

Bachelor verslag, Industrieel Ontwerpen

OVERDEKKING

in opdracht van:



Matthijs Ariëns

UNIVERSITEIT TWENTE.

VOORWOORD

Dit verslag is geschreven naar aanleiding van de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De opdracht is uitgevoerd in opdracht van Maandag Meubels uit Arnhem. Dit verslag laat zien welke processen zijn doorlopen, welke keuzes zijn gemaakt en wat het uiteindelijke resultaat is van de opdracht.

Graag wil ik de mensen bedanken die me hebben geholpen gedurende het uitvoeren van de opdracht. Kodjo Kouwenhoven voor de ontspannen en toegankelijke begeleiding tijdens deze opdracht en Robert Wendrich voor zijn motiverende en uitdagende begeleiding vanuit de Universiteit Twente.

OVERDEKKING

Matthijs Evan Ariëns
s0192430
Industrieel Ontwerpen

De afsluitende presentatie vindt plaats op: 01 - 11 - 2012

Bedrijf

Maandag Meubels
St. Antonielaan 294
6821GN Arnhem

Examencommissie

Voorzitter: dr.ir. H.J.M. (Bert) Geijselaers
Universiteitsbegeleider: ing. R.E. (Robert) Wendrich
Bedrijfsbegeleider: ing. K. (Kodjo) Kouwenhoven

INHOUD

| | |
|-------------------|----|
| Samenvatting | 6 |
| Summary | 7 |
| Inleiding | 8 |
| Vooronderzoek | 9 |
| Ontwerpkader | 16 |
| Concept generatie | 17 |
| Detailering | 24 |
| Conclusie | 36 |
| Aanbevelingen | 37 |
| Bronnen | 38 |
| Appendix A t/m D | 39 |

SAMENVATTING

Dit verslag beschrijft een onderzoek naar de mogelijkheden van een nieuw materiaal wat gebruikt kan worden voor bijvoorbeeld een parasol. Dit materiaal is ontwikkeld door het bedrijf Shelter tents en ontdekt door Kodjo Kouwenhoven van Maandag Meubels. Het belangrijkste verschil met de huidige materialen die gebruikt worden voor parasols is dat dit materiaal rekbaar is, dit biedt veel nieuwe mogelijkheden.

Deze mogelijkheden worden onderzocht aan de hand van een ontwerpproces. Tijdens dit proces wordt een overdekking ontwikkeld. In eerste instantie gaat dit om een overdekking waarbij het water centraal wordt afgevoerd maar tijdens het proces blijkt dat een verbreding meer perspectief biedt. Een uitgebreid vooronderzoek laat zien wat er mogelijk is en wat er mogelijk zou kunnen zijn. In het ontwerp kader wordt vervolgens een uitgangspunt voor de ideeontwikkelingsfase vastgesteld:

Het ontwerptraject zal zich focussen op een versmelting tussen Eschers theorie over het schakelen van vormen en de waterafvoer en -afstoot eigenschappen uit de natuur, daarnaast dient Frei Otto als een grote inspiratie bron en wordt het geheel aangevuld met mijn eigen bevindingen die in het vooronderzoek omschreven staan.

Dit levert na een uitgebreide conceptgeneratie drie concepten op. Eén van deze concepten onderscheidt zich omdat deze modulair is. In samspraak met de opdrachtgever wordt voor dit concept gekozen en na een proces van detaillering staat er een uitgewerkt concept. Naast de theoretische uitwerking is een zichtmodel gemaakt waaruit het gedrag van het flexibele materiaal blijkt.

Het gehele proces belicht de mogelijkheden die het materiaal te bieden heeft, samen met het uiteindelijke ontwerp en een advies vormt dit het eindresultaat van de opdracht. Om dit resultaat te kunnen realiseren moeten er nog een aantal zaken uitgezocht worden, bijvoorbeeld de geometrie van de verankering of het experimenteren met andere vormen.

Het uitgevoerde onderzoek biedt veel perspectief, ook de afgewezen concepten kunnen bijvoorbeeld verder uitgewerkt worden. Deze bachelor opdracht kan daarom een start zijn voor de ontwikkeling van veel meer verschillende overdekkingen.

SUMMARY

This report describes a study on the possibilities of a new material that, for instance, can be used for an umbrella. This material is developed by the company Shelter Tents and discovered by Kodjo Kouwenhoven from Maandag Meubels. The main difference with the current materials used for umbrellas is that this material is stretchable, it offers many new features.

These possibilities are examined during a design process. During this process, a shelter has developed. Initially, this relates to a shelter in which the water is discharged centrally but during the process a wider view gives more possibilities. An extensive research shows what is possible and what could be possible. The design framework is then determined as a starting point for the idea-development phase:

The design process will focus on a fusion between Escher's theory about linking forms and the drainage and repelling properties from nature, in addition, Frei Otto is a great source of inspiration and this will be supplemented with my own findings in the pre-research.

This results after an extensive concept generation in three concepts. One of these concepts is distinguished because it is modular. After a consultation with the client this concept is chosen and after a process of detailing a fully developed concept is made. Besides the theoretical approach a model has been made which shows the behavior of the flexible material.

This whole process highlights the possibilities that the material has to offer, together with the final design and an advise these are the final results of the assignment. In order to realize this result there are some issues that has to be investigated, such as the geometry of the anchorage or experimenting with different shapes.

This research offers good prospects; even the rejected concepts can be developed further. This bachelor assignment can therefore be a first step in the development of many more different shelters.

INLEIDING

Inleiding

Voor ontwerp bureau Maandag Meubels uit Arnhem (<http://www.maandagmeubels.nl>) is de afgelopen maanden een ontwerp opdracht uitgevoerd. Naar aanleiding van een door Shelter tents¹ ontwikkeld materiaal bedacht Kodjo Kouwenhoven een concept voor een overdekking waarbij het water centraal wordt afgevoerd. Eén van de belangrijkste eigenschappen van dit materiaal is de rekbaarheid. De materialen die tegenwoordig gebruikt worden voor allerlei overdekkingen zijn niet of nauwelijks rekbaar. Dit materiaal rekt echter in één richting 5% en in de andere 10%. Shelter Tents gebruikt dit materiaal om **flexibel op te bouwen tenten** te kunnen produceren.



Flexibele tent van Shelter Tents.

Naast deze flexibiliteit voldoet het materiaal ook aan de strengste brandveiligheidseisen (M2 certificering, Franse brandveiligheid indicatie) en het doek is 100% waterbestendig.

Bredere Scope

Na de eerste week bleek het eerder gemaakte plan van aanpak te vernauwend. Om de mogelijke oplossingen zo breed mogelijk te interpreteren is er een breder blikveld vastgesteld. In plaats van de eerder vastgestelde omschrijving: "Het ontwikkelen van een Festivaltent waarbij het water centraal wordt afgevoerd.", is de volgende omschrijving vastgesteld: Het ontwikkelen van een overdekking waarbij water wordt afgevoerd.

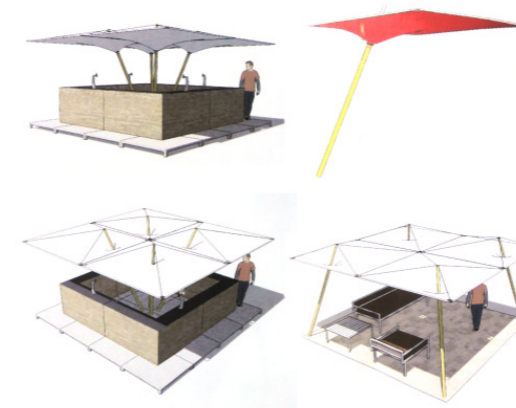
Gevolg van deze verbreding is een veel groter scala aan mogelijke oplossingen, een overdekking kan behalve een tent nog veel meer zijn. Daarnaast moet het water wel afgevoerd worden, maar misschien helemaal niet centraal. In het vooronderzoek zijn de voordelen van deze verbrede scope duidelijk zichtbaar.

Doelen

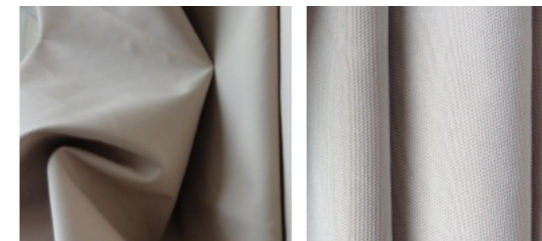
In het begin van het ontwerptraject zijn een aantal doelen vastgesteld. Het hoofddoel van deze opdracht is het onderzoeken van de levensvatbaarheid van een overdekking met geïntegreerde waterafvoer en hier een advies over uitbrengen richting de opdrachtgever.

Daarnaast is een ander belangrijk (persoonlijk) doel om een geheel ontwerptraject te doorlopen en er niet alleen een klein deel van te belichten.

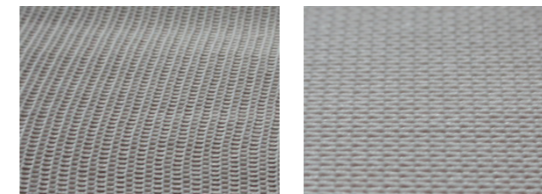
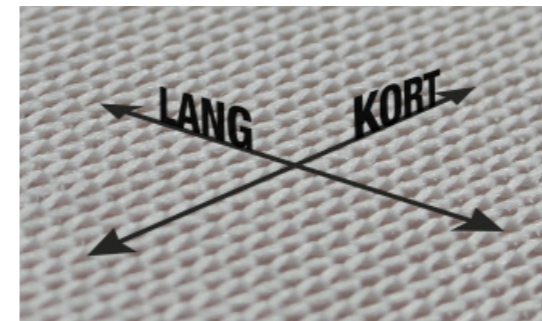
Het uiteindelijke doel en resultaat wordt gevat in een advies richting Maandag Meubels, hierin wordt de haalbaarheid van het concept beoordeeld. Er wordt naar gestreefd om ook een schaalmodel van het uiteindelijk ontwerp te realiseren.



Het concept idee van Maandag Meubels.



Buitenkant (links) en binnenkant van het materiaal.



Tulipano.

Concept idee

Uit het plan van aanpak:

Maandag meubels heeft enige jaren geleden het idee gevat om een festivaltent te ontwikkelen waarbij het water afgevoerd wordt via een poot in het midden van **de overdekking**. Dit voorkomt het water dat bij de huidige tenten aan vier kanten naar beneden stroomt. Dit idee heeft een tijd stil gelegen maar sinds kort is er via een tenten producent doek beschikbaar dat dit idee nieuw leven in kan blazen. Deze stof is namelijk waterdicht en rekbaar, hierdoor kan bijvoorbeeld eenvoudig een trechter gevormd worden. De tekeningen hiernaast zijn al gemaakt door Kodjo, dit geeft een goed beeld van het idee dat er nu is.

VOORONDERZOEK

De belangrijkste resultaten van het vooronderzoek zijn gevat in een uitgebreid mind map. Aan de hand van (uitsneden uit) deze mind map wordt dit traject doorlopen. De volledige mindmap staat in Appendix A.

Materiaal

Het materiaal dat ontwikkeld is door Shelter tents is rekbaar in twee richtingen. In de ene richting heeft het een veel langere rek dan in de andere richting.

De rek in twee richtingen is een gevolg van het weef-type dat gebruikt is. In dit geval bestaat de onderste laag uit een gebreide stof, dit zorgt ervoor dat over de 'lange' kant de stof een klein beetje rekt en over de 'luse' kant de stof veel meer rekt, op de afbeeldingen hiernaast is dit goed te zien.

Shelter tents wil geen technische informatie kwijt over dit materiaal, vandaar dat er nu nog weinig over te vermelden is. Op basis van de tenten die ermee gerealiseerd worden kan wel een goede inschatting gemaakt worden van wat de mogelijkheden zijn.

Bestaande oplossingen voor waterafvoer

Er zijn een aantal interessante overdekkingen die het regenwater afvoeren of het water op een andere manier functioneel gebruiken. Hieronder worden drie van deze overdekkingen besproken.

Tulipano²

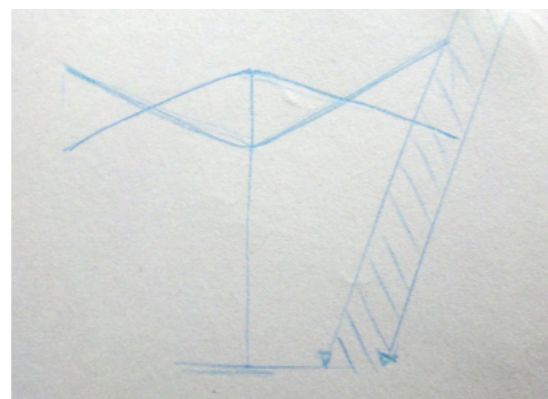
De Tulipano is een terras parasol waarbij het water via de poot wordt afgevoerd. De vorm van de parasol is een achthoek en de curve die iets naar binnen loopt wordt gerealiseerd door aan elkaar gelast doek. Deze vorm is dus niet dubbel gekromd, het zijn 8 driehoeken die langs de lange kant aan elkaar verbonden zijn.

Een nadeel van de Tulipano is dat hij niet geschakeld kan worden, er is alleen een achthoek verkrijgbaar, dus deze parasol staat vaak op zich-

¹http://www.sheltertenten.nl/informatie_over_de_shelterflextenten.html

²<http://www.parasols.nl/tulipano.html>

zelf. Tevens is de vorm niet ideaal voor regenval. Regen valt doorgaans onder een hoek, bij een reguliere parasol sta je al snel droog wanneer je er onder loopt, maar bij de Tulipano is het hoogte verschil precies **omgekeerd**. De overdekking zou dus eigenlijk lager moeten zitten, maar dan is er minder ruimte onder de parasol. Het water dat wordt afgevoerd heeft verder geen functie.



Verskil in regen bescherming tussen een reguliere parasol en de Tulipano.

Fontijn bar³

De Fontijnbar gebruikt het water op een decoratieve manier door middel van een aantal fontein en waterspuwers. Doordat het een gesloten systeem is hoeft er geen water aangevoerd te worden maar met een eenvoudige aanpassing kan het water dat tijdens de regen opgevangen wordt natuurlijk gebruikt worden door de fontein en water spuw ers. Zoals de naam al zegt wordt de overdekking gebruikt als bar. Deze bar wordt vaak op grotere evenementen ingezet.



Fontijn bar

Inverted Umbrella van Frei Otto⁴

Frei Otto heeft in 1977 voor een concert tour van Pink Floyd een 'umbrella' ontworpen en gerealiseerd. Er is hier geen sprake van een waterafvoer maar de vormtaal is erg interessant. Frei Otto heeft erg inspirerende overdekkingen ontworpen en gemaakt, vandaar dat zijn werk in dit verslag nog uitgebreider besproken zal worden.



Inverted Umbrella

Technische gegevens⁵ en vorm

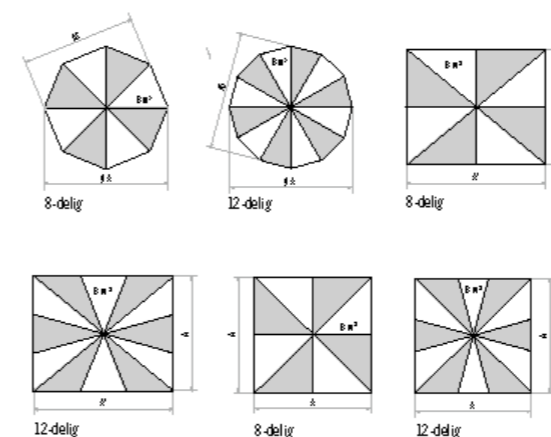
Om een goed beeld te krijgen van wat de technische mogelijkheden zijn van een overdekking is er onderzoek gedaan binnen de parasol sector. Onder andere het formaat, gewicht en de gebruikte materialen zijn hierin meegenomen. Hieronder staat een overzicht waarin de eigenschappen weergegeven zijn, waar nodig is een minimum en maximum aangegeven.

| Materialen | |
|--------------|------------------------|
| Frame | Hout |
| | Aluminium |
| | Staal |
| Overspanning | Katoen |
| | Canvas |
| | Acryl (300gr/m2) |
| | Polyester (250gr/m2) |
| | Polyester staple fiber |
| | Polyester spuncrylic |
| | Poly-propyleen olefin |

³http://www.vofdefontijn.nl/site/?id=10

⁴Princeton Architectural Press, Nerdinger Winfried, Frei Otto: Complete Works (2001), Birkhäuser Verlag Ag, Würzburg

⁵http://www.mulderijsoleil.nl/Glatz_Contract_Katalog11_NL_ans.pdf



Een aantal bovenaanzichten van huidige parasols.

Afmetingen

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| Oppervlakte | Tot 700 x 700 cm |
| Doorloop hoogte (uitgeklapt, rand)) | Van 200 tot 264 cm |
| Hoogte (Ingeklapt, top) | Tot 565 cm |
| Fundering | Tot 150 x 150 cm |
| Gewicht | Van 5 tot 254 kg. |

Natuur

| | |
|-------------------|------------------------|
| Zonbescherming | UPF 50+ (98% UV-dicht) |
| Windbestendigheid | Van windkracht 4 tot 8 |
| Regenverwerking | Niet bekend |

De **vetgedrukte** eigenschappen zijn degene die het meest voorkomen.

Er zijn een aantal **reguliere vormen** die veel terug komen bij parasols.

De vorm bepaald vooral op welke manier een parasol geschakeld kan worden. Alleen de polygonen zijn met meerdere te schakelen, de ronde vormen zijn dus niet geschikt om in een groter geheel ook regen tegen te houden. Pas bij het gebruik van een zeshoek of kleiner kan er met één vorm een grotere overdekking gemaakt worden. Bij een achthoek kan bijvoorbeeld een kleine vierhoek toegevoegd worden die de overdekking compleet maakt.

In appendix B is een overzicht gegeven van de verschillende overdekkingen die op de markt zijn, behalve de geometrische vorm komen hier ook de esthetische aspecten naar voren.

Schakelingen en vorming

Wanneer een overdekking waterdicht moet zijn is het handig als er vanuit één basis vorm geschakeld kan worden met die zelfde vorm. Op deze manier kan iedere willekeurige oppervlakte waterdicht overdekt worden. In deze zoektocht naar schakelingen, ritmes en puzzels is M.C. Escher naar voren gekomen.

M.C. Escher⁶

Het grafische werk van Escher bestaat uit veel verschillende soorten kunst. Een groot deel van zijn werken trekt de waarheid in twijfel, gezichtsbedrog zorgt hier voor veel verwarring. Daarnaast heeft hij zich ook veel bezig gehouden met het schakelen van vormen en het ontwikkelen van visuele reeksen van aansluitende vormen.

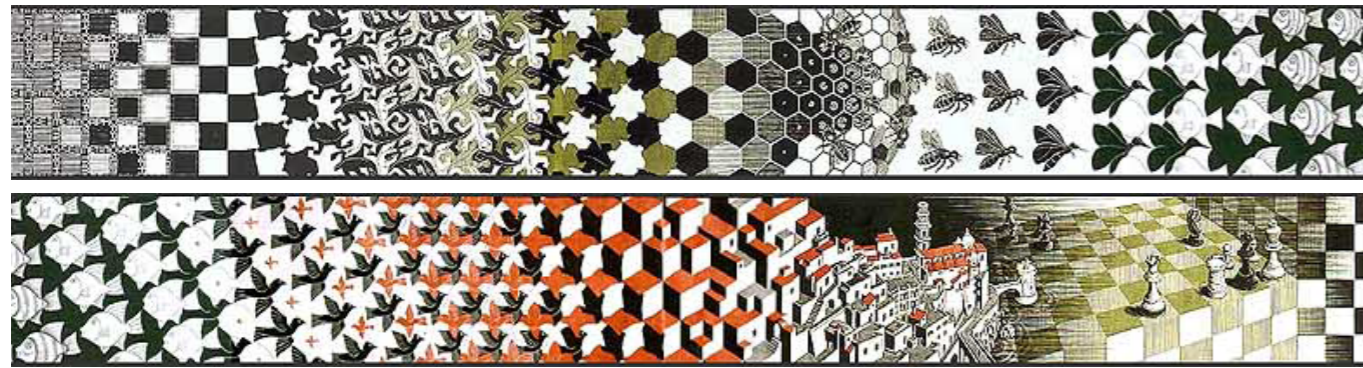
Metamorfose (te zien op de volgende pagina) is één van zijn meest bekende werken, hierin veranderen vormen langzaam van de ene gedaante in de andere. Het mooie aan dit werk is dat je een klein beetje kunt zien op welke manier hij de vorm schakelbaar maakt.

