



Over de totstandkoming van
de buitenkachellijn voor de
'hogere', design-georiënteerde
doelgroep

Bachelor Eindopdracht

Een moderne buitenkachellijn
voor het bedrijf Esschert
Design BV

Remco Reuvers (S1006223)
24-03-2013

Colofon

Titel:	Bachelor opdracht Buitenkachellijn
Onderwijsinstelling:	Universiteit Twente Faculteit Construerende Technische Wetenschappen Opleiding Industrieel Ontwerpen Postbus 217 7599 AE ENSCHEDE www.io.utwente.nl
Auteur:	Remco Reuvers S1006223 r.reuvers@student.utwente.nl
Begeleider:	Universiteit Twente Ir. I.F. Lutters-Weustink i.f.lutters-weustink@utwente.nl
Tweede examiner:	Dr. Ir. H.J.M Geijselaers H.J.M.Geijselaers@utwente.nl
Plaats:	Enschede
Datum:	24-03-2013

Voorwoord

In dit verslag worden de resultaten gepresenteerd van de ontwerpopdracht die ik heb uitgevoerd in het kader van de Bachelor (Eind)Opdracht. Deze opdracht is voor de studie Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente.

Het onderwerp van mijn opdracht is het creëren van een serie buitenhaarden, met de bijbehorende overeenkomstige kenmerken om het een productlijn te maken, waarbij de onderdelen losneembaar zijn en met behulp van hun vorm op eenvoudige wijze in elkaar gezet kunnen worden door de consument.

Ik heb voor deze opdracht gekozen, omdat het pure design-aspect centraal staat. Ik ben geïnteresseerd in het maken van producten die qua uiterlijk mensen aanspreken. De haarden moeten tevens hun werk goed doen, en het vuur niet belemmeren door de vorm van de kachel. Deze twee punten, in combinatie met de door het bedrijf gestelde eisen, maakten het dat ik deze opdracht interessant vond en als uitdaging heb aangenomen.

Het onderzoek naar de benodigde informatie, het overleg en de ontwerpprocessen zijn uitgevoerd bij het bedrijf Esschert Design B.V. en op de Universiteit Twente. Tijdens deze fases heb ik samengewerkt met mijn begeleidster Ir. I.F. Lutters-Weustink en mijn opdrachtgevers van Esschert Design; dhr. A. Mosterd en mevr. M. Sehr. Het proces rondom de inkoop en leveranciers/fabrieken stond centraal in deze opdracht. De prijs voor de ontworpen kachels en de maatregelen om deze prijs te kunnen beïnvloeden speelden het gehele project een belangrijke rol. Om op dit aspect te kunnen inspelen heb ik samengewerkt met dhr. D. Kok (afdeling Inkoop van Esschert Design B.V.).

Ik zou de genoemde personen (en overige sleutelfiguren) willen bedanken voor hun adviezen, beslissingen en hulp. Zonder samenwerking met deze personen, zou het resultaat van de opdracht niet in zijn huidige vorm gestalte hebben gevonden.

Remco Reuvers
Maart 2013

Inhoudsopgave

1	Inleiding	11
	Opdrachtgever	11
	Opdrachtschrijving	12
	Doelstelling	13
2	Analysefase	15
	Doelgroep	15
	producten van Esschert	17
	Concurrentie en markt	19
	Technische eigenschappen	23
	Een productlijn	28
	Functies	29
	PvE	30
3	Conceptontwikkeling	33
	Ideefase	34
	Conceptfase	36
	- <i>Eerste concept</i>	36
	- <i>Tweede concept</i>	45
	- <i>Derde concept</i>	49
	- <i>Vierde concept</i>	57
4	Detallieringsfase	61
	Onderdelen en bevestigingsmethoden	62
	- <i>Eerste concept</i>	62
	- <i>Tweede concept</i>	67
	- <i>Derde concept</i>	67
	- <i>Vierde concept</i>	72
	Krachtenanalyses	75
	- <i>Eerste concept</i>	76
	- <i>Tweede concept</i>	81
	- <i>Derde concept</i>	81
	- <i>Vierde concept</i>	81
	Warmte- en luchtstroom	82
	Materiaaluitzetting	84
	Nestbaarheid	86
	Kostprijs	89
5	Prototype	91
6	Conclusies en aanbevelingen	95
7	Reflectie	97
8	Bronnen	99

Samenvatting

Dit bachelor verslag beschrijft de stappen die zijn ondernomen, tijdens het ontwerpen van de serie buitenkachels. Deze kachels dienen een hogere markt aan te spreken dan normaal gesproken het geval is bij de producten van Esschert. De prijs van de producten zal relatief gezien een stuk hoger liggen dan voorheen, maar tegelijkertijd dient het product dit ook duidelijk uit te stralen middels een strak en modern uiterlijk.

