + F_v - F_{wiel} - F_a = 0$$

$$\sum M = F_{glij} * L1 - F_{wiel} * (L1 + Lin) + F_v * (Lome) = 0$$

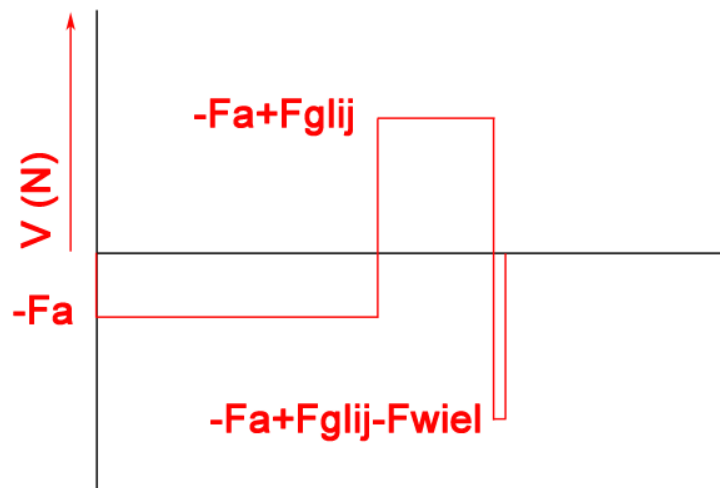
$$F_v = \frac{F_{wiel} * (L1 + Lin) - F_{glij} * L1}{Lome}$$

$$F_v = \frac{8259 * (1580 + 700) - 5134 * 1580}{2330} = 4600N$$

$$F_a = F_{glij} + F_v - F_{wiel}$$

$$F_a = 5134 + 4600 - 8259 = 1475N$$

Interne schuifkracht omegaprofiel



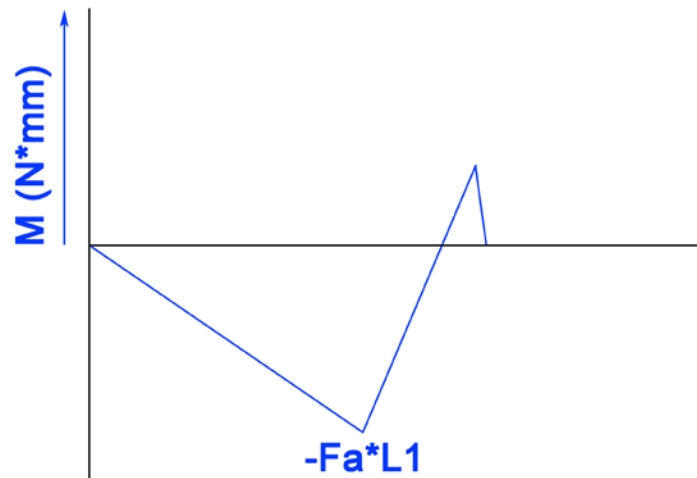
$$V_{ome1} = -F_a \quad (0 < x < L1)$$

$$V_{ome2} = -F_a + F_{glij} \quad (L1 < x < L1 + Lin)$$

$$V_{ome3} = -F_v \quad (L1 + Lin < x < Lome)$$

$$V_{omemax} = -F_v = -4600N$$

Interne momenten omegaprofiel



$$M_{ome1} = -F_a * x_{ome} \quad (0 < x < L1)$$

$$M_{ome2} = -F_a * x_{ome} + F_{glij} * (x_{ome} - L1) \quad (L1 < x < L1 + Lin)$$