Achter deze kunstwerken zit een geometrische truc. In het werk met de **salamanders** is dit goed te zien. Door als basis uitgangspunt een zeshoek (die oneindig aan elkaar geschakeld kan worden) te nemen kan hij een gigantisch groot aantal verschillende figuren genereren.



Salamanders van Escher

⁶F.H. Bool, J.R. Kist, J.L. Locher, F. Wierda e.a., Leven en werk van M.C. Escher (1981), Meulenhoff & co BV, Amsterdam



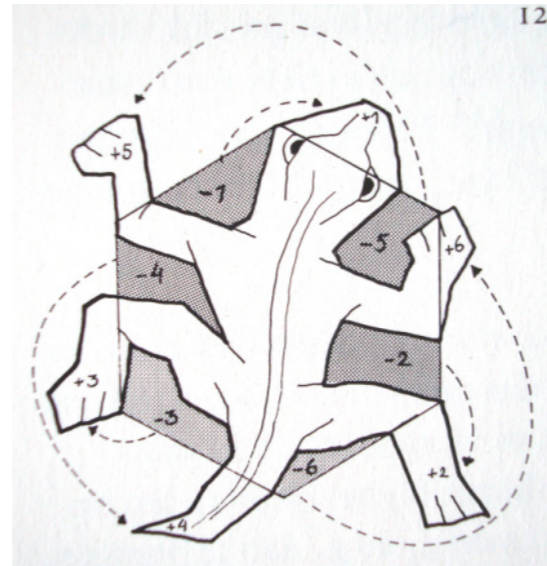
Metamorphose

Door aan deze vorm in dit geval de kenmerken van een salamander te geven ziet het er al snel gecompliceerd uit.

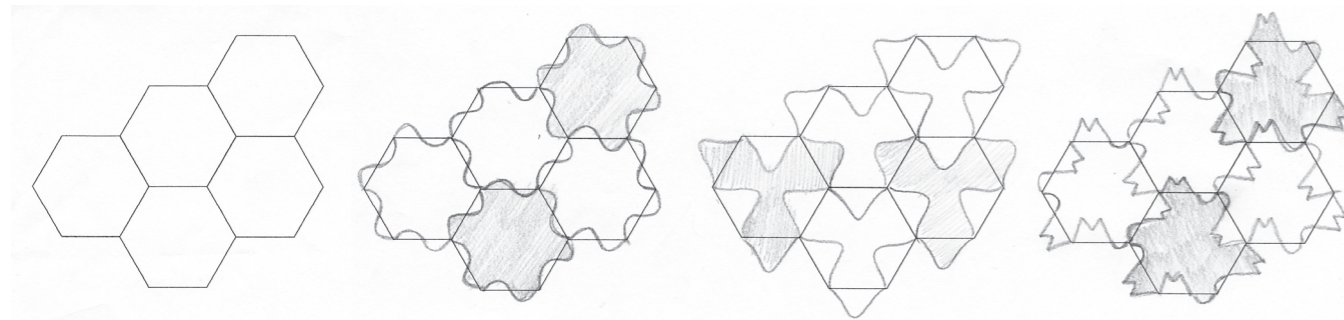
In de **salamander** is de zeshoek als uitgangspunt duidelijk terug te zien. Door een 'uitstulping' ook telkens weer naar binnen te laten komen is zeker dat een duplicaat van dezelfde vorm op die plek geschakeld kan worden.

In de salamander kan de vorm niet gedraaid geschakeld worden, dit kan alleen als er om en om drie gelijke uitstulpingen naar binnen herhaald worden.

Na wat schetsen is het eenvoudig om zelf soortgelijke vormen te maken. Door consequent de theorie te volgen kun je draaibare of niet draaibare vormen maken die oneindig geschakeld kunnen worden.

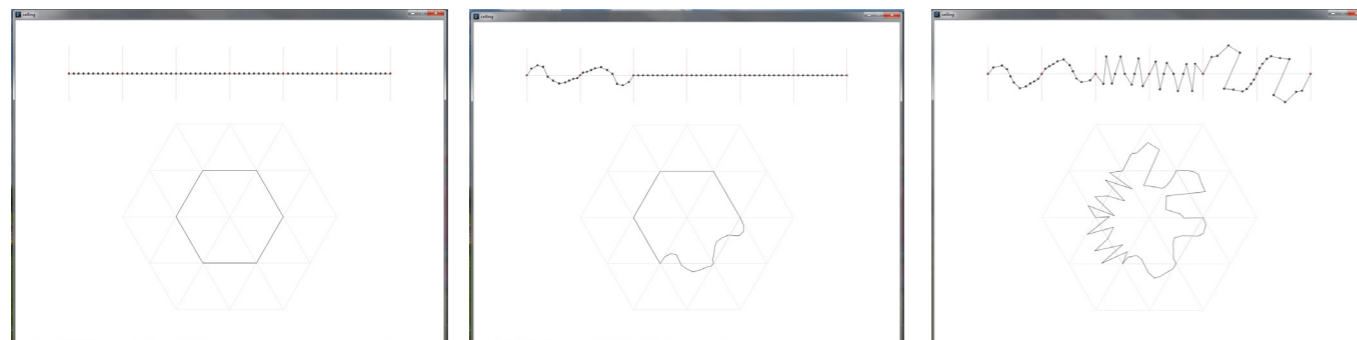


Schakel theorie van Escher visueel uitgelegd.

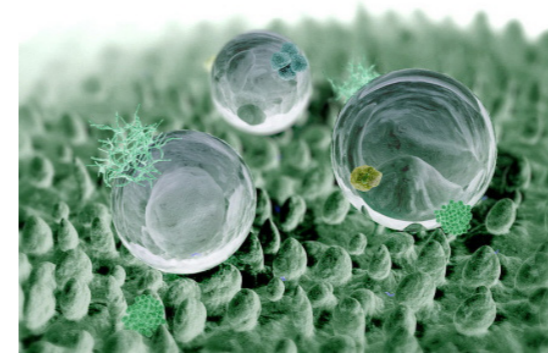


Eigen schetsen om het principe van Escher te doorgronden.

Om dit proces sneller te kunnen doorlopen is in samenwerking met Robbert de Vries een applicatie ontwikkeld waarmee dit soort vormen gegenereerd kunnen worden. De screenshots hieronder geven een goed beeld van de mogelijkheden die deze applicatie biedt.



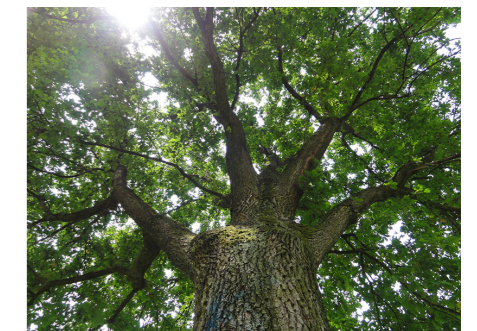
Screenshots van de applicatie waarmee schakelbare zeshoeken gegenereerd kunnen worden.



Effect van een Lotusplant.



Waterafvoer in een plant.



Verschillende planten die op een slimme manier water verwerken of zonlicht opvangen.

Water afvoer

Behalve het schakelen is de waterafvoer ook een belangrijke eigenschap van de overdekking. Het afvoeren van water is iets wat veel voorkomt in de natuur, verschillende bomen en planten hebben gedurende de evolutie intelligente manieren ontwikkeld om water af te stoten en af te voeren. De **Lotus plant** is hiervan één van de bekendste. Deze plant staat bekend om zijn water en vuil afstotende eigenschappen. Deze door de natuur ontwikkelde techniek wordt tegenwoordig in verschillende coatings verwerkt om allerlei materialen water en vuil afstotend te maken⁷. Ook de afvoer van water wordt door planten op een slimme manier gedaan. Soms om water af te voeren en soms om het water naar de wortels te **geleiden**.

Naast de water afvoerende eigenschappen van bladstructuren is ook de vorm een stuk interessanter dan huidige overdekkingen. Om via fotosynthese zo veel mogelijk energie te verkrijgen is de positie van de bladeren vaak erg gunstig en bedekt bijvoorbeeld een boom met zo min mogelijk bladeren een zo groot mogelijk oppervlak. Dit kan bij een lichtgewicht constructie een interessante bron van inspiratie zijn.

Functionaliteit

Zowel het verwijderen van zonlicht als het afvoeren van regen zijn belangrijke functies van de overdekking. Deze twee eigenschappen zouden voor nog meer functionaliteit kunnen zorgen, zo levert zonlicht veel energie op via bijvoorbeeld zonnepanelen en water kan via een turbine ook omgezet worden in energie. Adam Miklosi⁸ heeft deze twee ideeën ook gevat en daar een concept ontwerp voor gemaakt. **The mango leaf** zou moeten dienen als straat verlichting, de panelen op het 'blad' in combinatie met de turbine onder in de poot zouden een significante hoeveelheid energie op kunnen leveren.



'The mango leaf' van Adam Miklosi

⁷<http://www.asknature.org/search?category=default&query=lotus+effect>

⁸<http://www.treehugger.com/solar-technology/solar-street-lights-take-a-cue-from-the-mango-leaf.html>

Merging

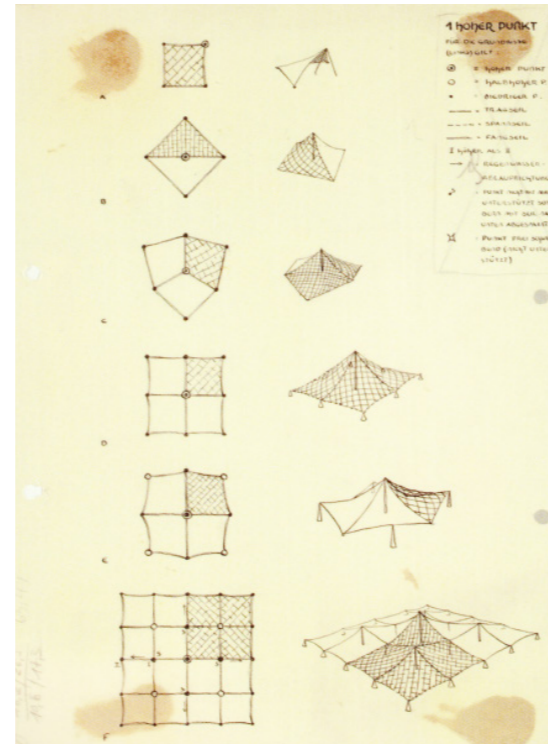
Na bovenstaande constatering is het idee ontstaan om de expertise van Escher te combineren met de evolutionaire ervaring van de natuur. Een merge van Geometrisch wiskundige vormen en biomimicry⁹.

In dit vakgebied zijn al een aantal ontwerpers actief geweest, Frei Otto is er hier één van. Zijn werk heeft veel raakvlakken met de resultaten van het hiervoor omschreven onderzoek. Hieronder worden de belangrijkste projecten van Frei Otto in chronologische volgorde besproken.

Frei Otto (e.a.)¹⁰

De hoogpunten van het werk van Frei Otto die relevant zijn voor dit onderzoek worden hieronder besproken.

1955 Een aantal vormschetsen waarin Frei Otto experimenteert met verschillende overdekkingen die maar één hoogste punt hebben. Juist voor het afvoeren van water is dit interessant, daarnaast is in deze schets te zien dat hij vanuit 1 vierkant doorgroeit naar een gehele overdekking, dit doet denken aan de reeksen van Escher. Ook de vervorming van de vierkant (3^e schets van boven) en de spanning (5^e schets van boven) zijn inspirerend.



Vormschetsen van Frei Otto (1955).

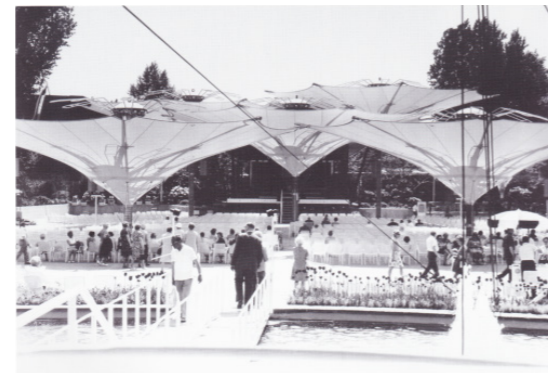
14

1958 Voor de Garden exhibition in Saarbruecken heeft Frei Otto één van de eerste principes van een tent constructie omgedraaid. In plaats van één hoog punt in het centrum (zoals in de schetsen hiervoor) heeft hij voor één laag punt gekozen. Daar omheen zorgen vijf hoge bevestigingen voor het spannen van het doek. In het centrum van het doek wordt het regenwater via een metalen pijp afgevoerd. Naast de eerder getoonde Tulipano is dit ook een overdekking die water afvoert als een omgekeerde paraplu. De spanning in dit ontwerp is alleen veel interessanter, ook de schaal van deze overdekking spreekt erg aan, het is veel groter dan eerder getoonde overdekkingen. Helaas bestaat deze overdekking niet meer.

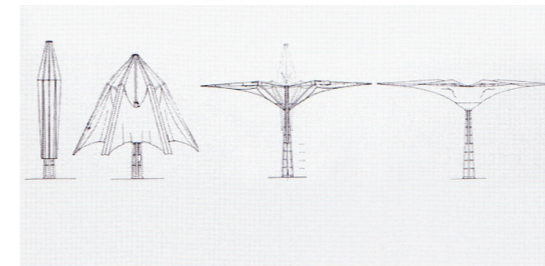


Overdekking voor de Garden Exhibition in Saarbruecken (1958).

1964 Hierboven wordt één van de oudste niet verplaatsbare tent principes besproken, één van de oudste verplaatsbare overdekkingen is de parasol/paraplu. In samenwerking met the institute for Development of Lightweight Construction is een parasol ontwikkeld met een diameter van 8,5 meter. Een motor zorgt voor het in- en uitklappen van parasol. Ook hier wordt het regenwater via de poot in het midden afgevoerd. De reden dat deze parasol getoond wordt is de inklapbaarheid, dat is in geen van de andere ontwerpen te zien, daarnaast geeft het wegwerken van het frame veel inspiratie. Voor de gebruiker is het frame niet te zien, dit is bij de meeste parasols/paraplu's wel het geval. In 1971 heeft Frei Otto deze parasols twee maal vergroot, bij elkaar overdekte de parasols 220 m², ook dit geeft inspiratie voor een groot geheel.



parasols op de Federal Garden Exhibition Cologne (1971).

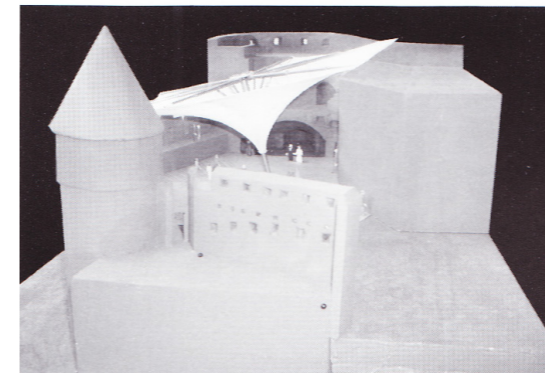


Manier van uitklappen van de hiervoor omschreven parasols.



Dak van het Venezuela Paviljoen op de Expo 2000 in Hannover (1999).

1999 Voor de Expo 2000 in Hannover vroeg de Amerikaanse architect Fruto Vivas Frei Otto om hem te helpen een beweegbaar dak te ontwikkelen voor over het Venezuela Paviljoen. Samen met een aantal anderen heeft Frei Otto dit dak ontworpen en dit is later gerealiseerd. De blad structuur en het duidelijke natuurlijke raakvlak maken dit ontwerp interessant voor dit onderzoek. De bijnaam van deze overdekking is dan ook: A Venezuelan Flower for the World. De 16 elementen van het dak worden geopend door een hydraulisch systeem, tijdens de regen wordt het dak gesloten en bij mooi weer kunnen de 'bladeren' opgeheven worden zodat de wind toegelaten wordt in het paviljoen. De 'bladeren' zijn ongeveer 10 meter lang en zijn op ongeveer 18 meter hoogte met elkaar verbonden. Helaas is dit dak na de Expo afgebroken.



Bescherming tegen regen voor het Wertheim Castle (2001).

2001 Van de hierboven omschreven overdekkingen is het afvoeren van water vaak een bij effect. Frei Otto heeft in 2001 voor het Wertheim Castle een overdekking gemaakt die als hoofdfunctie het beschermen tegen regen heeft. Deze parasol is gebaseerd op de in 1971 ontwikkelde parasol voor de Federal Garden Exhibition in Cologne. Het in- en uitklappen werkt hier met een gecombineerd elektronisch en hydraulisch systeem. Helaas is deze overdekking niet gerealiseerd.

15

⁹http://www.biomimicry.nl/org/nl/biomimicry.html

¹⁰Princeton Architectural Press, Nerdinger Winfried, Frei Otto: Complete Works (2001), Birkhäuser Verlag Ag, Würzburg

ONTWERPKADER

Het ontwerptraject zal zich focussen op een versmelting tussen Eschers theorie over het schakelen van vormen en de waterafvoer en -afstoot eigenschappen uit de natuur, daarnaast dient Frei Otto als een grote inspiratie bron en wordt het geheel aangevuld met mijn eigen bevindingen die in het vooronderzoek omschreven staan. Er blijft altijd ruimte om hier van af te wijken omdat het komende proces altijd verrassingen met zich mee brengt, maar de richting is in elk geval vastgelegd. Tijdens de generatie van verschillende concepten die hierna beschreven wordt komt deze samensmelting terug.

Plan van eisen

Aan de hand van de mindmap is een compact plan van eisen opgesteld, dit is een combinatie van technische vereisten en een aantal wensen ten aanzien van de vormgeving. De technische eisen komen voort uit de eigenschappen die huidige overdekkingen bezitten, uiteindelijk zal hiermee geconcurrereerd moeten worden, het is verstandig om op zijn minst aan dezelfde eisen te voldoen. De wensen zijn niet toetsbaar maar om het plan van eisen aan te laten sluiten op het hierboven omschreven ontwerp kader is de vermelding ervan wel belangrijk.

De eisen en wensen zijn voorzien van een waarde (5 betekend heel belangrijk, 1 betekent minder belangrijk) op basis van deze waardering zijn de eisen en wensen geordend. Om duidelijk aan te geven welke de hoogste prioriteit hebben is met een grijs tint het verloop aangegeven, de lichtste zijn het minst belangrijk.

| Eisen De overdekking moet... | Specificatie | Waarde | Rede |
|---|--|--------|---|
| ... tegen zon beschermen | UPF 50+ (98% UV-dicht) | 5 | Om te kunnen concurreren met andere overdekkingen is dit noodzakelijk. |
| ... tegen regen beschermen | 100% waterdicht | 5 | |
| ... regen afvoeren | Bij 30mm regenval per uur nog steeds water afvoeren | 5 | Volgens de KNMI* gebeurt dit maar 1 keer in de 10 á 20 jaar. |
| ... brandwerend zijn | M2 certificering (BRON) | 5 | Dit is verplicht |
| ... gemaakt zijn van het aangeboden materiaal | Geproduceerd door Shelter tents | 5 | Dit is een verplichting vanuit de opdrachtgever. |
| ... bestendig zijn tegen wind. | Strandgebruik: Windkracht 8 (tot 70 km/u) Stadsgebruik: Windkracht 4 (tot 25km/u) | 4 | De overdekking wordt waarschijnlijk niet opgezet met windkracht 8, maar om te kunnen concurreren met huidige overdekkingen moet dit wel kunnen. Wanneer de overdekking bijvoorbeeld alleen in de stad gebruikt gaat worden kan deze windkracht veel lager zijn. |
| ... eenvoudig op en af te breken zijn | Uitklappen/opzetten binnen ongeveer 5 minuten | 3 | Dit is een indicatie op basis van het uitklappen van huidige parasols, wanneer er een ander soort constructie ontwikkelt wordt kan hier van afgeweken worden. |
| Wensen De overdekking mag... | | | |
| ... schakelbaar zijn | | 5 | Dit is vastgelegd in het ontwerp kader maar zorgt voor meer functionaliteit dan de natuurlijke uitstraling, vandaar dat deze waarde hoger is. |
| ... een natuurlijke uitstraling hebben | | 4 | Dit is vastgelegd in het ontwerp kader. |
| ... voorzien zijn van licht | Terras verlichting | 2 | Kan een extra voordeel zijn maar is niet noodzakelijk voor een overdekking. |
| ... energie opwekken | Minimaal rendement van 80% | 1 | Wanneer er energie opgewekt kan worden moet dit wel een significante hoeveelheid zijn. |
| ... voorzien in warmte | Terras verwarming | 1 | Kan een extra voordeel zijn maar is niet noodzakelijk voor een overdekking. |

* http://www.knmi.nl/kd/achtergrondinformatie/neerslagfrequentie_092007.pdf

CONCEPT GENERATIE

Vorm en model generatie

Het materiaal waarvan de overdekking gemaakt gaat worden heeft bijzondere eigenschappen. Doordat de rek die in twee richtingen verschillend is kan lastig ingeschat worden wat het materiaal doet in bepaalde overspanningen. Een op schetsen gebaseerde concept generatie is dus niet betrouwbaar, vandaar dat het grootste deel van de concepten uit modellen bestaat. Papieren modellen, stoffen modellen of vereenvoudigde 3D modellen.

