



Bachelor Opdracht Vakwerkframe fiets

Mark Spil
Azor Bike
Universiteit Twente
Industrieel Ontwerpen
3-4-2012

Titel

Vakwerkframe fiets

Uitgever

Universiteit Twente

Opleiding Industrieel Ontwerpen

Postus 217

7500AE Enschede

Telefoon: 053 – 4 89 91 11

Auteur

Mark Spil

Student Nummer

S0198897

Opdrachtgever

Azor Bike B.V.

Marconistraat 7 A

7903 AG Hogeveen

Examencommissie

Voorzitter

– A.O. Eger

Universiteit Twente begeleider

– W.W. Wits

Datum afsluitende tentamen

15-05-2012

Aantal bladzijden

56

Aantal bijlagen

2



Voorwoord

Het rapport dat u nu voor zich heeft beschrijft de uitvoering van mijn Bachelor Eindopdracht. Deze opdracht is de afsluiting van de driejarige bacheloropleiding Industrieel Ontwerpen waarbij de opgedane kennis in de praktijk wordt gebracht. De opdracht is een grote zelfstandige opdracht waaraan ruim drie maanden is gewerkt. De opdracht zelf heb ik als erg leerzaam ervaren, daarnaast ben ik erg blij dat ik tot een volledig functioneel prototype ben gekomen.

Het resultaat dat voortkomt uit deze ontwerp-opdracht had ik niet kunnen bereiken zonder de medewerking van enkele personen welke ik voor hun hulp wil bedanken.

Allereerst dhr. J. Rijkeboer van Azor Bike B.V. voor het beschikbaar stellen van de opdracht en hulp tijdens de opdracht. Ook bedank ik de medewerkers van Azor Bike B.V. met in het bijzonder dhr. H. Baas waarbij ik altijd terecht kon om vragen te stellen over allerlei onderwerpen & technische zaken gerelateerd aan fietsen. Verder wil ik dhr. W.W. Wits bedanken voor de begeleiding, hulp en feedback gedurende deze opdracht vanuit de Universiteit Twente. Daarnaast ben ik de medewerkers van Steggink Metaal B.V. met in het bijzonder dhr. B. Van Den Commenacker dankbaar voor hulp bij het voor productie geschikt maken van het concept en de daadwerkelijke productie van het prototype. Verder ben ik LOKO-Gramsbergen b.v., Kamp Coating b.v. en G. Aalderink en Zn. b.v. dankbaar voor het geven van advies en ter beschikking stellen van informatie over de nabehandeling van het frame.

Tot slot ben ik ook alle anderen mensen, familie en vrienden, die mij met hulp, feedback of andere suggesties geholpen hebben bij het uitvoeren van deze opdracht, dankbaar voor hun bijdrage.

Enschede, April 2012

Mark Spil



Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Nederlandse samenvatting	6
English summary	7
Inleiding	8
Vooronderzoek	9
Gebruikerskenmerken	9
Profiel van kopers	10
Budget	10
Uiterlijk & bruikbaarheid van de fiets	11
Lifestyle fietsen	11
Huidige vakwerkconstructies	12
Productiemethoden	15
Snijden	15
Lassen	15
Buigen & Walsen	16
Profiel varianten	16
Truss gebaseerd profiel	16
Tot vakwerk gesneden kokerprofiel	16
Kokerprofiel uit plaatmateriaal	17
Conclusie	18
Programma van Eisen	19
Materiaal en nabehandeling	19
Sterkte	19
Gewicht	19
Formaat & Geometrie	20
Eisen	20
Wensen	20
Sterkte berekening	21
Wel/niet overlappende spijlen	23
Sterkte van een recht framedeel	24
Stijfheid recht framedeel	26
Gewicht	26

Mogelijke verbinding met balhoofd en topbuis.....	27
Moment.....	28
Conclusie.....	29
Concepten.....	30
Vormstudie	30
Center framebuis.....	30
Doorlopende topbuis/staande vork.....	31
Gekruist frame.....	31
Simpele achtervork.....	32
Verplaatsing van framedelen	33
Spijlen vork.....	34
Schetsplaten	34
Conclusie	35
Materiaal & Nabehandeling	36
RVS	36
Verzinken.....	36
Overige metalen	37
KTL.....	37
Laagdikte bij scherpe randen	38
Testen.....	38
Proefstuk RVS.....	39
Doelen	39
Vormgeving	39
Materiaal	40
Kosten	40
Conceptkeuze	41
Uitwerking	43
Dimensionering.....	43
Profielen	43
Achtervork	45
Complete prototype frame.....	46
Nabehandeling.....	47
Accessoires en afmontage	48
Kettingkast:.....	48
Banden	49
Velgen	49

Spatborden	49
Stuur	49
Naaf/Remmen.....	50
Zadel	50
Prototype	51
Prototype evaluatie en herontwerp	53
Productie	53
Sterkte	54
Vormgeving	54
Gebruik in de praktijk	54
Conclusie	55
Eisen	55
Wensen	55
Vormgeving	56
Nader onderzoek	56
Bijlage A.....	57
Bijlage B.....	65
Referenties.....	66



Nederlandse samenleving

In dit rapport wordt het ontwikkelproces van een fiets met een vakwerkframe beschreven. Dit frame is de basis van een moderne lifestyle fiets welke jong werkende moderne mannen aanspreekt. Deze mensen willen zich onderscheiden van andere mensen echter is er op dit moment buiten zelfbouw maar een beperkt onderscheidend vermogen met een fiets. De huidige lifestyle fietsen zijn veelal retro transportfietsen.

Het aanknopingspunt voor het ontwerp was de elegantie die een industriële vakwerkconstructie kan hebben met als beste voorbeeld de Eiffeltoren. Aan de hand daarvan is ontwerpstudie gedaan hoe een vakwerkconstructie mooi, sierlijk maar toch stoer in de buizen van een fietsframe kan worden gebruikt. Naast een enkel zelfbouw project en een zeer dure carbon fiets bleek dit een nog niet eerder gebruikt concept te zijn.

Naast een vooronderzoek naar huidige lifestyle fietsen en vakwerkconstructies is er ook uitgebreid onderzoek gedaan naar de productiemogelijkheden van de toeleveranciers van Azor Bike. Op basis van dit vooronderzoek zijn verschillende oplossingen bedacht om een vakwerkconstructie in een buis van een fietsframe te integreren.

Gedurende het hele project is goed gelet op een zo efficiënt mogelijk productieproces en het zo veel mogelijk beperken van de productiekosten. Er is bijvoorbeeld al vroeg in het ontwerpproces rekening gehouden met de onderdelen in het huidige Azor assortiment wat zowel geld en ruimte bespaart.

Doordat er sterk is gekeken naar de productie van het uiteindelijke resultaat is de ontwerpvrijheid sterk beperkt. Er zijn vaak lastige afwegingen gemaakt tussen esthetiek enerzijds en productiekosten en sterkte anderzijds.

Verder zijn er met behulp van Solid Works meerdere sterkte analyses gemaakt van frameonderdelen. Met de resultaten van deze analyses is het vakwerkprofiel in buizen van het fietsframe geoptimaliseerd op sterkte en gewicht. Ook is er goed gekeken naar de corrosiepreventie van de fiets. Door de open structuur van het frame is het belangrijk dat er nergens vocht achter kan blijven en dat ook de moeilijk bereikbare plekken in het frame goed beschermd zijn tegen weersinvloeden.

Na productie van het frame prototype zijn de al eerder uitgezochte onderdelen en accessoires gemonteerd en is de fiets getest. Aan de hand hiervan zijn er kleine aanpassingen gedaan aan het ontwerp.

Het resultaat is een frame met een uniek ontwerp welke een mooie aanvulling is op het assortiment van Azor Bike B.V.



English summary

This report describes the development process of a truss frame bike. This lifestyle bike is attractive for modern young working urban people who want to distinguish themselves from other people. At this moment it is difficult to differentiate yourself with a bike. Most of the 'lifestyle bikes' are based around a retro form of the old transportation bikes.

The starting point of the design process was the elegance of industrial use of truss. The most iconic example of beautiful industrial truss is of course the Eiffel Tower. Apart from some homebuilt projects and a very expensive carbon fiber bike is the 'truss inside frame tubing' idea a totally new concept.

First are the current lifestyle bikes and truss investigated, after this research has been done on the production methods of Azor Bike's suppliers. With the result of this research are different solutions developed to integrate truss inside frame tubing.

During the entire project is constantly looked at the efficiency of the production process and the production costs. For example: from the early stages is every part of the frame designed to be compatible with existing Azor Bike parts, saving both space and money.

The strong focus on production of the final product has limited the freedom in the design process. Many difficult decisions had to be made when there were contradictions between an affordable and a strong design.

A truss inside frame tubing is much more complex construction than a frame made of round tubes. Therefore a study is done how this small and complex truss can be made strong and affordable. There was a lot of tension between different aspects in the design of this bike, the production costs and strength limited the design freedom but also with corrosion resistance and appearance.

Solid Works analysis are used to optimize the structure for strength and weight. To make sure that the frame is adequately protected against corrosion is a research done. Due to the open geometry of this frame it is important to make sure that the complete frame is well covered against the weather.

After the production of the frame prototype the bike is completed with the earlier selected components and accessories. The complete bike is reviewed and tested on which the improvements and recommendations are based.

The result is a bicycle frame which is a great addition to the different models of Azor Bike B.V.



Azor Bike B.V. is een fietsfabrikant die bestaat sinds 1997. Deze fabrikant is ontstaan doordat de twee oprichters van het bedrijf bij hun toenmalige werkgever (een grote fietsfabrikant) vaker en vaker dachten “dat kan beter” en de ontevredenheid over de gang van zaken groeide.

De bedrijfsfilosofie is eenvoudig gezegd: een kwalitatief zeer goede fiets voor een redelijke prijs. Fietsen van Azor moeten stevig zijn, niet snel beschadigen, weinig onderhoud nodig hebben en niet snel roesten. Om dit te bereiken worden onder andere extra sterke wielen, poedercoating onder de lak en stevige onderdelen gebruikt.

Azor is enkele jaren terug ook begonnen met het maken van retro ‘lifestyle’ fietsen. Deze fietsen zijn de moderne uitvoeringen van klassieke fietsframes, zoals de oma- en transportfiets. Aan accessoires worden bijna zonder uitzondering zaken als een voordrager en dikke crème kleurige banden gemonteerd. Met deze fietsen van staal en aluminium was Azor één van de eerste fietsfabrikanten die op de vraag naar retro lifestyle fietsen in sprong.

Azor werkt met verschillende onderdelenpakketten die gecombineerd kunnen worden met verschillende frames. Hierdoor kunnen mensen hun eigen fiets samenstellen aan de hand van hun eigen wensen. Daarnaast is het mogelijk een fiets te bestellen in een geheel zelf te kiezen kleur. Zo worden de fietsen van Azor geheel naar wens van de klant gemaakt en zijn deze fietsen wat ‘persoonlijker’.

Inmiddels maken bijna alle fietsfabrikanten zo geheten ‘lifestyle’ fietsen. Deze fietsen zijn over het algemeen varianten op klassieke modellen zoals Azor in het assortiment heeft. Bij Azor merkte men dat er behoefte was aan nog wat meer opvallendere fietsen. Een fiets waarop mensen gezien willen worden, een fiets waarvan mensen denken: “Wat is dat voor iets bijzonders?” Een dergelijke fiets moet echter wel binnen de Azor filosofie passen: een fiets van super kwaliteit!

De ontwerpen van nieuwe fietsframes worden over het algemeen gemaakt door dhr. J. Rijkeboer. Doordat dhr. Rijkeboer naast de ontwerper van de fietsen ook directeur van Azor Bike is blijven veel ideeën voor nieuwe fietsframes liggen. Door drukte ontbreekt het vaak aan tijd om met nieuwe ideeën aan de slag te gaan. Eén idee is geïnspireerd door, aan de ene kant de elegantie en sierlijkheid van de Eiffeltoren en aan de andere kant door de vraag naar een opvallende fiets. Het nog wat vage productidee omvatte: “Een fiets met een vakwerkconstructie IN de buizen van het frame”.

Dat is dan ook de doelstelling van deze Bachelor opdracht geworden: Een opvallend fietsframe met een vakwerkconstructie in de buizen van het frame. Met als belangrijke voorwaarde: passend in de filosofie van Azor Bike en de wens om het frame te kunnen gaan verkopen. Het frame moet aansluiten bij de vraag van mensen naar een opvallende maar bruikbare fiets, een fiets waarmee je jezelf onderscheidt van de rest.



Vooronderzoek

Gebruikerskenmerken

Voor de gebruikerskenmerken is in de eerste plaats een interview met verkopers geweest. Deze interviews en een interview met een koper zijn te vinden in Bijlage A. Het bleek lastig te zijn om in contact te komen met een representatieve afspiegeling van kopers, eigen connecties zijn vooral studenten en daardoor niet representatief voor de totale groep. Daarom is in dit vooronderzoek sterker op de ervaringen van verkopers afgegaan.

Uit gesprekken met verkopers kwam naar voren dat mensen buiten de Randstad erg afwachtend zijn om een opvallende fiets te kopen. Studenten zijn hier vaak een uitzondering op, echter hebben deze meestal een laag budget. Onder studenten is zodoende de 'fixie'¹ erg populair omdat voor een relatief laag bedrag (vanaf 150 euro) een fiets flink aangepast kan worden. Daarnaast wordt er door studenten veel gebruik gemaakt van verf om een fiets opvallend te maken.

In de Randstad lijken de meeste mensen binnen de doelgroep te zitten, er zijn relatief veel trendvolgers die toch een sportieve, opvallende fiets willen. Echte trendsetters op fietsgebied creëren hun eigen fiets uit verschillende componenten of maken deze zelf. Op de trendvolgers lijkt de invloed van marketing erg groot te zijn een goed voorbeeld hiervan zijn de van VanMoof fietsen. Deze worden veelvuldig bij evenementen voor moderne personen tussen de 18 en de 40 jaar gepromoot ook wordt er veel aandacht gegeven aan het winnen van Design awards, nominaties en artikelen in tijdschriften en op het internet.

¹ Fixie: een fiets gebouwd op een oud racefiets frame met een vaste achternaaf, ook bekend als 'doortrapper'.

Profiel van kopers

De kopers van lifestyle fietsen zijn over het algemeen nog studerende of recent afgestudeerde mannen in de leeftijd tussen de 20 en de 35 jaar. Deze zijn vaak hoger opgeleid en zitten op veel vlakken net achter de echte trendsetters, ze dragen modieuze kleding (maar zetten niet vaak zelf een trend). Opvallend is dat er naast de schijnbare lichte oververtegenwoordiging van mensen uit creatievere beroepen als marketing en ontwerpende beroepen ook veel docenten een lifestyle fiets kopen.



Figuur 1 Doelgroep sfeercollage

Budget

Het budget is tot ongeveer 1000 euro, dit verschilt per persoon, maar bijvoorbeeld special editions die 300 euro meer kosten dan het standaard model van bijvoorbeeld VanMoof (850 euro) worden redelijk goed verkocht. Dit terwijl deze fietsen eigenlijk enkel een andere kleurstelling hebben en iets luxere accessoires ten opzichte van het standaard model. Hiermee wordt duidelijk dat kopers wat extra geld over hebben voor een beperkt verschil wat hun fiets nog iets unieker maakt dan het normale model. Er moet gestreefd worden naar een maximale meerprijs van 400 euro ten opzichte van het basisframe, wanneer mensen nog meer bij moeten gaan betalen voor een bijzondere fiets haken veel kopers af. Er is echter ook een groep kopers welke in de eerste plaats een goede fiets willen en waar het design van de fiets pas verder op het wensenlijstje komt, deze zijn hiervoor minder bereid om extra te gaan betalen maar wel bereid iets in te leveren op kwaliteit. Dit laatste is het geval bij VanMoof fietsen, deze zijn qua afmontage en duurzaamheid iets minder dan vergelijkbare 'standaard' fietsen van bekende/gerenommeerde fietsmerken. De Azor filosofie van onder andere degelijkheid zorgt er voor dat besparen op kwaliteit van onderdelen geen optie is.

Vrijwel alle kopers van een fiets met een minimalistisch ontwerp besluiten tot aanschaf over te gaan als ze de fiets zien zonder accessoires als een bagagedrager. Echter wil een aanzienlijk deel van de kopers van een lifestyle fiets gelijk bij aanschaf toch een voor- of achterdrager en spatborden gemonteerd hebben. Hierbij moet worden opgemerkt dat, hoe opvallender een frame is hoe minder vaak er een drager of spatborden worden gemonteerd. Een standaard is wel door bijna elke koper gewenst en versnellingen worden ook vaak als wenselijk gezien.

Lifestyle fietsen

A collage of 15 different bicycles, including standard, racing, and custom designs. The bicycles are arranged in a grid-like fashion, with some overlapping. The designs vary from classic black and silver road bikes to more modern, colorful, and custom-built models. Some bikes have unique frame shapes, like a green wireframe or a yellow frame. Others have custom paint jobs or accessories like fenders and racks. The background is white, and the bicycles are shown from various angles, highlighting their unique features.

Hieruit komen vooral fietsen met een nostalgisch uiterlijk naar voren al dan niet met transportdragers aan de voorkant. De ‘cruiser’ fietsen lijken al over de top van hun populariteit heen en Fixed Gear (fietsen met zo min mogelijk onderdelen en altijd mee draaiende trappers zonder remmen) fietsen zijn in Nederland al meer in opkomst. Deze zogeheten ‘fixies’ zijn vooral populair onder studenten en worden veelal voor weinig geld gemaakt met oude bestaande wielrenfietsen en nieuwe onderdelen.

Huidige vakwerkconstructies

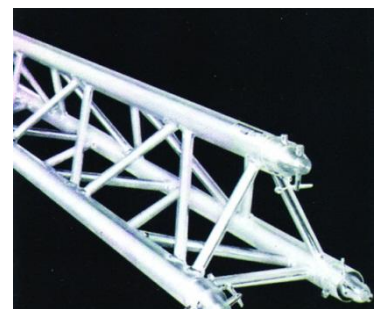
Om een goed beeld te krijgen van het gebruik van vakwerkconstructies moet hier ook onderzoek naar gedaan worden. Allereerst is er een collage gemaakt welke aansluit bij het beeld dat de opdrachtgever heeft van vakwerkconstructies en welke als inspiratie kan bieden voor het frame ontwerp. Daarnaast is het belangrijk inzicht te verkrijgen in al bestaande en gebruikte vakwerkconstructies, deze kunnen relevant zijn voor het te maken fietsframe.



Figuur 3 Collage vakwerkconstructies

Vakwerk constructies worden voornamelijk in grote tot zeer grote constructies gebruikt. Voorbeelden in kleine constructies zijn zeer beperkt doordat de constructie erg arbeidsintensief wordt.

Een voorbeeld van een kleine vakwerkconstructie zijn de Aluminium Truss elementen die worden gebruikt in podiumbouw. Deze zijn opgebouwd uit enkele aluminium buizen met daar tussen dunnere dwarsverbindingen, elke dwarsverbinding moet apart gelast worden wat veel tijd kost en waardoor de prijs flink toeneemt. De doorsnede van de meest gebruikte Truss is 290x290mm, in het fietsframe zal de vakwerkconstructie nog veel kleiner worden waardoor het aantal benodigde lassen per lengte nog verder toeneemt.



Figuur 4 Aluminium Truss

Een vakwerkconstructie welke een organische vormgeving heeft is een fiets van ThickBikes¹ (een custom frame builder in Pittsburgh). Het gewicht van dit frame is hoog met 18kilo². Ook heeft de maker erg veel tijd besteed aan de vele lassen waardoor hij dit frame enkel als one off voor zichzelf heeft gebouwd.



Figuur 5 Trussbike van ThickBikes

Andere montage manieren dan lassen voor de dwarsverbindingen zijn te vinden in grotere constructies. In de architectuur/infrastructuur wordt er ook gebruik gemaakt van schroefverbindingen en klinknagels. Hier blijft echter het aantal losse verbindingen welke allen bewerkingstijd vergen even groot. Daarnaast is het erg lastig om klinknagels te gebruiken in het kleine formaat van een fietsframe, het gebruik van popnagels lijkt dan een logische keuze maar ook in dit geval blijft het een tijdrovend proces om elk spant te bevestigen met de popnagels.



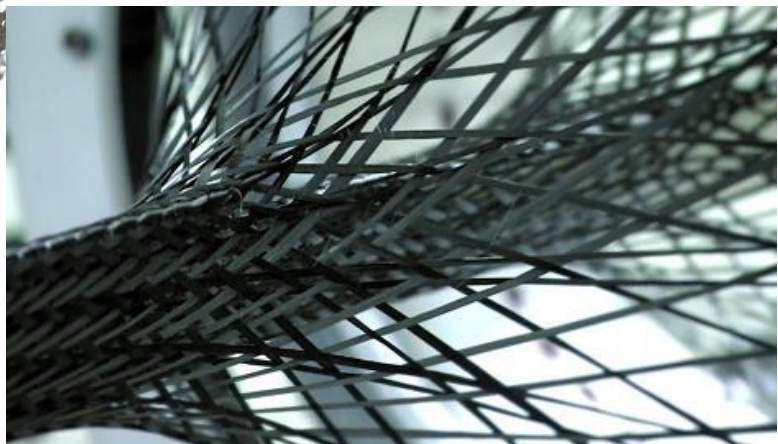
Figuur 6 Meccano

In Meccano, waar kleine vakwerkconstructies mee gemaakt kunnen worden wordt er gebruik gemaakt van bout-moerverbindingen. Een bout-moerverbinding is ook zeer arbeidsintensief en deze verbinding kan weer los gemaakt worden, handig voor Meccano maar nutteloos en zelfs onwenselijk in het geval van een fietsframe.

Een heel andere manier om een vakwerkachtige constructie te creëren is gebruikt in het IsoTruss Carbon vakwerkframe van Delta7³. Deze fiets heeft de 'buizen' van het frame van een gewonden carbon composiet (Filament winding). De vezels worden eerst rond een spil gewonden en vervolgens met een epoxy uitgehard. Deze productiemethode is echter niet geschikt voor metaal, het metaal kan niet onderling verbonden worden na het spinnen door een hars te gebruiken. Daarnaast is de prijs van dit proces erg hoog, de fietsen van Delta7 zijn te koop vanaf 7000 dollar.