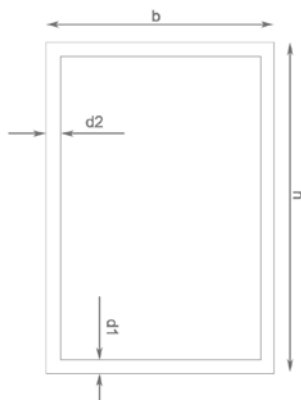
$$M_{ome3} = -F_a * x_{ome} + F_{glij} * (x_{ome} - L1) - F_{wiel} * (x_{ome} - L1 - Lin) \quad (L1 + Lin < x < L_{ome})$$

$$M_{omemax} = -1475 * 1580 = -2,3e6 Nmm$$

Buigspanning profielen

$$S_{bmaxkok} = \frac{M_{kokmax} * c_{kok}}{I_{kok}}$$

$$S_{bmaxome} = \frac{M_{omemax} * c_{ome}}{I_{ome}}$$



$$I = \frac{1}{12} b h^3 - \frac{1}{12} (b - 2d2) * (h - 2d1)^3$$

$$c = \frac{1}{2} h$$

profiel	h	b	d1	d2	c	I
kok	120	60	6	6	60	3,6 ^{e6}
ome	140	70	3	3	70	3,2 ^{e6}

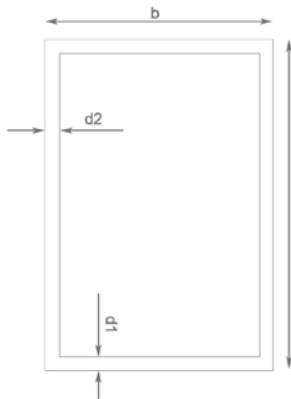
$$S_{bmaxkok} = \frac{-3,6e6 * 60}{3,6e6} = -60 MPa$$

$$S_{bmaxome} = \frac{-2,3e6 * 70}{3,2e6} = -50 MPa$$

Schuifspanning profielen

$$S_{maxkok} = \frac{V_{kokmax} * Q_{kok}}{I_{kok} * t_{kok}}$$

$$S_{maxome} = \frac{V_{kokome} * Q_{ome}}{I_{ome} * t_{ome}}$$



$$Q = \left(\left(\frac{1}{2}h - \frac{1}{2}d1 \right) * d1b \right) + \left(\frac{\frac{1}{2}h - d1}{2} * \left(2d2 * \frac{1}{2}h - d1 \right) \right)$$

$$t = 2d2$$

profiel	h	b	d1	d2	t	Q
kok	120	60	6	6	12	3,8e4
ome	140	70	3	3	6	2,8e4

$$S_{maxkok} = \frac{-5134 * 3,8e4}{3,6e6 * 12} = -4,5MPa$$

$$S_{maxome} = \frac{-4600 * 2,8e4}{3,2e6 * 6} = -6,7MPa$$

Spanningstype	Toelaatbare spanning in MPa (N/mm)	Toelaatbare spanning incl. Veiligheidsfactor in MPa (N/mm)
Treksterkte (Rm)	520	
Rekgrens (Re)	210	
Trek/druk	210	105
Buiging (Sb)	250	125
Afschuiving (Ss)	145	72,5

%Afmetingen

```
Lkok=1514          %mm
Luit=1050          %mm
Lin=Lkok-Luit      %mm
```

```
L3=1000
Lome=1600
L2=50
L1=Lome-(Lin+L2)
```

%VLS1 en 2

```
Ftot=6250
%Ftot=(Fpers+Fbox)/2      %N
Fwand=(Ftot*1/2*L3)/L3    %N
Fvloer=Ftot-Fwand        %N
```

%Koker

```
%Sum of Fy = Fwiel-Fglj-Fwand=0
%Sum of M   = Fwiel*Lin-Fwand*Lkok=0
Fwiel=(Fwand*Lkok)/Lin
Fglj=Fwiel-Fwand
```

%Omega

```
%Sum of Fy = Fglj-Fwiel+Fv-Fa=0
%Sum of M   = Fglj*L1-Fwiel*(L1+Lin)+Fv*(L1+Lin+L2)
Fv=((Fwiel*(L1+Lin))-(Fglj*L1))/(L1+Lin+L2)
Fa=Fglj-Fwiel+Fv
```