Om eerst een goed beeld te krijgen van wat de stof doet zijn een aantal realistische schaal modellen gemaakt. Deze zijn gemaakt van een andere stof die vergelijkbare eigenschappen heeft, omdat de uiteindelijk te gebruiken stof slecht te verkrijgen en duur is. De rek in twee richtingen is een gevolg van het weef-type dat gebruikt is. In dit geval bestaat de onderste laag uit een gebreide stof, dit zorgt ervoor dat over de 'lange' kant de stof een klein beetje rekt en over de 'lus' kant kan de stof veel meer rekt. Een dunne gebreide stof is dus als alternatief voor de modellen gebruikt.

Qua vorm is in eerste instantie gekozen voor een zeshoek, gebaseerd op de eerder toegelichte theorie van Escher, later zullen hier variaties op gemaakt worden. **Het eerste model** laat mooi zien wat de stof precies doet wanneer deze gespannen wordt over een zeshoekig raam. Eén van de grootste voordelen wordt hier al direct duidelijk, er hoeft niet **gelast** te worden, deze techniek wordt hieronder toegelicht. De vorm is redelijk te vergelijken met de in het vooronderzoek genoemde Tulipano, alleen dan zonder dat er zes delen stof gelast moeten worden, dit scheelt veel in de kosten.

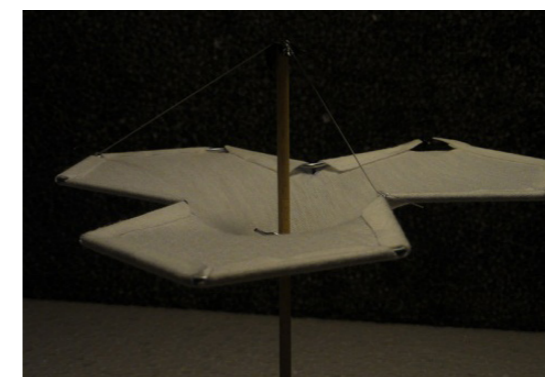
Lastechniek¹¹

Om kunststoffen en textiel te kunnen lassen wordt gebruik gemaakt van hoog frequent lassen. Dit wordt vooral toegepast bij het verbinden van folies gemaakt van zacht PVC of met PVC beklede weefsels, een voorbeeld hiervan is de binnenbekleding van een auto. Deze lastechniek wordt ultrasoon lassen genoemd, één helft van de verbinding wordt in ultrasonen trilling gebracht en op het andere onderdeel gedrukt.

Vanuit deze zeshoek zijn er **nog andere vormen** gemaakt, deze zijn draaibaar te schakelen. Opvallend is dat de stof in dit 'blad' veel minder rekt dan in de eerste zeshoek, je ziet hier dat de kortste rekbaarheid de beperkende factor is. Eigenlijk zou de positie van de stof afhankelijk moeten zijn van wat op dat moment de meest gunstige richting van het rekken is.



Model om de rekbaarheid van de stof te onderzoeken



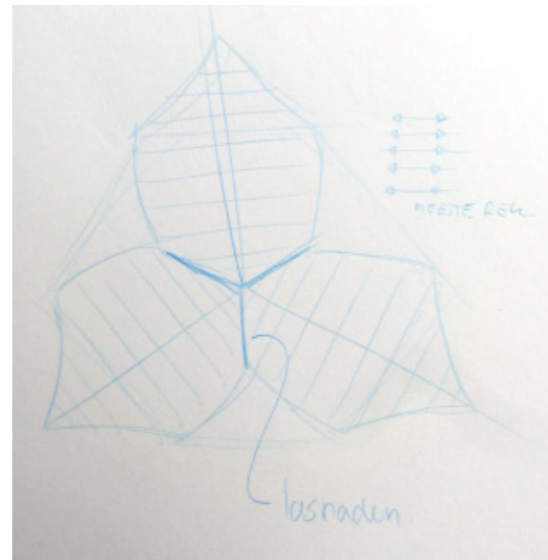
Complexere, schakelbare vorm waarbij de kortste rek richting de vorm bepaald.

¹¹ Prof. dr. ir. H.J.J. Kals e.a., Industriële productie, Het voortbrengen van mechanische producten (2007), pagina 227 en 228, Sdu Uitgevers bv, Den Haag.

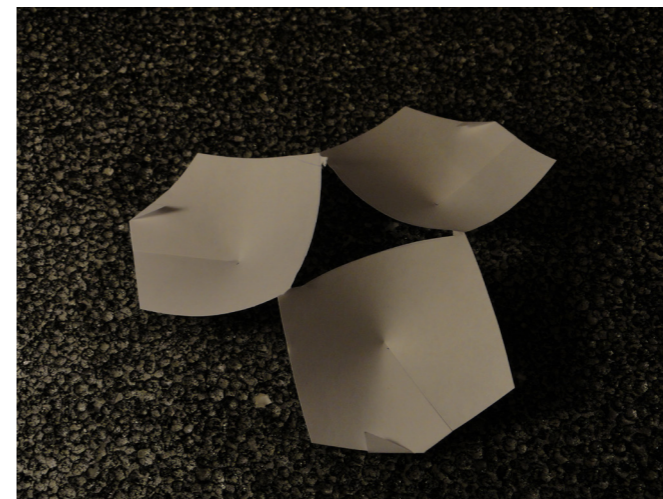
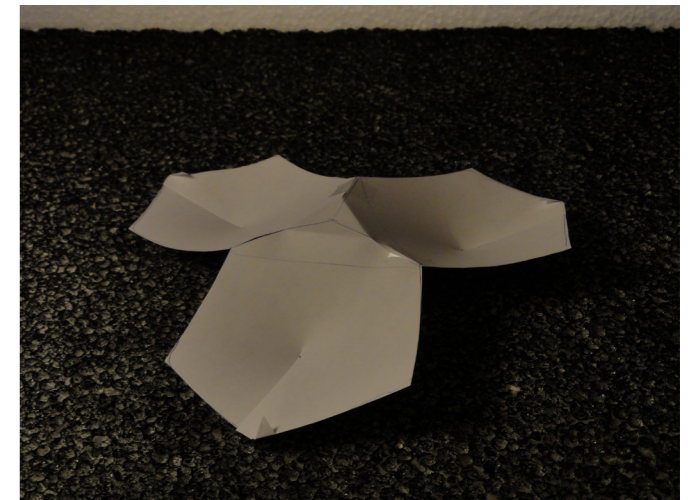
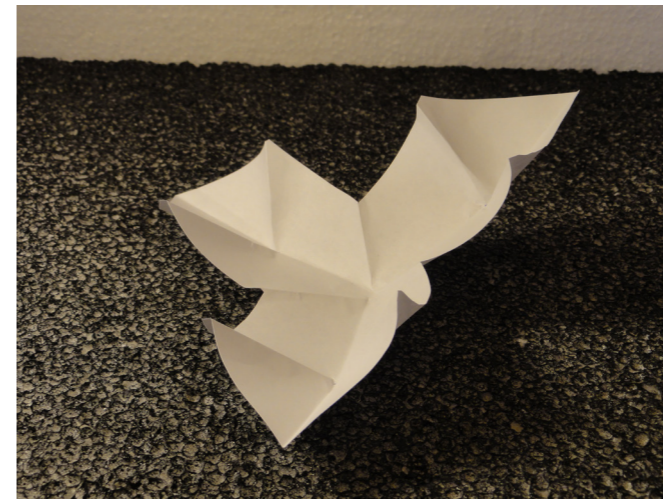
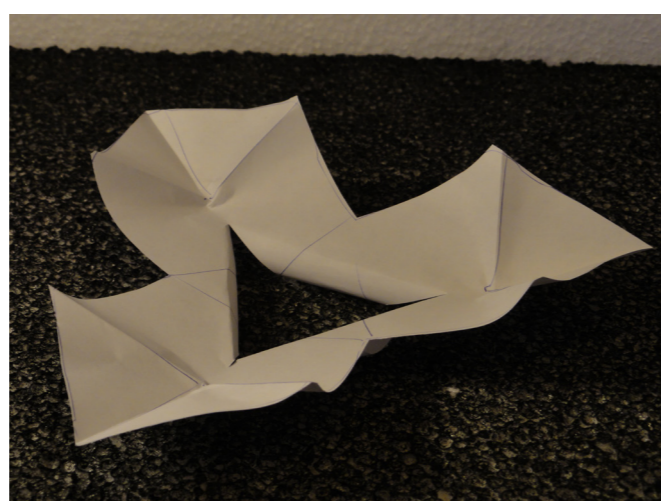
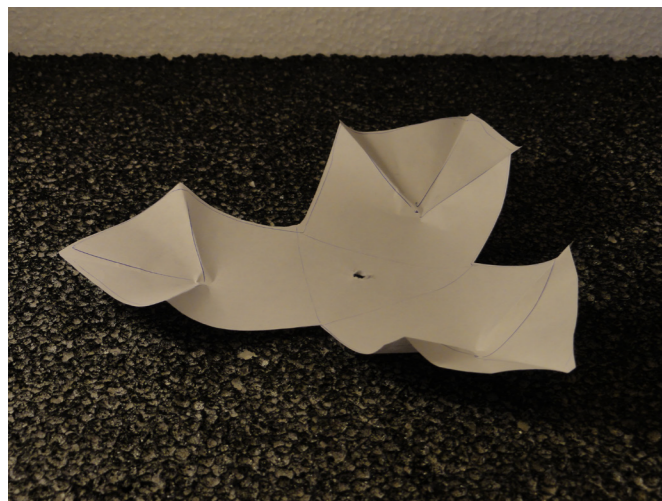
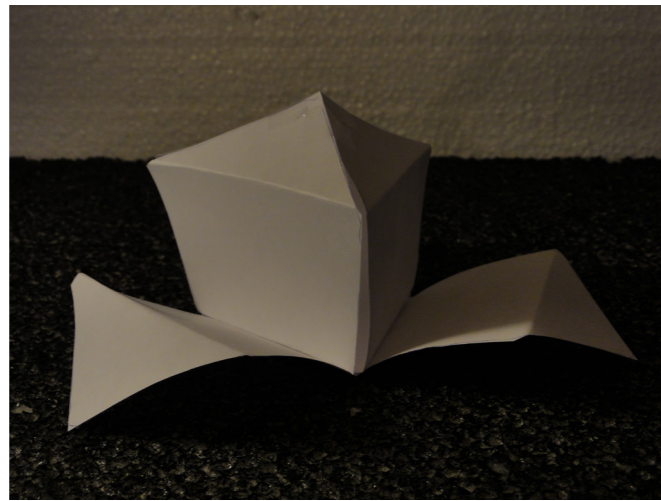
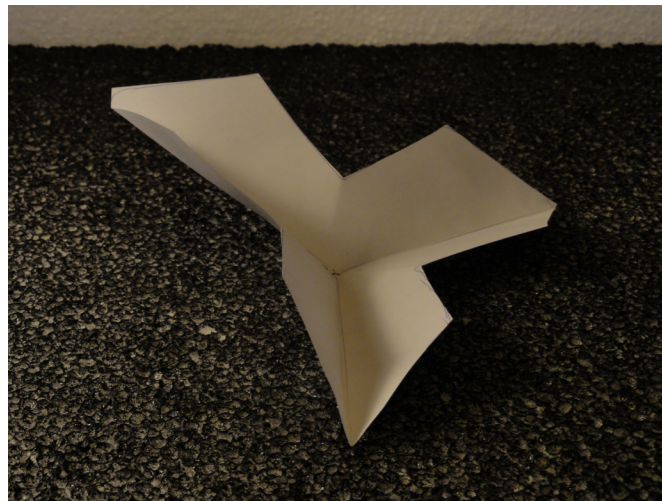
De vorm met 3 bladeren zou dan uit drie stukken stof bestaan, waarbij de langste rek richting haaks op de lengte richting van het blad staat. Er moet dan alleen wel gelast worden, waardoor het eerder genoemde kosten voordeel wegvalt.

Nu er een duidelijk beeld is ontstaan van hoe de stof zich precies gedraagt, kan er een snellere vorm generatie plaatsvinden. In plaats van de complexe constructie in de vorige modellen wordt er nu alleen papier gebruikt. Door een goede vorm te knippen, deze te vervormen en vast te plakken met bijvoorbeeld plakband, kunnen er in korte tijd veel modellen gemaakt worden.

De modellen worden hieronder in chronologische volgorde weergegeven, hierdoor is het proces dat doorlopen is direct duidelijk.



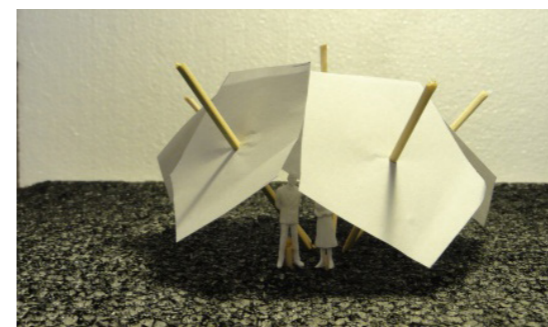
Idee om de rek richting van de stof nuttig in te zetten.



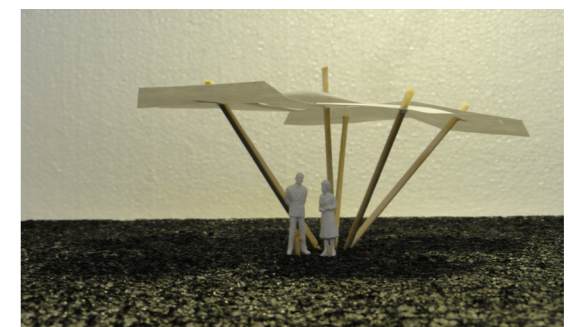
vijf hoekige overdekking, uitgeklaapt.

Tijdens het genereren van de veelal zeshoekige modellen is het idee ontstaan om met een vijfhoek te werken. Deze is in 2D niet te schakelen, maar wel in 3D. Dit geeft veel interessante mogelijkheden. Zo hoeft de **overdekking** bij zonlicht bijvoorbeeld niet meer waterdicht te zijn, zodra het regent kunnen de vijfhoeken geschakeld worden als een bol. Bij zonlicht is er bescherming met een windje, bij regen is er een tent die wind- en waterdicht is.

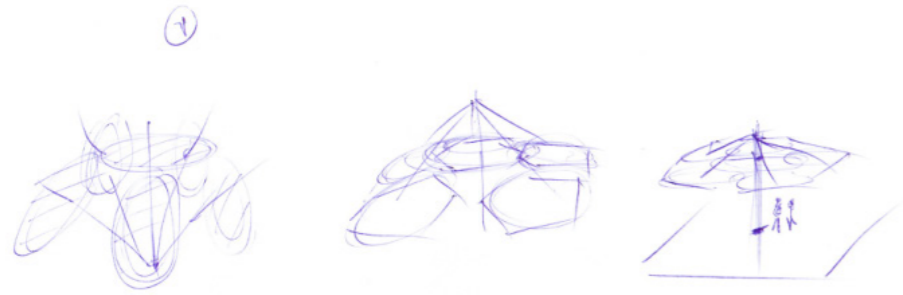
Op de volgende pagina wordt het schets proces waaruit deze vijfhoek ontstaan is toegelicht.



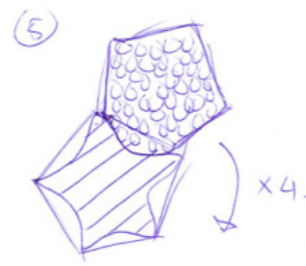
vijf hoekige overdekking, ingeklapt.



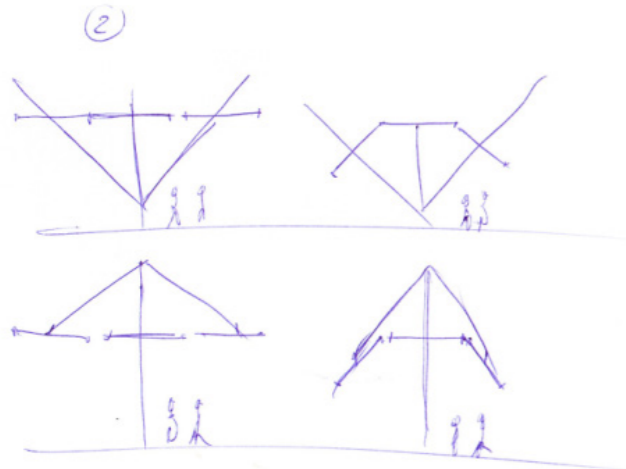
zij-aanzicht



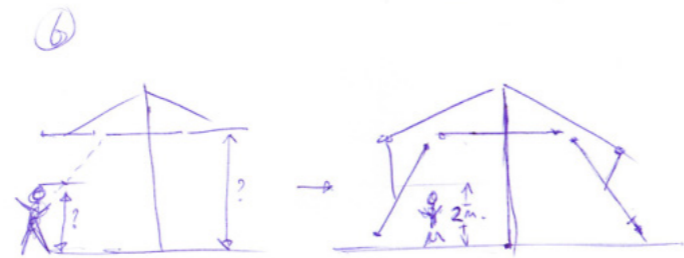
Basis idee, in- en uitklapbare overdekking op basis van een vijfhoek



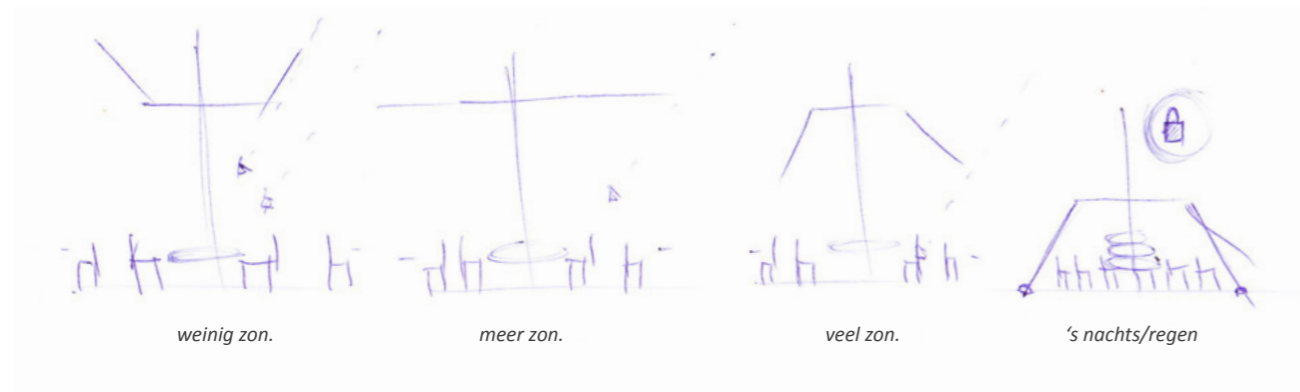
Bovenaanzicht, 1 vijfhoek in het midden met daaromheen 5 aansluitende vijfhoeken, de vorm hiervan kan variëren



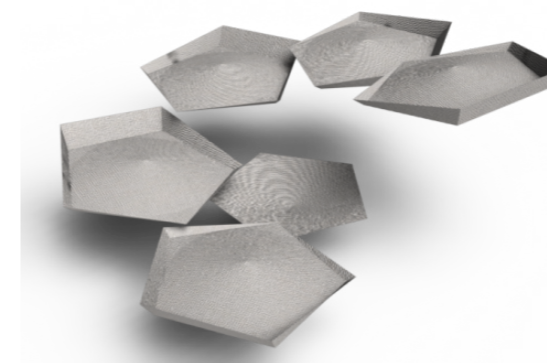
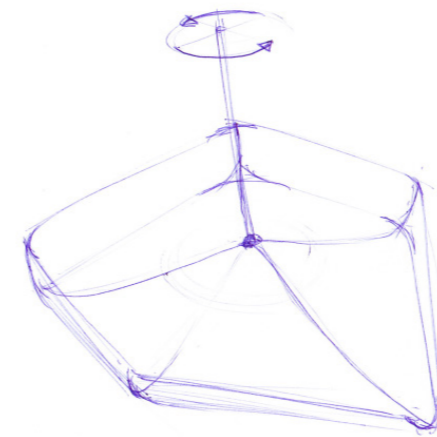
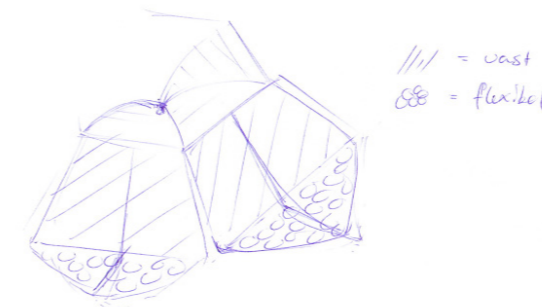
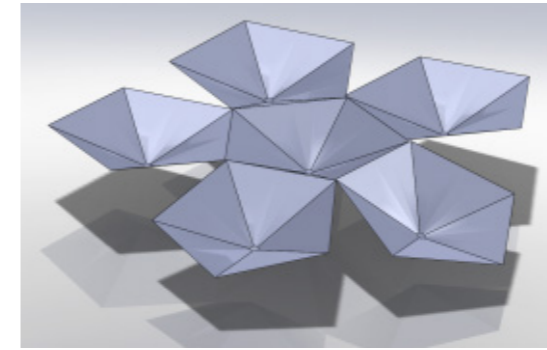
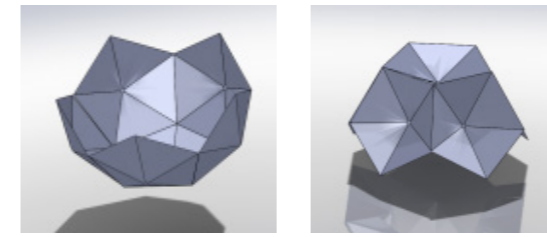
Mogelijke constructies om het geheel in- en uit te klappen. Links bevindt de constructie zich boven de overdekking, rechts eronder.