Figuur 7 IsoTruss frame



Figuur 8 Carbonwinding

De Calfee⁴ Spider bike lijkt een combinatie tussen de fiets van ThickBikes en de IsoTruss fiets. De Spider bike is geheel opgebouwd uit dunne verbindingen van carbon, deze verbindingen zijn erg klein en vormen in zijn geheel een organisch ontwerp.



Figuur 9 Calfee Spider bike



Figuur 10 Close up Crank Calfee Spider bike



Productiemethoden

De bedrijven in Nederland waarmee Azor Bike ervaring heeft voor de productie van frames en andere metalen onderdelen zijn Aarding Cutting Technologies B.V. te Hoogeveen en Steggink Metaal B.V. te Oldenzaal. De productie mogelijkheden zijn van groot belang bij het ontwerpen van het frame, (on)mogelijkheden kunnen de ontwerp vrijheid beperken of juist inspiratie bieden. Onderstaande informatie is mede gebaseerd op een gesprek met dhr. E. Dreijer van Aarding Cutting Technologies B.V. en in een later stadium dhr. B. van den Crommenacker van Steggink Metaal B.V.

De beschikbare productiemiddelen via Aarding en Steggink zijn:

- Lasersnijmachines (zowel plaat als profiel)
- Watersnijmachines
- Lasapparatuur (Handmatig en CNC)
- Buig- en walsmachines voor plaat- en buis-/profielmateriaal

Snijden

De tafellaser- en watersnijmachines worden in principe alleen gebruikt om verschillend metaalplaatmateriaal te bewerken, profielen en andere materialen worden niet gesneden, dit zou resulteren in te veel insteltijd per onderdeel. De lasersnijmachine is nauwkeuriger dan de watersnijmachine, deze laatste heeft een nauwkeurigheid van 0,2mm welke meer dan voldoende is voor gebruik in een fietsframe. Daardoor verdient watersnijden de voorkeur, dit is goedkoper.

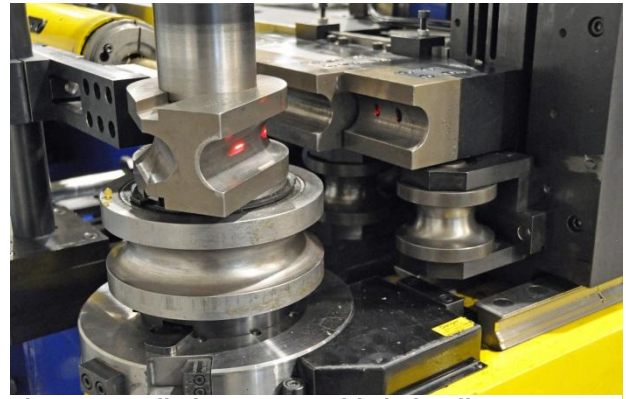
Om een profiel laser te snijden is een profiellasersnijmachine nodig, deze is bij een toeleverancier van Steggink Metaal aanwezig. Het profiel dient over de gehele lengte dezelfde doorsnede te hebben. Daarnaast moet het snijprofiel op de hoeken van het materiaal altijd recht zijn in verband met de wanddikte van het profiel. De laser staat altijd haaks op het materiaal en snijdt één zijde per keer, er wordt dus in vier stappen gesneden bij een vierhoekig profiel.

Lassen

Voor het lassen is zowel MIG, MAG als TIG lassen beschikbaar. TIG lassen geeft een mooier afgewerkt resultaat doordat hiermee constanter gelast kan worden. TIG lassen is echter wel een langzamere, moeilijkere en duurdere lasmethode in vergelijking met MIG & MAG lassen. TIG lassen is zeer geschikt om dun roestvast staal te lassen⁵.

Buigen & Walsen

Het buigen of walsen van plaatmateriaal waaruit het vakwerk al is gesneden vormt geen probleem. Dit buigen of walsen moet worden gedaan voordat het profiel in elkaar gelast zit, dus plaatdeel voor plaatdeel. In het geval van de voorgestelde vakwerkconstructie is knik tijdens het buigen of walsen geen gevaar⁶ omdat het buigen plaatsvindt met een gelijke druk over de gehele breedte van de plaat.



Figuur 11 Rolbuigen tussen drie buigrollen

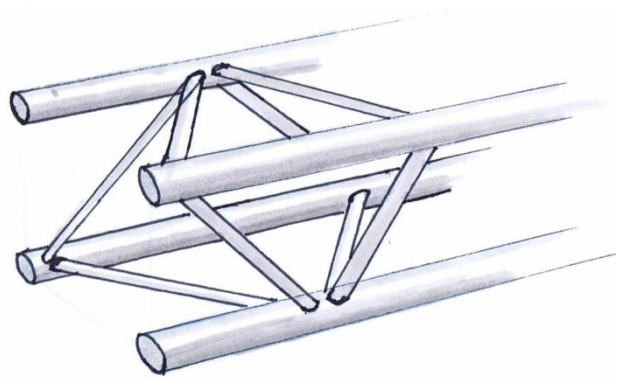
Bij het buigen van buismateriaal wordt er gebruik gemaakt van vaste buigradii of vrijevorm buigen. Vrijevorm buigen van profielen is ook mogelijk, dit gebeurt door rolbuigen tussen drie buigrollen.

Profiel varianten

Voor mogelijke serieproductie van het frame is belangrijk om de kosten van het frame te beperken. Om hiervan een indicatie te krijgen heb ik verschillende voorstellen voor vakwerkconstructies besproken met dhr. E. Dreijer van Aarding.

Truss gebaseerd profiel

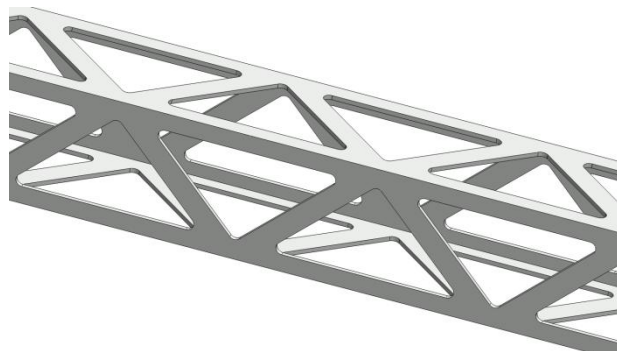
Allereerst een kleinere variant gebaseerd op de aluminium Truss zoals eerder genoemd maar dan uitgevoerd in (RoestVast)Staal. Door het grote aantal (verschillende) onderdelen is het lassen van zo een constructie erg arbeidsintensief en daardoor zeer duur wat het frame ongeschikt zou maken voor verkoop.



Figuur 12 Truss gebaseerd profiel

Tot vakwerk gesneden kokerprofiel

Een manier om het vakwerk in een buis van het frame te krijgen is door dit vakwerk uit te snijden uit een kokerprofiel. Nadeel hierbij is dat het kokerprofiel over de gehele lengte de zelfde doorsnede moet hebben.



Figuur 13 Kokerprofiel waar een vakwerk uitgesneden is

Bij het rolbuigen van een tot vakwerk gesneden profiel is het risico op indeuking/knik erg groot. Om een profiel te buigen wordt het materiaal plastisch gedeformeerd tussen drie buigrollen wat gepaard gaat met een groot maximaal buigend moment. Doordat het profiel niet over de gehele lengte even sterk is (waar diagonale spijlen samenkomen zal het profiel sterker zijn dan op andere plaatsen) en in zijn geheel naar verhouding tot de doorsnede zwak is zal het profiel snel kunnen indeuken/knikken⁷, ook bij grote buigradii.

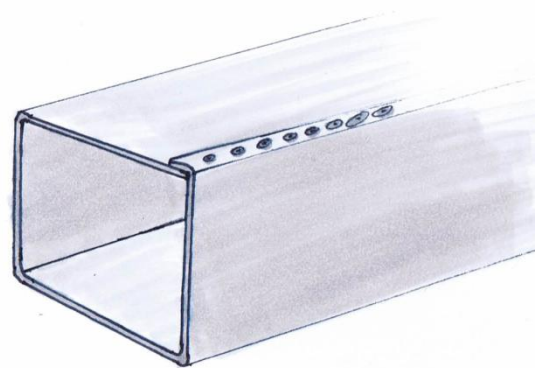
Bij pijpbuigen is het risico op knik een stuk kleiner, echter zijn de buigmallen voor pijpbuigen enkel geschikt voor één buigradius. Voor elke buigradius en elk verschillend profiel is een afzonderlijke buigmal nodig. De gewenste buigradius in een fietsframe is in de orde van meters terwijl bij de pijpbuigmallen de buigradius in de orde van tientallen centimeters is. Het buigen van tot vakwerk gesneden kokerprofielen is dus niet mogelijk.

Het produceren van een frame op basis van tot vakwerk gesneden kokerprofielen de vormvrijheid in het ontwerp zeer beperkt, verlopende diktes en buigingen zijn niet mogelijk.

Kokerprofiel uit plaatmateriaal

De laatste optie is een vakwerkconstructie bestaande uit verschillende laser of waterjet gesneden stukken plaatmateriaal. Bij deze methode worden de verschillende zijden van de vakwerkconstructie uit plaatmateriaal gesneden en vervolgens als een profiel in elkaar gezet. Doordat alle zijden uit plaatmateriaal gemaakt worden kunnen alle onderdelen in een keer door een snijmachine ingeladen en uitgesneden worden.

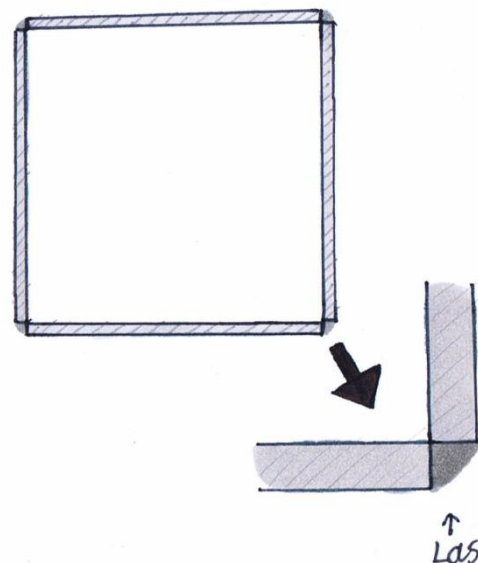
Een kokerprofiel zou ook in elkaar kunnen worden gemonteerd met boutjes en moertjes of popnagels. Hierbij moet een rand van elke zijwand worden omgebogen zodat er overlap ontstaat. De boutjes en moertjes monteren is echter heel erg bewerkelijk, elk afzonderlijk moertje moet op een boutje worden gedraaid. Montage met popnagels is iets minder bewerkelijk. Met behulp van laser- of watersnijden zouden ook de gaten voor de popnagels al uitgesneden kunnen worden waardoor bij de montage boren niet meer nodig is. Echter is door het buigen van een rand aan elke zijwand van het profiel een buiging in lengt richting van het gehele profiel niet meer mogelijk. Daarnaast blijft het monteren met behulp van vele afzonderlijke popnagels zeer arbeidsintensief.



Figuur 14 kokerprofiel met popnagel verbinding

Een profiel uit plaatmateriaaldelen kan ook in elkaar gelast worden, hierbij kan de kromming in de zijwanden van het profiel gelijk uitgesneden worden, de boven- en onderkant van het profiel kunnen in de juiste buigradius gebogen worden voor montage van het complete profiel.

Bij het lassen van een profiel is het belangrijk een iets grotere dimensie van de plaatmaterialendelen aan te houden om de krimp door het lassen op te vangen. In het genoemde voorbeeld van een vierkant 60 bij 60 millimeter profiel van 2 millimeter dik RVS is het advies 4 delen van 60 millimeter aan te houden.⁸ Het lassen zelf kan het beste



Figuur 15 Doorsnede van een uit plaatmateriaal in elkaar gelast kokerprofiel

gebeuren met TIG lassen en een toevoegmateriaal⁹ op de hoeken van de plaatdelen voor de stevigste en mooiste las.¹⁰¹¹ Nadeel van het in elkaar lassen van een profiel uit plaatmateriaal delen is dat de interne spanningen door de lange lassen hoog zullen zijn wat de sterkte van het frame negatief kan beïnvloeden. Een ander nadeel is dat het inspannen van de onderdelen voor montage en de daadwerkelijke montage tijdrovend zijn.

Conclusie

De meest betaalbare manier om een vakwerkconstructie in framebuizen te integreren is het gebruik van een profiel waaruit het vakwerk gesneden wordt. Hierbij is echter de vormvrijheid laag, het profiel moet over de gehele lengte de zelfde diameter hebben en kan niet worden gebogen.

De meest veelzijdige maar betaalbare methode om een frame te produceren lijkt het in elkaar lassen van een koker uit plaatmateriaal. Deze productiemethode geeft een erg grote vormvrijheid en is minder bewerkelijk dan het afzonderlijk lassen van elke verbinding. Echter kunnen de lange lassen langs de hoeken van het profiel interne spanningen veroorzaken. Het is belangrijk te onderzoeken of deze het frame niet te veel verzwakken. Tot slot is de productie van een kokerprofiel uit plaatmateriaal arbeidsintensief, hierdoor kan blijken dat deze productiemethode te kostbaar is voor een fietsframe.



Programma van Eisen

Materiaal en nabehandeling

Het is een wens dat het frame als 'onbehandeld' metaal gebruikt kan worden. Dit past goed in de wat 'ruwe' industriële uitstraling van het frame.

Sterkte

Voor de huidige frames van Azor Bike zijn nooit sterkteberekeningen gemaakt, daarom is het belangrijk de verwachte belasting zelf vast te stellen. Een precieze vergelijking kan hierdoor helaas niet gemaakt worden. Door zelf enkele delen van bestaande frames te modelleren kan wel een gedeeltelijke vergelijking gemaakt worden op het gebied van sterkte en gewicht. Aan de hand van deze vergelijkingen kunnen optimalisaties worden doorgevoerd aan het ontwerp. Hierdoor wordt de kans dat het prototype een belastingtest doorstaat vergroot en het gewicht geoptimaliseerd.

De huidige frames van staal zijn gemaakt van stalen buizen met een maximum doorsnede van 31.8mm en een wanddikte van 1.2mm. Voor de zitbuis is een 34.9mm stalen buis gebruikt.

In de aluminium frames is gebruik gemaakt van 6061 aluminium met een T4 of T6 heat treatment. Voor de voorste frame driehoek is hier gebruik gemaakt van 34.9mm doorsnede buis met een wanddikte van 1.8mm.

In de praktijk wordt een fiets frame vooral erg zwaar belast door van hoogtes als stoepen af te fietsen. Daarom zal de fiets met 100 kilo beladen worden en er vervolgens van een 150mm hoge stoep gefietst worden.

Gewicht

Het zwaarste frame is het LEO frame, het gewicht van het stalen LEO frame is 5.5 kilo, om te zorgen dat de fiets goed blijft rijden is de doelstelling het gewicht van het kale frame zonder voorvork niet boven de 5.5 kilogram uit te laten komen. Een zware fiets is minder makkelijk te verplaatsen en zal minder strak sturen. Het LEO frame is echter wel een 55cm frame (55cm is de lengte gemeten vanaf de trapas tot aan bovenkant van de zitbuis), de vakwerkfiets wordt dus groter (gebaseerd op een 61cm frame), daarom wordt de eis een maximaal gewicht van 6.5 kilogram bij dit gewicht zou de fiets relatief iets zwaarder zijn dan het LEO frame.

Formaat & Geometrie

In eerste instantie wordt een heren model ontwikkeld, er blijkt bij mannen meer vraag naar een meer onderscheidende lifestyle fiets te zijn dan bij vrouwen. Daarnaast past de beoogde technische en industriële uitstraling beter dan mannen dan bij vrouwen. Omdat het frame voornamelijk in de stad gebruikt zal worden is het belangrijk dat de zit goed rechtop is, dit vergroot het overzicht en de controle over de fiets en sluit aan bij de wensen van klanten zoals uit de interviews met gebruikers en verkopers naar voren komen. Daarom is er voor gekozen de hoek van het balhoofd en de zitbuis op 67graden vast te stellen.

Om de maten/geometrie van het frame goed over te kunnen nemen is er voor gekozen deze af te leiden van het Aluminium Transportframe maat 61.

Eisen

- De 'buizen' van het frame bestaan uit een kleine vakwerkconstructie
- De zitbuis en het balhoofd moeten een hoek van 67graden maken ten opzichte van de horizon deze moeten een loodrechte afstand van tot elkaar hebben van 580milimeter zodat de geometrie van het frame overeenkomt met de Aluminium transportfiets maat 61
- De padding om een 28 inch achterwiel in te kunnen spannen moet het inspannen van het wiel mogelijk maken op de zelfde manier als de huidige Azor fietsen
- Frame moet een persoon van 100 kilogram kunnen dragen, ook als deze van een stoep af fietst (150mm hoogte)
- Het gewicht van het 61cm frame mag maximaal 6.5kg zijn
- Montagepunten voor een standaard bagagedrager moeten aanwezig zijn
- Een voordrager moet gemonteerd kunnen worden
- Een kettingkast moet kunnen worden gemonteerd
- Spatborden moeten kunnen worden gemonteerd
- Het prototype frame moet in Nederland door een al bestaande toeleverancier van Azor Bike geproduceerd kunnen worden

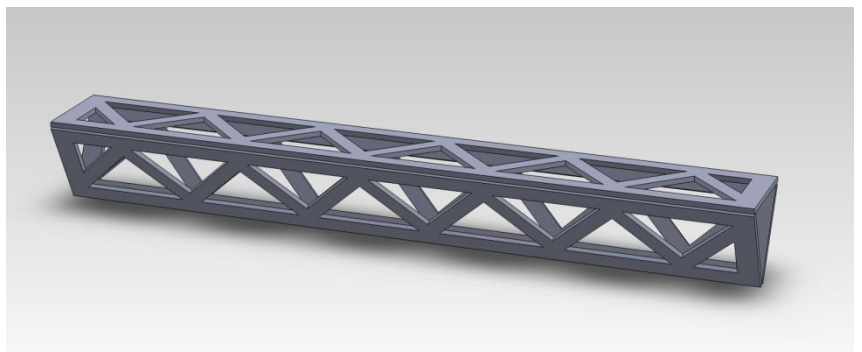
Wensen

- Een voordrager zoals Azor Bike deze op andere modellen levert moet gemonteerd kunnen worden
- 'Fat-Tire', dikke banden moeten gemonteerd kunnen worden
- Een achterspoel uit een bestaand frame kan gebruikt worden in dit frame om kosten laag te houden
- Een voordrager zoals Azor Bike deze op andere modellen levert moet gemonteerd kunnen worden
- Een Meerprijs van maximaal 400 euro te opzichte van de basisframes van Azor Bike
- Het frame moet als 'onbewerkt' metalen frame gebruikt kunnen worden zodat het een industriële uitstraling krijgt

Sterkte berekening

Uit het vooronderzoek blijkt dat de meest realistische toepassing van een vakwerk constructie een gesneden (plaatstalen) kokerprofiel word. Om inzicht te krijgen in de krachtverdeling binnen zo een profiel zijn enkele teststudies gemaakt in Solidworks. Hierbij is een deel van 650mm lang gemodelleerd.

Dit deel van 650mm komt overeen met de maximale lengte bovenbuis die in een 61cm herenfiets frame gebruikt kan worden. De dimensionering van elk van de framedelen gebruikt in de simulaties in dit hoofdstuk is te vinden in Bijlage B.



Figuur 16 driehoekig 650mm lang simulatie stuk

De krachten die gebruikt zijn in deze sterkte simulaties zijn opgesteld aan de hand van een realistische zware belastingssituatie met een persoon van 100 kilogram. Omdat het doel van de sterkte simulaties enkel een vergelijk met huidige frames onder zware belasting is is er geen maximaal toelaatbare belasting uitgerekend.

Doordat de fiets een balhoofd en zitbuishoek van 67° zit de fietser sterk rechtop met zijn achterste relatief dicht bij de as van het achterwiel. Wanneer de fietser naar voren gebogen zit met de handen op het stuur zal een deel van de krachten via het stuur naar de voorvork geleid worden en wordt daardoor de bovenbuis minder zwaar belast. Als de gebruiker recht op zit zal door de hoek van de zitbuis het meeste gewicht op het achterwiel rusten van de fiets. De bijbehorende krachten zullen dus voornamelijk door de achtervork lopen. Als de gebruiker op het puntje van zijn zadel zit zonder dat zijn voeten of handen ondersteund worden zal dit 10cm voor de zadelbuis zijn. De horizontale afstand vanaf zwaartepunt tot aan achternaaf zal in eerdergenoemde situatie 33cm zijn en de afstand tot de voornaaf 83cm. Het zwaartepunt zit daaruit volgend op 71.5% van de afstand voornaaf tot achternaaf. Hieruit kan worden afgeleid dat van de 100kg er 28.5kg op het voorwiel zal rusten wat overeen komt met een kracht van 280N.

Het fietsen kan gepaard gaan met middelmatige stoten welke door de banden gedempt worden. Het 'aangedreven deel', de fiets ondergaat dus lichte stoten als er bijvoorbeeld van een stoeprand af gefietst wordt. Als tegelijkertijd de fietser op het zadel gaat zitten oefent deze zware stoten uit op de fiets wat resulteert in een bedrijfsfactor K_A 1. 5. 1.5 maal 280N geeft een waarde van 420N. Deze kracht wordt echter zowel door de bovenbuis als de zitbuis en downtube naar het balhoofd geleid. Omdat niet precies bekend is of de krachten in het frame gelijk worden verdeeld is het uitgangspunt dat 60% van de krachten door één deel van het frame gaan wat gelijk staat aan 250N.

Voor het wringend moment word uitgegaan van de situatie dat de fietser staand fietst. De fietser rust met zijn volle gewicht op één pedaal en trekt tegelijkertijd met 200N (de kracht die 95% van de mannen en 80% van de vrouwen geacht is uit te kunnen oefenen¹²) aan het stuur. Door het trekken aan het stuur is de fietser instaat nog 200N spierkracht van het been op het pedaal uit te oefenen wat de totale kracht op het pedaal 1181N maakt.

Omdat deze dynamische situatie tijdens het fietsen vergelijkbaar is met de eerdere situatie wordt opnieuw bedrijfsfactor K_A 1.5 toegepast (een fietser maakt een dusdanig laag toerental dat er van een éénclinderverbrandingsmotor uitgegaan wordt). 1.5 maal 1181N geeft 1771.5N. De kracht die op het pedaal wordt geleverd wordt echter gebruikt om de fiets voort te bewegen. De weerstand van een ketting en de het ronddraaien van een kogel gelagerde trapas is erg laag. Echter kan de weerstand door invloed van veel vuil, slijtage en een tekort aan smering sterk toenemen. Daarom is een weerstand op het ronddraaien de crank van 10% het uitgangspunt voor dit zware belastingsscenario. Deze 10% 177.15N is de veroorzaker van het wringende moment.