In de analysefase wordt duidelijk gemaakt met welk bedrijf we te maken hebben en welke producten voortgebracht worden door Esschert. Ook is er enig onderzoek gedaan naar concurrerende kachels en buitenkachels in het algemeen. De benodigde informatie is in deze fase onderzocht, zodat er op een verantwoorde manier ontworpen kan worden. Alle input van Esschert en de gevonden informatie mondt uiteindelijk uit in een Programma van Eisen (PvE), welke de basis vormt voor de gedane stappen die daarop volgen.

In de ideefase wordt de bekende informatie samengevoegd en omgezet naar ideeën. Er wordt in deze fase in verschillende richtingen ontworpen, waarbij de hoofdvormen gebaseerd zijn op de basis die Esschert heeft gelegd. Deze ontwerpfase gaat in nauw overleg met de hoofdverantwoordelijke voor de afdeling productontwikkeling. In samenwerking met de eindverantwoordelijke werden de richtingen bepaald, zodat beide partijen in alle tevredenheid konden werken aan het ontwerpen van de kachels.

De ideeën die voortgekomen zijn uit de ideefase, worden in de volgende fase geconvergeerd en verder ontwikkeld. Uiteindelijk zijn er vier concepten/keuzes ontstaan, welke stuk voor stuk tot nieuw product uitgewerkt konden worden. Deze zijn ook opgenomen in de nieuwe catalogus van Esschert. De vier concepten vormen een lijn, vanwege enkele terugkerende kenmerken. Dit geeft de klant de mogelijkheid om te kunnen kiezen naar eigen smaak en behoeftes, waarbij men bij elk model toch hetzelfde designtype in huis haalt.

De hieropvolgende fase is een uitwerking van de conceptfase, waarbij de kachels op verschillende manieren geanalyseerd en getest worden. Hierbij zijn enkele sterkte- en stijfheidsberekeningen gedaan en er is gekeken naar de warmtestroom en warmtegeleiding van de kachels. De materiaalkeuze staat hier al vast en enkele veranderingen zijn doorgevoerd met betrekking tot de prijs van de kachels. Een van de belangrijkste punten in dit project is de winstgevendheid van de producten. De inkoop moet zo goedkoop mogelijk zijn en de verkoopprijs is van te voren globaal vastgesteld. Hoe naar deze prijzen toegewerkt kan worden, is in de loop van het project duidelijk geworden.

Desondanks is het soms lastig om op dit gebied te kunnen voldoen aan de vooraf gestelde eisen en wensen. Dit kan komen doordat enkele ontwerpkeuzes wellicht anders hadden moeten zijn, maar ook doordat de vooraf gestelde punten niet altijd reëel zijn. Dit en andere punten worden besproken in de conclusie. Tevens zullen enkele aanbevelingen gedaan worden en zal teruggeblikt worden op de stappen die zijn ondernomen.

Tevens is er een prototype van een van de kachels gemaakt, zodat de realiteit van het ontworpen product getest kan worden. Dit geeft meer inzicht in de problemen en moeilijkheden die kunnen optreden bij een dergelijk ontwerp.

Summary

This bachelor report displays and describes the steps which are taken during the design of the outside fireplace range. These fireplaces have to arouse the interest of the 'higher market'. The price of the products will be relatively higher than the other fireplaces of Esschert, but at the same time, the design of the new products makes this price worth.

In the analysis phase it is made clear which company we are dealing with and what products are produced by Esschert. Some research has been done on competitive fireplaces and outdoor fireplaces in general. The necessary information has been researched in this phase, so it is possible to design in a responsible way. The input of Esschert and the found information, is finally assembled and converted into a List of Requirements, which forms the basis of the followings steps and decisions.

In the idea phase, the known information is put together and converted into ideas. In this phase, the designing process is very diffuse, wherein the main form of the fireplaces are based on the foundation given by Esschert. This design phase comes in close consultation with the main person who is responsible for the product development department. In cooperation with the ultimate responsible person, the directions were determined, so that both parties could work with satisfaction on designing the fireplaces.