De ruimte onder de gesloten overdekking zou groot genoeg moeten zijn om met meerdere personen onder te verblijven.



De verschillende standen van de overdekking zorgen voor diverse functionaliteiten. Zo kan de overdekking 's nachts gebruikt worden om bijvoorbeeld meubulair onder op te bergen.



Van deze vijfhoek zijn ook een aantal papier modellen gemaakt, maar het is lastig om te zien wat er gebeurd als de vijfhoeken bewegen, vandaar dat er een vereenvoudigd 3D model gemaakt is. De **mogelijkheden** van een inklapbare vijfhoek worden hier duidelijk. Zoals op de 3D modellen te zien is kan van het geheel wel een tent gemaakt worden maar deze sluit niet netjes aan op de grond. De onderste punt kan verwijderd worden, zodat de tent netjes op de grond aansluit, maar dat gaat ten koste van de bladvorm, er zijn namelijk weinig bladeren die aan het eind helemaal recht zijn.

Om zowel de vorm als de functionaliteit te behouden moet de uiterste punt **flexibel** zijn. Wanneer de overdekking ingeklapt wordt buigt de punt af en is er een volledig afgesloten tent.

Het afvoeren van water is hier alleen wat lastiger. In plaats van één element wat op zichzelf water afvoert, bestaat één element nu uit zes losse elementen die allemaal hun water af moeten voeren. Gelukkig biedt de natuur hier een uitkomst, het geheel is namelijk nog vrij technisch. De invloed van de natuurlijke waterafvoer is nog niet duidelijk terug te zien in het ontwerp. Wanneer je naar de waterafvoer van een boom kijkt zie je dat er heel veel kleine onderdelen (bladeren) een heel groot oppervlak afdekken. Door het water van het ene blad op het andere te laten lopen komt het uiteindelijk beneden. Dit doorstroom principe kan natuurlijk ook toegepast worden in **de vijfhoek**, ieder blad voert het water nu naar het midden af. De buitenste vijfhoeken moeten dan draaibaar zijn zodat ze zowel een bol kunnen vormen als water afvoeren. Omdat ze dan los hangen kan eigenlijk iedere willekeurige formatie aangenomen worden, zolang het water van het ene blad maar op het andere stroomt.

Er kan dus bijvoorbeeld een **spiraal vormige stroom** ontstaan.

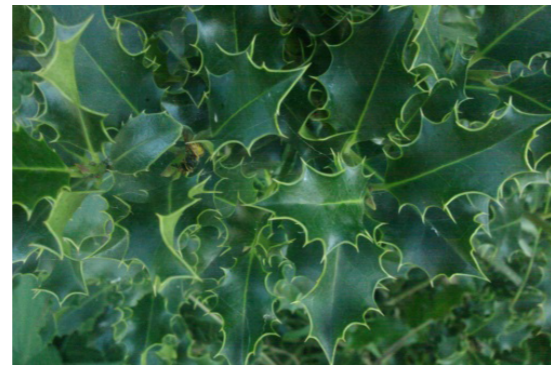
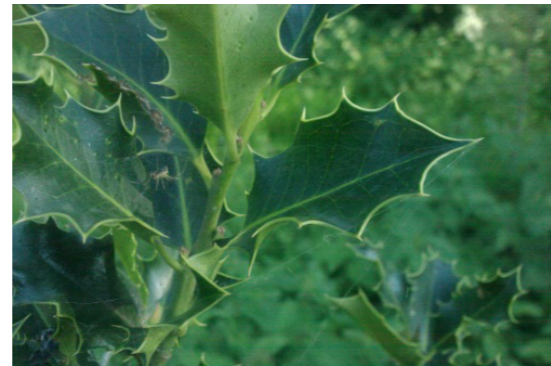
Hulst

De hiervoor omschreven concepten hebben allemaal een behoorlijk technische 'Escher' benadering. Om de insteek van de natuur niet uit het oog te verliezen komt in het volgende concept de natuur meer naar voren.

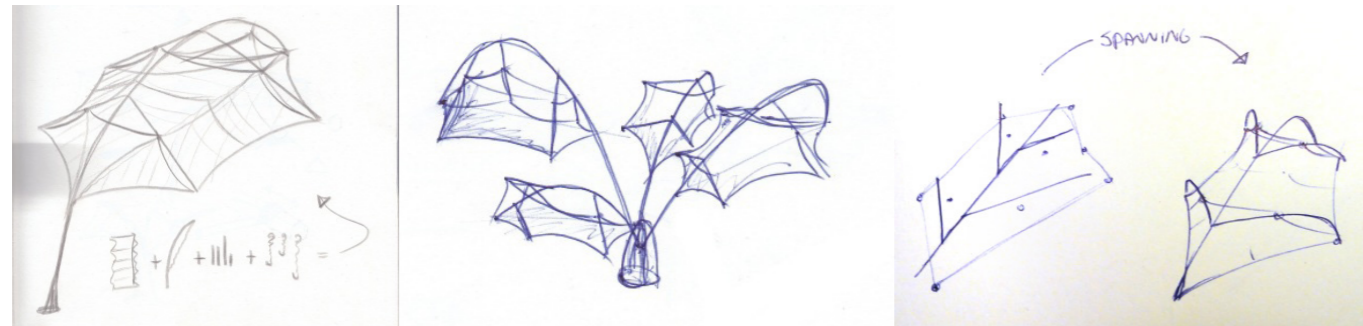
Om een goed beeld te krijgen van wat de natuur te bieden heeft binnen de kaders van deze opdracht is er een klein onderzoek gedaan in het bos en park. De hulststruik is tijdens dit onderzoek het meest opgevallen, vooral op basis van de mogelijkheden van de stof. Het blad van deze plant is een erg bekend stukje decoratie tijdens de periode van kerst. Het aansprekende zit hem vooral in de **bladeren**, de enorme spanning die in dit blad zit ten opzichte van andere bladeren sluit heel mooi aan bij het rekbaar materiaal. Daarnaast is ieder blad anders, de opbouw vanuit een midden nerf met zij-nerven waaraan het blad gespannen is geeft een mooi uitgangspunt voor een overdekking.

Naast de hulst is in dit concept ook modulariteit meegenomen, dat wil zeggen dat het niet één overdekking moet worden die maar op één schaal toe te passen is maar juist een systeem waarvan verschillende overdekkingen gemaakt kunnen worden. Het uitgangspunt is dan ook dat iedereen zijn eigen overdekking moet kunnen bouwen/ontwerpen op basis van een stuk grond. De schaal moet dus variabel zijn.

Op basis van dit modulaire-hulst concept zijn een aantal schetsen gemaakt, hieruit komt voort dat het een basis 'nerf' is die opgespannen wordt. Aan deze nerf vast worden zijnerven bevestigd waardoor de structuur vast staat. Aan de uiteinden van deze structuur wordt vervolgens de stof bevestigd, deze raakt hierdoor licht opgespannen. Vervolgens worden er bepaalde punten omhoog getrokken en bevestigd aan een zij- of middennerf.

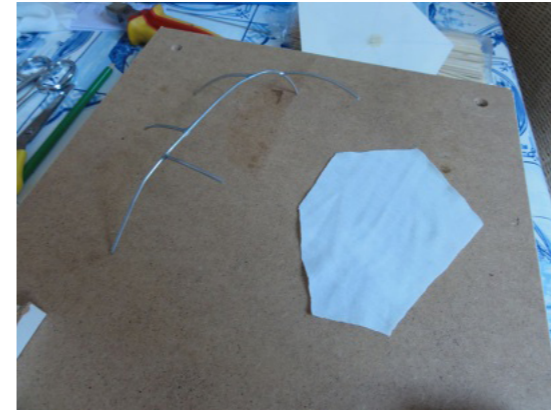


Verschillende hulst bladeren.



Een aantal schetsen die het concept beter toelichten.

Opvallend is de constructie die bóven het 'blad' loopt, op deze manier zie je, in tegenstelling tot huidige overdekkingen, de constructie niet wanneer je als gebruiker onder de overdekking staat. De tenten die op dit moment bijvoorbeeld door Shelter gebouwd worden zien er van buiten erg interessant uit, maar van binnen is het een wirwar van palen. Dit hulst concept brengt dus behalve een esthetisch mooie overdekking ook nog veel functionaliteit met zich mee.



Links de structuur, rechts het doek wat er onder gespannen wordt.



Zij aanzicht van het model, met schaal figuren.



Boven aanzicht van het model, let op de rondingen in het doek.



Detail van een 'opspan-punt', dit geeft de spanning aan het doek.

Een dusdanig opgespannen doek is erg lastig te tekenen omdat niet te voorspellen is hoe het materiaal zich gedraagt, vandaar dat hiervan een model **gemaakt** is.

De basis van de nerf structuur zit hem in een flexibele overspanning van enkele meters. In bestaande producten zie je zulke overdekkingen bijvoorbeeld in de tenten branche, deze tentstokken worden gemaakt van carbon of glasvezel. Om iets te kunnen zeggen over de haalbaarheid van dit concept (en in te schatten of het uitwerken de moeite waard is) is een afspraak gemaakt met PFT profielen uit Dronten. Dit bedrijf heeft zich gespecialiseerd in de productie van carbon en glasvezel profielen. Na een verhelderend gesprek en een interessant bedrijfsbezoek blijkt dat het maken van deze structuur realistisch is maar niet gegarandeerd werkt. Om de enorme overspanning van de midden nerf in één keer te overbruggen moet er een behoorlijk dik profiel gekozen worden. Omdat vervolgens de montage van de zij-nerven lastig wordt (deze moeten geklemd worden aan het gebogen profiel) adviseerde PFT profielen om koppelstukken te gebruiken. Op deze manier kan de lengte van een tussenstuk veel kleiner zijn en dus dunner. Het belangrijkste element van de constructie wordt dan wel het koppelstuk, dit onderdeel krijgt veel te verduren en zal goed opgebouwd moeten worden. Een aantal foto's en berekeningen van de materialen zijn te vinden in Appendix C.

Na het bezoek en het rekenen aan een glasvezel profiel bleek het materiaal in een normale bemating toepasbaar te zijn in het ontwerp. Hoewel het erg aantrekkelijk lijkt om de structuur flexibel te maken is het niet heel functioneel. De stof rekt zelf al op en zorgt voor de interessante vorm van onder (de kant die interessant is voor de gebruiker) het effect wordt ongetwijfeld groter wanneer ook het frame flexibel is maar het voegt niet veel toe. Daarnaast kost het erg veel tijd om uit te rekenen hoe het frame zich gedraagt. In overleg met Maandag Meubels is besloten het frame van aluminium te maken, als aanbeveling kan er gekeken worden naar een uitvoering die, misschien voor een deel, uit glasvezel bestaat.

Het is nog onduidelijk op welke manier dit concept geschakeld kan worden, mocht dit concept uitgewerkt gaan worden dan moet hier naar gekeken worden.

Conceptkeuze

Om een goede conceptkeuze te kunnen maken is er een overleg geweest met Kodjo van Maandag Meubels, op basis van eerder gestelde eisen en het proces dat doorlopen is, is gekozen voor het laatste concept.

| Eisen De overdekking moet... | Specificatie | Waarde | hexagon | pentagon | hulst |
|---|--|--------|---------|----------|-------|
| ... tegen zon beschermen | UPF 50+ (98% UV-dicht) | 5 | ++ | ++ | ++ |
| ... tegen regen beschermen | 100% waterdicht | 5 | ++ | ++ | ++ |
| ... regen afvoeren | Bij 30mm regenval per uur moet het water nog afgevoerd worden | 5 | ++ | + | - |
| ... brandwerend zijn | M2 certificering (BRON) | 5 | ++ | ++ | ++ |
| ... gemaakt zijn van het aangeboden materiaal | Geproduceerd door Shelter tents | 5 | + | + | ++ |
| ... bestendig zijn tegen wind. | Strandgebruik: Windkracht 8 (tot 70 km/u) Stadsgebruik: Windkracht 4 (tot 25km/u) | 4 | + | - | + |
| ... eenvoudig op en af te breken zijn | Uitklappen/opzetten binnen ongeveer 5 minuten | 3 | + | + | ++ |
| Wensen De overdekking moet... | | | | | |
| ... schakelbaar zijn | | 5 | ++ | + | ++ |
| ... een natuurlijke uitstraling hebben | | 4 | -- | - | ++ |
| ... voorzien zijn van licht | Terras verlichting | 2 | -- | -- | -- |
| ... energie opwekken | Minimaal rendement van 80% | 1 | -- | -- | -- |
| ... voorzien in warmte | Terras verwarming | 1 | -- | -- | -- |

In de laatste 3 kolumnen is een grove beoordeling te zien van de 3 concepten ten opzichte van de eerder gestelde eisen en wensen. Ook hieruit komt naar voren dat het 'hulst' concept de beste keuze is.

De concept keuze is gebaseerd op een uitgedachte schakel mogelijkheid, deze is te zien in dit **model**. In plaats van het schakelen van meerdere, identieke elementen worden meerdere structuren geschakeld door één stuk stof. Op deze manier wordt er op een heel nuttige manier gebruik gemaakt van de rekbaar eigenschap van de stof. Functioneel gezien bestaat het modulaire systeem nu uit een aantal tussen elementen in de vorm van buizen, 1 koppelstuk dat deze buizen verbindt en er 1 of meerdere structuren van maakt en 1 stuk doek dat in het geval van meerdere structuren de vorm heeft die ontstaat na het verbinden van de grondpunten. Dit laatste is een interessant feit omdat het de productie erg kan vereenvoudigen. Bij een enkele structuur is de vorm van de stof veel complexer, dit is te zien in de eerste afbeelding op de vorige pagina.



Model van het geschakelde, modulaire hulst concept.

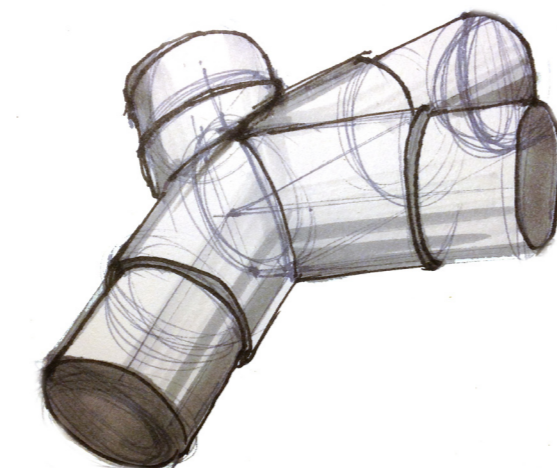
DETAILERING

Om de detaillering van het gekozen concept overzichtelijk weer te geven zijn alle deel oplossingen weergegeven in een **morfologisch schema**. Daarvoor is het concept eerst opgedeeld in de volgende onderdelen: Koppeling, profiel tussen de koppelingen, ophanging aan het eind van een deel, ophanging halverwege een deel, opbouw van de 'middennerf' en de verankering van het geheel. Samen definiëren deze deel oplossingen het gehele concept.

Per deel oplossing wordt hierna beschreven waar deze keuze op gebaseerd is:

Koppeling

Om een modulaair systeem te ontwikkelen is er gesteld dat het zo divers mogelijk moet zijn. In dit concept wil dat zeggen dat je een zij nerf in



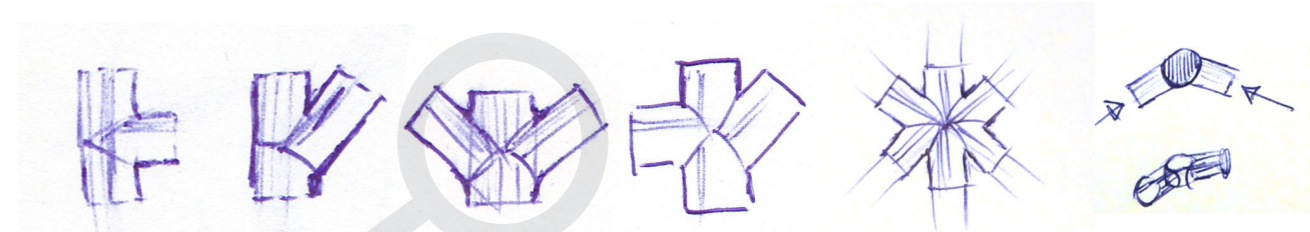
Het gekozen koppelstuk

zo veel mogelijk verschillende richtingen wil laten lopen. Op basis daarvan zou je kiezen voor de 4^e oplossing, dit koppelstuk heeft net zo veel mogelijkheden als de 5^e doordat je hem kunt omdraaien, maar is eenvoudiger te produceren. De vraag is alleen of je kunt garanderen dat de constructie in al deze mogelijkheden blijft staan, daarnaast is een zij nerf die schuin naar achteren loopt niet natuur getrouw. Om het ontwerp zo natuurlijk mogelijk te houden en meer garantie te kunnen geven over bijvoorbeeld de stabiliteit van iedere

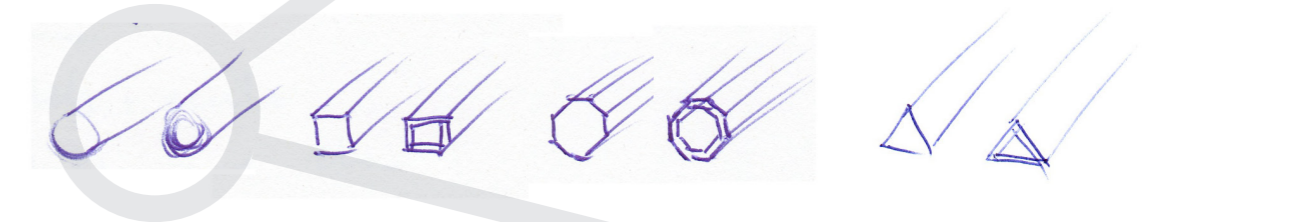
mogelijke constructie is gekozen voor **optie 3**. Om de middennerf te laten buigen wordt deze splitsing gecombineerd met 6, zodat er een knik in de middennerf ontstaat.

Er moet nog een keuze gemaakt worden tussen een 'binnen' koppelstuk of een 'buiten' koppelstuk. Dat wil zeggen dat je de buis in het koppelstuk kunt steken of het koppelstuk in de buis.