Het midden van het pedaal van een fiets bevind zich op 140mm van het midden van de trapas (in lengterichting gezien). Het moment veroorzaakt door het trappen van de gebruiker grijpt daardoor op 0.14m van het midden van de profielen hun dwarsdoorsnede aan. Het wringend moment is zodoende 25Nm. Hoe het ontwerp van het frame er precies uit komt te zien is momenteel nog niet te zeggen, daarom wordt uitgegaan van een worstcasescenario dat één profiel alle torsie tussen stuur/balhoofd en trapas moet opvangen.

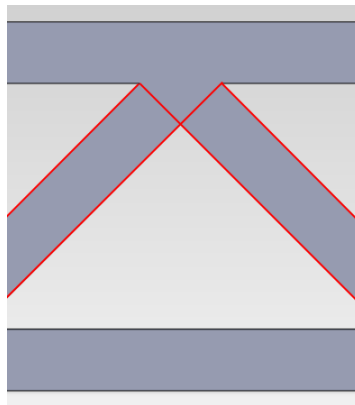
Wel/niet overlappende spijlen

In eerste instantie is het verschil tussen wel en geen overlappende spijlen in de verbinding met de horizontale randen vergeleken. De spijlen zelf zijn in beide modellen 14.142 millimeter breed en staan onder een hoek van 45 graden.

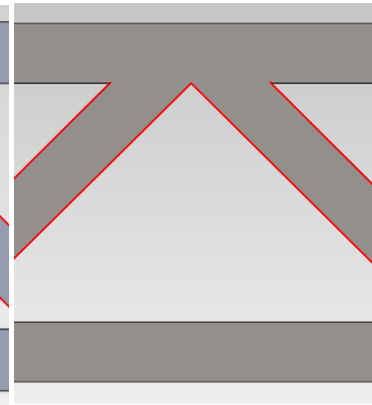
Uit deze modellen is naar voren gekomen dat een ontwerp zonder overlap sterker is. Hier worden de krachten van 2 spijlen beter verdeeld. Dit is te verklaren doordat

de belasting over een groter oppervlak overbrengen op de horizontale spijl. In het voorbeeld (5mm dik 316 RVS sheet, 640mm lang, 14.142mm dikke spijlen onder een hoek van 45graden met 250N belasting op het niet ingeklemde uiteinde in verticale richting) is in de versie zonder overlap de maximale belasting in deze hoeken ruim 25Mpa terwijl dit bij de versie zonder overlap slechts 13.5Mpa is. Daarnaast is ook de belasting in de hoeken van het profiel een stuk lager.

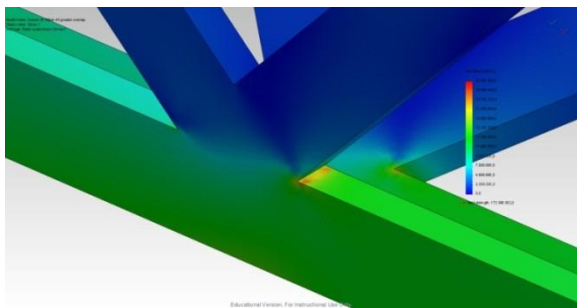
Verder is op te merken dat de spanning zich sterk concentreert in de hoek waar een diagonale spijl de horizontale spijl raakt. Door hier een kleine afronding aan te geven wordt de belasting veel beter verdeeld. Deze kleine ronding leidt in de productie van het frame niet tot extra kosten doordat deze gesneden wordt met behulp van een water- of lasersnijder.



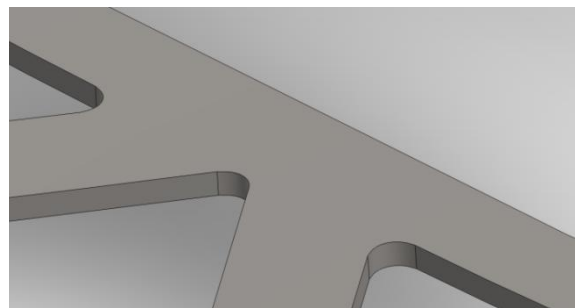
Figuur 17 Overlappende spijlen



Figuur 18 Niet overlappende spijlen



Figuur 19 Hoge spanning in de hoeken



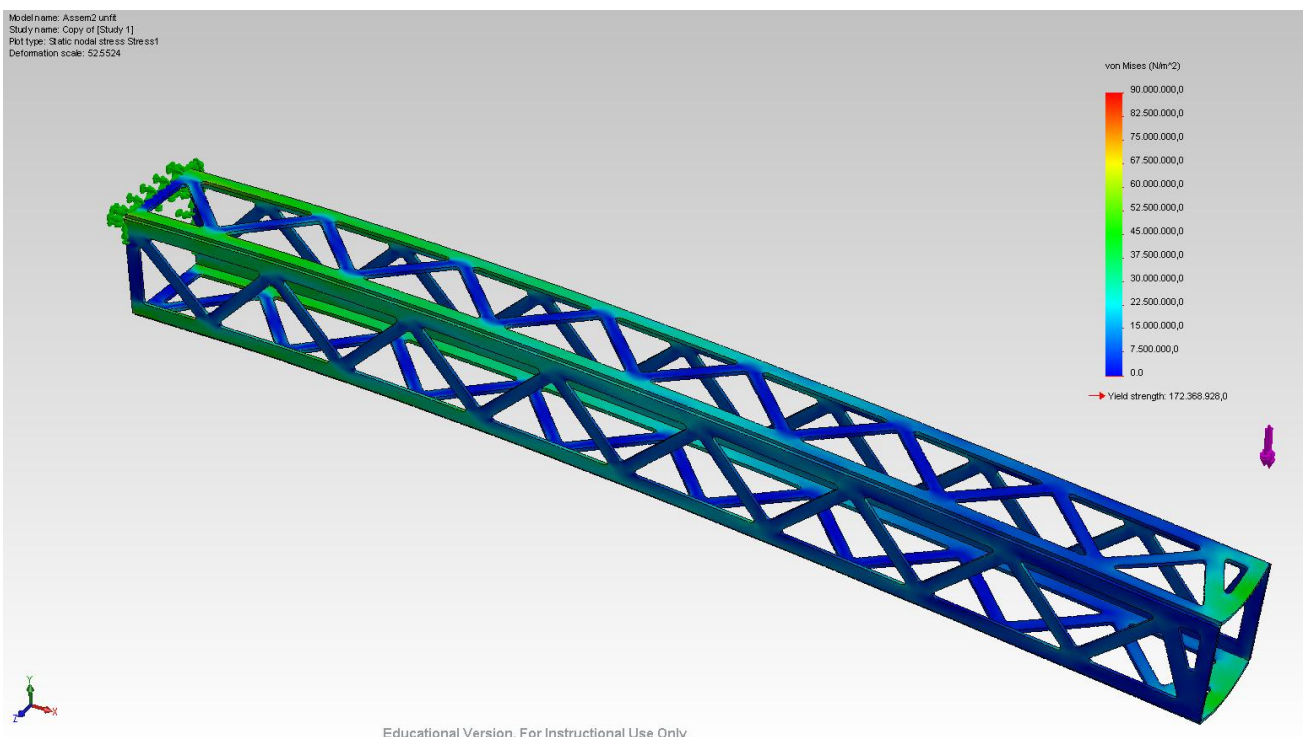
Figuur 20 Afronding in de hoeken

Sterkte van een recht framedeel

Een probleem om een goede sterkte vergelijking te kunnen maken is het doorrekenen van de sterkte rond lasverbindingen. De eigenschappen van de lasverbindingen zijn afhankelijk van zeer veel factoren: Temperatuur, lasvolgorde, lassnelheid, warmte inbreng, afkoelsnelheid, toevoegmateriaal en de vaardigheid van de lasser. Hierdoor zijn vergelijkende sterkte simulaties tussen verschillende materialen niet geheel correct te maken. Een goede lasverbinding is sterker dan het gelaste materiaal.

Wanneer de lassen buitenbeschouwing worden gelaten maar als een vaste verbinding worden gesimuleerd valt wel een indruk te verkrijgen waar de hoogste spanningen zich in een framedeel bevinden. Dit is gedaan bij een vierkant profiel teststuk met zijwanden van 60x650x2mm de spijlen in model zijn 7.071mm dik. Voor de berekening is uitgegaan van het dure 316 RVS staalplaatmateriaal, dit materiaal heeft een Yield-strength van 172Mpa, het goedkopere (en daardoor aannemelijker om te gebruiken) 304 RVS heeft een Yield-strength van 202Mpa. Niet roestvaste staalsoorten hebben een hogere Yield-strength dan deze eerder genoemde RVS typen. Het verschil in sterkte tussen de RVS soorten komt voort uit de samenstelling. Roest vast staal bestaat uit een legering van staal chroom en nikkel. Bij 316 RVS wordt er ook molybdeen toegevoegd en zijn de gehalte chroom en nikkel anders. Hierdoor is dit materiaal beter bestand tegen corrosie maar heeft het materiaal een lagere Yield-strength

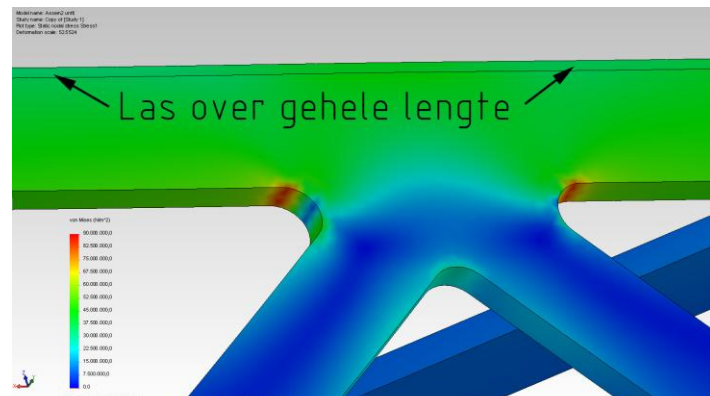
Uit de sterkteanalyse met een totale kracht van 250N op alle vlakken aan de voorkant en een inklemming op vlakken van de achterkant kwam het hier volgende resultaat.



Figuur 21 60x60x650mm teststuk met een kracht van 250N op het uiteinde

Op deze afbeelding is goed te zien dat de belasting het hoogst is aan de kant van de inklemming, resultaat van de hefboomwerking. De diagonalen lijken erg weinig kracht op te vangen.

Bij nadere bestudering blijkt de grootste belasting (88Mpa) zich te bevinden in de aansluiting van de diagonalen met de horizontale delen (figuur 22 detail). Dit punt ligt acht millimeter van de lasnaad tussen twee zijden af waardoor het niet direct beïnvloed wordt de temperatuurverhoging bij het lassen. Mocht dit wel het geval blijken dan moet de rand waar langs gelast wordt verbreed worden. In dit teststuk overlappen de diagonale spijlen elkaar, deze raken elkaar eerder dan dat ze de horizontale spijlen raken.

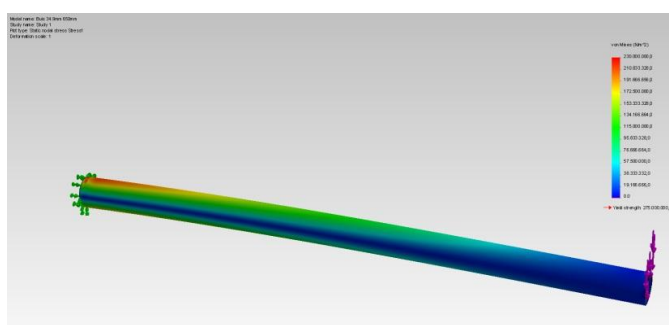


Figuur 22 Detail van stress in 60x60x650mm het teststuk

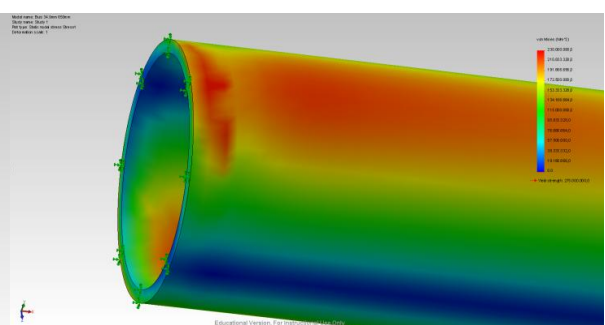
Uit de simulatie van Figuur 17 en 18 is blijkt dat niet overlappende spijlen een sterkere constructie vormen, de sterkte zal door toepassing van niet overlappende diagonalen toenemen.

De horizontale randen waarlangs in lengte richting gelast (zie figuur 22) wordt kennen een veel lagere maximale spanning dan in de hoeken van het profiel (52MPa) waardoor de sterkte afname net naast de las door warmte inbreng tijdens het lassen waarschijnlijk geen sterkteproblemen geeft. De krimp van de lassen rond de hoeken van het profiel geeft waarschijnlijk geen problemen. Door de kerfwerking als gevolg van hoge spanning bij de aansluitingen met de diagonalen zoals in figuur 19 te beperken met een afronding wordt de belastbaarheid van het totale profiel zo min mogelijk aangetast¹³. daarnaast kan de open structuur van het profiel makkelijk krimp opvangen zonder grote spanningen te veroorzaken.

Voordat aan deze resultaten enige conclusies kunnen worden verbonden moet nog een vergelijk gemaakt worden met een vergelijkbaar stuk van een frame zoals toegepast in de huidige frames van Azor Bike. Als vergelijkingsmateriaal is een sterkteberekening van een 6061 aluminium buis welke door middel van een T4 of T6 warmte behandeling is versterkt. De buis is 34.9mm doorsnede en heeft een wanddikte van 1.8mm. Ook deze buis is 650mm lang in de simulatie en heeft ook een totale belasting van 250N verticaal op het niet ingeklemde uiteinde. Dit aluminium (met T6 warmte behandeling) heeft een Yield-strength van 275Mpa en een elasticiteitsmodulus van 69Gpa. De spanning onder de zelfde belasting is 226Mpa wat een Factor of Safety van 1.21 geeft. Dit verschil kan voornamelijk worden verklaard door de kleine diameter van de aluminumbuis ten opzichte van het vakwerkframedeel welke een 60x60mm vierkante dwarsdoorsnede heeft met 2mm wanddikte. Als gevolg hiervan is het massatraagheidsmoment van het vakwerkframedeel vele malen groter.



Figuur 23 6061T6 650mm referentie simulatie



Figuur 24 Detail van piekbelasting

De Yield-strength van het RVS316 teststuk is 172Mpa, heeft een elasticiteitsmodulus van 193Gpa en de maximale spanning van 88mpa geeft een Factor of Safety van 1.95 bij deze belasting. Als we dit vergelijken met de Factor of Safety van 1.21 van de aluminium buis bij gelijke belasting kan geconcludeerd worden dat het vakwerk framedeel een hogere belasting aan kan.

Stijfheid recht framedeel

Voor een fiets is het ook belangrijk dat deze voldoende stijf is. Voor fietsen voor normaal stads gebruik gemaakt van staal of aluminium kan over het algemeen gesteld worden dat een stijvere fiets beter rijdt. Een fiets welke niet voldoende stijf is zal niet lekker fietsen, bij het fietsen over hobbels, door bochten en onder zware belasting zullen de wielen niet meer precies elkaars spoor volgen en voelt de besturing afstandelijk, onprecies en indirect.

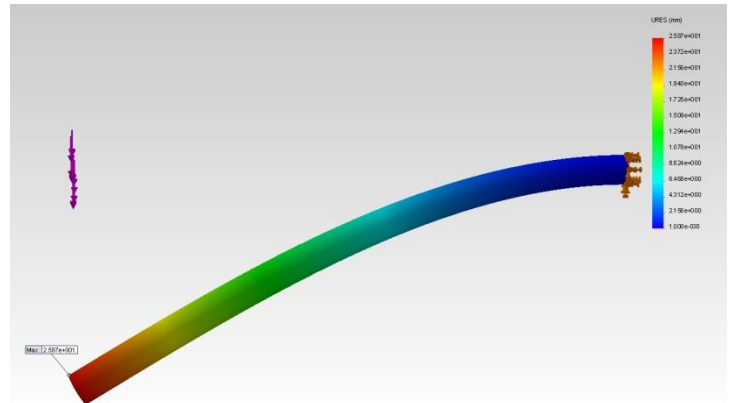
Van het voorgaande teststuk en aluminium vergelijkingsstuk is ook de uitwijking over de gehele lengte berekend. Weer is één uiteinde ingeklemd en op het andere uiteinde een kracht van 250N in verticale richting gezet. In de afbeeldingen is de deformatie vermenigvuldigd met een factor 10 om het verschil beter zichtbaar te kunnen maken. De deformatie aan het uiteinde van de aluminium buis is 25,9 millimeter. Bij het teststuk is de deformatie aan het uiteinde 0,63 millimeter.

De maximale equivalente rek in deze (equivilent strain) van de aluminium buis is 0,0028. Bij het teststuk is de maximale rek 0,00012. Het vakwerkframedeel is dus een stuk stijver dan het aluminium deel. De totale uitwijking en maximale rek in het teststuk van het vakwerk is een stuk lager dan in de aluminium buis.

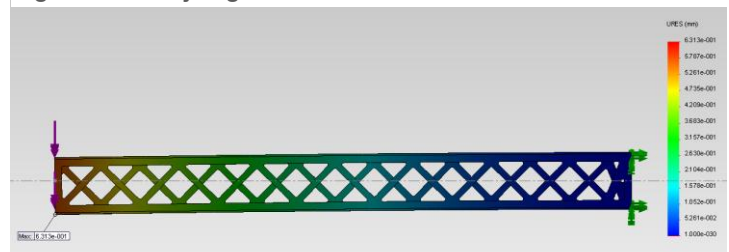
Gewicht

Het gewicht van het als referentie gebruikte stuk aluminium is slechts 330gram, de stalen buis van 31.8mm met 1.2mm wanddikte zoals in veel Azor Bike frames gebruikt is 880gram. De vakwerk constructie is 1120gram, dat is bijna 1,3keer zwaarder dan de stalen buis echter is deze constructie ook ruim 1,6 keer sterker dan de aluminium variant. Het gewicht van het frame hangt ook af van de geometrie, een transport frame met dubbele bovenbuis weegt bijvoorbeeld zwaarder dan een standaard heren frame met een enkele bovenbuis. Het hangt van het totale frame af of de gewichtseis gehaald wordt. De gunstige verhouding tussen extra gewicht (30%) en extra sterkte (tot 60%) biedt echter wel ruimte voor optimalisatie op gewicht in de framedelen.

Ook is het door het productieproces eenvoudig mogelijk de doorsnede van een framedeel te laten verlopen. Op plaatsen waar de spanning in het framedeel laag is zou de doorsnede



Figuur 25 Uitwijking aluminium buis



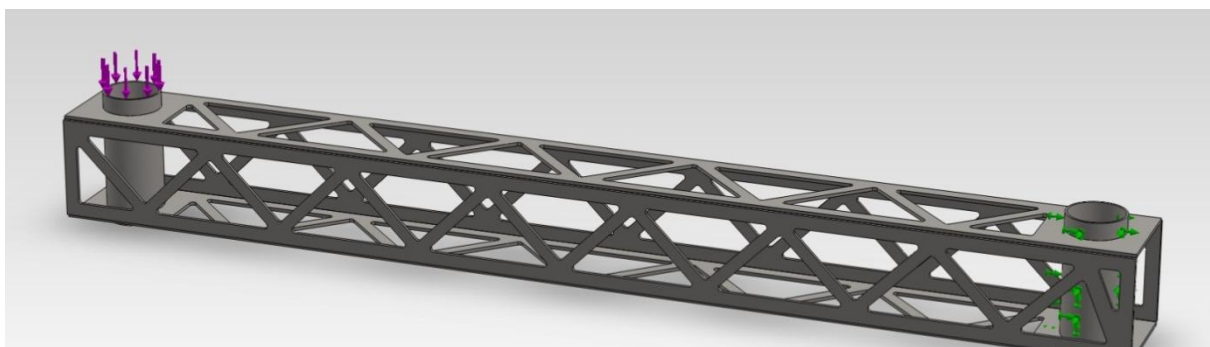
Figuur 26 Uitwijking teststuk

kleiner kunnen zijn, daardoor kan het frame effectief zwaar belast worden maar het gewicht gereduceerd.

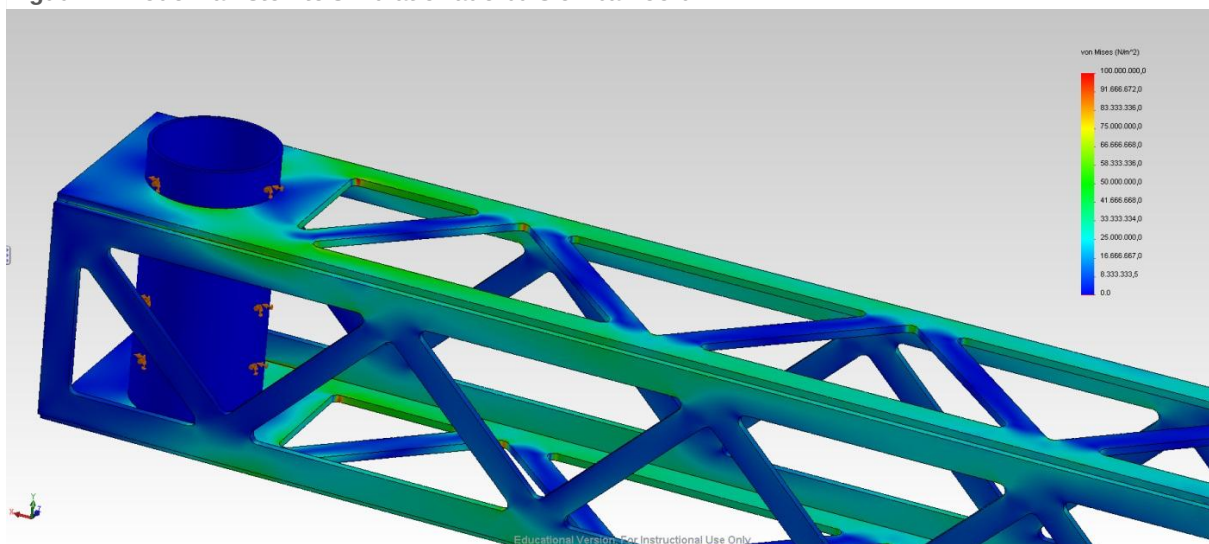
Mogelijke verbinding met balhoofd en topbuis

De verbinding tussen het ronde balhoofd en de rechte delen van het frame is een kritiek punt. De eenvoudigste verbinding met de meeste ontwerp vrijheid is een verbinding waarbij het balhoofd of de zitbuis door een gat in de boven en onderkant van een framedeel gestoken wordt. Vervolgens wordt er langs de rand een las gelegd.