The ideas that emerged from the idea phase, will be converged and developed in the next phase. Finally, there are four concepts / choices arise, which individually could be developed to new products. These are also included in the new catalog of Esschert. The four concepts form a range, because of recurrent features. This gives the customers the ability to choose for their own taste and needs, but every fireplace still has the properties of the design range.

The subsequent phase is an elaboration of the concept phase, where the fireplaces are analyzed and tested in various ways. There are some strength and stiffness calculations done and the heat flow and thermal conductivity of the fireplaces is tested. The material is at this moment fixed and some changes have been made with respect to the price of the fireplaces. One of the main points in this project is the profitability of the products. The purchase must be as cheap as possible and the price is generally fixed in advance. How to design towards a price, became clear during this project.

Nevertheless it is sometimes difficult to meet the predetermined requirements. This might be because of some unfavorable design choices, but also because of unrealistic predetermined points. This and other issues are discussed in the conclusion. Also, some recommendations has been made and the taken steps are reviewed.

There is also a prototype of one of the fireplaces, so the reality of the designed product can be tested. This gives more insight into the problems and difficulties that can occur with such a design.

Esschert produceert grote hoeveelheden tuinproducten, en de ontwerp- en ontwikkeltijd is relatief kort te noemen. Doordat de producten eenvoudig zijn en weinig invloed uitoefenen op andere producten of dingen, is het niet noodzakelijk dat deze op de millimeter nauwkeurig gedefinieerd worden in het ontwerpproces, waardoor de doorlooptijd minimaal blijft. De opdracht die Esschert beschikbaar heeft gesteld, is in tegenstelling tot de meeste producten, een stuk uitgebreider en duurder. Een goed ontwerp en een uitgebreide ontwikkeltijd is in dit geval van belang, waardoor het voor Esschert ideaal is om dit uit te besteden aan, en in samenwerking te doen met een student.

Opdrachtgever

Een combinatie waar vandaag de dag veel vraag naar is, kan omschreven worden met de steekwoorden: *natuurlijk* en *origineel*. Ideeën worden in eigen huis bedacht en omgezet naar ontwerpen, welke tevens ook in eigen huis ontwikkeld worden. Hierna vervaardigen producenten deze producten wereldwijd exclusief voor Esschert Design. Als groothandel tracht Esschert Design B.V. het gehele assortiment voorradig te houden in het centrale magazijn in Enschede. De collectie omvat vele concepten zoals "Best for Birds" nestkasten en vogelvoederartikelen, "World of Weather" meteorologieartikelen, "Best for Boots" artikelen voor rond de buitendeur.



Als groothandel levert Esschert Design alleen aan detaillisten en niet direct aan de eindverbruiker. Daar waar mogelijk beschermt Esschert Design zijn producten door middel van modelbescherming. De doelgroep voor de artikelen bestaat uit drie groepen: “classical/country”, “young & trendy” en “design orientated”.



Figuur 2. Werkplek

Opdrachtomschrijving

De opdracht zoals Esschert Design B.V. het aangeleverd heeft, bestaat uit het ontwikkelen van een buitenkachellijn vervaardigd uit plaatmateriaal. Deze lijn zal moeten bestaan uit kachels van verschillende formaten, maar wel met overeenkomstige kenmerken. De vormen van de kachels hoeven niet voor elke kachel hetzelfde te zijn. Het ontwerp zou voor de moderne en design-georiënteerde doelgroep zijn. Een eerste schetsidee was aanwezig, maar men is bij Esschert Design B.V. (vanaf nu “Esschert”) niet verder gegaan met dit project. Dit schetsidee stond als het ware dermate in de kinderschoenen, dat een Bachelor opdracht geschikt is om dit idee tot product te ontwikkelen.