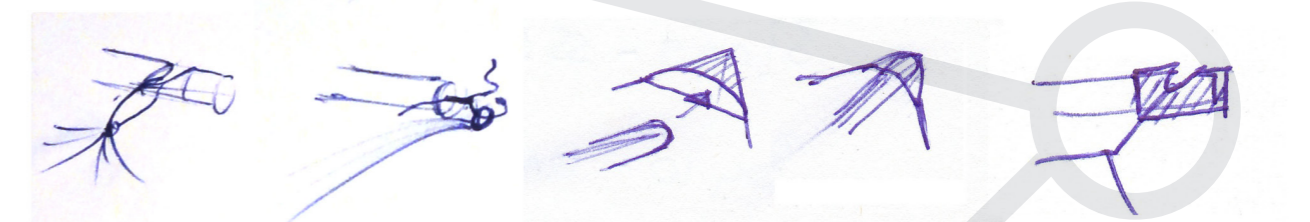
Koppelingen, vast of verplaatsbaar



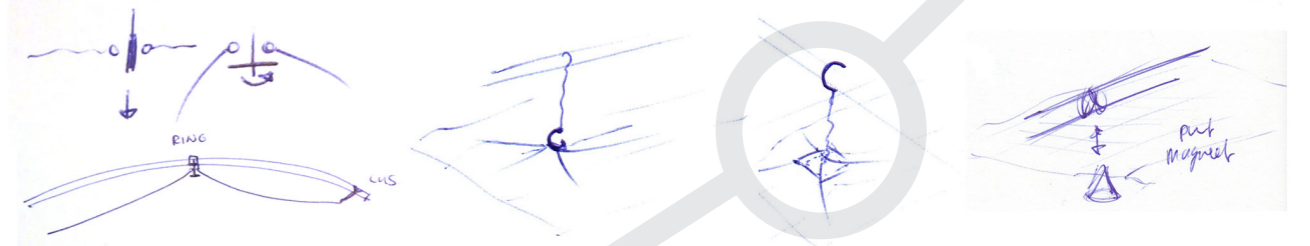
Profiel van de tussen delen



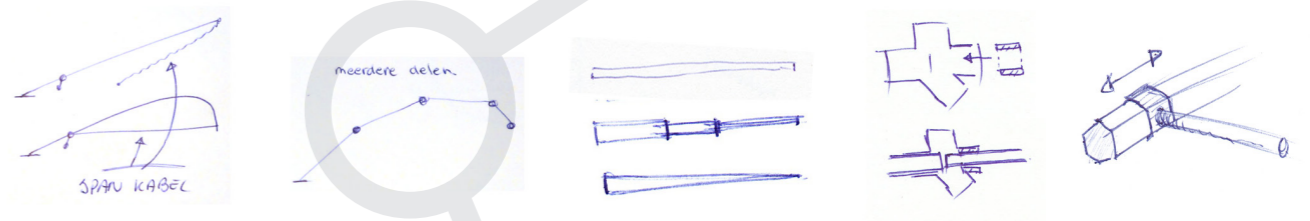
Ophanging van het doek, aan het eind van een deel



Ophanging van het doek, halverwege een deel



Opbouw van de middennerf

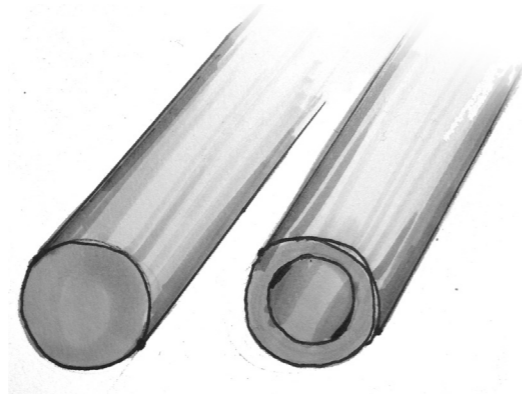


Verankering



Profiel tussen de koppelingen

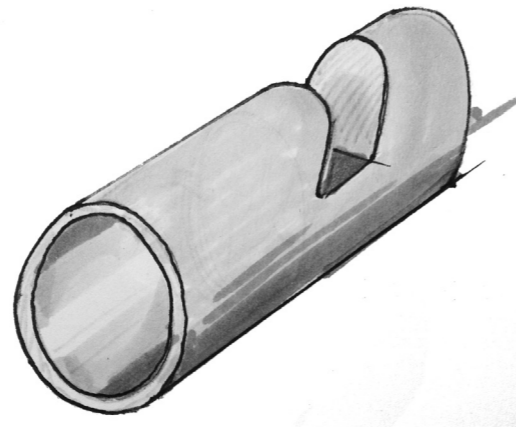
Het profiel tussen de koppelingen kan allerlei vormen hebben, om een koppelstuk zonder klemming te fixeren zou je bijvoorbeeld voor een achthoek kunnen kiezen. Een belangrijk punt is hier dat je van glasvezel alleen maar sterke ronde buis profielen kunt maken. In een andere vorm verliest het veel van zijn sterkte en flexibiliteit. Wanneer de buizen van aluminium zijn zou bijvoorbeeld een achthoekig profiel geëxtrudeerd kunnen worden maar de kosten hiervan zijn erg hoog. Ook in aluminium is een **buis profiel** de beste oplossing, dit is een erg reguliere vorm en is verkrijgbaar in heel veel verschillende diameters en wanddiktes. Voor de fixatie van een koppelstuk kan gekeken worden naar bijvoorbeeld de steigerbouw industrie, hier wordt een koppelstuk vastgezet d.m.v. een bout door de wand die op de buis klemt.



Het gekozen profiel.

Ophanging aan het eind van een deel

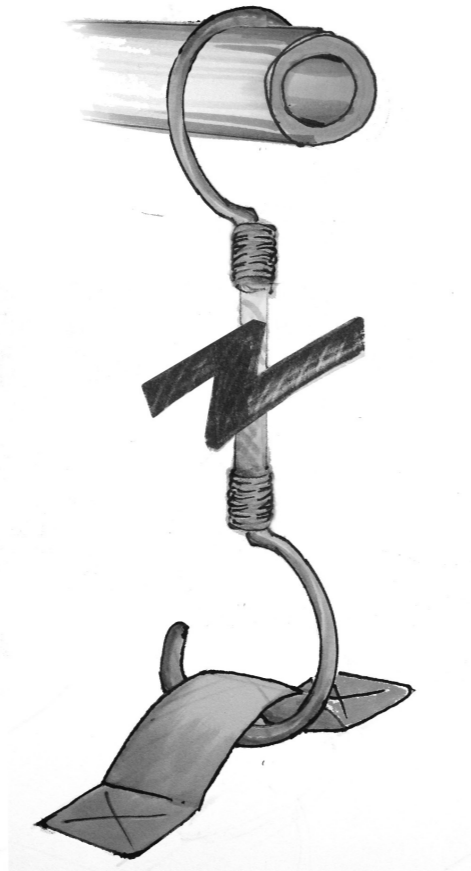
De stof moet aan ieder uiteinde bevestigd worden zodat het onder spanning komt te staan. Door de onvoorspelbare spanning die ontstaat in het buizen frame is het verstandig om het profiel zo min mogelijk te beschadigen. Een ophanging waarbij bijvoorbeeld een gat geboord moet worden in de buis is dus geen verstandige optie. Om het doek ook nog op een eenvoudige manier te kunnen bevestigen is gekozen voor **optie 5**. Zodra het frame opgebouwd is kan het doek er eenvoudig onder gespannen worden. Hoe deze montage er precies uit ziet hangt ook af van de ophanging halverwege een deel, waarschijnlijk moet er iets aan het doek bevestigd worden zodat het opgespannen kan worden, het is verstandig om hiervoor dezelfde techniek te gebruiken.



De gekozen eind bevestiging.

Ophanging halverwege een deel

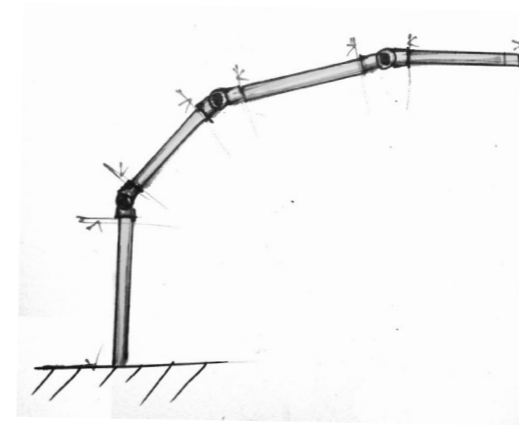
Halverwege een deel moet de stof opgespannen kunnen worden om een interessant beeld te kunnen creëren, de positie van de opspanning kan eigenlijk overal op het doek zijn. Een ophanging zoals 5 zou dus ideaal zijn. Door een magneet wordt de stof niet beschadigd en kun je het op iedere plek bevestigen. Nadeel is dat zowel aluminium als glasvezel niet magnetisch zijn en de kracht om de stof omhoog te spannen is veel groter dan die een magneet kan leveren. Optie 1 en 2 zijn beide redelijk geschikt maar beschadigen allebei de stof en hierdoor is het geheel niet meer waterdicht. **Optie 3** blijft dan over waarbij er van tevoren een haak aan de stof bevestigd wordt, deze haak kan op iedere plek aan het frame gehaakt worden, op deze manier kun je ook 'schuine' bevestigingen maken. De plek en spreiding van dit soort haken zijn essentieel voor de modulariteit van het concept.



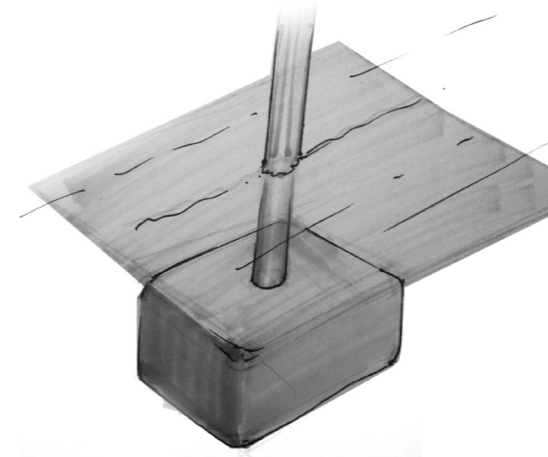
De oplossing voor de ophanging halverwege een deel.

Opbouw van de 'middennerf'

In eerste instantie zou de middennerf opgespannen worden als een hengel. Omdat dit met een aluminium frame niet mogelijk is wordt deze boog benaderd door koppelstukken te gebruiken. Deze overspanning zou bijvoorbeeld taps toe kunnen lopen om het gewicht op de plek waar de arm het langst is zo laag mogelijk te laten zijn, een telescopisch verloop heeft ongeveer hetzelfde effect. Om het aantal ele-



De modulaire opbouw van de middennerf.



Mogelijke oplossing voor de verankering.

menten dat gebruikt wordt zo laag mogelijk te houden zou het mooi zijn als er maar 1 soort profiel gebruikt wordt, deze kan wel in lengte variëren maar de dikte moet gelijk zijn om ook het koppelstuk op alle plekken te kunnen gebruiken. **Optie 2** geeft dus het beste beeld, waarbij ieder tussenstuk dezelfde diameter en wanddikte heeft.

Verankering van het geheel

Onderdeel van modulariteit is ook de verplaatsbaarheid. In principe is een zo verplaatsbaar mogelijke oplossing de beste. Nu is het zo dat de geometrie van de structuur een behoorlijk stevige verankering vereist. Dat wil zeggen dat een verplaatsbare voet waarschijnlijk zo zwaar moet zijn dat deze niet meer handmatig te verplaatsen is. Daarnaast zorgt het formaat van de stiof er in een overdekking met meer structuren voor dat deze maar op één plek kan staan. De positie van de grond bevestigingen bepalen immers het formaat van het doek. Vandaar dat hier gekozen is voor een **vaste verankering**, welke van de twee dat moet zijn zal uitgezocht moeten worden a.d.h.v. gedetailleerde berekeningen.

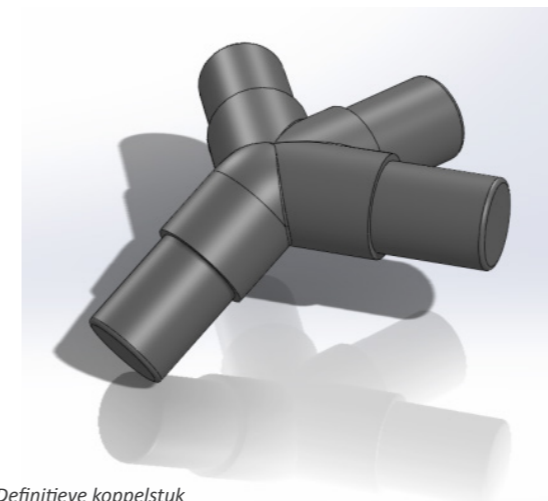
Van bovenstaande deel oplossingen moeten er een aantal nog goed uitgewerkt worden, In deze opdracht werk ik het koppelstuk en de montage van het doek uit. De verankering is iets dat in een later stadium uitgewerkt kan worden.

Hoekstuk

Op basis van de keuzes die hierboven beargumenteerd zijn is een nieuw **model** gemaakt, hierin zijn de hoeken van de constructie vastgelegd en netjes doorgevoerd in het model. Omdat in het vorige model de uiteinden van de zijnerf die naar beneden wezen na het opspannen niet gebruikt werden is dat hier weg gelaten. Door maximaal 3 keer een knik van 30 graden te maken komt een nerf altijd horizontaal uit. In tegenstelling tot het eerste model wordt hier bij iedere structuur al snel de eerste knik gemaakt. De hoek van een zij nerf ten opzichte van de midden nerf is in dit geval 45 graden. Hier is geen reden voor maar op basis van het model is goed te zien dat deze hoek te klein is. Doordat een zij-nerf op deze manier nooit buiten de grond driehoek komt kan het doek niet goed gespannen worden. Deze hoek moet dus vergroot worden.



Uitgewerkt schaalmodel van het hulst concept.



Definitieve koppelstuk

Door uit beide modellen de beste eigenschappen te halen kan een definitieve constructie gemaakt worden. Dit betekent dat de hoeken in de midden nerf maximaal 3 keer 30 graden zijn maar het begin rechtstandig is, de spanning is hier veel interessanter dan in het tweede model. De hoeken naar buiten toe worden 60 graden, dit zorgt voor meer spanning in het doek, deze hoek is gebaseerd op het eerste model.

Dit resulteert in dit **koppelstuk** (voor maattekening zie Appendix D)

Profielen

Om voor het profiel de juiste bemating te hanteren is gekeken naar bestaande oplossingen. Constructies die dusdanige overspanningen maken zijn er niet veel maar in de [steigerbouw](#)¹² kom je dit wel tegen. In deze branche wordt al jaren gewerkt met deze buizen en de veiligheid is hier erg belangrijk. De elementen die daar gebruikt worden zijn in iedere gewenste lengte te bestellen. De buizen zijn van staal of aluminium en hebben bijvoorbeeld een buitendiameter van 48mm en een wanddikte van 3mm. Voor het 3D model worden dezelfde maten gehanteerd (voor maattekening zie Appendix D). Voor de keuze van het materiaal moet ook gekeken worden naar de huidige markt, wordt er veel betaald voor duurzame materialen of moet het goedkoop zijn? De tent verhuur is een zeer competitieve markt, daarom is de financiële haalbaarheid minstens zo belangrijk als de functie van een tent. Financieel gezien zijn staal of aluminium dus gunstiger dan het eerder besproken glasvezel. Het gewicht moet ook zo laag mogelijk zijn, vandaar dat voor aluminium gekozen is. Een profiel valt over het koppelstuk heen zodat de wanddikte van de nerf gelijk is aan die van het koppelstuk. Dit geeft een mooier beeld dan wanneer het koppelstuk dikker is dan de buizen.

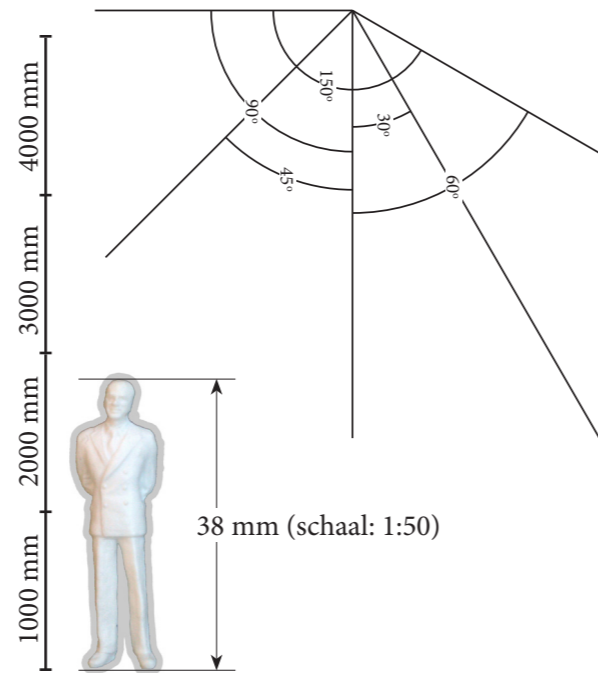
De rest van de maatvoering is gebaseerd op het model, hierbij is een klein [mannetje](#) gebruikt waarop de schaal is gebaseerd. In het overzicht hiernaast is duidelijk te zien welke maten en hoeken gehanteerd zijn en welke maten dit in het echt zijn.

Op dit moment kan iedere willekeurig structuur nog opgebouwd worden. Om de keuze van een eventuele gebruiker te beperken zodat er ingeschat kan worden welke overdekkingen allemaal gebouwd kunnen worden wordt er gebruik gemaakt van 3 verschillende formaten doek. In deze opdracht zijn dat driehoeken op basis van de modellen, in een later stadium zouden hier ook andere vormen aan toegevoegd kunnen worden. Om de vorm natuurlijk en spannend te houden is het verstandig om altijd een oneven aantal hoeken te gebruiken.

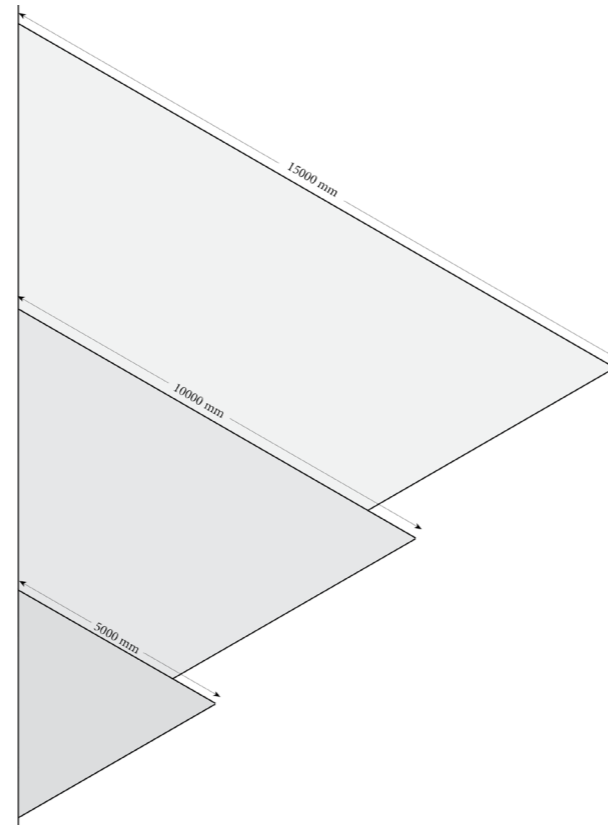
Doek

De vorm van de stof is een [gelijkbenige driehoek](#), in tegenstelling tot de modellen. Dit is een gevolg van het vaststellen van de maten van het koppelstuk. Om het doek goed op te kunnen spannen is het belangrijk dat de structuur buiten de omlijning van de driehoek komt, wanneer dit niet het geval is, is de stof te groot en spant het niet op.

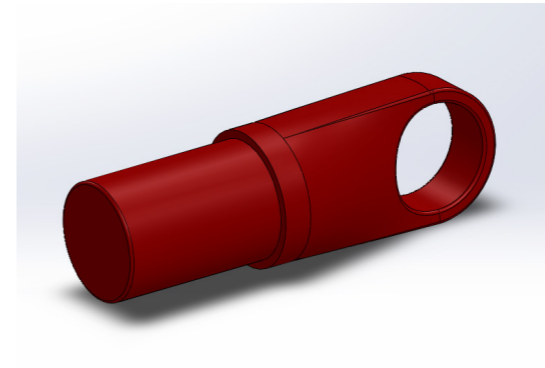
Het hoekstuk maakt in totaal een hoek van 120 graden (2 keer 60 graden naar buiten), dit betekent dat de hoek van de stof maximaal 120 graden mag zijn. Zodra in een driehoek 1 hoek kleiner wordt, worden de andere vanzelf groter, vandaar dat een gelijkbenige driehoek het meest geschikt is, deze heeft drie hoeken van 120 graden.