Om te kijken hoe de belasting direct rond deze verbinding plaatsvindt is ook hier een sterkte simulatie van gemaakt. Hierbij is uitgegaan van het hiervoor geteste rechte framedeel van 650mm. De uiteinden van de boven- en onderkant zijn dicht gemaakt en hebben een gat met daarin een 34,9mm buis welke veel als zitbuis voor de zadelpen wordt gebruikt. Vervolgens is de ene buis ingeklemd en is een kracht van 250N op de andere buis in lengte richting gezet. Hierdoor kan gekeken worden of de spanning rond de verbinding met de zitbuis en stuurpen een hoge interne spanning veroorzaakt in vergelijking met de interne spanning binnen het framedeel. Mocht de spanning rond de verbinding tussen frame en zitbuis of balhoofd hoger zijn dan in de rest van het framedeel dan kan dit betekenen dat de vakwerkconstructie minder stevig is dan een vergelijkbaar aluminium framedeel.



Figuur 27 Model van sterkte simulatie zadelbuis en balhoofd



Figuur 28 Sterkte simulatie zadelbuis en balhoofd

In de stress plot blijkt de belasting zich te concentreren op dezelfde punten als in het teststuk. Verder is rond de buis een verhoging van de belasting te zien. Deze is echter relatief klein met waarden onder de 60MPa.

Moment

Het fietsframe zal behalve buigende belastingen zoals net onderzocht ook met wringende momenten te verduren krijgen. Deze momenten komen voort uit bijvoorbeeld het hard staand trappen en tegelijkertijd trekken aan het stuur of door dat de berijder van de fiets op de fiets blijft zitten terwijl deze met het stuur tegen een muur rust. Uit de ervaring van Azor Bike blijkt breuk in een frame meestal voort te komen uit overbelasting welke niet voort komt uit een moment maar uit een rechte kracht, veroorzaakt door bijvoorbeeld botsingen of onder zware belasting van te hoge stoepranden fietsen.

Ook hier is een vergelijking gemaakt tussen het eerder genoemde aluminium stuk buis en het rechte framedeel. Dit framedeel is al geoptimaliseerd aan de hand van de eerdere conclusies, de spijlen in het framedeel overlappen niet, staan onder een hoek van 45 graden en hebben een afronding van 3 millimeter in de hoeken.

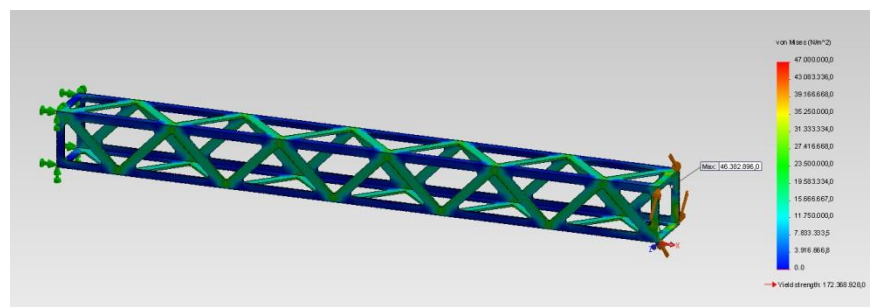
In deze simulatie is één kant van het framedeel ingeklemd en op het andere uiteinde een moment van 25 Newtonmeter rond de lengte as van het framedeel gezet.

Omdat tijdens simulatie van dit rechte framedeel de 7.071mm breede spijlen zwak bleken en gevoelig zijn voor in deuking zijn deze in dit teststuk verbreed naar 10mm

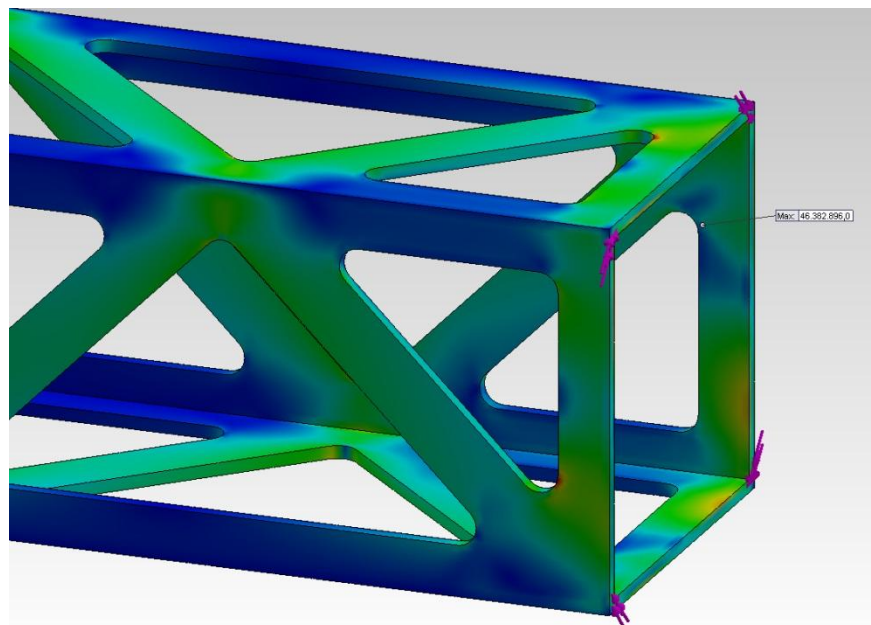
De maximale spanning in het teststuk is 46,4MPa. Deze spanning concentreert zich langs de rand waar het frame deel. De overige spanningspieken in het framedeel zitten bij de aansluitingen van de diagonale spijlen en zijn maximaal 31MPa.

Het aluminium deel heeft echter slechts een maximale spanning van 14.7MPa. De doorbuiging en rek in beide simulaties ontlopen elkaar niet veel. De absolute verplaatsing van het vakwerk teststuk is 0.14mm bij een maximale rek van 0.00014 en van het aluminium teststuk 2.1mm met een maximale rek van 0.00019.

Gezien het aluminium sterker is dan het RVS (Yield-strength van 275MPa versus 172MPa) Zal het aluminium deel veel sterker zijn dan het RVS vakwerk framedeel.



Figuur 29 Moment op recht framedeel



Figuur 30 Close-up moment recht framedeel

Conclusie

Concluderend kan gezegd worden dat het gegeven proefstuk tot nu toe veel sterker lijkt wanneer het om rechte lijnige belastingen gaat dan een vergelijkbaar deel uit een nu bestaande aluminium fiets. Wanneer het frame van niet roestvast staal wordt gemaakt zal de sterkte verder toe nemen gezien de Yield-strenght van niet roestvast staal hoger ligt. De hoogste belasting vindt zoals verwacht plaats in de aansluiting tussen de diagonale spijlen en de spijlen in lengte richting. Door de afronding tussen de spijlen groter te maken kan de spanningsconcentratie verder verminderd worden. Daarnaast zou er gebruik gemaakt kunnen worden van hogere kwaliteit sterker staal.

Het rechte framedeel kan echter minder goed een moment in lengte richting weerstaan. Of dit in de praktijk een probleem gaat vormen zal echter getest moeten worden. In het framedeel moet om de sterkte te optimaliseren de spijlen aan de uiteinden van de framedelen dikker zijn dan de spijlen in het frame. Hoe goed een fietsframe tegen torsie bestand is hangt ook sterk af van de geometrie. Een klassiek heren frame is veel beter bestand tegen torsie dan een damesframe door de sterke driehoek geometrie tussen balhoofd, trapas en zadel. Wanneer uit een test het frame niet voldoende tegen torsie bestand blijkt kan het ontwerp aan de hand van dit gegeven aangepast worden. Een andere optie is het gebruik van niet roestvast staal wat een hogere yield-strength heeft. Dit maakt het frame niet stijver maar wel sterker waardoor de spanning in het frame de yield-strength niet zal overschrijden.

De hoogte van het proefstuk heeft grote invloed op de sterkte, omdat de lassen nog onbekende invloed op de sterkte van het frame hebben is het goed om 60mm hoogte aan te houden als minimale hoogte voor een framedeel op plaatsen waar de verwachte belasting hoog is. Het vastlassen van een zadelbuis of balhoofd in de boven en onderkant van een profiel lijkt geen problemen op te leveren. Het gewicht van het frame lijkt op deze manier wat aan de hoge kant uit te komen, mogelijk kan er gewicht worden bespaard door framedelen dunner te maken op plaatsen waar het frame minder zwaar wordt belast.

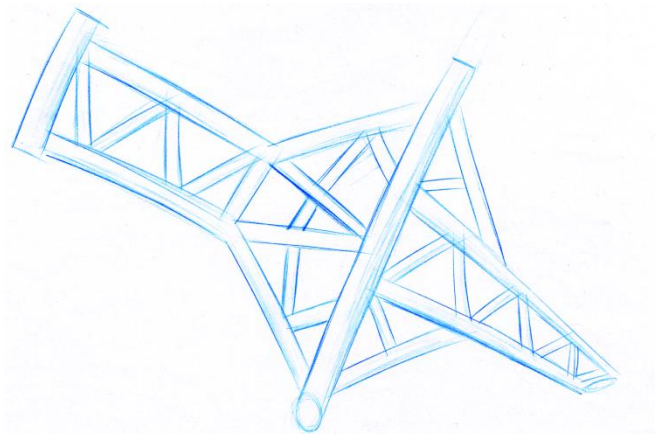
Als conclusie kan worden getrokken dat het vakwerkprofiel lijkt te voldoen, een praktijktest om te zien of het frame voldoende bestand is tegen moment is wel aan te raden. De aan te raden vormgeving van zwaarbelaste delen van het frame is die van het proefstuk dat gebruikt is onder de paragraaf 'Moment'.

Concepten

Vormstudie

Omdat de constructie van het frame al grotendeels vast ligt is de concept generatie ook gelijk gefocust op de mogelijkheid om het concept te produceren. Hierdoor is de vormvrijheid en creativiteit in het ontwerpproces enigszins beperkt, echter was dit nodig omdat de productie van een proefstuk veel tijd in beslag neemt.

Doordat dit project slechts drie maanden loopt is er geen tijd om van meerdere frame concepten prototypen te maken en te testen. Zo is het niet mogelijk de framedelen te dik te maken om te voorkomen dat de lengte van de spijlen in het vakwerk te groot wordt. Als deze spijlen te lang zijn worden ze door de geringe plaatdikte (in eerste instantie wordt uitgegaan van 2milimeter) kwetsbaar voor indeuking. Daarnaast is het idee van de opdracht dat er in de frame 'buizen' een vakwerkconstructie komt, het is niet de bedoeling dat het frame een verfijnde vakwerkconstructie uit gewone buizen krijgt.



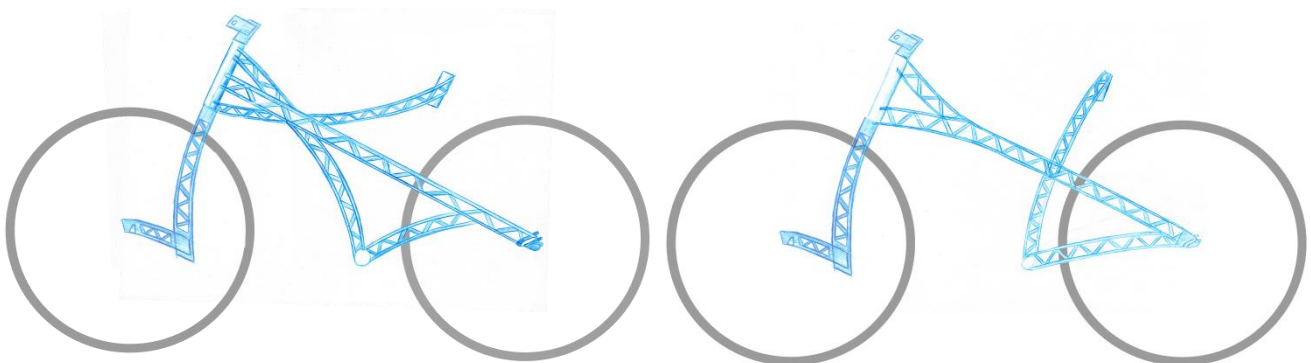
Figuur 31 Frame met vakwerkconstructie uit gewone buizen

In totaal heb ik bij de vormstudie drie verschillende voorvorken ontworpen, respectievelijk een rechte, een naar voren gebogen en een naar achter gebogen variant. In elke schets van een frame heb ik de best bijpassende vork geïntegreerd.

Center framebuis

Het eerste concept bestaat uit een centraal frame profiel welke recht door loopt van voor naar achter. Nadeel van dit basis principe is dat er een grote belasting is op de punten waar meerdere delen van het frame samen komen. Een driehoek constructie welke zelf een vakwerk vormt heeft meer sterkte doordat de kracht verdeeld wordt.

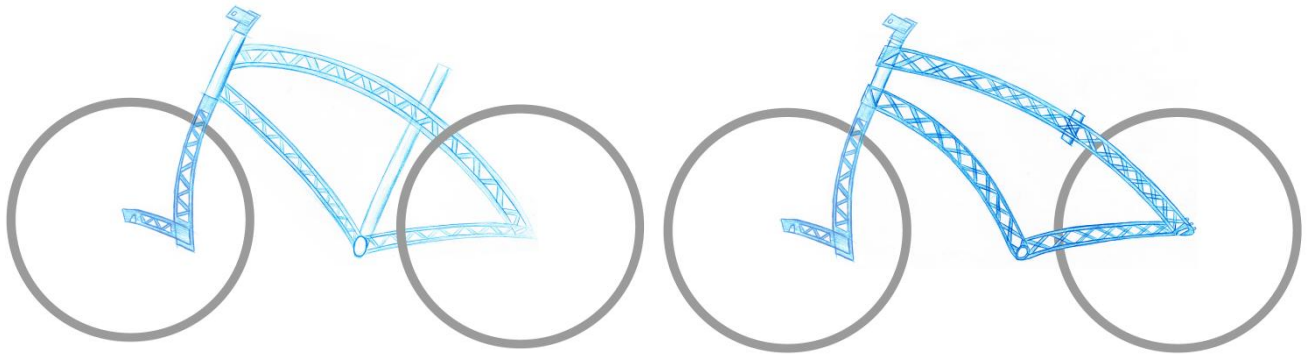
Deze belastingen zouden verlaagd kunnen worden door verstevigingsribben te gebruiken bij de haakse verbindingen.



Figuur 32 Frames met een centrale framebuis

Doorlopende topbuis/staande vork

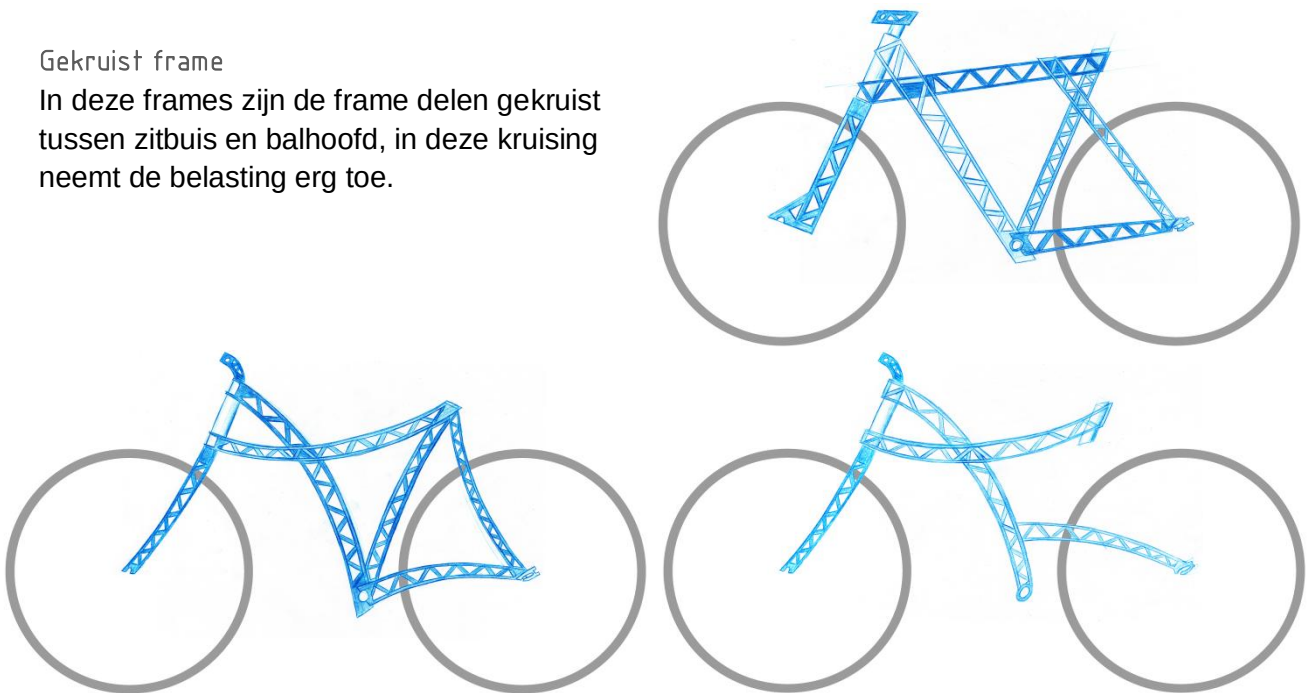
Deze frames hebben wel een driehoekige constructie tussen stuur, trapas en zadel. De topbuis loopt in één stuk door met de staande achtervork. Nadeel is dat dit frame meer op een cruiser fiets lijkt en ook de daarbij behorende klassiekere uitstraling heeft. Dit is lastig te verenigen met het vernieuwende idee van een vakwerk constructie in de framedelen waardoor de fiets een mix wordt tussen een retro ontwerp en een vernieuwende structuur. Daardoor lijkt dit frame op twee gedachten te hinken waardoor het geen kloppend geheel lijkt.



Figuur 73 Frames met een topbuis welke doorloopt in de achtervork

Gekruist frame

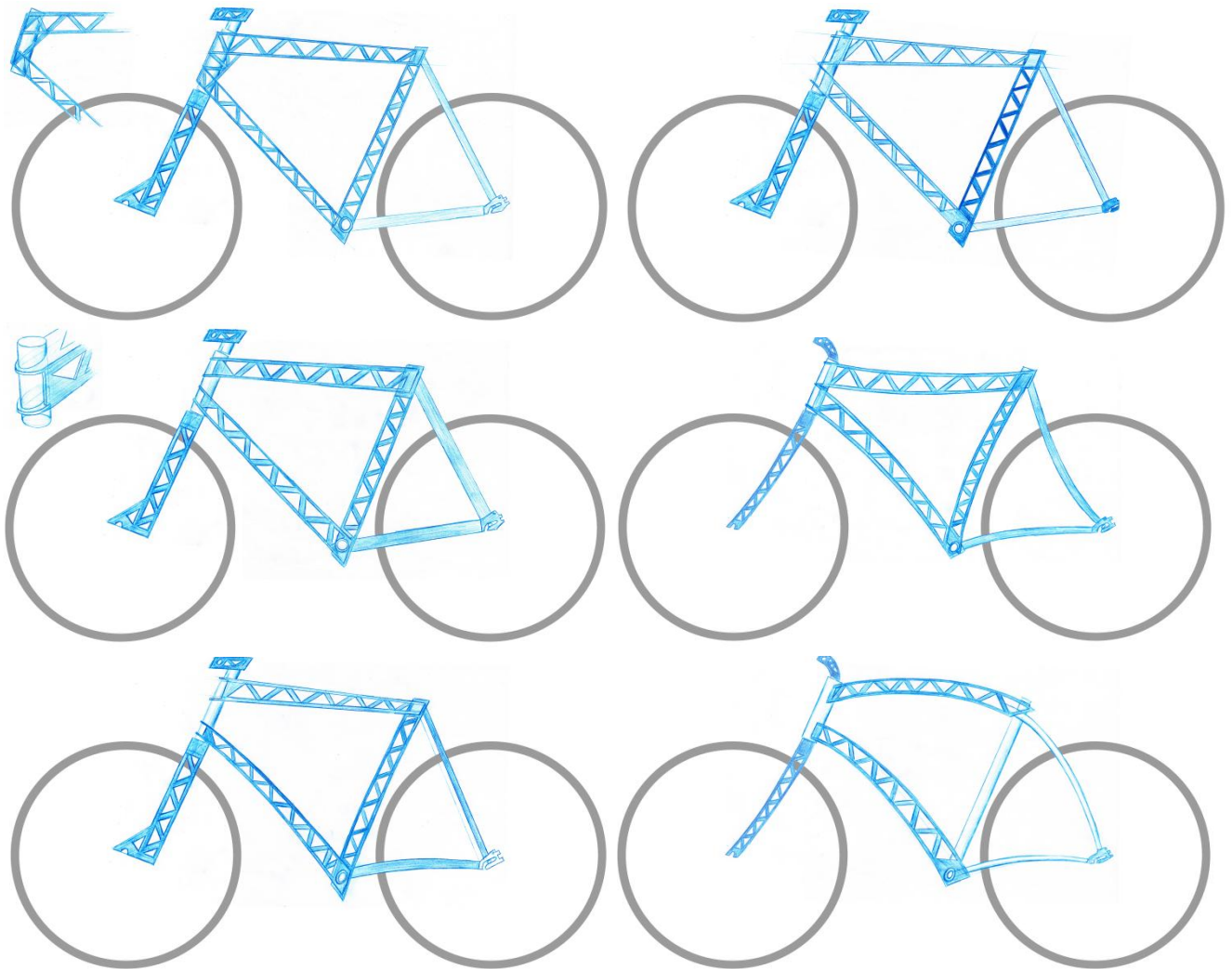
In deze frames zijn de frame delen gekruist tussen zitbuis en balhoofd, in deze kruising neemt de belasting erg toe.