%Interne krachten en momenten

```
xkok=Lin
xome=L1
```

%Vlijn

```
Vkok1=-Fglj      %0<x<Lin
Vkok2=Fwand      %Lin<x<Lkok
```

```
Vome1=-Fa          %0<x<L1
Vome2=-Fa+Fglj     %L1<x<L1+Lin
Vome3=-Fa+Fglj-Fwiel %L1+Lin<x<L1+Lin+L2
```

%Mlijn

```
Mkok1=-Fglj*xkok      %0<x<Lin
Mkok2=Fwiel*(xkok-Lin)-Fglj*xkok %Lin<x<Lkok
```

```
Mome1=-Fa*xome          %0<x<L1
Mome2=-Fa*xome+Fglj*(xome-L1) %L1<x<L1+Lin
Mome3=-Fa*xome+Fglj*(xome-L1)-Fwiel*(xome-L1-Lin) %L1+Lin<x<L1+Lin+L2
```

```
%Buigspanning
%Buigspanning wordt aangeduid met Sb
%Sb=(M*c)/I

Ikok=7.9e5
ckok=60
Sbmaxkok=(Mkok1*ckok)/Ikok

Iome=3.2e6
come=70
Sbmaxome=(Mome1*come)/Iome

%Schuifspanning
%Schuifspanning wordt aangeduid met Ss
%Ss=(VQ)/(It)

%max schuifspanning bij 0<x<Lin
tkok=12
Qkok=1.45e4
Ssmaxkok=(Vkok1*Qkok)/(Ikok*tkok)

tome=6
Qome=2.8e4
Ssmaxome=(Vome3*Qome)/(Iome*tome)

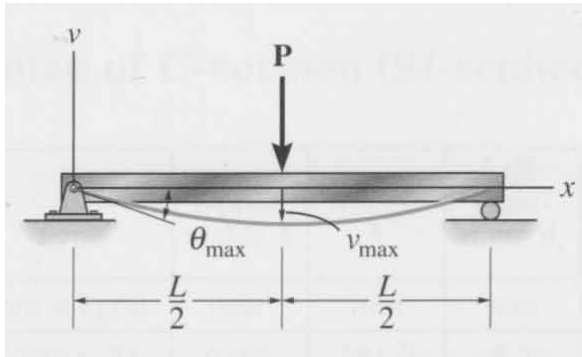
%afmetingen doorsnede
b=80
h=140
d1=3
d2=3

%massatraagheidsmoment
I=1/12*(b*h^3)-1/12*((b-2*d2)*(h-2*d1)^3)

%statischmoment
Q=(1/2*h-1/2*d1)*(d1*b)+((1/2*h-d1)/2)*(2*d2*(1/2*h-d1))
```


Er zijn twee plekken waar de doorbuiging van belang is en niet te groot mag zijn. Dit zijn de doorbuiging in het omega-profiel en die in de uitschuifkoker.

De doorbuiging is berekend met een standaard berekenwebsite designerdata.nl

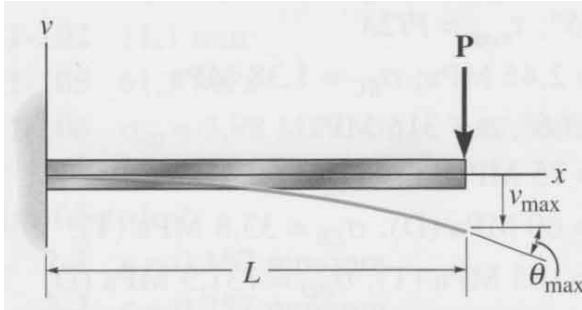


In VLS1 is het omegaprofiel bij benadering weergegeven. In werkelijkheid is de belasting niet in het midden van de balk maar iets daar naast. Deze situatie zal echter grotere waarden opleveren dan de reële situatie waardoor dit qua veiligheid altijd goed zit. De kracht P staat voor Fglij.