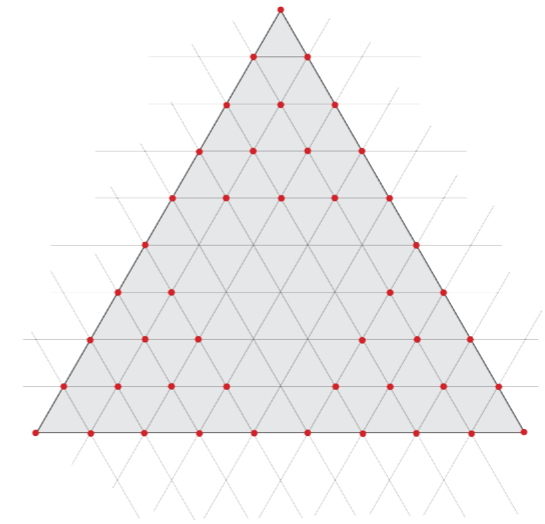
Maatvoering in het model



Drie verschillende formaten voor het doek



Hulpstuk voor aan het eind van een zij-nerf.



Verdeling van lussen waarmee het doek opgespannen kan worden.



Voorbeeld van een koppelings deel uit de steigerbouw, de inbus bouten drukken tegen de buis aan die erin geschoven wordt.

Ophanging

Op dit doek worden lussen genaaid, hierdoor kan een standaard 'spin' (spandraad) gebruikt worden, deze wordt aan de lus gehaakt en aan de structuur. Dezelfde spin wordt gebruikt aan het uiteinde van de structuur, een extra [hulpstuk](#) (voor maattekening zie Appendix D) zorgt ervoor dat de spandraad aan het uiteinde blijft zitten. De positie van de lussen op het doek is hiernaast weergegeven. Op basis van de hiervoor gemaakte modellen zijn deze posities vastgelegd. Dit is volgens een patroon geplaatst dat als basis de driehoek zelf gebruikt. De lussen bevinden zich alleen in de buurt van een structuur, hoe dichter je bij een structuur bent hoe meer montage mogelijkheden er zijn. In het midden van de stof is vaak geen mogelijkheid om een lus te bevestigen. Om een interessant beeld te vormen worden in de modellen totaal ongeveer 10 'optrekkingen' gebruikt, dit aantal is over de gehele stof verdrievoudigd, op deze manier heb je per structuur ook hier 3 verschillende opties. Per 'poot' worden er dus ongeveer 10 ophangpunten aangeboden.

Productie

Om het eind- en koppelstuk te kunnen produceren moet de geometrie aangepast worden, deze aanpassingen zijn te zien in de maattekeningen in appendix D. Het komt er op neer dat er een aantal kernen gebruikt worden om de onderdelen te kunnen spuitgieten. Daarnaast zorgt deze materiaal besparing voor een aanzienlijke verlaging van het gewicht. Er is gezocht naar de goede balans tussen voldoende stevigheid en een zo laag mogelijk gewicht.

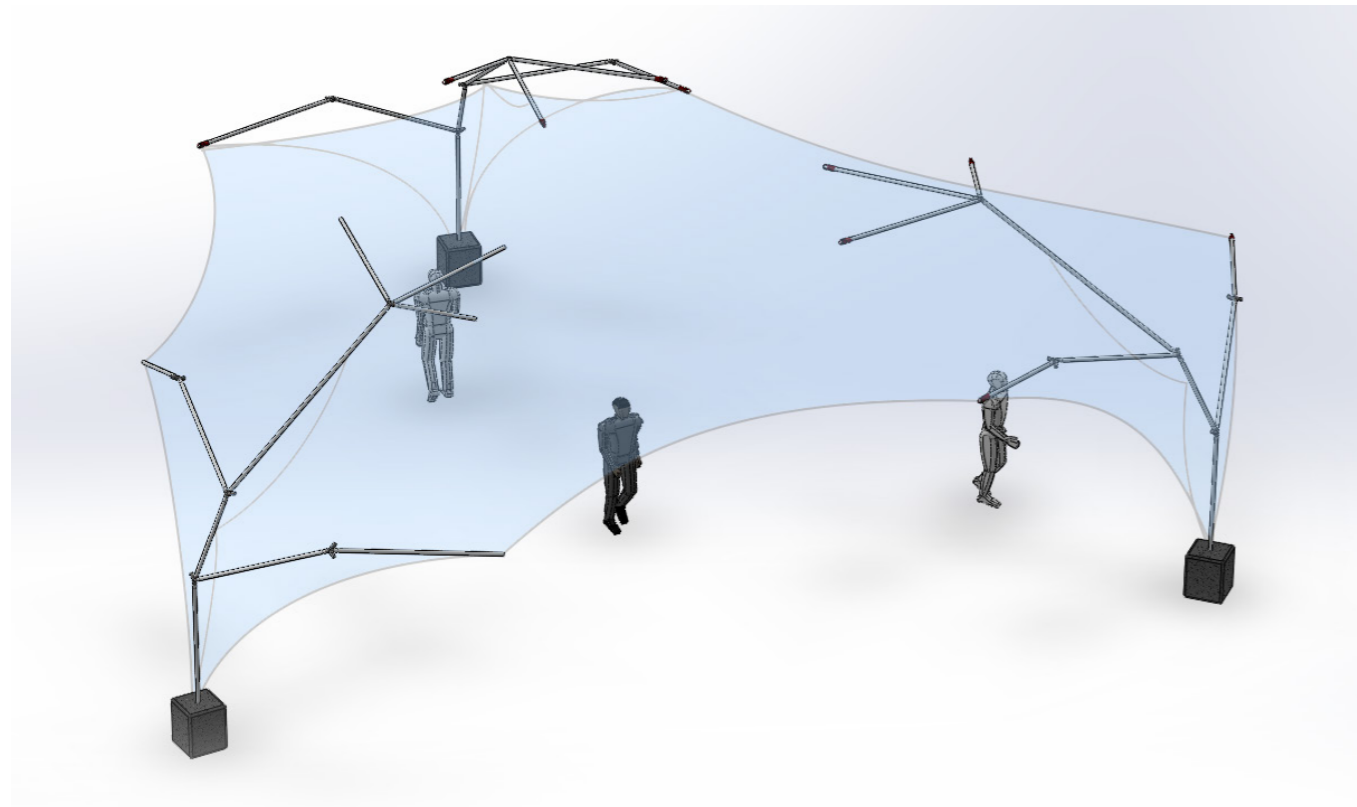
Assemblage

Om het geheel eenvoudig maar stevig te monteren is ook hier gekeken naar de steigerbouw. Hier wordt het [koppelstuk](#) aan de buis geklemd met een inbusbout. Omdat de passing in mijn ontwerp andersom is (het koppelstuk valt in de buis) worden de buizen aan de koppelstukken geklemd met een inbusbout. In de buis en het koppel- of eindstuk is draad getapt zodat de bout tegen de buis geklemd kan worden. Omdat de buis maar 3mm dik is wordt het draad doorgetapt in het koppelstuk, hierdoor heeft deze meteen een gefixeerde positie en zit het eindstuk altijd goed ten opzichte van het koppelstuk. Voor een duidelijk beeld is in Appendix D een assemblage tekening toegevoegd.

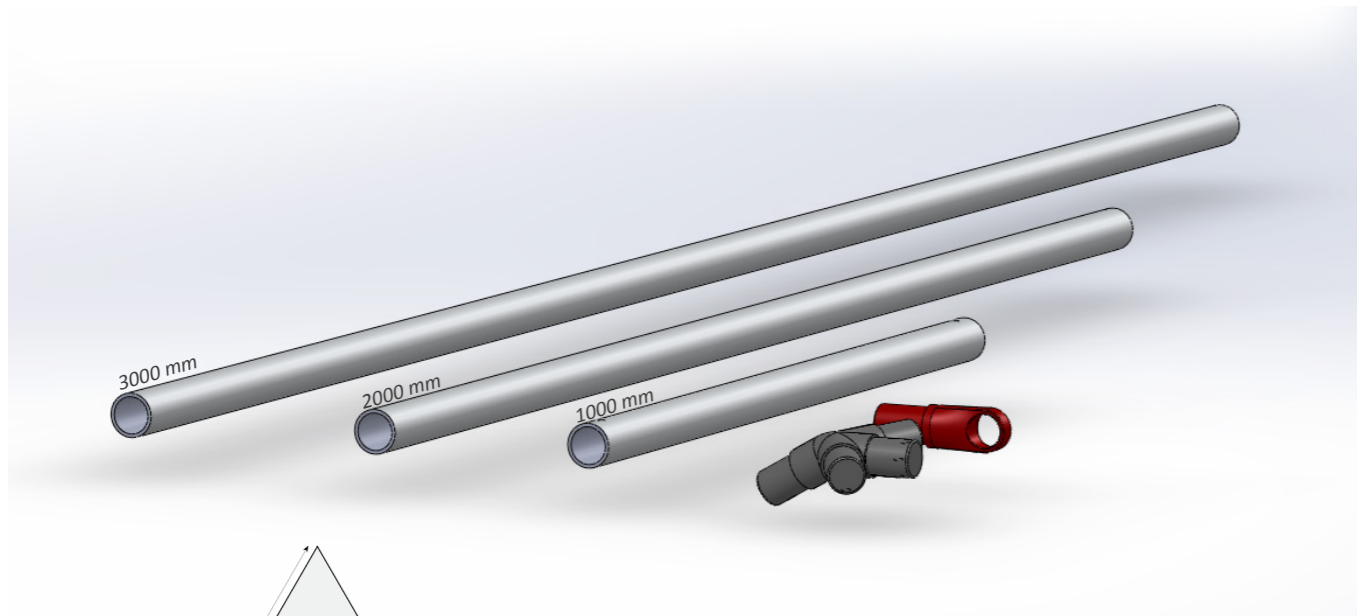
Belasting

De gehele constructie moet bestand zijn tegen allerlei belastingen, de grootste hiervan zijn regen en wind. Bij de glasvezel profielen is de impact van regen al berekend, dit valt mee, mits het water goed afgevoerd wordt. Een grotere impact heeft de wind. Om een idee te krijgen van de kracht die de wind uitoefent op deze constructie gaan we uit van harde tot stormachtige wind. Deze wind waait recht tegen

¹²<http://www.steigerbuis-online.nl>

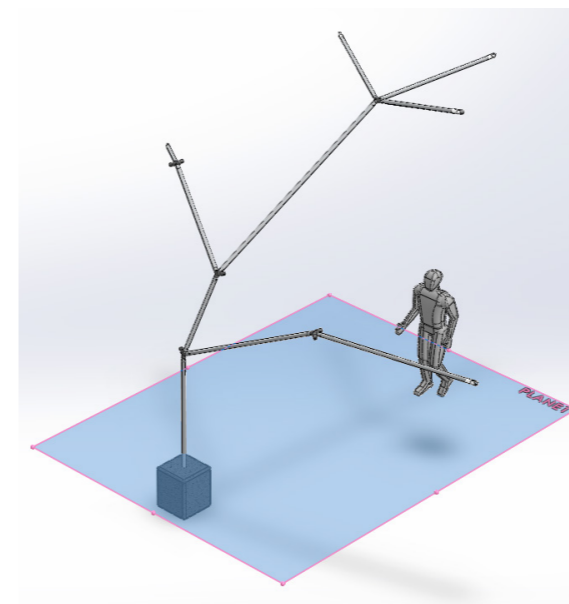
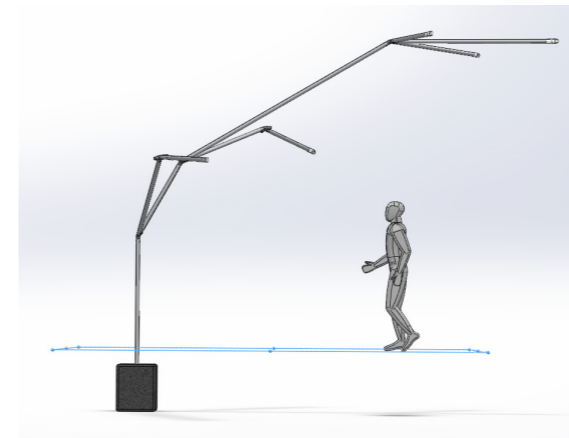


Een mogelijke combinatie van structuren, zoals op de schetsen hiervoor te zien is zit de verankering onder de grond.



Het gehele pakket.

| Onderdeel | Materiaal | Productie |
|------------|-------------|-------------|
| Buis | Aluminium | Extrusie |
| Eindstuk | Zamac | Spuitgieten |
| Koppelstuk | Zamac | Spuitgieten |
| Doek | ShelterFlex | Onbekend |

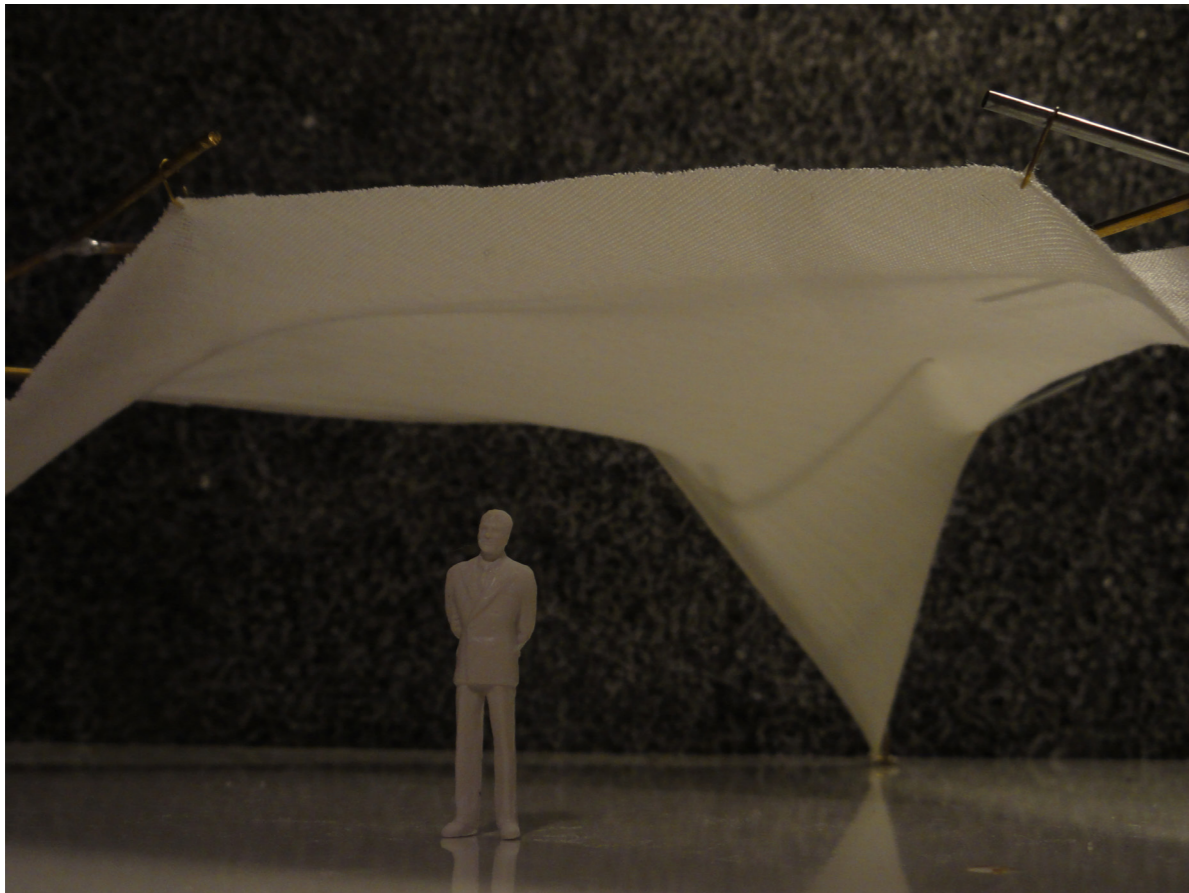
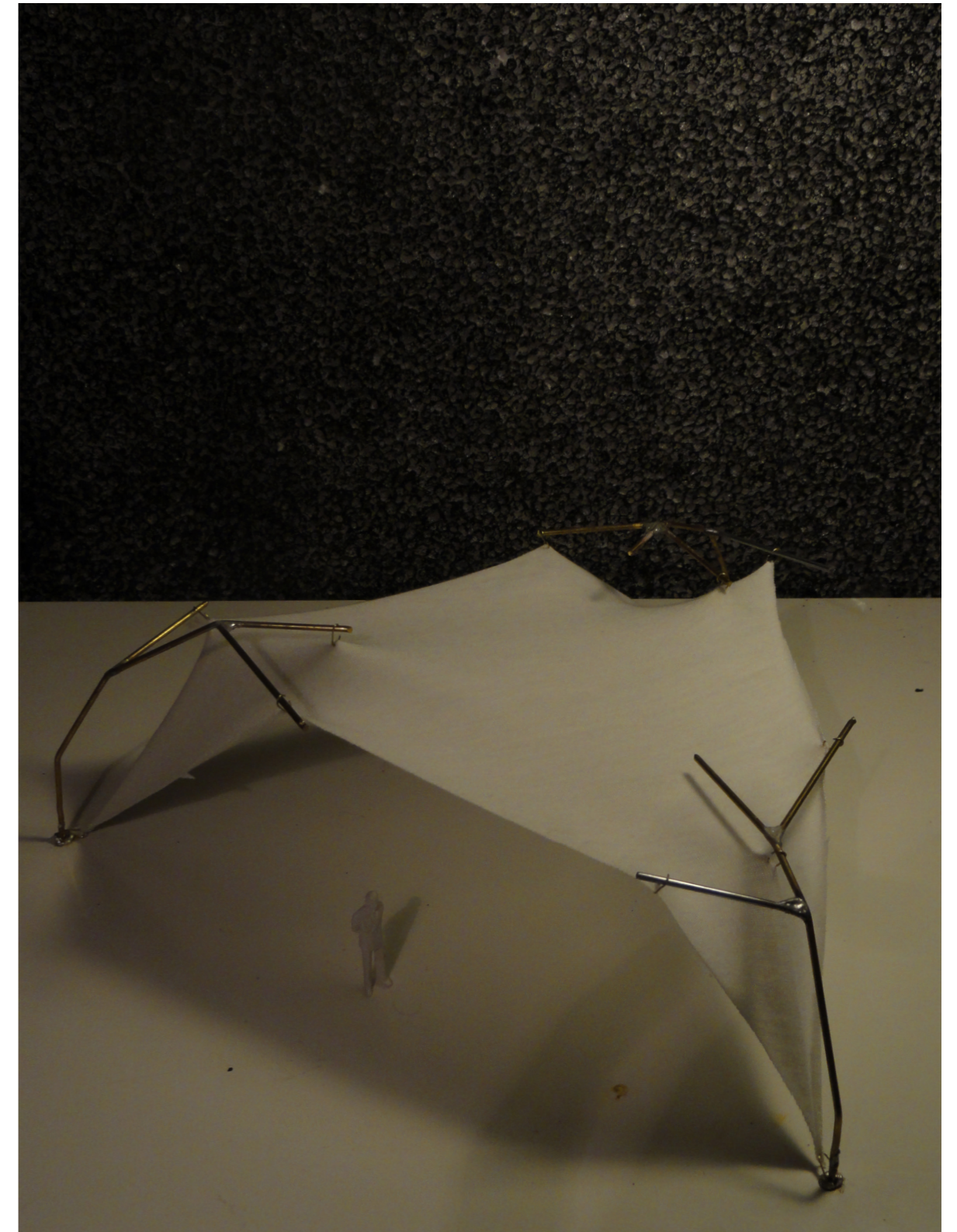
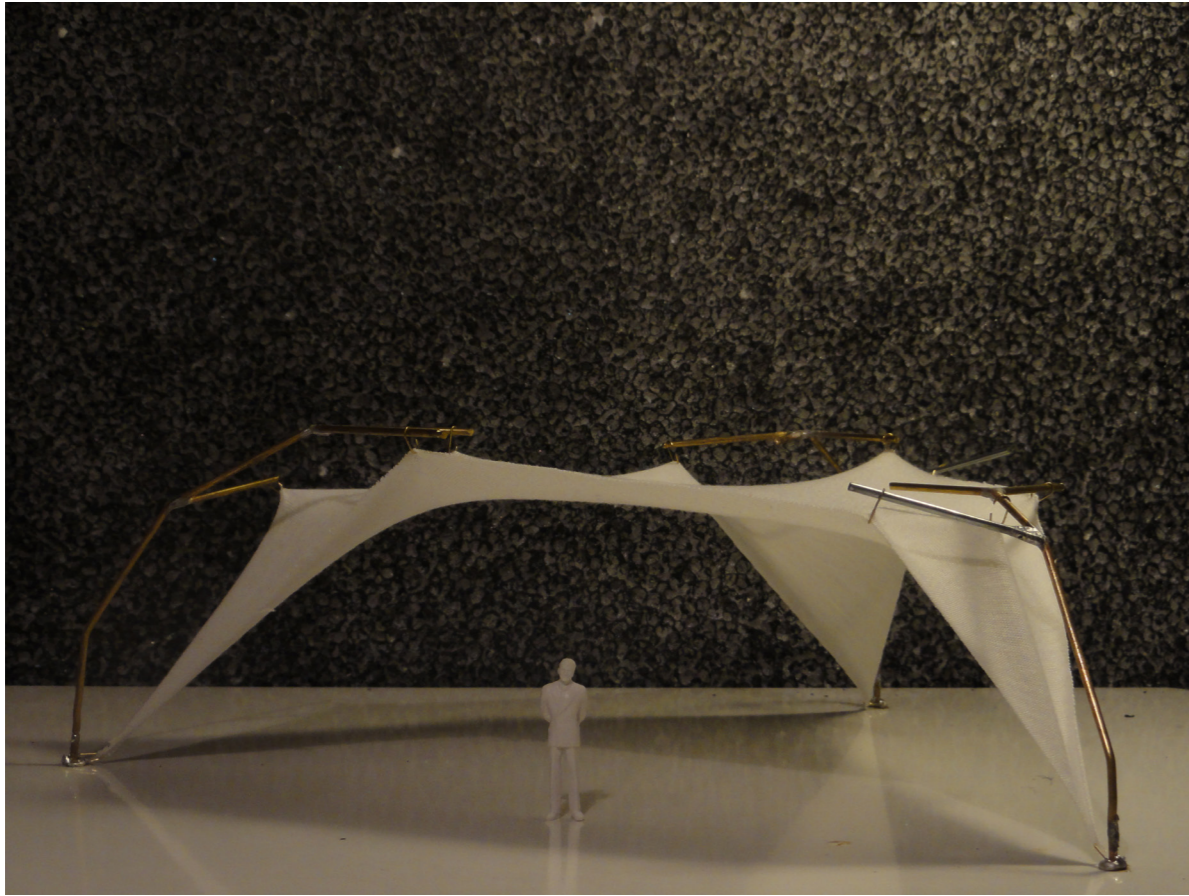