Figuur 8 Frames met kruisende framebuizen

Simpele achtervork

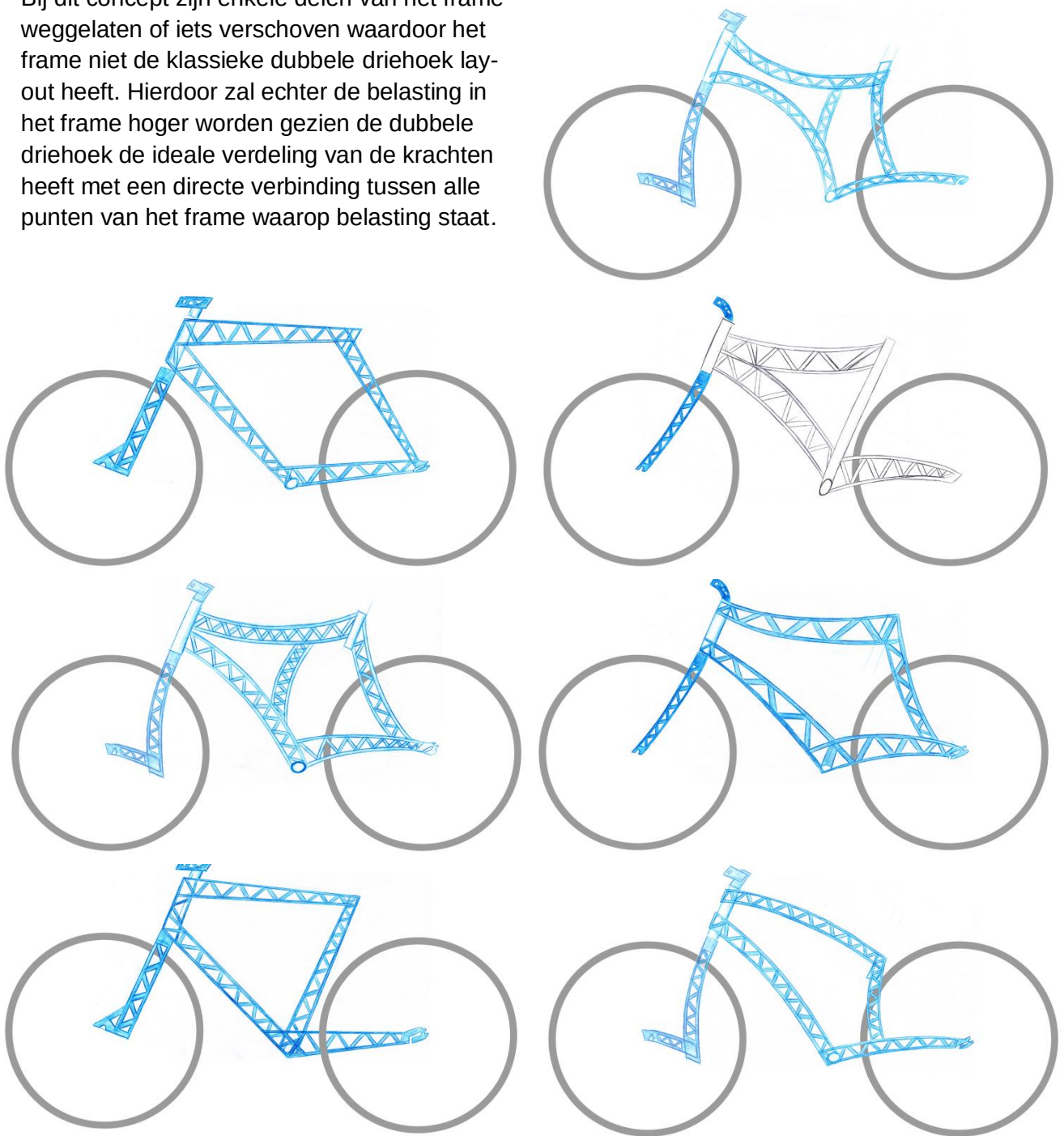
In deze concepten is enkel de voorste driehoek tussen balhoofd en zitbuis gemaakt uit het nieuwe vakwerk profiel, de achterste driehoek waar het achterwiel in wordt bevestigd is van gewone dichte profielen of buizen gemaakt. Hierdoor zullen deze frames goedkoper te produceren zijn. Om de kosten verder te kunnen verlagen kunnen de vakwerk profielen ook nog recht gemaakt worden. Hierdoor hoeven de boven en onderkant van elk profiel niet gebogen te worden en wordt de assemblage verder vereenvoudigd.



Figuur 9 Frames met een versimpelde achtervork

Verplaatsing van framedelen

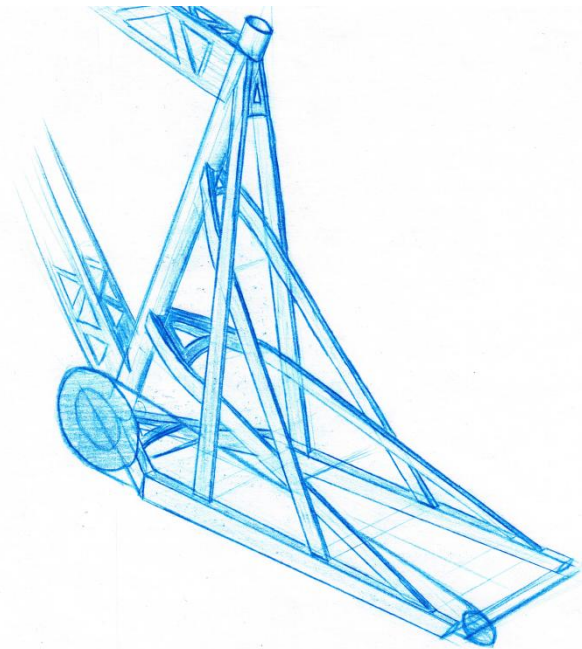
Bij dit concept zijn enkele delen van het frame weggelaten of iets verschoven waardoor het frame niet de klassieke dubbele driehoek layout heeft. Hierdoor zal echter de belasting in het frame hoger worden gezien de dubbele driehoek de ideale verdeling van de krachten heeft met een directe verbinding tussen alle punten van het frame waarop belasting staat.



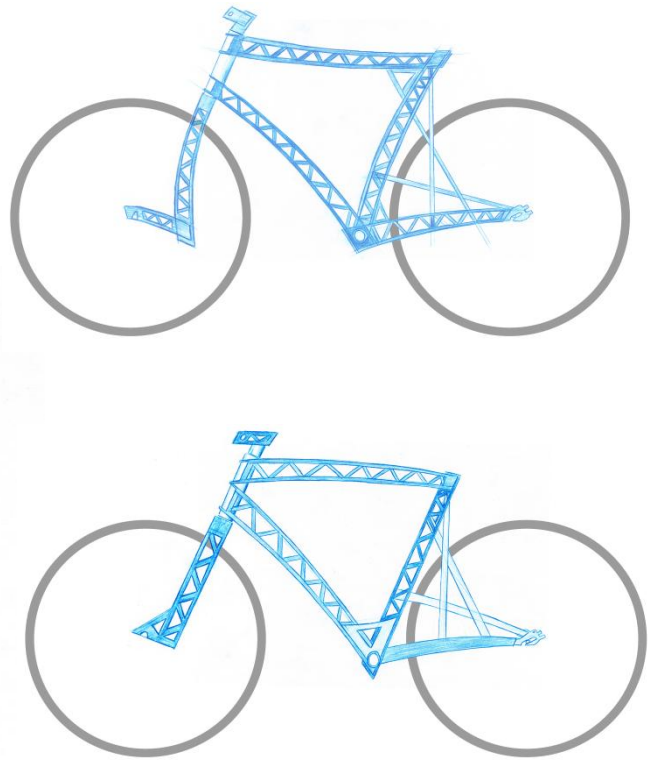
Figuur 10 Frames met verplaatste/verwijderde framebuizen

Spijlen vork

Deze frames hebben in plaats van één staande achtervork drie dunnere staande spijlen die als achter vork fungeren, hierdoor word ook op drie niveaus een vakwerk constructie toegepast, in de frame delen, de driehoek tussen balhoofd, zadel en trapas en tussen de spijlen van de achtervork.



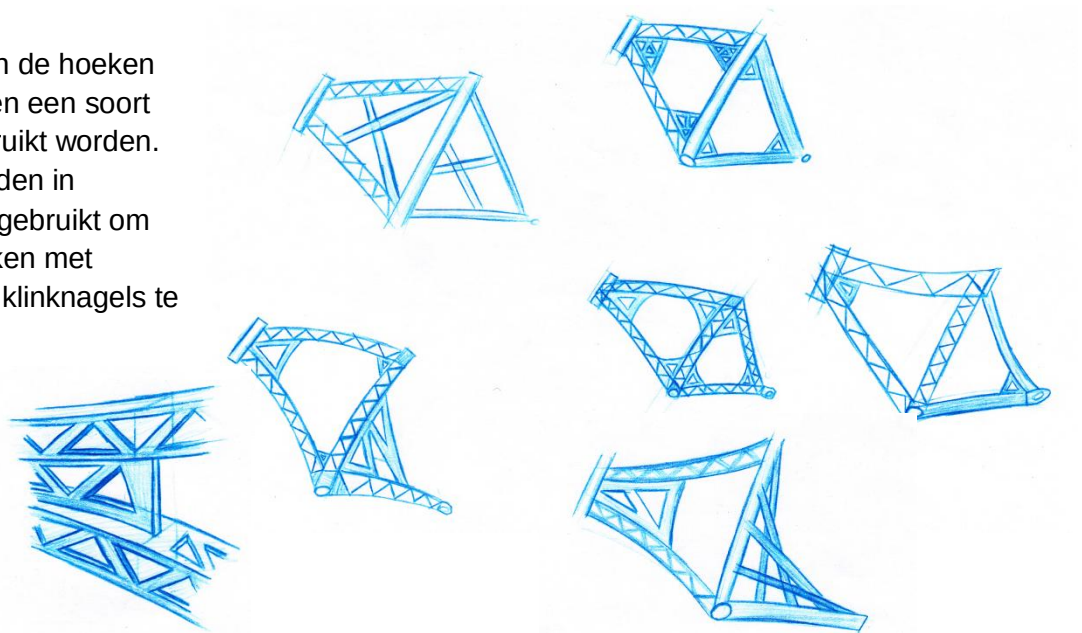
Figuur 12 Drie dimensionale weergave van de 'spijlen' vork



Figuur 11 Frame met spijlen vork

Schetsplaten

Ter versteviging in de hoeken van frames kunnen een soort schetsplaten gebruikt worden. Schetsplaten worden in staalconstructies gebruikt om verschillende balken met lassen, bouten of klinknagels te verbinden.



Figuur 13 Voorbeelden van het gebruik van schetsplaten/verstevigingen

Conclusie

De verschillende conceptringingen lopen erg uiteen op het vlak van complexiteit, de gekruiste frames en centre framebuizen hebben complexe overgangen tussen verschillende framebuizen. Daarnaast kan het ontbreken van een driehoek tussen stuur, zadel als trapas sterke problemen geven. Dit kan opgelost worden door schetsplaten te gebruiken, dit is een manier om het frame te verstevigen die in het ontwerp geïntegreerd kan worden.

Bij alle concepten behalve de 'simpele achtervork' concepten een complexe en bewerkelijke achtervork nodig welke het frame flink duurder zal maken. Deze achtervorken zullen gemaakt moeten worden uit verschillende losse onderdelen omdat het rolbuigen van een vakwerkprofiel niet mogelijk is in verband met knik zoals in het hoofdstuk productiemethoden vermeld is.

De frames met sterke krommingen zoals de frames met doorlopende framebuis zien er erg klassiek uit. Iets wat voor een opvallende lifestyle fiets voor een moderne jongeman niet de gewenste uitstraling is. Daarom is het aan te raden voor het uiteindelijke ontwerp geen of slechts kleine krommingen in de framebuizen te verwerken. De frames met een centrale framebuis vallen af voor verdere uitwerking. De centrale framebuis met enkele extra buizen zien er rommelig uit terwijl de doelgroep veelal juist van duidelijke, overzichtelijke en strakke ontwerpen houdt.

Omdat het doel is het frame zeer opvallend te maken is verdiend een gekruist frame met geen of weinig kromming in de buizen de voorkeur. Dit is een ontwerp wat past in de stijl van de doelgroep en wijkt iets af van de standaard lay-out van een frame, een dubbele driehoek.

Echter is dit frame concept wel het moeilijkst om te produceren en mogelijk niet stevig genoeg. De tweede keuze is het concept 'verplaatsing van framedelen' echter is hier nog steeds de achtervork complex. Wanneer het niet realistisch blijkt de voorgaande twee concepten tot een uiteindelijk product te ontwikkelen moet het concept 'simpele achtervork' gebruikt worden als uitgangspunt. Eventueel kan hier de 'Spijlen vork' nog aan toe gevoegd worden, dit maakt het frame opvallender maar heeft ook weer als keerzijde extra complexiteit in de productie.



Materiaal & Nabehandeling

Het is een wens dat het frame de indruk kan geven van een onbehandeld metalen frame. Dit kan op verschillende manieren, onder anderen door gebruik te maken van een materiaal dat erg ongevoelig is voor corrosie of door een nabehandeling met een metalen uitstraling

Voor dit hoofdstuk is onder andere gebruik gemaakt van de expertise van Dhr. H. Baas (Azor bike b.v.), Diverse medewerkers van LOKO-Gramsbergen b.v. , G. Alderink en Zn. b.v. en Kamp coating b.v.

RVS

Een mogelijkheid om onbehandeld metaal te kunnen gebruiken in het frame is RVS. Er zijn verschillende typen RVS variërend in eigenschappen. RVS AISI 316 is in principe het meest geschikt voor toepassing op een fiets, dit type RVS heeft een hogere roestbestendigheid dan AISI 304¹⁴, nadeel is echter dat dit materiaal veel duurder is dan AISI 304. In het CES Edupack 2011 wordt de corrosiegevoeligheid van de 304 variant voor zeewater (wat gebruik in kustgebieden en op met zout bestrooide wegen benadert) beoordeeld als 'Moderate' terwijl AISI 316 RVS een 'Good' beoordeling krijgt. De Verschillende nummers voor het RVS staan voor de verschillende legeringen, hoofdzakelijk bestaande uit ijzer, koolstof, chroom en nikkel.

Of RVS AISI 304 toch voldoet voor toepassing in een fietsframe is gekeken waar dit materiaal in vergelijkbare omstandigheden is toegepast. Dit is onder andere gedaan in de DeLorean DMC-12. Deze auto uit begin jaren 80 heeft een geheel geborsteld roestvaststalen carrosserie¹⁵. De enige roestproblemen die op deze auto voorkomen beperken zich enkel tot het niet roestvaststalen frame. Een auto wordt net als een fiets blootgesteld aan weersinvloeden, vuil en zout, de materiaal technisch succesvolle toepassing in deze DeLorean bewijst dat AISI 304 RVS geschikt is voor onbehandelde toepassing in een voertuig. Bij sommige fietsen van Azor Bike zijn de spatborden van RVS AISI 304 welke uitstekend geschikt blijken te zijn voor gebruik op een fiets.

Uit het onderzoek naar de gebruikers kwam naar voren dat er toch veel mensen zijn die zich willen onderscheiden door een unieke kleur op het frame. Bij het spuiten van het frame zal er mogelijk geen goede dekking aan de binnenkant van het frame te verkrijgen zijn. Echter door het gebruik van RVS is een geheel dekkende laag om corrosie te voorkomen niet nodig.

Verzinken¹⁶¹⁷¹⁸

Een goedkoper alternatief voor een metalen industriële uitstraling van het oppervlak is het verzinken. Hierdoor kan het frame van niet roestvast staal geproduceerd worden wat een goedkopere grondstof is en veel eenvoudiger is te bewerken.

Azor heeft al eerder zaken gedaan met LOKO-Gramsbergen b.v. op het vlak van het verzinken van onderdelen, de volgende paragraaf is mede gepasseerd op de expertise binnen LOKO.

Het verzinken van een opengewerkt frame kan door middel van dompelen in een zinkbad wat voor een relatief dikke laag zink van hoge kwaliteit zorgt. Probleem van deze dikke zinklaag is echter dat hierdoor de passingen voor onder andere de balhoofd lagere en de trapas erg onnauwkeurig worden. Wanneer deze passingen opnieuw in het frame worden gezet wordt de corrosie bestendigheid aangetast.

Elektrolytisch verzinken waarbij het frame in een zoutbad wordt gedompeld met daarin een anode van zink is goedkoper en kent dit probleem niet door dat hier een dunnere laag zink wordt aangebracht. Doormiddel van een elektrische stroom hecht het zink aan het frame. Nadeel van deze methode is dat de laag zink minder dik is en voor een goede corrosie bestendigheid er alsnog een (transparante) laklaag over het zink moet komen. Bij LOKO is het mogelijk het frame in transparante lak te dompelen. Hierdoor wordt een afsluitende lak laag over het zink gerealiseerd en dit geeft een beter roestbescherming.



Figuur 40 Buis van een verzinkt bakfietsframe

Overige metalen

Andere edelmetalen of corrosie bestendige materialen als titanium en aluminium zijn binnen dit project niet geschikt om te gebruiken voor het fietsframe. Een fiets gemaakt uit titanium is erg duur door moeilijke bewerking en hoge materiaalkosten. Daarnaast hebben de toeleveranciers van Azor Bike in Nederland geen ervaring met het bewerken van andere metalen dan (roestvast) staal. Om de productie- en levertijd van het prototype kort te houden is het belangrijk dat de productie van het prototype in Nederland plaats vindt.

KTL¹⁹²⁰

Een laatste behandeling welke een opengewerkt profiel goed zou kunnen beschermen tegen corrosie is een zogeheten KTL behandeling. Hierbij wordt het materiaal voor behandeld door het door verschillende dompelbaden te halen. Vervolgens wordt er een laklaag opgebracht door het werkstuk te dompelen in een bad met kataforese lak. Deze lak wordt elektrostatisch op het oppervlak van het werkstuk getrokken door gelijkstroom door het bad te lijden. Het werkstuk word als Kathode gebruikt en een Anode wordt in het bad neergelaten. Als een verzinkt werkstuk ook nog een poedercoating laag krijgt wordt de maximale corrosie bestendigheid verkregen.²¹ Hierbij is het echter niet mogelijk een metalen uitstraling aan het frame te geven, bij het KTL proces wordt een kleurenlak gebruikt bij de genoemde toeleveranciers in de buurt van Azor bike.

Laagdikte bij scherpe randen

De laser gesneden randen van het frame zijn erg scherp. Bij het lakken van het frame zal rond deze randen de laklaag minder dik zijn dan de rest van de laklaag²². Of dit een probleem gaat vormen zullen tests moeten uitwijzen. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is de scherpe hoeken minder scherp te maken door de laser gesneden onderdelen te trommelen²³

Testen

Azor bike beschikt over een zoutspray kast waarin nieuwe onderdelen getest worden op hun corrosie bestendigheid. Hierin zal een fietsframe of een vergelijkbaar proefstuk getest worden op zijn corrosiebestendigheid. Het te testen deel word gedurende 280 uur aan een zoutwater nevel blootgesteld (1.5kg strooizout op 30 liter water). Doordat deze corrosietest aan het eind van het project plaats vindt is er binnen het tijdsbestek van de bacheloreindopdracht geen mogelijkheid deze test volledig afteronden.



Proefstuk RVS

Om te kunnen testen hoe het vierkante uit plaatmateriaal gesneden en gelaste profiel zich in de praktijk gedraagt was het de bedoeling een teststuk te produceren. Dit stuk heeft de lengtes van het balhoofd naar de trapas en van de trapas tot aan de padding voor het achterwiel. Dit teststuk had net als het prototype geproduceerd moeten worden door Aarding Cutting Technologies B.V. te Hoogeveen.

Doelen

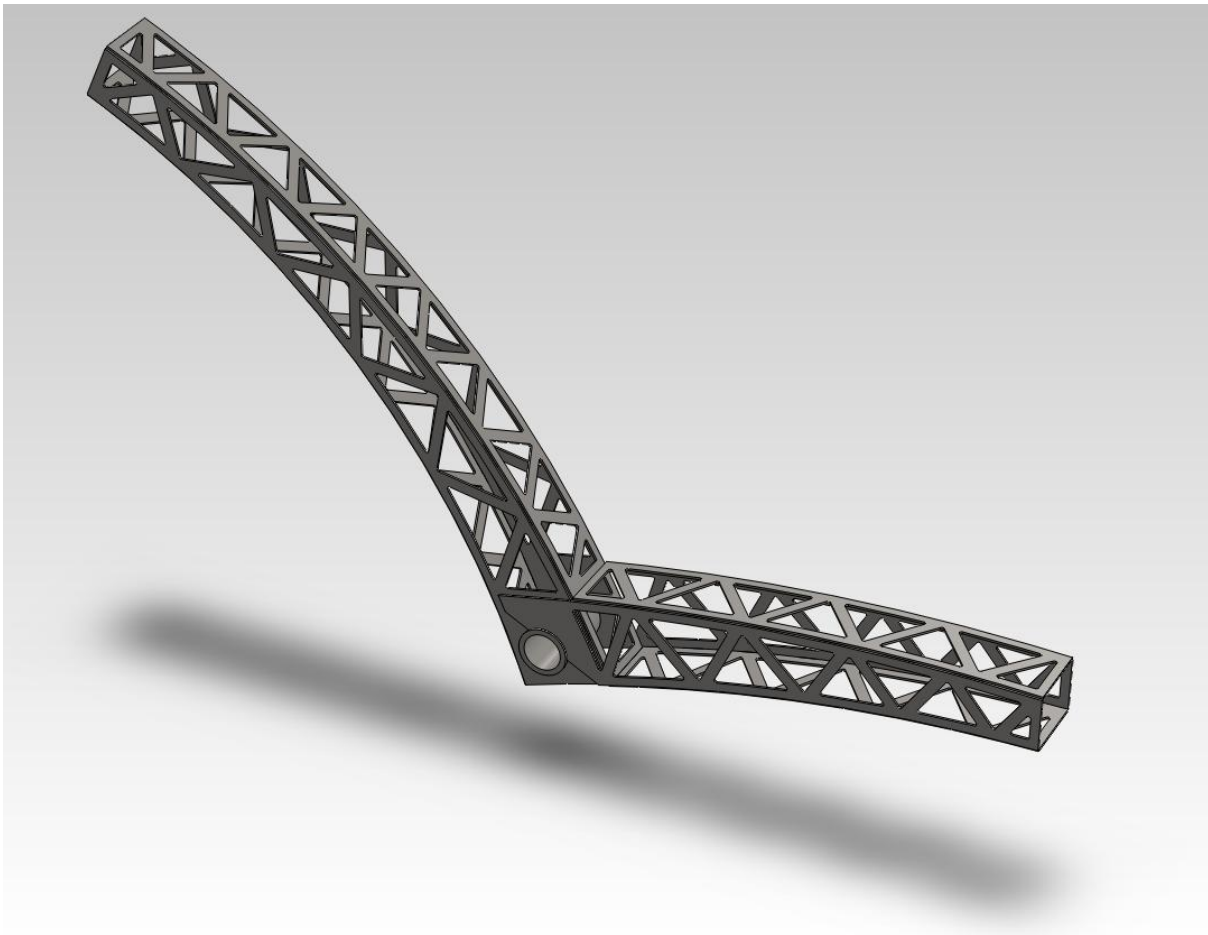
Het eerste doel van dit proefstuk zijn het verkrijgen van inzicht in de sterkte. Een simulatie van een deel van het frame geeft een inzicht in de sterkte van het frame. Hieruit kwam naar voren dat het frame mogelijk niet goed genoeg tegen een moment in lengte richting bestand is. Dit test stuk kan aan de hand van een praktijk test op sterkte onderzocht worden.