VLS 1

P	5000 N
L	2300 mm
E	210^3 N/mm^2
I	$3,2^6 \text{ mm}^4$
Vmax	-2 mm
Theta	0,005 rad

Uit de resultaten blijkt dat de balk in deze situatie 2 mm doorbuigt. In werkelijkheid zal dit minder zijn i.v.m. de vloer die de doorbuiging ook tegen zal gaan en het iets andere aangrijpingspunt van de kracht. Deze waarde is dusdanig laag dat verdere analyse over de doorbuiging niet nodig is.



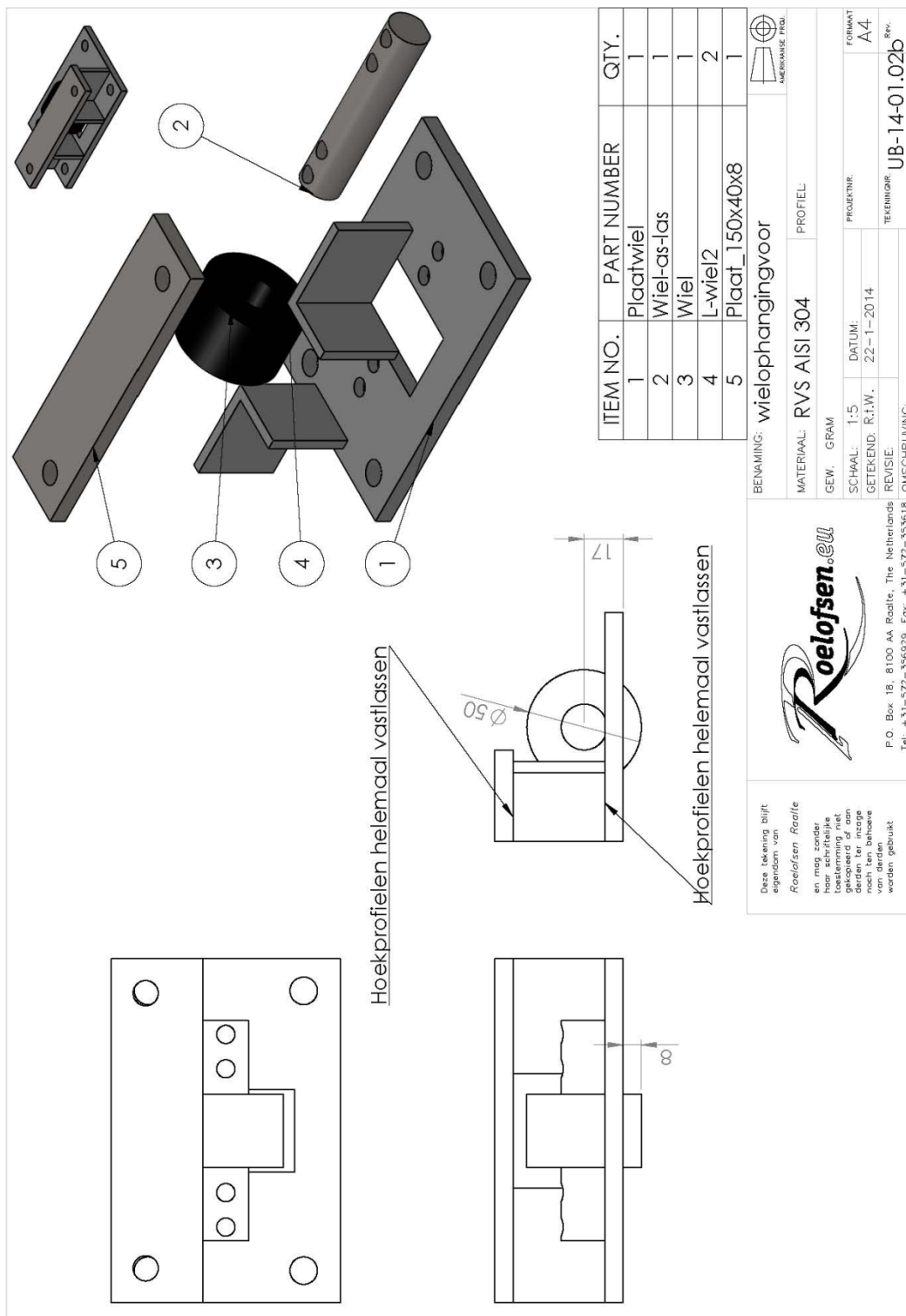
In VLS2 is de uitschuifkoker bij benadering weergegeven. Ook hier is niet de exacte situatie geschetst maar omdat in werkelijkheid de koker niet is ingeklemd maar een roloplegging heeft bij het wiel. Dit zal in de echte situatie resulteren in een grotere deflectie dan bij deze benadering. Daarom is de situatie met roloplegging analytisch berekend om de resultaten te vergelijken.