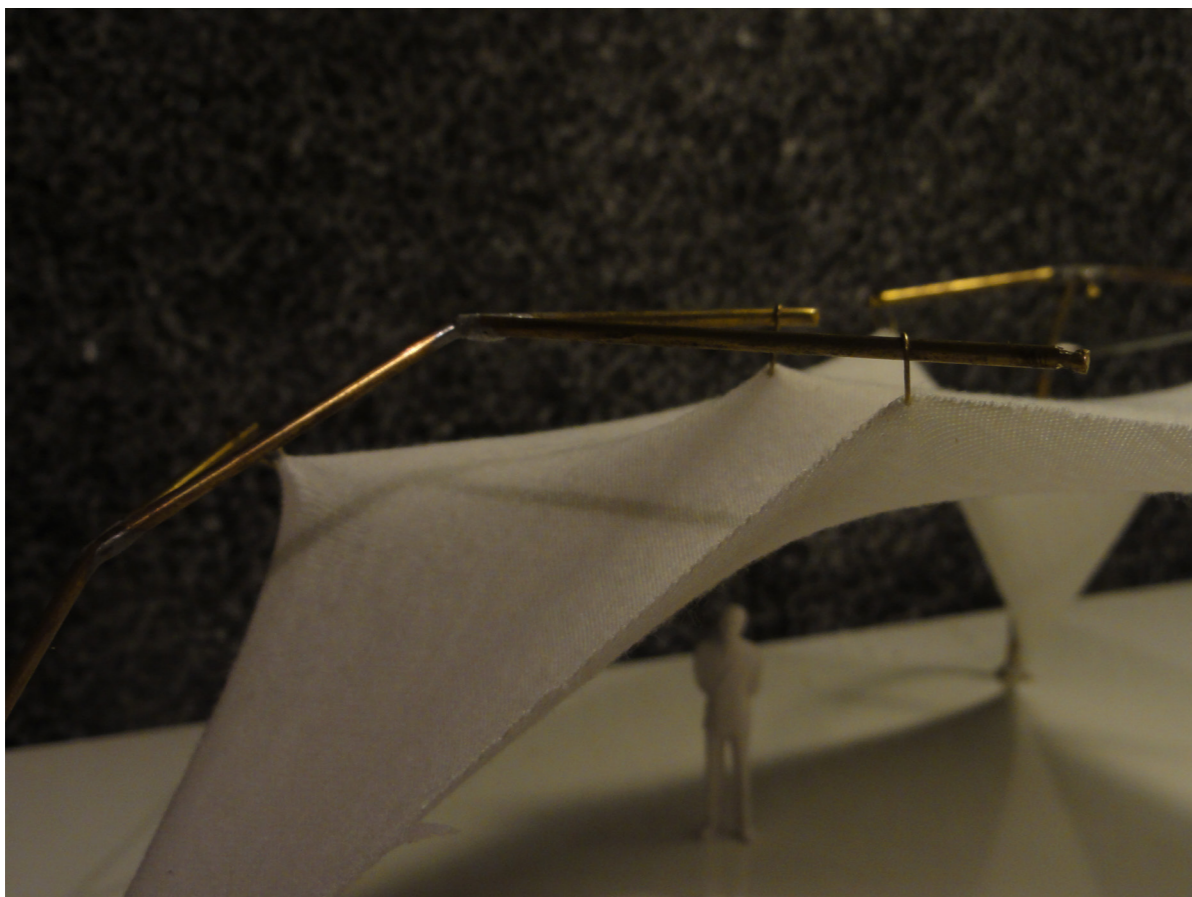
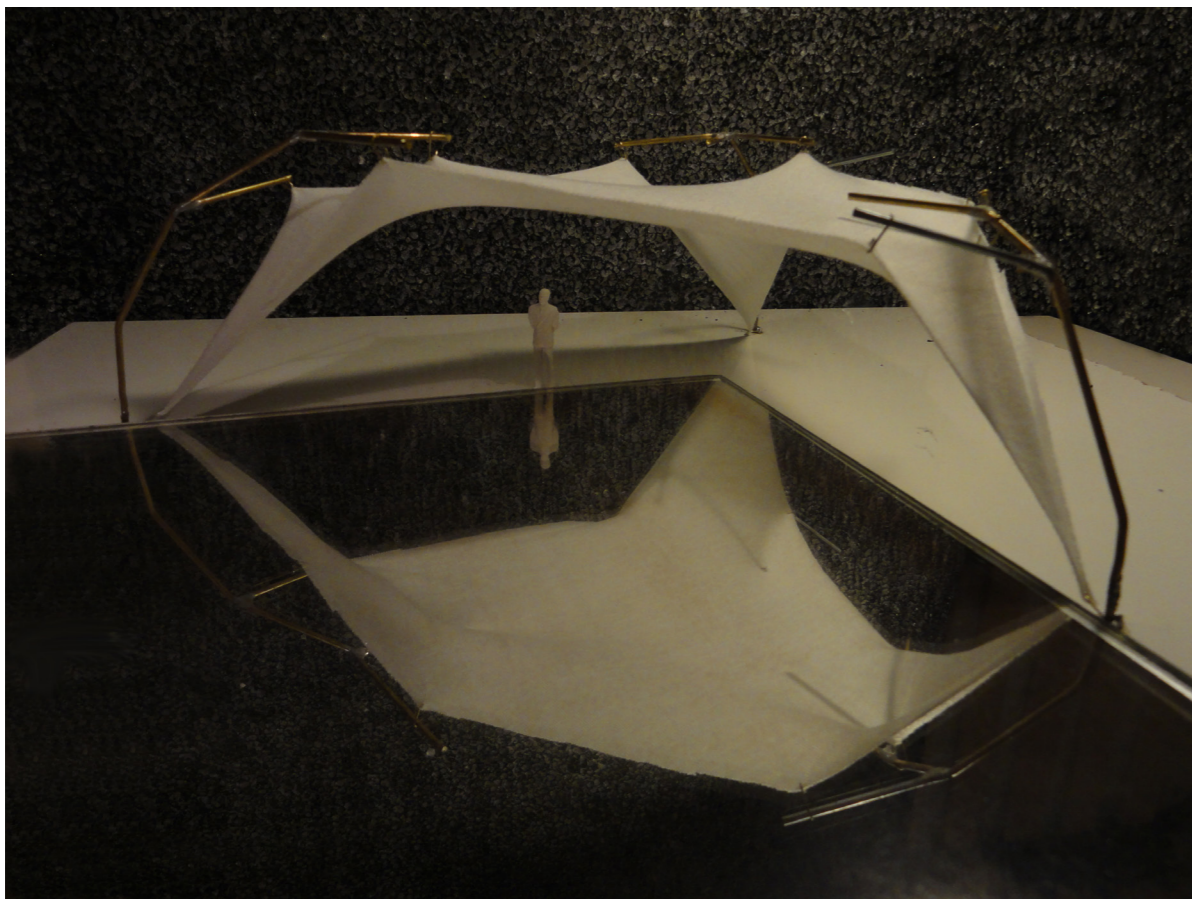
Een mogelijke configuratie, zoals op de schetsen hiervoor te zien is zit de verankering onder de grond.

een oppervlak van 7 bij 4 meter, dit komt ongeveer overeen met een constructie van 3 elementen van 3 meter. Om dit uit te rekenen wordt de volgende formule gebruikt: $F = \frac{1}{2} \cdot C \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$. In deze formule is C een constante die voor een vlakke plaat 1,28 is. De oppervlakte A is 28m² en de ρ van lucht is 1,23. De snelheid van een stormachtige wind bedraagt 15m/s. Wanneer dit alles ingevuld en uitgerekend wordt gaat het om een gehele belasting van ongeveer 5000N. Ten opzichte van de eerder uitgerekende regen belasting is dit een vrij grote belasting. De constructie zal dus in zijn geheel vervormen als gevolg van een zware wind belasting. In een enkele opstelling is dit geen probleem, maar bij meerdere constructies kunnen ze tegen elkaar aan komen. Om dit op te lossen kan er bijvoorbeeld een extra koppelstuk toegevoegd worden die de 3 constructies verbindt aan de top. Hierdoor verandert de enkele inklemming in een profiel dat aan beide zijde is ingeklemd, dit vermindert de vervorming aanzienlijk. In de aanbevelingen wordt hier meer aandacht aan besteed.

Nu de maatvoering vaststaat kunnen verschillende **3D configuraties** gemaakt worden van één of meerdere frames. Het doek is erg lastig te modelleren dus op basis van een aantrekkelijk 3D frame wordt een laatste zicht model gemaakt. Hierin zijn alle juiste maten en onderdelen verwerkt. Door voor deze frames verschillende doeken te gebruiken zie je dat je zowel individueel als in een groep op verschillende schalen een overdekking kan creëren met dezelfde onderdelen.

Op de volgende pagina's is het eind model te zien.





CONCLUSIE

Het uitgangspunt om Eschers schakelmogelijkheden samen te laten smelten met bio mimicry heeft veel verschillende concepten opgeleverd. In eerste instantie is er vrij technisch te werk gegaan met de schakelbare zeshoek, daarna is de pentagon ontwikkeld zodat er ook in 3 dimensies geschakeld kan worden. Door het ontbreken van de natuurlijke eigenschappen is er een wat radicale switch gemaakt wat uiteindelijk geleid heeft tot het eind concept. In dit concept is een heel nieuwe manier van schakelen geïntroduceerd. Daarnaast zorgt de modulariteit voor veel meer mogelijkheden.

De concepten die eerder gemaakt zijn doen niet onder voor het eindconcept, ze focussen alleen op andere eigenschappen van een overdekking, bijvoorbeeld het afvoeren van water, of het gebruik van 1 enkele vorm. In overleg met de opdrachtgever is het modulaire systeem uitgewerkt maar het is zeker de moeite waard om ook de andere concepten verder uit te werken.

Naast het generen van deze concepten heeft er ongemerkt ook een materiaal studie plaatsgevonden, tijdens het ontwikkelen van deze overdekking is duidelijk geworden welke mogelijkheden er zijn met het materiaal van Shelter Tents, behalve de manier waarop ze dat nu gebruiken.

Het uiteindelijk advies richt zich niet specifiek op het afvoeren van water, dit was immers het uitgangspunt, maar richt zich veel breder. Een overdekking waarbij het water afgevoerd wordt is zeer realistisch vooral door het rekbare materiaal te gebruiken, dit is vooral naar voren gekomen in het eerste concept. Maar naast het afvoeren van water zijn de andere mogelijkheden met het materiaal veel interessanter, dit komt sterk naar voren in het laatste concept.

Mijn advies is dus om op beide vlakken verder te ontwikkelen, zowel de afvoer van water als de mogelijkheden met het materiaal. Een combinatie van beide zou het beste zijn, wat betekent dat er nagedacht moet worden over het afvoeren van water in het uiteindelijk concept.

Qua levensvatbaarheid biedt het gekozen concept de meeste mogelijkheden, door gebruik te maken van bestaande elementen kunnen de kosten laag gehouden worden. Door de aanpasbaarheid van de overdekking kan deze ingezet worden in verschillende segmenten, zowel voor particulieren, op kleine schaal, als voor bedrijven of gemeentes die een dergelijke overdekking in het groot kunnen gebruiken.

AANBEVELINGEN

Ten aanzien van het gekozen concept kunnen er een aantal aanbevelingen gedaan worden die nuttig kunnen zijn bij het verder ontwikkelen van deze overdekking.

Materiaal

Er kan verder geëxperimenteerd worden met glasvezel of eventueel carbon, dit kan een combinatie zijn van beide of misschien samen met aluminium. De basis is gelegd in dit onderzoek en er blijken mogelijkheden te zijn.

Structuur koppeling

Zoals tijdens de detaillering aangegeven is zorgt de windbelasting voor een aanzienlijke vervorming, dit kan opgelost worden door het koppelen van de structuren. Hierdoor vermindert de vervorming. Dit koppelstuk kan ontwikkeld worden nadat er goede simulaties zijn uitgevoerd op basis van de windbelasting.

Vorm

De vorm van het doek is nu beperkt gebleven tot een driehoek. In principe kan natuurlijk iedere vorm gebruikt en gebouwd worden. Het is in de toekomst misschien goed om extra vormen toe te voegen aan de serie zodat de overdekking op meer plaatsen gebruikt kan worden. In het meest gunstige geval kan de stof in een oneindig aantal vormen gebruikt worden, dit levert vooral vraagstukken op in de productie.

Verankering

Er is in deze opdracht geen aandacht besteed aan de verankering van het geheel. Er zal eerst een 1:1 prototype gegenereerd moeten worden om een beeld te krijgen van de krachten die het doek oplevert. Op basis hiervan kan een bepaald type verankering ontwikkeld worden, het zou mooi zijn wanneer deze verplaatsbaar is. In elk geval bij de kleinste variant.

Waterafvoer

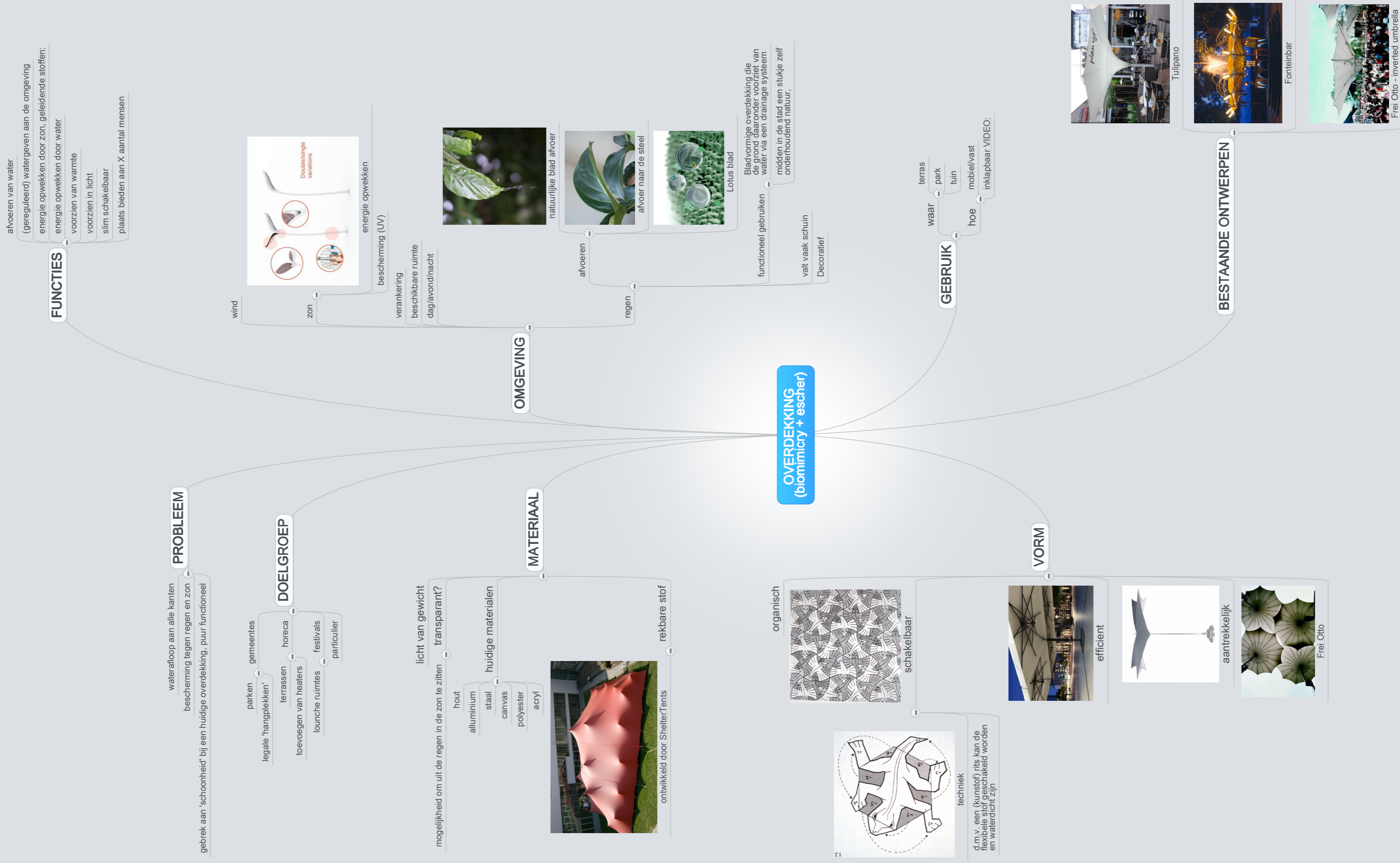
Zoals het model er nu uit ziet stroomt het water vanzelf naar 1 van de 3 voeten en kan het daar afgevoerd worden. Dit zal gecheckt moeten worden en misschien kan er nog een extra functie aan deze afvoer gegeven worden.

1:1 model

Zoals bij de verankering al genoemd is moet er een 1:1 model gemaakt worden. Het vergroten van het model geeft behalve meer inzicht in het gedrag van de stof ook een beter beeld van de verhoudingen en de vorm uitstraling.