Na dit proefstuk een goede indicatie te maken wat de kosten van een compleet frame zullen zijn wanneer deze in zijn geheel uit de plaatstalen profielen bestaat. Ook het productieproces kan worden geëvalueerd, zodat handelingen die in het productie proces veel tijd kosten en de productie daardoor veel kostbaarder maken kunnen worden gereduceerd.

Tenslotte geeft een proefstuk een beter inzicht in de dimensies, curves en vormen van de framedelen wat kan gebruikt worden voor verdere vormgeving.

Vormgeving

De vormgeving van het proefstuk heb ik zo gemaakt dat er verschillende mogelijke knelpunten in de productie naar voren zouden komen. De aansluiting van de twee framedelen rond de trapas moet erg precies passen en goed haaks zijn. Daarnaast zitten krommingen en verlopende diktes in het frame zodat eventuele problemen bij het produceren van zo een constructie naar voren komen



Figuur 41 Teststuk RVS

Material

In verband met de kosten zal het teststuk geproduceerd worden uit AISI 304 RVS, dit is goedkoper dan AISI 316 RVS, nadeel is echter dat dit type RVS minder corrosie bestendig is. Echter is uit het vooronderzoek gebleken dat de corrosie bestendigheid van RVS 304 voldoende is voor gebruik in een fiets.

Kosten

Uiteindelijk is dit teststuk niet geproduceerd, de kosten van enkel dit teststuk zouden uitkomen op 1300 euro exclusief BTW. Dit deel van het frame was slechts ongeveer 1/5 van een totaal frame, een complexe achtervork en balhoofd zitten niet in het frame waardoor geconcludeerd kan worden dat de kosten voor een compleet prototype frame gigantisch hoog zullen zijn. Daarnaast bleken veel kosten in het inkleppen van het frame te zitten. Deze kosten zullen bij een relatief kleine seriegrootte die een bedrijf als Azor Bike afneemt niet kleiner worden.



Conceptkeuze

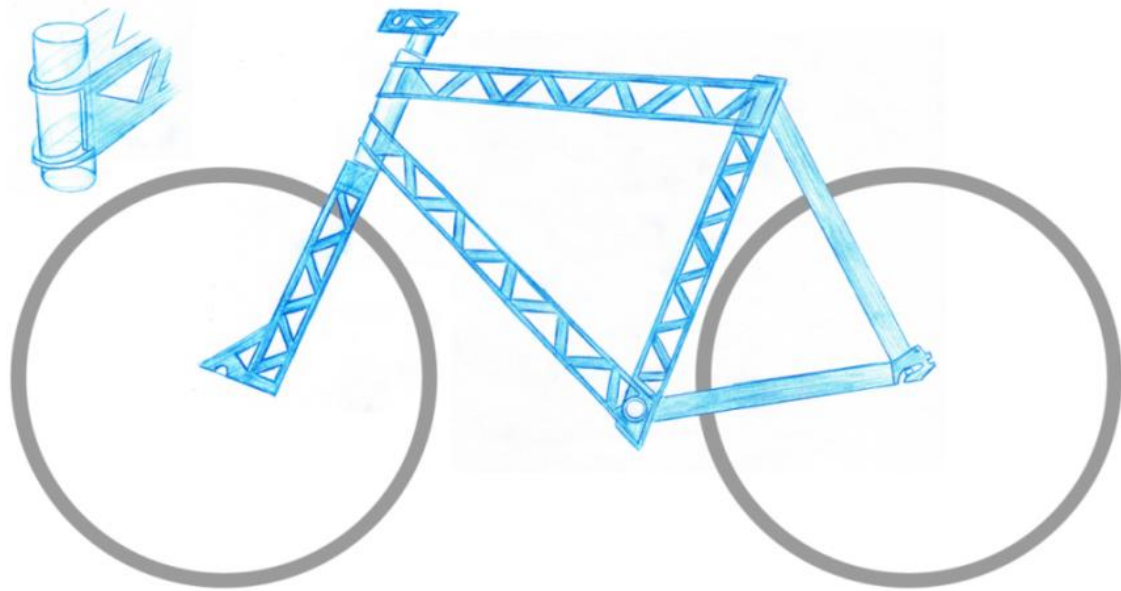
Door de erg hoge kosten voor een RVS proefstuk is de mogelijkheid om het frame van RVS te maken op basis van het RVS teststuk afgefallen, ook voor een 'one-off' zijn de kosten voor het frame buitenproportioneel hoog.

Om de kosten verder te drukken is een andere producent gezocht, Steggink Metaal B.V. te Oldenzaal. Met dit bedrijf doet Azor Bike momenteel ook al zaken voor de productie van bakfietsen. Bij Steggink Metaal is het wel mogelijk om een profiel te laten lasersnijden, een toeleverancier beschikt over een profiel lasersnijmachine. Uit overleg met Dhr. B. van den Crommenacker van Steggink Metaal is een frame met 3 rechte opengewerkte framedelen en een standaard achter- en voorvork naar voren gekomen als de meest kosteneffectieve variant. Doordat de framedelen uit een kokerprofiel gesneden kunnen worden is het frame minder arbeidsintensief om te produceren. Daarnaast zijn er geen lange lassen langs de randen van het profiel waardoor er minder interne spanningen ontstaan in het profiel.

Voor de prijs van het snijden maakt het relatief weinig uit of deze laser gesneden delen uit roestvast of niet roestvast staal bestaan omdat de snijmachine geen extra werk heeft aan het lastiger te bewerken RVS. De overige delen zoals een balhoofd en achtervork zijn wel stukken duurder in productie doordat onder andere de kiloprijs van RVS en het lassen van RVS een stuk arbeidsintensiever is. Daarom is besloten het frame niet van RVS te maken maar het na assemblage elektrolytisch te laten verzinken op dezelfde wijze als dit nu met de bakfietsframes gebeurt.

Er is in dit project te kort tijd om meerdere (digitale) prototypen te maken waarbij de sterkte van meerdere prototypen uitgebreid te testen. Frames met een 'traditionele dubbele driehoek' tussen balhoofd, zadelpen, trapas en achterwiel hebben zijn bij gebruik van het zelfde materiaal en gelijke dimensionering van de buizen sterker. Dit komt omdat alle belaste punten in het frame (balhoofd, zadelpen, trapas en achterwiel) directe rechte verbindingen hebben met elkaar en ondersteund worden door een driehoek. Gezien uit de sterkte berekeningen naar voren kwam dat het vakwerkprofiel relatief weinig moment kan weerstaan is het aan te raden als globale layout een dubbele driehoek aan te houden. Hierdoor vallen frames uit de categorieën "Center framebuis", "Verplaatsing van framedelen" en "gekruiste frame" af.

Om meer productiekosten en tijd in het vervolg van het ontwerptraject te besparen zijn ook de concepten met een 'Spijlen vork' en een achtervork welke wel uit een kleine vakwerkconstructie afgefallen. Het ontwerpen en op sterkte testen van de spijlen vork of een vork met een kleine vakwerkconstructie kost erg veel tijd. Ook zullen deze achtervorken veel complexer worden dan een 'normale' achtervork. Hierdoor nemen de kosten van het frame nog verder toe. Gezien de doelgroep maar een beperkte hoeveelheid extra wil betalen voor een bijzondere fiets is het belangrijk de kosten te beperken.



Figuur 42 Concept 'recht simpele achtervork geen verloop'

Als basis voor verdere uitwerking van dit project is het concept 'recht simpele achtervork geen verloop' gekozen.

Uitwerking

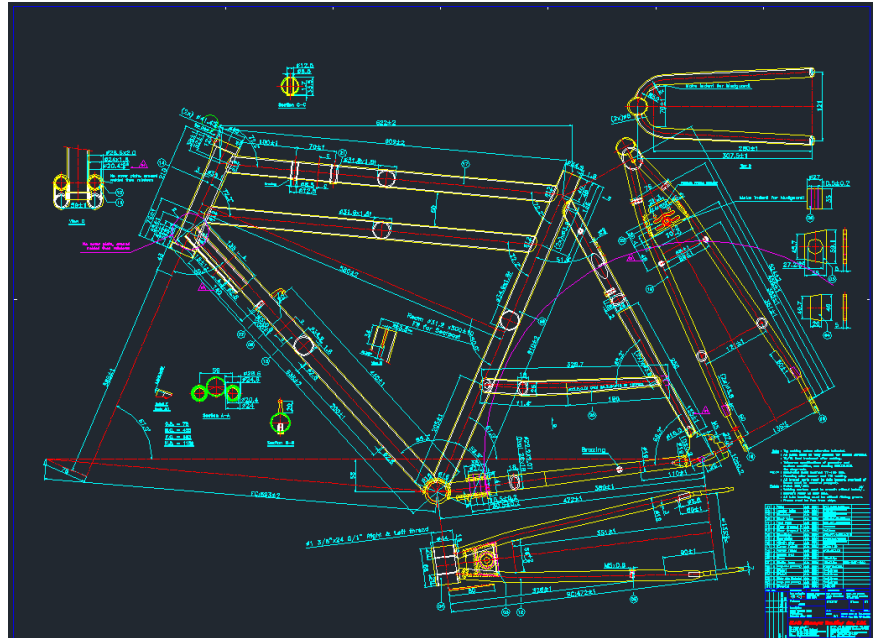
Dimensionering

De geometrie van het frame stond al vast met balhoofd en zitbuis hoeken van 67° voor een niet te sportieve zit. De maten zijn hoofdzakelijk afgeleid van het aluminium 61cm transportframe en voor details van diverse stalenframes.

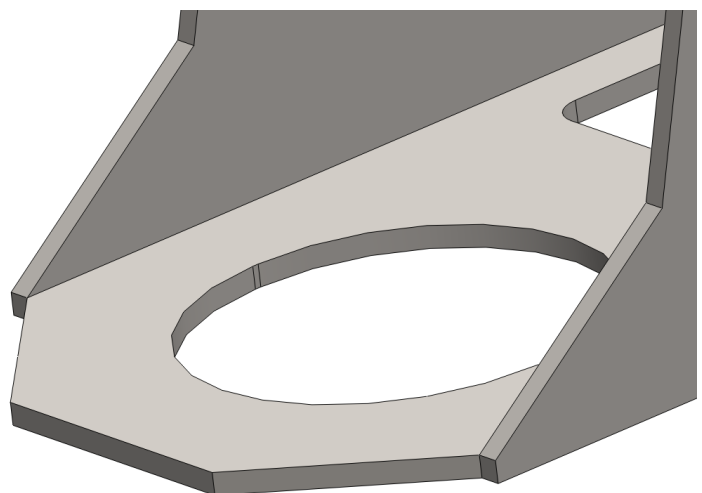
Voor de productie is het voordeligst om de 3 laser gesneden profielen een zelfde doorsnede mee te geven. Er zal per serie framedelen slechts één keer materiaal in de snijmachine geladen te hoeven worden wat de prijs drukt bij een kleine serie grootte. De diameter van de trapas is 40mm, het balhoofd is 35mm doorsnede en de zitbuis 31.8mm om voldoende ruimte te laten voor een stevige verbinding is het noodzakelijk dat alle zijdes van het profiel minimaal 45mm zijn. Om het vakwerk opvallend te maken is een grotere doorsnede beter, de trapas begrensd de maximale doorsnede, de trapas is 68mm breed, het is echter van belang om de trapas iets uit te laten steken buiten het profiel voor montage van een kettingkast of een sensor voor trapondersteuning. Zodoende is de keuze gevallen op een 60x60x2mm standaardprofiel. De dimensies van dit profiel zijn ook gebruikt in het vooronderzoek waaruit bleek dat het opengewerkte kokerprofiel in RVS 1,6 keer sterker is dan een aluminium buis uit een bestaand frame niet roestvaste staalsoorten zijn over het algemeen sterker dan RVS waardoor de sterkte van het frame nog groter zal zijn.

Profielen

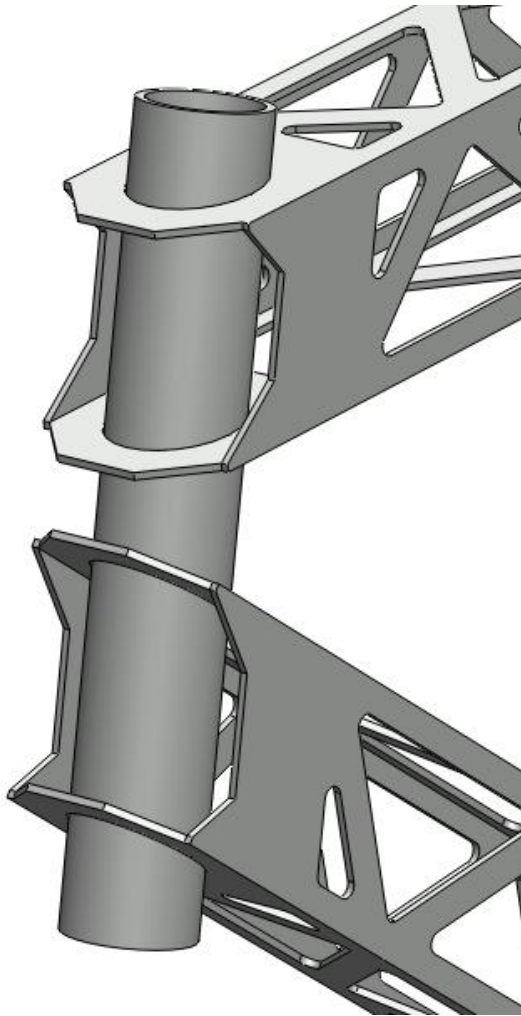
Bij de productie van het profiel is het belangrijk te weten dat de lasersnijmachine aan de randen 2mm recht het materiaal in moet snijden in verband met de 2mm wanddikte. De lasersnijmachine snijdt namelijk elke kant van een profiel afzonderlijk en staat altijd haaks op het oppervlak van het profiel.



Figuur 43 Aluminium transport frame 61cm



Figuur 44



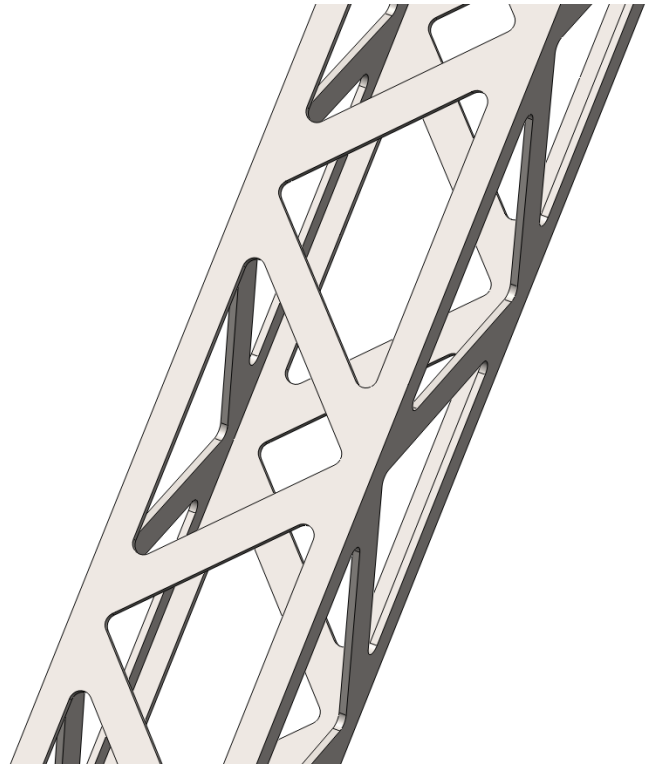
Figuur 45 Balhoofd samenstelling

Het vakwerk zelf is zo vormgegeven dat de spijlen goed aansluiten bij de aanliggende kanten van het profiel, hierdoor wordt belasting netjes doorgegeven aan de andere spijlen en is de belastbaarheid maximaal. De spijlen zelf staan onder een hoek van 45 graden en zijn 10mm breed wat moet voorkomen dat deze gevoelig zijn voor indeuking. De spijlen hebben in de hoeken een afronding van 3mm, de spanning concentreert zich in de hoeken en door een kleine afronding mee te geven is de piekspanning beter verdeeld.

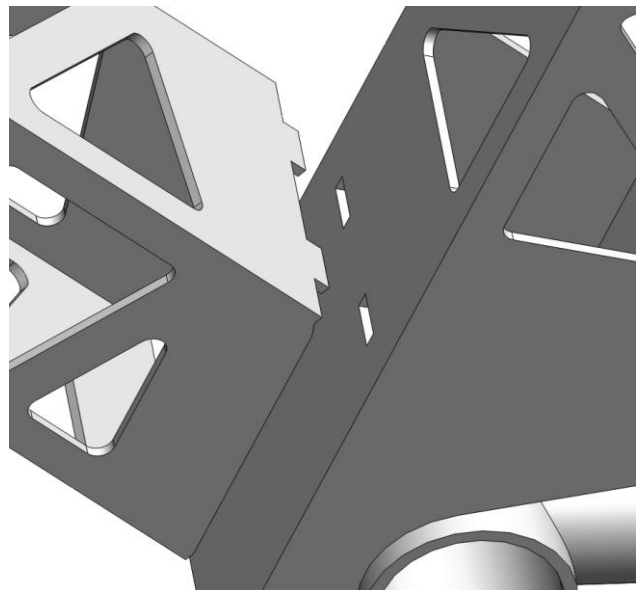
Om de assemblage te vereenvoudigen hebben laser gesneden delen nokjes en uitsparingen die in elkaar vallen, hierdoor hoeft het frame bij montage niet

ingespannen te worden wat tijd en daardoor geld bespaard.

Hierdoor is een afgeronde voorkant bij het balhoofd niet mooi, de laatste 2mm sluit niet aan bij de buitenrand van het profiel. Daarom is een voorkant met 3 vlakken gekozen zodat de rechte hoekjes niet storend zijn in het ontwerp.

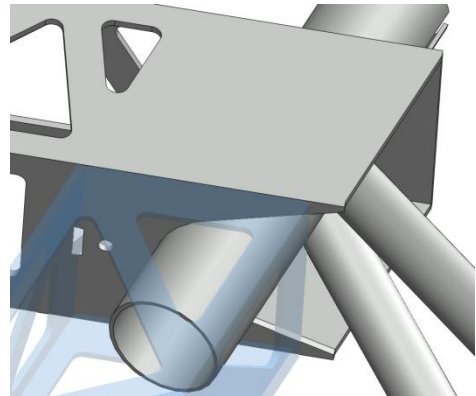


Figuur 46 de spijlen van het frame sluiten aan alle kanten op elkaar aan



Figuur 47 montagenokken

De buis waarin de zadelpen wordt bevestigd is zowel aan de onder als aan de bovenkant van de topbuis vast gelast voor voldoende stevigheid. Om de krachten goed te verdelen is het belangrijk dat de spijlen van beide framedelen goed op elkaar aansluiten. Dit is echter niet mogelijk doordat de spijlen onder een hoek van 45 graden staan. Wanneer de spijlen in het verlengde met de zitbuis worden geplaatst verstoort dit het patroon in het profiel. Voor zo groot mogelijke sterkte en om verstoring van het profiel te voorkomen is de topbuis aan de bovenkant geheel gesloten. Daarnaast maakt de bevestiging van het zadel in de topbuis het mogelijk om het frame in elkaar te lassen zonder dat er een opening zichtbaar blijft die nodig is om de achternok te kunnen lassen



Figuur 48 Uiteinde topbuis

Achternok

De doelstelling was het frame zo te ontwerpen dat de achternok van een bestaand frame kan worden gebruikt. Doordat deze bestaande achternok in grotere aantallen wordt geproduceerd drukt dit de kostprijs enorm. Helaas bleek het niet mogelijk om aan alle eisen en wensen te voldoen bij het gebruik van een al bestaande achternok. De achternok uit het Basisframe is niet geschikt voor fat tires. Veel andere stalenframes hebben de trapas en zitbuis gemonteerd met lugs² waardoor de montage van de achternok in de profielen niet meer mogelijk is.



Figuur 50

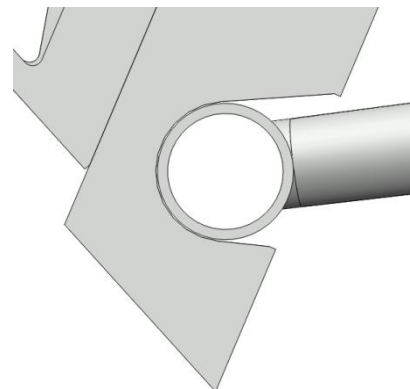
Daarom wordt voor het eerste prototype gebruik gemaakt van de liggende nok uit het oma frame en is hier een staande achternok bij ontworpen. Voor het complete model/potentiele productiemodel is een achternok voor dit frame ontworpen maar deze zal afgezien van het gebruik van lugs vrijwel overeen komen met de nu gebruikte achternok.