VLS 2

P	3000 N
L	1100 mm
E	210^3 N/mm^2
I	$3,6^6 \text{ mm}^4$
Vmax	-2 mm
Theta	0,005 rad

Het programma geeft een maximale deflectie van 2 mm. Dit is verwaarloosbaar klein en zal niet tot een oncomfortabele situatie in de uitschuifbox zorgen.

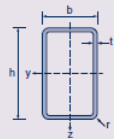




buizen

rechthoekig, koudgevoormd

leveringsvoorwaarden: NEN-EN 10219-1;
DIN 2395-1 en -2
toleranties: NEN-EN 10219-2;
DIN 2395-1
max. handelslengte: 15 m

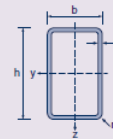


h x b x t mm	G kg/m	A mm ²	r mm	A _L m ² /m	I _y x10 ⁴ mm ⁴	I _z x10 ⁴ mm ⁴	W _{y,rel} x10 ³ mm ³	W _{z,rel} x10 ³ mm ³
70 x 40 x 4	6,08	775	8	0,206	46,0	18,9	13,1	9,44
70 x 40 x 5	7,34	936	10	0,203	52,9	21,5	15,1	10,8
70 x 50 x 2	3,56	454	4	0,233	31,5	18,8	8,99	7,50
70 x 50 x 3	5,19	661	6	0,230	44,1	26,1	12,6	10,4
70 x 50 x 4	6,71	855	8	0,226	54,7	32,2	15,6	12,9
80 x 30 x 2	3,25	414	4	0,213	31,3	6,65	7,82	4,43
80 x 30 x 3	4,72	601	6	0,210	43,4	8,99	10,8	6,00
80 x 40 x 2	3,56	454	4	0,233	37,4	12,7	9,34	6,36
80 x 40 x 3	5,19	661	6	0,230	52,3	17,6	13,1	8,78
80 x 40 x 4	6,71	855	8	0,226	64,8	21,5	16,2	10,7
80 x 40 x 5	8,13	1036	10	0,223	75,1	24,6	18,8	12,3
80 x 50 x 2	3,88	494	4	0,253	43,4	21,1	10,9	8,43
80 x 50 x 3	5,66	721	6	0,250	61,1	29,4	15,3	11,8
80 x 50 x 4	7,34	935	8	0,246	76,4	36,5	19,1	14,6
80 x 50 x 5	8,91	1136	10	0,243	89,2	42,3	22,3	16,9
80 x 60 x 3	6,13	781	6	0,270	70,0	44,9	17,5	15,0
80 x 60 x 4	7,97	1015	8	0,266	87,9	56,1	22,0	18,7
80 x 60 x 5	9,70	1236	10	0,263	103	65,7	25,8	21,9
90 x 50 x 3	6,13	781	6	0,270	81,9	32,7	18,2	13,1
90 x 50 x 4	7,97	1015	8	0,266	103	40,7	22,8	16,3
90 x 50 x 5	9,70	1236	10	0,263	121	47,4	26,8	18,9
90 x 70 x 4	9,22	1175	8	0,306	132	89,6	29,4	25,6
100 x 30 x 4	7,34	935	8	0,246	97,3	13,5	19,5	9,00
100 x 40 x 3	6,13	781	6	0,270	92,3	21,7	18,5	10,8
100 x 40 x 4	7,97	1015	8	0,266	116	26,7	23,1	13,3
100 x 40 x 5	9,70	1236	10	0,263	136	30,8	27,1	15,4
100 x 50 x 2	4,50	574	4	0,293	75	25,7	15,0	10,3
100 x 50 x 3	6,60	841	6	0,290	106	36,1	21,3	14,4
100 x 50 x 4	8,59	1095	8	0,286	134	44,9	26,8	18,0
100 x 50 x 5	10,5	1336	10	0,283	158	52,5	31,6	21,0