BRONNEN

1. http://www.sheltertenten.nl/informatie_over_de_shelterflextenten.html
2. <http://www.parasols.nl/tulipano.html>
3. <http://www.vofdefontijn.nl/site/?id=10>
4. Princeton Architectural Press , Nerdinger Winfried, Frei Otto: Complete Works (2001), Birkhäuser Verlag Ag, Würzburg
5. http://www.mulderijssoleil.nl/Glatz_Contract_Katalog11_NL_ans.pdf
6. F.H. Bool, J.R. Kist, J.L. Locher, F. Wierda e.a., Leven en werk van M.C. Escher (1981), Meulenhoff & co BV, Amsterdam
7. <http://www.asknature.org/search?category=default&query=lotus+effect>
8. <http://www.treehugger.com/solar-technology/solar-street-lights-take-a-cue-from-the-mango-leaf.html>
9. <http://www.biomimicrynl.org/nl/biomimicry.html>
10. Princeton Architectural Press , Nerdinger Winfried, Frei Otto: Complete Works (2001), Birkhäuser Verlag Ag, Würzburg
11. Prof. dr. ir. H.J.J. Kals e.a., Industriële productie, Het voortbrengen van mechanische producten (2007), pagina 227 en 228, Sdu Uitgevers bv, Den Haag.
12. <http://www.bsl-europe.nl/nl/3-1.html>



Appendix B



^ BESTAANDE PARASOLLEN



^ TULIPANO



^ ZONNEZEILEN



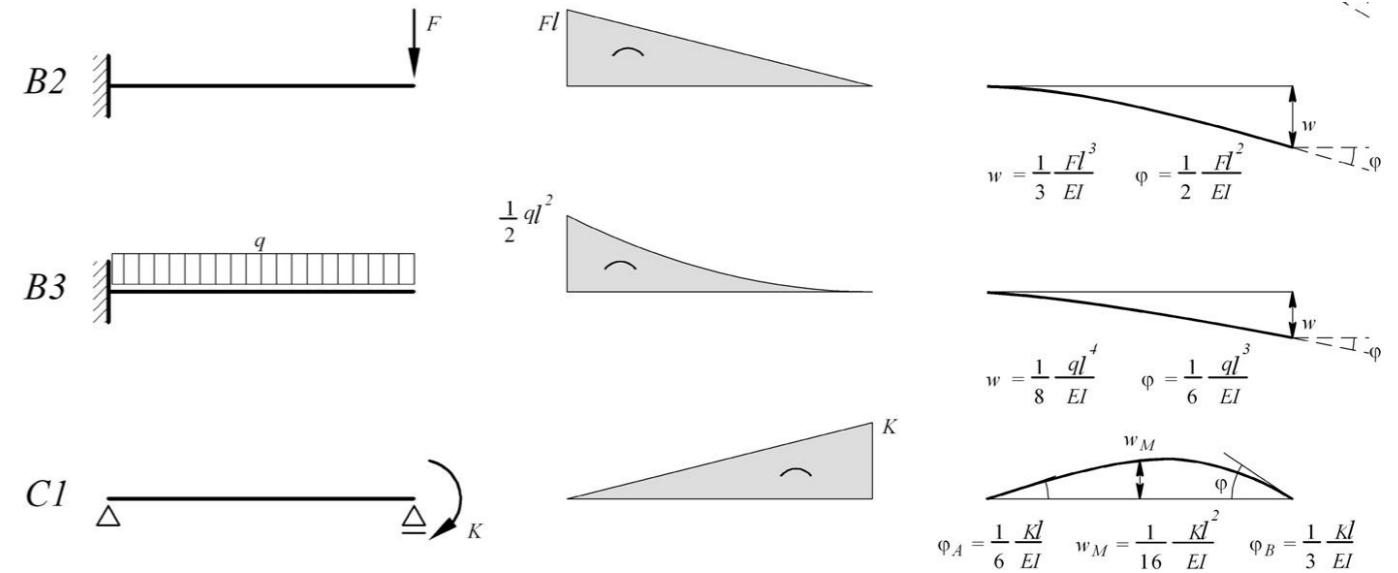
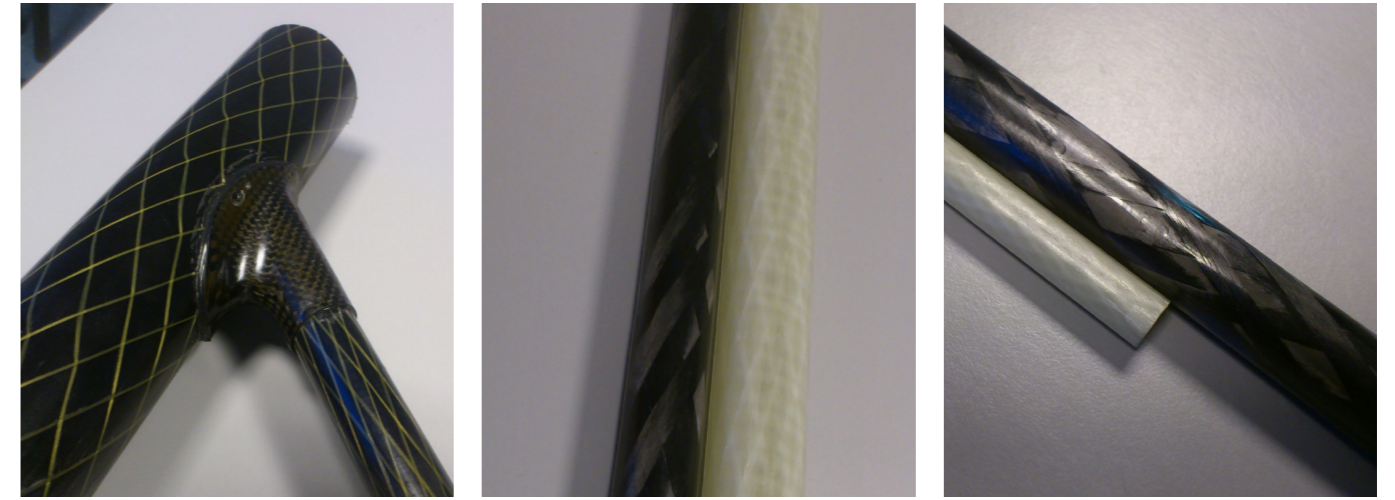
^ FONTEINBAR

Appendix C

PFT Profiles: Carbon en Glasvezel profielen

Carbon: duur, stijf en sterk

Glas: minder duur, minder stijf, minder sterk



$\omega = \frac{1}{8} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$ (verdeelde belasting)

$I = \frac{\pi}{4} \cdot (a^4 - b^4)$ waarbij a de buiten- en b de binnen diameter is.

$\omega = 0,4 \text{ m}$

$q = 333 \text{ N/m}$ (op basis van 20mm regen en een oppervlak van 5m²)

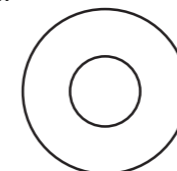
$E = 43 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ (gegeven door PFT profielen)

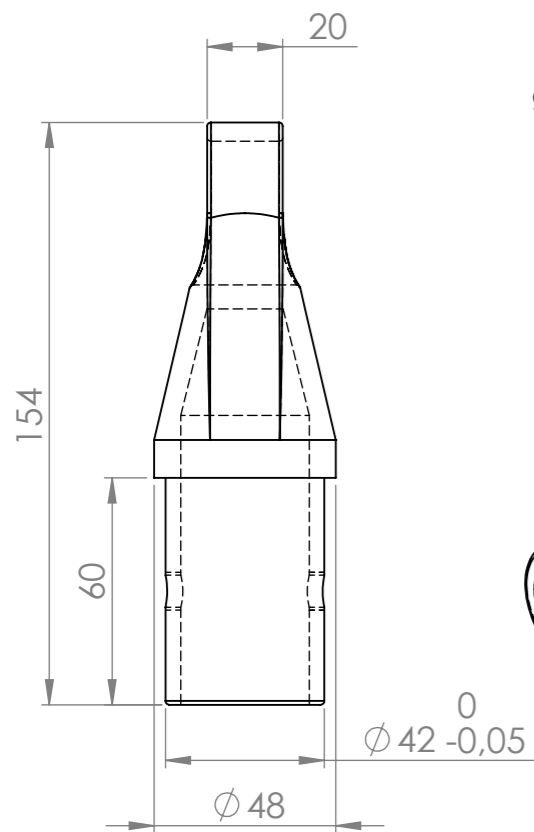
$L = 3 \text{ m}$

Na invullen en oplossen:

$a = 2,3 \text{ cm}$

$b = 1,0 \text{ cm}$

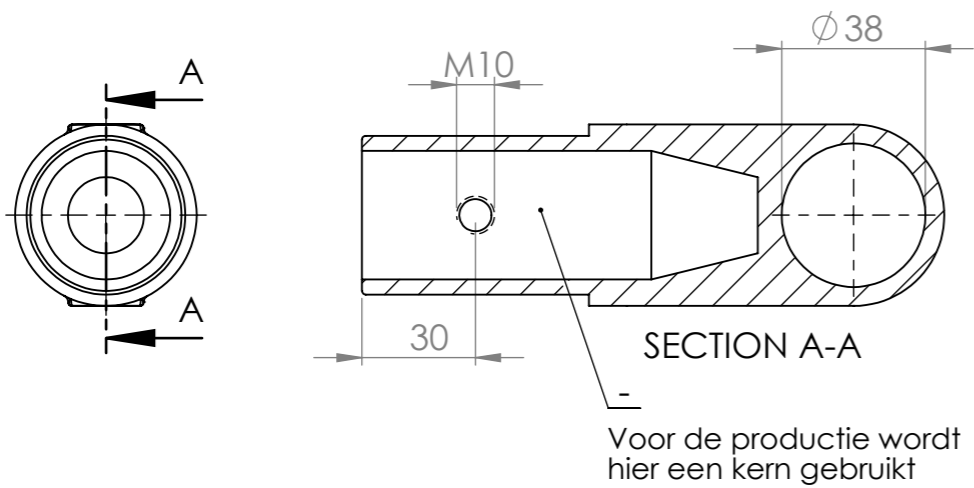
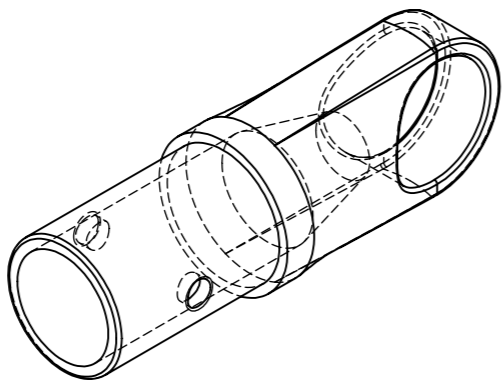




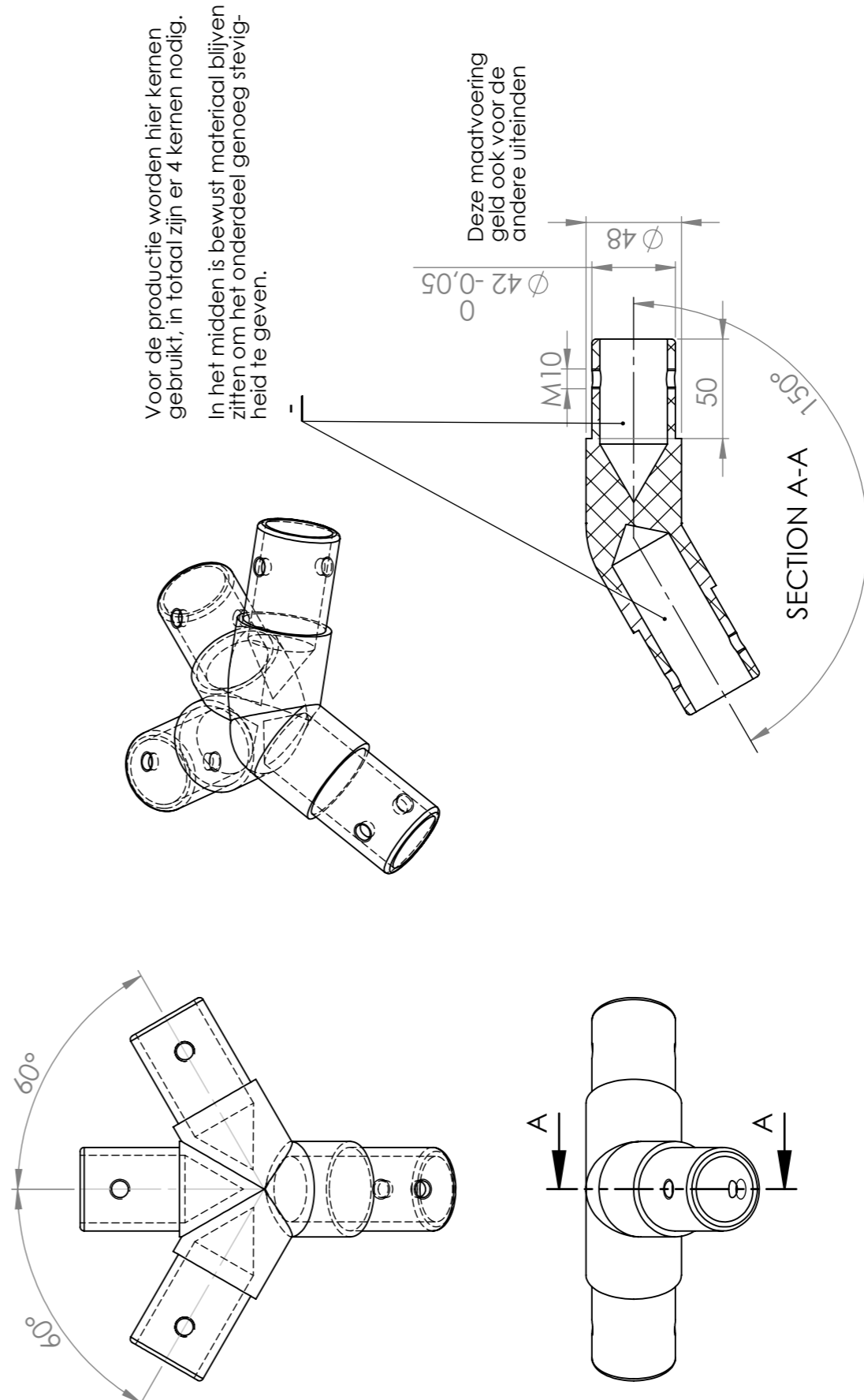
Nabewerkingen:

0,2 Polijsten

Draad wordt na productie geboord en getapt



| | | | | | |
|--|--|-------------------|------------------|--------------|-----------|
| PROJECTION METHOD | UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM | DRAWN | -- | DATE | 7-10-2012 |
| | | CHECKED | -- | SCALE | 1:2 |
| UNIVERSITEIT TWENTE. FACULTY OF ENGINEERING | MATERIAL | Zamac spuitgieten | | TITLE | EIND STUK |
| | WEIGHT | 598 gram | | DRAWING NO. | -- |
| | DIMENSIONS IN MILLIMETERS | | FILE / PART NAME | eind stuk | REV. |
| | | | | | A4 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 | |

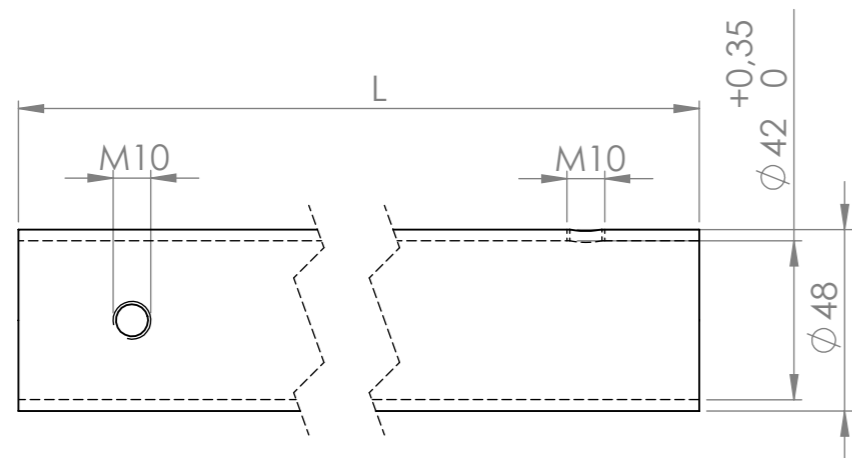


Nabewerkingen:

0,2 Polijsten

Draad wordt na productie geboord en getapt

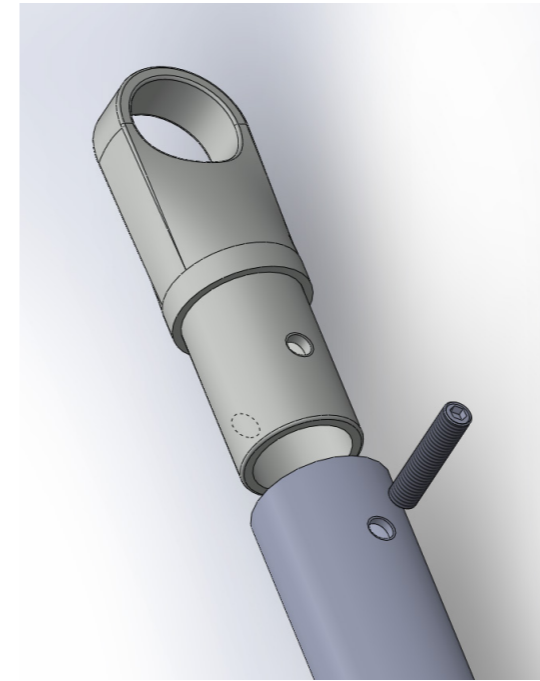
| | | | | | |
|--|--|-------------------|------------------|--------------|------------|
| PROJECTION METHOD | UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM | DRAWN | -- | DATE | 7-10-2012 |
| | | CHECKED | -- | SCALE | 1:3 |
| UNIVERSITEIT TWENTE. FACULTY OF ENGINEERING | MATERIAL | Zamac spuitgieten | | TITLE | Koppelstuk |
| | WEIGHT | 1082 gram | | DRAWING NO. | -- |
| | DIMENSIONS IN MILLIMETERS | | FILE / PART NAME | koppelstuk | REV. |
| | | | | | A4 |
| | | | | SHEET 1 OF 1 | |



| Buis | Lengte L |
|------|----------|
| 1 | 1000 |
| 2 | 2000 |
| 3 | 3000 |

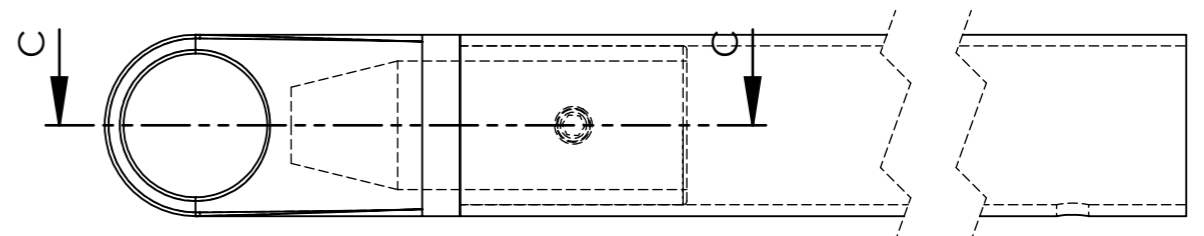
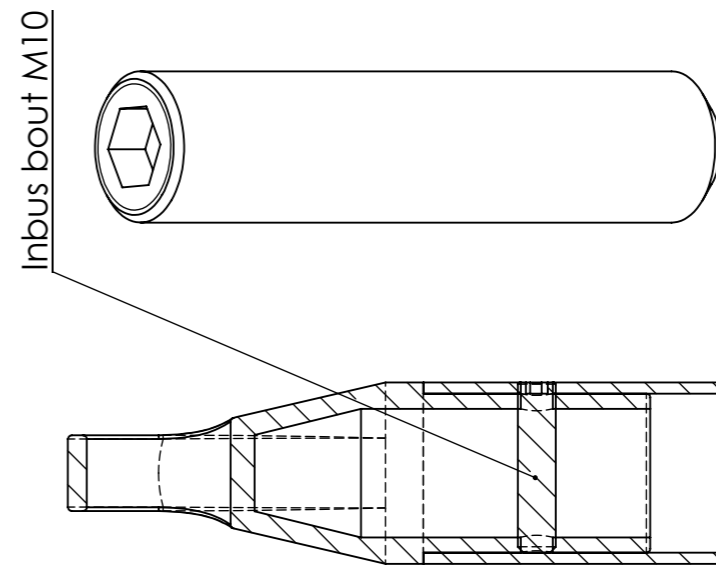
Tolerantie gebaseerd op NEN-EN 755

| | | | | | |
|--|---|------------------------|------------------|--------------|-----------|
| | UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM | DRAWN | -- | DATE | 7-10-2012 |
| | | CHECKED | -- | SCALE | 1:2 |
| UNIVERSITEIT TWENTE. FACULTY OF ENGINEERING | MATERIAL | Aluminium Geextrudeerd | | TITLE | Profielen |
| | WEIGHT | 1,15 kg/m | | DRAWING NO. | -- |
| | DIMENSIONS IN MILLIMETERS | | FILE / PART NAME | profielen | REV. |
| | | | | SHEET 1 OF 1 | |



Exploded view van de assemblage.

De assemblage van het koppelstuk gaat op dezelfde wijze.



SECTION C-C
SCALE 1:2

| | | | | | |
|--|---|---------|------------------|--------------|------------|
| | UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM | DRAWN | -- | DATE | 8-10-2012 |
| | | CHECKED | -- | SCALE | 1:2 |
| UNIVERSITEIT TWENTE. FACULTY OF ENGINEERING | MATERIAL | -- | | TITLE | Assemblage |
| | SURFACE FINISH | -- | | DRAWING NO. | -- |
| | DIMENSIONS IN MILLIMETERS | | FILE / PART NAME | assemblage | REV. |
| | | | | SHEET 1 OF 1 | |