De bracket voor de trapas wordt vast gelast in het profiel van de zitbuis. De bracket is bewust niet in

het midden van het profiel geplaatst. Dit is gedaan om een stevigere verbinding tussen de profielen van de zitbuis en de buis van bracket naar balhoofd mogelijk te maken. Op deze verbinding komt veel kracht en door de bracket voor de trapas op afstand vast te lassen wordt voorkomen dat er twee lassen vlak bij elkaar komen te



Figuur 49 een lug tussen zitbuis en topbuis



Figuur 51 Bracket voor trapas in de zitbuis

² Lug: koppelstuk waar framebuisen in geschoven worden om deze met elkaar te verbinden door middel van soldeer

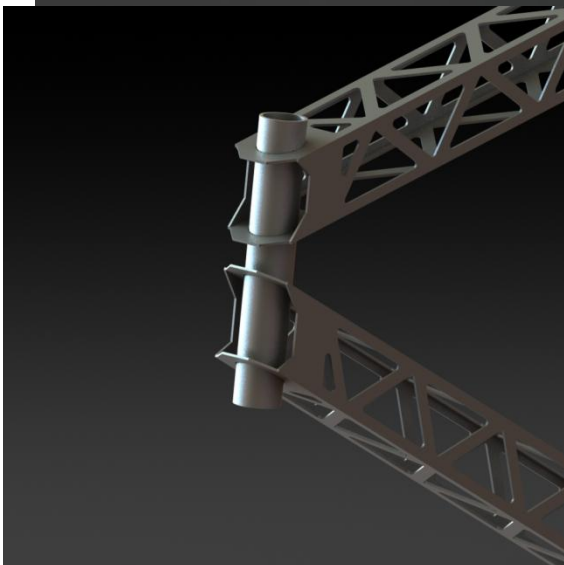
liggen. Daarnaast zorgt dit voor een mooier resultaat, achter de bracket is geen groot 'gat'/open ruimte in het profiel.

Complete prototype frame

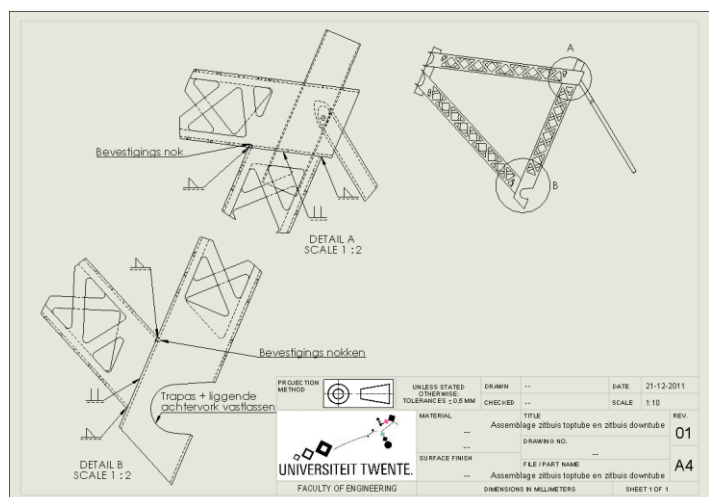
Van het prototype frame zijn, constructie en assemblagetekeningen gemaakt. Daarnaast zijn er digitale step218 files (welke het snijpad voor de profiellasersnijmachine aangeven) aangeleverd aan Steggink Metaal zodat deze het frame kunnen produceren.



Figuur 52 totaal frame



Figuur 53 close-up balhoofd



Figuur 54 assemblagetekening

Nabehandeling

Voor het prototype is gekozen voor elektrolytisch verzinken met daaroverheen een KTL behandeling en een matzwarte poedercoating. Door deze behandeling te kiezen kan er getest worden of de dekking van de poedercoating op het frame optimaal is. Als deze dekking niet optimaal is en de poedercoating is een andere kleur dan zwart zal het prototype geen egale kleur hebben en daardoor minder geschikt zijn als showmodel. Daarnaast doet de kleur matzwart geen afbreuk aan de gewenste grauwe industriële uitstraling.

De poedercoating bleek tijdens het poeder coaten van het frame geheel dekkend te kunnen worden aangebracht op elke zichtbare plaats. Dit biedt mogelijkheden om de fiets ook in andere kleuren dan zwart te laten poedercoaten.



Figuur 55 Lak proefstuk

Daarnaast wordt er een proefstuk op dezelfde wijze gelakt maar zonder vooraf verzinkt te worden. Hierdoor kan met behulp van een test in het zoutbad bepaald worden of het noodzakelijk is het frame eerst te verzinken. Een andere factor om te kiezen voor een gelakt frame is het feit dat Azor momenteel geen voorvork heeft die een metalen uitstraling heeft. Bij een frame met een 'onbewerkt' metalen uitstraling zal de voorvork mogelijk uit de toon vallen.

Omdat zowel bij het verzinken als bij het KTL proces het fietsframe door meerdere baden met oplossingen gaat is het belangrijk dat er nergens in het frame lucht of vloeistof kan achterblijven wanneer het frame in en uit het bad gaat. Daarom is er in het frame op elke kritieke plaats waar lucht of vloeistof zich zou kunnen ophopen een gaatje gemaakt waardoor de lucht of vloeistof kan ontsnappen.

Accessoires en afmontage

Het frame is ontworpen aan de hand van bestaande Azor Bike frames, daarbij is rekening gehouden met de toepassing van de bestaande onderdeel pakketten die Azor Bike in zijn assortiment heeft: deze bestaan uit verschillende combinaties van bagagedragers, spatborden, remmen, banden en versnellingen. Deze zijn allen te monteren op het vakwerkframe. Enkel de voordrager is niet op dit frame te monteren omdat deze ontworpen is om te passen op de ronde buis van het frame. Om deze passend te maken moet er een montagebeugel gemaakt worden.

Het is een wens van om de fiets zo veel mogelijk op te bouwen met al op andere fietsen gebruikte accessoires en onderdelen. Hiermee kan zowel op ruimte als op kosten bespaard worden. De standaard uitrusting heb ik daarom zoveel mogelijk op de al aanwezige onderdelen gebaseerd. Waar nodig is een nieuw alternatief onderdeel aangedragen.

Kettingkast:

De industriële uitstraling van het frame en de ‘open’ framedelen passen niet bij onderdelen met een groot oppervlak, het frame ziet er licht uit waardoor een ‘normale’ kettingkast snel lomp aan doet. Een kettingkast zal voor de meeste mensen de voorkeur hebben, zonder kettingkast is het risico op vuile kleding groter en vraagt de ketting veel meer onderhoud. Daarnaast past dit niet volledig in de Azor Bike filosofie waarin fietsen weinig onderhoud nodig hebben.

Om het risico op vervuiling van de broek te beperken kan een kleine open kettingkast worden gemonteerd worden, een elegantere oplossing is een chaindisc die rond de crank zit zoals op de Azor Schokland al gemonteerd wordt.



Figuur 14 Chaindisc

Een chaindisc is wat het zicht betreft de mooiste toepassing en zal daarom gemonteerd worden op het prototype.

Een praktischere oplossing is een Chainglider, dit is een soort kettingkast welke om de ketting wordt geschoven. Nadeel is dat deze Chaingliders niet aan het frame zelf worden bevestigd en daardoor altijd een klein beetje aanlopen wat voor extra weerstand zorgt (4Watt)²⁴. Het voordeligste en meest toegepaste systeem is de Hebie Chainglider²⁵ welke met zijn rechte vormgeving de voorkeur heeft.



Figuur 57 Hebie Chainglider

Banden

De zogeheten 'fat tire' banden staan goed op een robuuste degelijk ogende fiets, een fiets met juist een wat minimalistische, lichtgewicht ontwerp wordt erg grof. Dit is de reden waarom er gekozen is voor gewone banden, deze krijgen de kleur zwart zodat ze in de industriële uitstraling en de voorvork van de fiets passen

Velgen

Als velgen worden de zwarte hoekige standaard velgen van Azor Bike gebruikt, deze hebben een moderne uitstraling en passen goed bij het zwarte frame.

Spatborden

Spatborden maken een fiets al sneller lomp qua vormgeving, zo hebben de lichte fixie's geen spatborden. Daarom heeft het de voorkeur voor het uiterlijk om geen spatborden te monteren. Uiteraard is dit niet praktisch wanneer er gefietst wordt op nat weg dek daarom is het zeker belangrijk dat er wel een optie is met enige bescherming tegen opspattend water beschikbaar is. De spatborden die Azor Bike momenteel levert zijn SKS Bluemels spatborden, dit zijn dunne niet te lompen spatborden. Om de fiets een sportieve uitstraling te geven zijn zowel voor als achter verkorte spatborden gemonteerd. Deze leveren minder bescherming tegen opspattend water dan onverkorte spatborden maar geven nogwel enige bescherming tegen water.



Figuur 58 Sks Bluemels spatborden

Een andere optie zouden losse 'insteek' spatborden kunnen zijn, echter kunnen deze niet op de fiets blijven zitten en geven deze nog minder bescherming tegen opspattend water.

Stuur

Azor Bike heeft momenteel enkel gebogen verchroomde sturen in zijn assortiment, door deze te combineren met bruine handvatten krijgt de fiets een wat klassiekere uitstraling. De overige handvatten van het huidige assortiment van Azor Bike zien er ouderwets uit en doen afbreuk aan het gewenste lifestyle imago van de fiets.

Om de fiets een (des gewenst) sportievere zit en sportievere uitstraling te geven kan er ook een recht mountainbike stuur worden toegepast.

Zeker wanneer deze wordt gecombineerd met afwijkend/tegengesteld gekleurde handvaten kan de fiets een modernere look krijgen



Figuur 59 Ergon Grip



Figuur 60 Een High Rise en een Low Rise mountainbikestuur

Naaf/Remmen

Een Sram Automatix naaf wordt gebruikt als naaf en rem, dit is een terugtraprem naaf welke automatisch schakelt bij een snelheid van rond de 15km/uur. Met deze naaf is de fiets goed bruikbaar op lage snelheid in de stad maar kan er toch nog een behoorlijke topsnelheid gehaald worden. Rem- en schakelhendels met bijbehorende kabels zijn met deze naaf niet nodig waardoor de fiets strak blijft.



Figuur 6115 Sram Automatix naaf

Zadel

Aansluitend bij de klassieke bruine handvaten is een bruin lederen zadel een goede keuze. Wanneer de fiets een modernere look moet krijgen is een zadel waarin de kleur van het frame of de handvaten in terugkomt een goede optie.

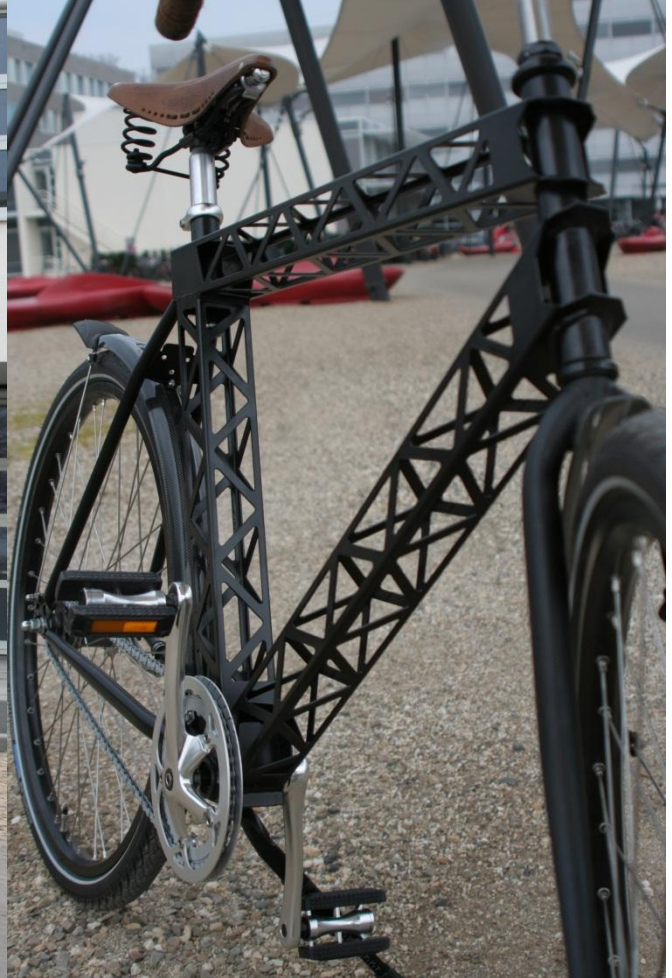


Figuur 63 Brooks zadel



Figuur 62 Spank Tweet Tweet

Prototype





Prototype evaluatie en herontwerp

Het eerste prototype is geëvalueerd, de punten die naar voren kwamen worden hier behandeld, de eventuele oplossing wordt hier ook besproken in de cursief gedrukte tekst.

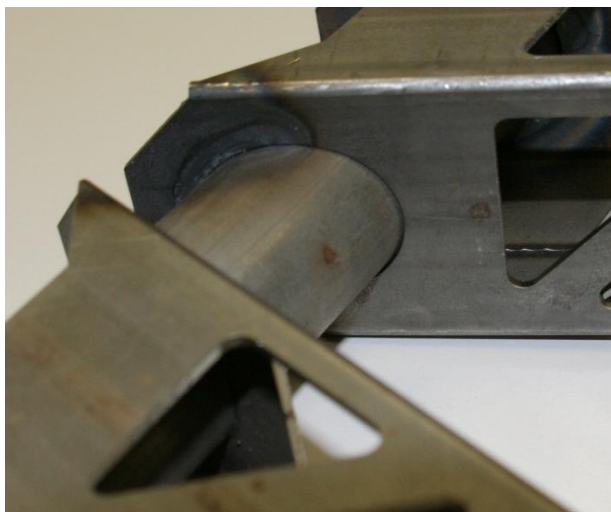
Productie

- Tijdens de productie van het frame zijn er geen moeilijkheden ontstaan, alle onderdelen konden gemaakt worden volgens tekening. De assemblage met de in elkaar schuivende delen verliep probleemloos.
- Zoals verwacht lukte het niet om het balhoofd rondom elke verbinding te lassen. Er is niet altijd voldoende ruimte om een lasapparaat te kunnen gebruiken. Wat de sterkte van de verbinding betreft worden ook op lange termijn geen problemen verwacht. Deze verbinding tussen frame en balhoofd bleek in het hoofdstuk 'sterkte berekening' zeer ruim onder de maximum belasting te blijven. Echter is een open naad wel erg gevoelig voor corrosie.

In het vervolg is het noodzakelijk dat alle naden van het frame waar lassen niet mogelijk is na gesoldeerd worden.

- Het frame past niet in de richtbank van Azor Bike, de zitbuis loopt te ver door onder de bracket voor de trapas.

Door de zitbuis recht af te zagen onder de bracket van de trapas wordt er precies genoeg ruimte gemaakt om het frame op de richtbank te laten passen.



Figuur 64 niet elke verbinding tussen framedeel en balhoofd kon rondom gelast worden



Figuur 65 De bracket voor de trapas kan niet ingeklemd worden in de richtbank

Sterkte

Het frame bleek in een gebruikstest sterk genoeg, met zware belading bleef het fiets frame heel, daarnaast bleef de fiets ook stijf aanvoellen.

De spijlen van de vakwerkconstructie zijn stevig genoeg, deze zijn niet gevoelig voor indeuking.

Vormgeving

- De vormgeving van frame was van te voren al goed zichtbaar dankzij de SolidWorks modellen. Het blijft jammer dat de voor- en achternok van het frame niet uit een vakwerk constructie gemaakt zijn. In het prototype is er gekozen voor een achternok uit ronde en ovale buizen. Een meer hoekiger maar evengoed dicht profiel als basis voor de achternok zal beter bij het frame passen, echter valt dan de voor-nok met rond en ovale buizen nog verder uit de toon bij de fiets wat de productie van een aparte voor-nok weer noodzakelijk maakt.
- De kleur zwart is een beetje onopvallend waardoor de fiets iets minder opvalt. In combinatie met de bruine handvaten heeft de fiets wat weg van de klassieke transportfietsen.

Door de fiets in een opvallendere felle kleur te lakken valt de fiets nog meer op, daarnaast kan zoals eerder genoemd een recht stuur en een gekleurd zadel met bijbehorende handvaten de fiets moderner maken.

Gebruik in de praktijk

- Tussen de nokken waarin de hoofdframebuizen in elkaar passen blijft een kleine kier zitten, aan de binnenkant is het niet mogelijk om deze verbindingen dicht te lassen. Doordat hier water tussen kan blijven staan bestaat het risico op een versneld corrosieproces. Dit zelfde geldt voor de aansluiting tussen balhoofd en framebuizen welke niet geheel rondom gelast zijn

Om te voorkomen dat er water tussen deze kieren kruipt kunnen deze kieren nagesoldeerd worden. Bij solderen hoeft het materiaal enkel warm gemaakt te worden, de warme soldeer vloeit er door capillaire werking in de kier.

- In de verbinding tussen de framedelen bij de trapas blijft soms water staan als de fiets schuin staat.

In de hoeken van het profiel moeten vlak bij de las twee kleine gaatjes geboord worden zodat dit water weg kan lopen, ook als de fiets schuin staat.

- De voorkant bij het balhoofd van de fiets is relatief scherp wat gevaarlijk kan zijn bij een aanrijding met een voetganger of een andere fietser.

Door het trommelen of afvijlen van deze onderdelen word de rand minder scherp, een andere optie is de voorkant van de profielen bij het balhoofd dicht te lassen met plaatmateriaal.

- Er kan geen voordrager gemonteerd worden op het frame

Door een montage beugeltje te maken kan er wel een voordrager geïnstalleerd worden.



Conclusie

Eisen

- x De 'buizen' van het frame bestaan uit een kleine vakwerkconstructie
 - De zitbuis en het balhoofd moeten een hoek van 67graden maken ten opzichte van de horizon deze moeten een loodrechte afstand van tot elkaar hebben van 580milimeter zodat de geometrie van het frame overeenkomt de aluminium transportfiets maat 61
 - De padding om een 28 inch achterwiel in te kunnen spannen moet het inspannen van het wiel mogelijk maken op de zelfde manier als de huidige Azor Bike fietsen
 - Frame moet een persoon van 100 kilogram kunnen dragen, ook als deze van een stoepje af fietst (150mm hoogte)
 - Het gewicht van het 61cm frame mag maximaal 6.5kg zijn
 - Montagepunten voor een standaard bagagedrager moeten aanwezig zijn
- ? Een voordrager moet gemonteerd kunnen worden
 - Een kettingkast moet kunnen worden gemonteerd
 - Spatborden moeten kunnen worden gemonteerd
 - Het prototype frame moet in Nederland door een al bestaande toeleverancier van Azor Bike geproduceerd kunnen worden

Wensen

- Een voordrager zoals Azor Bike deze op andere modellen levert moet gemonteerd kunnen worden
- 'Fat-Tire', dikke banden moeten gemonteerd kunnen worden
- Een achterspoel uit een bestaand frame kan gebruikt worden in dit frame om kosten laag te houden
- Een voordrager zoals Azor Bike deze op andere modellen levert moet gemonteerd kunnen worden
- ? Een Meerprijs van maximaal 400 euro te opzichte van de basisframes van Azor Bike
- ? Het frame moet als 'onbewerkt' metalen frame gebruikt kunnen worden zodat het een industriële uitstraling krijgt

Van de vooraf gestelde eisen is er aan één eis niet geheel voldaan, niet het hele frame bestaat uit 'buizen' met daarin een kleine vakwerk constructie. Zoals aangegeven in de concept keuze was de tijd binnen dit project te kort om te onderzoeken of een kleine vakwerkconstructie in de achterspoel sterk genoeg is en te produceren voor een goede prijs.

Aan de eis dat een voordrager kan worden gemonteerd is nu niet voldaan, hiervoor zal een montage beugeltje ontworpen moeten worden.

Het onbewerkte metalen uiterlijk van het frame is in het prototype niet gerealiseerd. Echter is het te verwachten dat een Verzinkt frame welke is gedompeld in een doorzichtige lak voldoende corrosie bestand is. Om dit met zekerheid te kunnen zeggen is hier echter nog een test voor nodig.

De prijs brengt ons gelijk naar de wens 'Een meerprijs van maximaal 400 euro ten opzichte van de basisframes van Azor bike'. De extra kosten van het vakwerkframe zijn nog niet bekend. De productieprijs van dit frame hangt onder andere af van de producent. Een

producent uit Azië zal veel goedkoper zijn dan een Nederlandse producent, het frame moet met de hand in elkaar worden gelast (voor beperkte oplages loont het niet om de productie te automatiseren) en de personeelskosten in Azië zijn veel lager. De vraag is echter of dan de beoogde maximum meerprijs van 400 euro gehaald kan worden en of de huidige Aziatische leveranciers van Azor Bike beschikken over apparatuur om kokerprofielen laser te snijden. Daarnaast heeft de oplage ook invloed op de productiekosten van het frame.

Vormgeving

Het grotere overkoepelende doel van het project was het creëren van een opvallend frame - welke doet denken aan een sierlijke vakwerkconstructie als de Eiffeltoren. In het kader van dit doel kan gesteld worden dat het project zeker geslaagd is. Ondanks dat de vormvrijheid van het frame beperkt is door productie (on)mogelijkheden en met het oog op de kosten is het resultaat toch een opvallend en mooi frame.

De eerste reacties op dit frame zijn dan ook positief, veel mensen vinden het iets bijzonders en sommigen vragen gelijk of het te koop is. Wel vinden veel mensen die het project gevolgd hebben het jammer dat het niet gelukt is het vakwerk door te trekken in de achtervork.

Het is zeker nog het proberen waard om de fiets in een moderne variant en opvallendere kleur samen stellen, hierdoor word de algehele look van de fiets meer afwijkend van retro transportfietsachtige.

Nader onderzoek

De punten waaraan nog niet geheel voldaan is en waar voor het eventuele in productie nemen van het frame nog nader onderzoek nodig is zijn al deels in de prototype evaluatie naar voren gekomen. Alle aanbevelingen voor verder onderzoek staan hieronder opgesomd.

- De voorkant van de profielen moet minder scherp gemaakt worden
- De roestpreventie moet getest worden, of het verzinken van het frame noodzakelijk is
- Een fiets samenstellen met moderne alternatieve onderdelen zoals genoemd in het hoofdstuk accessoires en afmontage.
- Een beugeltje voor montage van de voordrager
- Een offerte voor de productie prijs van het frame bij de huidige toeleverancier in Azië



Bijlage A

Naam fietsenmaker: Fietsje

Vestigingsplaats: Groningen

Meest relevante Merken: VanMoof, Azor, eigen bouw fixed gear

Opmerking: Hier komen ook veel mensen (vooral studenten) welke een Fixed Gear fiets willen, deze bouwen ze vaak (deels) zelf. Echter komen zie hier langs voor onderdelen/inspiratie of een complete fixie al dan niet aangepast naar eigen wensen.