buizen

rechthoekig, koudgevoormd

leveringsvoorwaarden: NEN-EN 10219-1;
DIN 2395-1 en -2
toleranties: NEN-EN 10219-2;
DIN 2395-1
max. handelslengte: 15 m



h x b x t mm	G kg/m	A mm ²	r mm	A _L m ² /m	I _y x10 ⁴ mm ⁴	I _z x10 ⁴ mm ⁴	W _{y,rel} x10 ³ mm ³	W _{z,rel} x10 ³ mm ³
100 x 60 x 3	7,07	901	6	0,310	121	54,6	24,1	18,2
100 x 60 x 4	9,22	1175	8	0,306	153	68,7	30,5	22,9
100 x 60 x 5	11,3	1436	10	0,303	181	80,8	36,2	26,9
100 x 60 x 6	13,2	1683	12	0,299	205	91,2	41,1	30,4
100 x 80 x 3	8,01	1021	6	0,350	149	106	29,8	26,4
100 x 80 x 4	10,5	1335	8	0,346	189	134	37,9	33,5
100 x 80 x 5	12,8	1636	10	0,343	226	160	45,2	39,9
100 x 80 x 6	15,1	1923	12	0,339	258	182	51,7	45,5
110 x 70 x 4	10,5	1335	8	0,346	216	107	39,3	30,6
110 x 70 x 5	12,8	1636	10	0,343	258	127	46,8	36,3
120 x 40 x 3	7,07	901	6	0,310	148	25,8	24,7	12,9
120 x 40 x 4	9,22	1175	8	0,306	187	31,9	31,1	15,9
120 x 40 x 5	11,3	1436	10	0,303	221	36,9	36,8	18,5
120 x 50 x 3	7,54	961	6	0,330	169	42,7	28,1	17,1
120 x 50 x 4	9,85	1255	8	0,326	214	53,4	35,6	21,4
120 x 50 x 5	12,1	1536	10	0,323	254	62,6	42,3	25,0
120 x 50 x 6	14,2	1803	12	0,319	289	70,4	48,2	28,1
120 x 60 x 3	8,01	1021	6	0,350	189	64,4	31,5	21,5
120 x 60 x 4	10,5	1335	8	0,346	241	81,2	40,1	27,1
120 x 60 x 5	12,8	1636	10	0,343	287	96,0	47,8	32,0
120 x 60 x 6	15,1	1923	12	0,339	328	109	54,7	36,3
120 x 60 x 7	16,9	2156	17,5	0,330	349	116	58,1	38,6
120 x 80 x 3	8,96	1141	6	0,390	230	123	38,4	30,9
120 x 80 x 4	11,7	1495	8	0,386	295	157	49,1	39,3
120 x 80 x 5	14,4	1836	10	0,383	353	188	58,9	46,9
120 x 80 x 6	17,0	2163	12	0,379	406	215	67,7	53,8
120 x 80 x 8	21,4	2724	20	0,366	476	252	79,3	62,9
120 x 100 x 4	13,0	1655	8	0,426	348	263	58,1	52,6
120 x 100 x 5	16,0	2036	10	0,423	419	316	69,9	63,3