Vragen

Is er bij u veel vraag naar een fiets welke opvallend is door accessoires of frame? (in welke verhouding):

Bijna alleen maar, vooral de Fixed Gear fietsen trend is nu echt overgewaaid uit New-York. Deze kopers willen vooral heel veel zelf kiezen en zelf aanpassen zodat de fiets echt uniek wordt. Echter zijn er ook veel vrouwen welke een luxe Azor fiets kopen en 150 euro bij betalen voor een eigen gekozen kleur. Ook kopen heel veel mensen voordragers met een kratje er op.

Welk budget hebben mensen voor z'n fiets over en verschilt dit met het budget wat ze voor een 'gewone' fiets over hebben?

De Fixed Gear fietsen bestaan vaak uit een goedkoop oud racefietsframe waarvoor rond de 300 euro onderdelen voor worden gekocht.

Het totale budget verschilt heel erg, van studenten met 300 euro voor een fixie tot jonge werkende tot over de 1000 euro

Wat is het profiel van de koper van een 'lifestyle' fiets?

-Leeftijd: Voor fixies 18 tot 25jaar voor unieke kleuren en voordragers 20 t/m 35jaar

-Beroep: Student, voor de rest heel verschillend.

-Woonplaats: Groningen

-gebruik van de fiets: voornamelijk in de stad ritjes van enkele kilometers. De oudere groep (jonge ouders) ook soms met fietstassen of iemand achterop. VanMoof wordt ook veel verkocht als fiets voor 'er bij' en gebruikt als stadsfiets als er niets vervoerd hoeft te worden.

-omschrijving qua stijl/kleding: Casual maar modieus.

-man/vrouw: De fixies mannen, VanMoof ook veel mannen maar in de leeftijd van 20 tot 50, vooral de ouderen 'gunnen' zichzelf een mooie fiets en zien het als iets bijzonders. 'Gewone' stadsfietsen met een aparte kleur en voordrager worden voornamelijk door dames gekocht .

Wat zoeken ze in een lifestyle fiets

-Uiterlijk: Een fiets welke echt persoonlijk is, mensen willen echt denken dat hun fiets uniek is.

-accessoires? Toch wel/geen (open)kettingkast, spatborden, bagagedrager,

versnellingen en hoe belangrijk is dit voor de koper? Vooral de voordrager wordt heel veel verkocht, dan blijft vaak een achterdrager achterwege.

-wat voor uitstraling/Imago willen de gebruikers zich aan laten meten? De gebruikers willen over het algemeen vooral een persoonlijke fiets. Ze willen niet wegvallen in de massa maar het gevoel hebben dat hun fiets uniek is.

Naam fietsenmaker: Brouwer Fietsen

Vestigingsplaats: Enschede

Meest relevante Merken: Dutch ID, Maze, Big Feet Bikes, Van Moof & Nirve

Vragen

Is er bij u veel vraag naar een fiets welke opvallend is door accessoires of frame? (in welke verhouding):

Echt andere fietsen heel erg weinig, er zijn wel wat mensen die als meest 'bijzondere' fiets een VanMoof fiets kopen maar de meeste mensen vinden een redelijk 'normaal' of een klassiek ontworpen frame met een fel kleurtje er aan, dikke banden en een voordrager opvallend/bijzonder genoeg. Uit eigen ervaring wist de fietsenmaker te vertellen dat echte bijzondere lifestyle fietsen meer in de randstad worden verkocht.

Het klassieke bruine frame welke een klein beetje op een fixed gear fiets met spatborden leek in de etalage werd niet verkocht. Mensen gaan in Enschede erg op veilig merkt de eigenaar op.

Welk budget hebben mensen voor z'n fiets over en verschilt dit met het budget wat ze voor een 'gewone' fiets over hebben?

Het budget varieert, sommige mensen willen binnen hun budget als het kan wat persoonlijkers of opvallends maar willen er niet extra voor betalen. Anderen hebben hier relatief veel geld voor over, zo werden special editions van VanMoof welke meer dan 300 euro duurder zijn dan een vergelijkbaar 'normaal' VanMoof model (850 tot 550 euro) snel en vaak verkocht.

Wat is het profiel van de koper van een 'lifestyle' fiets?

-Leeftijd: 18 tot 35 jaar.

-Beroep: Student, werkzaam in marketing, creatieve beroepen en veel docenten

-gebruik van de fiets: In de stad.

-omschrijving qua stijl/kleding: Casual maar zeer modieus tot trendsetter, opvallende kleding.

-man/vrouw: Vooral mannen

Wat zoeken ze in een lifestyle fiets

-Uiterlijk: Een fiets die anders is dan de fietsen van andere mensen.

-accessoires? Toch wel/geen (open)kettingkast, spatborden, bagagedrager, versnellingen en hoe belangrijk is dit voor de koper? Mensen besluiten een fiets te kopen op basis van het 'kale' model zonder accessoires, de meerderheid laat echter toch direct voordragers monteren.

-wat voor uitstraling/Imago willen de gebruikers zich aan laten meten? Ze willen gezien worden met een unieke fiets, laten zien dat ze modern/modieus zijn en daarmee tussen de massa uitspringen.

Naam fietsenmaker: Kok

Vestigingsplaats: Utrecht

Meest relevante Merken: VanMoof, Azor

Vragen

Is er bij u veel vraag naar een fiets welke opvallend is door accessoires of frame? (in welke verhouding):

Wij verkopen veel fietsen aan moeders welke er leuk uit zien en vooral praktisch zijn. De Ameland met zijn voordrager en grotere buizen is vooral populair. De 'hype' van VanMoof fietsen is nu eigenlijk wel voorbij, ze worden nog wel verkocht maar dit is niet zo veel meer. We willen wel graag een single speed/fixed gear- achtige fiets (hier is Azor Bike mee bezig en deze wordt binnenkort geïntroduceerd) omdat we sterke signalen krijgen dat hier veel markt voor is. Er zijn al meer mensen die een fiets kopen die van zichzelf een erg 'kaal'/minimalistisch ontwerp hebben zonder uitstekende kabels/remmen/bagagedragers/spatborden. Ook komt er steeds meer vraag naar niet veel voorkomende kleuren.

Welk budget hebben mensen voor z'n fiets over en verschilt dit met het budget wat ze voor een 'gewone' fiets over hebben?

Het budget varieert maar ligt vaak zo rond de 600 euro, hiervoor willen mensen dan een fiets die modern is (zoals de Ameland bijvoorbeeld). Sommige mensen willen ook wel een meer bijzondere fiets maar kunnen moeilijk iets vinden dat wel voldoet voor het fietsen in de stad. Deze mensen hebben hier zeker extra geld voor over, hun budget gaat vaak naar 1000 euro, de fiets moet dan wel dezelfde uitrusting kunnen bieden als een 'gewonere' fiets.

Wat is het profiel van de koper van een 'lifestyle' fiets?

-Leeftijd: Voornamelijk dertigers

-Beroep: Heel verschillend, niet iets wat er uit springt

-Woonplaats: Utrecht

-gebruik van de fiets: Stad

-omschrijving qua stijl/kleding: Modern en modieus maar niet opvallend

-man/vrouw: Voor fietsen als de VanMoof vooral mannen en praktische fietsen met een modern uiterlijk zoals de Vlieland worden iets meer door vrouwen dan mannen gekocht.

Wat zoeken ze in een lifestyle fiets

-Uiterlijk: Modern, sommige willen eigenlijk zich ook wat meer onderscheiden wat ze nu voornamelijk met kleur doen, maar er komt ook meer en meer een groep die een strakke fiets zoekt zonder niet bij het frame passende onderdelen.

-accessoires? Toch wel/geen (open)kettingkast, spatborden, bagagedrager, versnellingen en hoe belangrijk is dit voor de koper? Vooral de vrouwen willen behalve een goed rijdende niet te sportief zittende fiets ook dragers voor en/of achter, versnellingen en spatborden. Mannen vinden vaker dat de fiets vooral praktisch moet zijn voor het daadwerkelijk fietsen, een goede zit (niet te sportief) en geven minder om accessoires als bagagedragers.

-wat voor uitstraling/Imago willen de gebruikers zich aan laten meten?

Om imago geven de kopers eigenlijk niet, ze een moderne fiets die wat anders is als de huis tuin en keuken stadsfiets.

Naam fietsenmaker: Zwarte fietsplan

Vestigingsplaats: Amsterdam

Meest relevante Merken: VanMoof, Azor, Dutch ID, Johnny Loco

Vragen

Is er bij u veel vraag naar een fiets welke opvallend is door accessoires of frame? (in welke verhouding):

Vooral door het frame, vooral de VanMoof doet het goed maar dat komt voor het grootste deel door de marketing die er rond deze fiets zit denk ik.

Welk budget hebben mensen voor z'n fiets over en verschilt dit met het budget wat ze voor een 'gewone' fiets over hebben?

Veel mensen hebben maar beperkt extra budget over voor een 'aparte' fiets, ze accepteren vaak iets mindere kwaliteit (VanMoof) of besteden iets meer geld (tot 300 euro extra).

Wat is het profiel van de koper van een 'lifestyle' fiets?

-Leeftijd: 18-35

-Beroep: Creatieve beroepen: ontwerpers, reclame

-Woonplaats: Amsterdam

-gebruik van de fiets: Stad

-omschrijving qua stijl/kleding: Modieus maar geen trendsetters, wat sportief

-man/vrouw: Bijna alleen maar mannen

Wat zoeken ze in een lifestyle fiets

-Uiterlijk: Een sportieve strakke fiets zonder te veel onderdelen.

-accessoires? Toch wel/geen (open)kettingkast, spatborden, bagagedrager, versnellingen en hoe belangrijk is dit voor de koper? Ongeveer 50 a 60% van de mensen koopt een voordrager, bij fietsen als een VanMoof is dit een stuk minder (30 a 40%), deze mensen willen vaak juist geen drager omdat dit het ontwerp verstoort en ze toch niet zo vaak iets mee nemen wat op een drager moet.

-wat voor uitstraling/Imago willen de gebruikers zich aan laten meten? Zie verder opmerkingen/conclusies uit gesprek

Verdere opmerkingen/conclusies uit gesprek:

Deze fietsenmaker benadrukt dat veel mensen vooral voor de marketing en het imago van bepaalde fietsen vallen. Vooral VanMoof doet het heel erg goed op dat gebied omdat deze elke design prijs, speciale editie en elk evenement waar ze mee betrokken zijn pluggen in zo veel mogelijk media (vooral Facebook). Hiermee kopen de mensen eigenlijk vooral een imago van via de VanMoof fiets en is eigenlijk het beeld eromheen bijna belangrijker dan de fiets zelf.

Persoon uit doelgroep:

Achtergrond: Student, 21 jaar heeft onlangs een VanMoof fiets gekocht.

Wat was de reden dat je een VanMoof fiets hebt aangeschaft?

Ik wilde heel graag een simpele en functionele stadsfiets. Vooral stevig en makkelijk in gebruik. Licht en onderhoudsvrij waren mijn eisen voor het uitzoeken van een nieuwe fiets. Uiteindelijk naar de fietsenmaker gegaan en wat rondgekeken en kwam tot de conclusie dat de VanMoof even duur was als een normale Batavus of Gazelle. Daarentegen zijn de looks van de VanMoof wel echt duizenden keren beter dan een gemiddelde stadsfiets.

Ben je jezelf er van bewust dat je je met deze fiets onderscheidt van de fietser op de gewone 'huis tuin en keuken' stadsfiets?

Ja en dat vind ik helemaal niet erg. Graag iets afwijkends maar toch praktisch. Ik zoek iets wat ik fijn vind om te gebruiken en wat andere vinden boeit mij vrij weinig.

Vind je dit belangrijk (Dat je op je fiets opvalt ten opzichte van andere fietsers) en was dit een van de aanschafredenen voor je huidige fiets?

Ik vind het wel belangrijk maar het was niet de hoofdreden voor de huidige fiets. Ik heb een basislijst gemaakt voor mijn fiets wat ik minimaal wil hebben en vanuit dat punt heb ik gekeken naar wat allemaal kan. De VanMoof kon ook binnen dit lijstje. Het is wel veel leuker om uiteindelijk met iets unieks over de weg te gaan.

Hoe vaak fiets je en welke afstanden fiets je met de fiets?

Ik fiets elke dag en de gemiddelde afstand per dag is 30KM.

Wat is/was je budget voor een nieuwe fiets?

Mijn budget was 500 tot 600 euro. Uiteindelijk 448 euro besteed aan de fiets met alles erop en eraan.

Zeer goede deal gesloten omdat ik mijn vorige fiets heb ingeruild en daar weer korting voor heb gekregen en omdat de fietsenmaker zelf een prutser was en niet alles goed heeft geregeld en tegen mij heeft gelogen heeft hij er nog eens wat meer korting afgegooid. Uiteindelijk voor de prijs van een kale VanMoof een aangeklede gekregen.

Heb je meer budget over voor een fiets als deze qua uiterlijk unieker (terwijl hij even praktisch bruikbaar is) is en zo ja hoeveel meer?

Nee, had mijzelf een maximum gesteld en een minimum aan eisen en daarbinnen gekeken naar wat allemaal kon. Meer hoeft niet dan accepteer ik een "saaier" fiets ook gewoon want je komt er ook gewoon mee vooruit en je kan er ook mee in het donker fietsen.

Heb je op je huidige fiets een bagagedrager, dichte kettingkast, versnellingen, verlichting en wat voor remmen (terugtrap of handremmen)?

Mijn uitrusting is: Bak voorop met houder, open kettingkast, 3 versnellingen, een handrem alleen voor mijn voorwiel, terugtraprem en geen bagagedrager. Voor de rest nog een standaard en een fietsbel.

Zijn de accessoires die je gemonteerd hebt absoluut noodzakelijk voor jouw fiets of had je ook zonder deze functies de fiets gekocht.

Met minder had ik het ook wel gekund. Alleen zijn die extra's die ik besteld heb gewoon fijn om te gebruiken.

Verder nog wat algemene vragen:

Hou oud ben je en wat voor beroep/functie/studie heb je?

21 jaar oud en ik ben scholier/student aan het MBO niveau 4 sprint. Dus in 2 jaar. Deed HBO toen ik de fiets uitzocht en aanschafte

Woonplaats Groningen toch?

Woonplaats is Eelderwolde. Net naast Groningen. Ongeveer 100 meter van de stads/provinciegrens af. Maar voor het gemak is Groningen makkelijker om te zeggen want iedereen kent de stad wel en ongeveer de ligging.

Hoe zou je jezelf qua kledingstijl omschrijven, draag je veel accessoires (shawltjes/armbandjes/horloges)

Ik zou mijn kledingstijl omschrijven als casual. Overhemden met ruitpatroon met daaronder T-shirts en meestal een spijkerbroek maar mocht het nodig zijn een pantalon of iets in die richting. Schoenen zijn of Floris van Bommel of Skateschoenen van diverse merken. Voor de rest vrij weinig aan extra dingen.

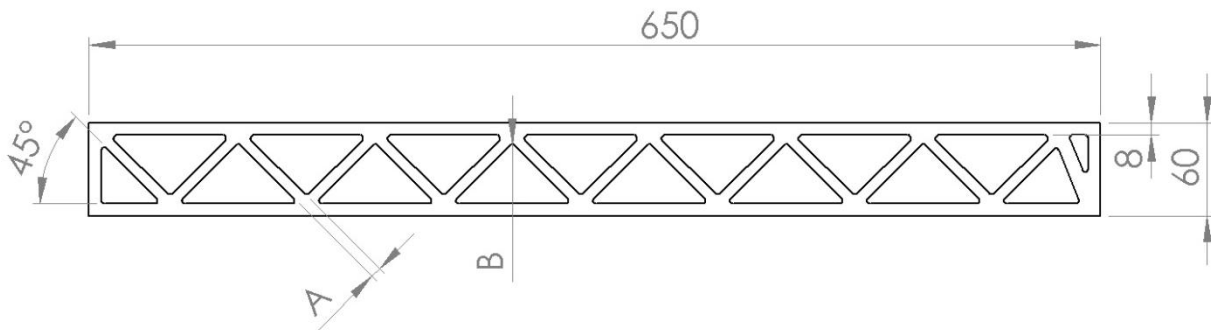
Heb je veel gadgets, geef eens een paar voorbeelden en is daarin vaker de specificaties uit eindelijk doorslaggevend of het design?

Ik heb veel gadgets maar meestal is de keuze hiervoor op hetzelfde principe gebaseerd als het uitkiezen van de fiets. Ik stel een minimum van eisen waar een telefoon aan moet voldoen en meestal een maximum aan budget. Een aantal zijn dingen die er minimaal op moeten zitten en de overige dingen zijn optioneel maar leuk als het kan binnen het budget.

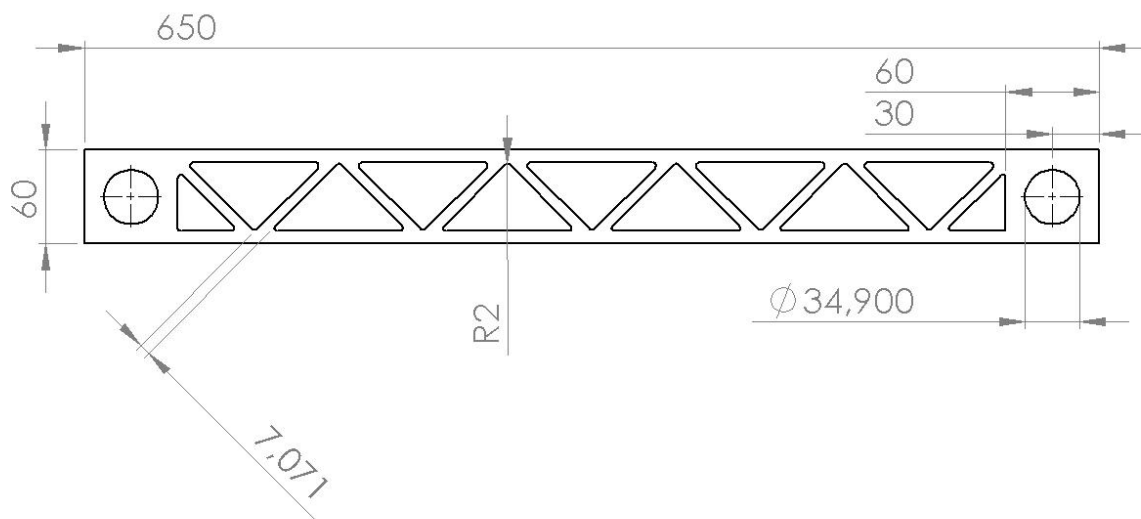
Uiteindelijk geeft het design wel de doorslag maar als het maar aan het minimum aan eisen voldoet. Dit geldt voor alle dingen en stevigheid is bijna altijd wel eentje. Daarnaast moet het bruikbaar zijn in het dagelijkse leven maar ook voor school of werk is het prettig om ermee te werken.

Het leukste uiteindelijk is wel om met je eisen en je budget het meest unieke uit te kiezen. Het geeft als het ware een kick als je het echt goed gelukt is.

Bijlage B



Onderdeel	Dimensie A	Straal B	Plaatdikte	Opmerking
Overlappende spijlen	14.142mm	0mm	5mm	Overlap in spijlen (zie Fig. 17)
Niet overlappende spijlen	14.142mm	0mm	5mm	Geen overlap in spijlen (zie Fig. 18)
Sterkte/Stijfheid recht framedeel	7.071mm	2mm	2mm	Overlap in spijlen (zie Fig. 17)
Mogelijke verbinding met balhoofd en topbuis (enkel zijanten)	7.071mm	2mm	2mm	Geen overlap in spijlen (zie Fig. 18)
Moment	10mm	3mm	2mm	Overlap in spijlen (zie Fig. 17)



Figuur: Boven/Onderkant 'Mogelijke verbinding met balhoofd en topbuis'



Referenties

-
- ¹ ThickBikes, www.Thickbikes.com, 5-dec-2011
 - ² Velospace.org, www.velospace.org/node/3157, 5-dec-2011
 - ³ Delta7 Bikse, www.delta7bikes.com, 5-dec-2011
 - ⁴ Calfee design, www.Calfeedesign.com, 5-dec-2011
 - ⁵ Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ⁶ Dhr. E. Dreijer, Aarding Cutting Technologies B.V., Hoogeveen.
 - ⁷ Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ⁸ Dhr. E. Dreijer, Aarding Cutting Technologies B.V., Hoogeveen.
 - ⁹ Kepser Pro-Metaal, www.kepser.nl, 23-November-2011, Cuijk.
 - ¹⁰ Roloff, Matek (1996) Machine-onderdelen, 2^e druk 1^e oplage. Schoonhoven, Academic Service
 - ¹¹ Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ¹² Eger, A.O., Bonnema, M., Lutters, E., Voort, M v/d. (2008). Productontwerpen. 3e druk. Den-Haag, Uitgeverij Lemma.
 - ¹³ Roloff, Matek (1996) Machine-onderdelen, 2^e druk 1^e oplage. Schoonhoven, Academic Service
 - ¹⁴ CES Edupack 2011 level 3
 - ¹⁵ Scribd, www.scribd.com/doc/52908957/DeLorean-DMC-12. 20-dec-2011
 - ¹⁶ LOKO-Gramsbergen b.v. Gramsbergen, www.galvaniseren.com
 - ¹⁷ Dhr. H. Baas Azor bike b.v. Hoogeveen
 - ¹⁸ Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ¹⁹ G. Aldering en Zn b.v. Westerhaar, www.aalderink-coating.nl
 - ²⁰ Kamp Coating b.v. Apeldoorn, www.kampcoating.nl
 - ²¹ Kamp Coating b.v. http://www.kampcoating.nl/pdf/technische_brochure.pdf 20-dec-2011
 - ²² Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ²³ Kals, H.J.J., Buiting-Csikós Cs., van Luttervelt C.A., Moulijn K.A., Ponsen, J.M., Streppel, A.H. (2007). Industriële Productie, Het voortbrengen van mechanische producten. 4^e druk 2^e oplage. Den Haag: Sdu Uitgevers.
 - ²⁴ Vogelvrije fietser, http://www.vogelvrijefietser.nl/media/vvf-1-2010-p2226_stadsfietsen_onnodig_traag.pdf (Januari 2011), 16-jan-2011.
 - ²⁵ Hebie, <http://www.hebie.de>, 16-jan-2012