De huidige kachels uit het assortiment van Esschert, de collectie “Fancy Flames”, bestaan uit gietijzer of plaatmateriaal met schroefverbindingen. In tegenstelling tot deze kachels, wil Esschert een nieuwe kachellijn introduceren, die zonder schroeven in elkaar gezet kan worden. Voor een strak ontwerp zou het ideaal zijn dat de kachels vrij zijn van schroeven en lasnaden. Deze nieuwe weg die Esschert ingeslagen is, moet het opbouwen en gebruiken van de kachel gemakkelijk, snel en veilig maken voor de klant. Het is een vernieuwing in het assortiment van Esschert, met als eventuele doel dat er een nieuwe lijn met verschillende kachels in dezelfde stijl geproduceerd wordt. Dit eventuele doel, is in de voorbereidingsfase omgebogen tot deel van de opdracht. De nieuwe producten moeten zoveel mogelijk voldoen aan de eisen met betrekking tot de afmetingen. Vanwege het gebruik van Europallets zal het formaat van de kachel en dus tevens het formaat van de onderdelen strategisch gekozen moeten worden. Het milieu speelt een belangrijke rol bij Esschert,



Figuur 3. Gietijzeren kachels

waardoor ze zich continu inzetten voor materiaal- en vervoersbesparing. Om deze reden zal het gebruikte plaatmateriaal zo min mogelijk materiaal verliezen tijdens de productie, en wordt er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van buigen om de onderdelen te vormen. Tevens zijn het belangrijke taken, dat uitgezocht wordt welk materiaal geschikt is voor de genoemde processen, dat de kachel stabiel is (verbindingen, gewichtsverdelingen etc.) en dat er gekeken wordt naar de zaken omtrent het transport.

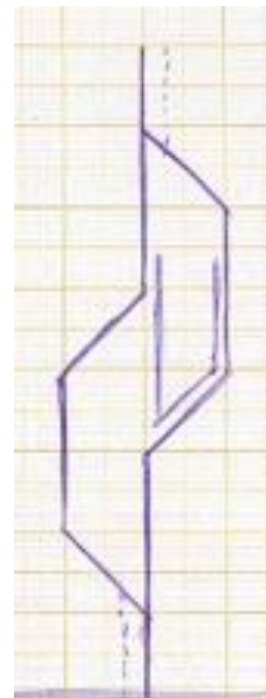
Esschert maakt gebruik van het Europallet systeem, en ze zijn ook bekend met het ontwerpen van kachels. Deze bestaande kennis kan gebruikt worden tijdens het ontwerpen van de nieuwe kachel. De uitstraling dat het product moet hebben, ondanks dat het een nieuwe lijn is, dient te passen binnen het kader van Esschert. Bij de keuzes die gemaakt worden tijdens dit ontwerptraject, dient continu rekening gehouden te worden met de het assortiment van Esschert en de standaard eisen die geformuleerd zijn voor de bestaande buitenproducten.

Een nieuwe weg inslaan, is voor een bedrijf een stap waar over nagedacht moet worden. Natuurlijk is deze opdracht redelijk verwant aan eerder gemaakte kachels, maar de doelgroep is in dit geval anders, evenals het product zelf. Ook de productie is anders dan in het verleden, want er zal gebruik gemaakt worden van grote platen en lasersnij-apparatuur. De nieuwe technieken dienen goed onderzocht te worden, zodat een product gerealiseerd kan worden, waarbij onverwachte problemen niet aanwezig zijn.

Doelstelling

De opdracht is het ontwikkelen van een buitenkachellijn uit plaatmateriaal. Het eerste schetsidee met de bijbehorende eisen dient uitgewerkt te worden naar een volledig ontwerp inclusief bouwtekeningen en waar mogelijk een model. De moderne en design-georiënteerde doelgroep dient aangesproken te worden met deze kachellijn. Voornamelijk zal de 'hogere' markt geïnteresseerd zijn in deze kachels, omdat de prijzen van de producten relatief een stuk hoger zal zijn dan de huidige producten van Esschert. De constructie zelf moet gemakkelijk, maar wel veilig, voor de klant in elkaar te zetten zijn. Dit houdt in dat de onderdelen overzichtelijk en in een aantal stappen met elkaar verbonden moeten worden, waarschijnlijk door middel van de onderlinge vorm. Doordat er geen schroeven of lassen aanwezig zijn, zal het design zijn strakke uiterlijk behouden, waardoor de doelgroep beter aangesproken wordt. Een ander voordeel is dat het gebruiksgemak hoog blijft door een dergelijke constructie.

Belangrijke onderzoekpunten zijn de materiaalkeuze (mogelijkheden voor het buigen en uiterlijk), stabiliteit van de hele kachel (verbinding, gewichtsverdeling, etc), en het transport. Voor Esschert, producent en leverancier, is het transport een heel belangrijk onderdeel voor dit ontwerp. Goederen worden standaard op een europallet vervoerd, dus moet de kachel binnen deze maten vallen. Ook zal er zo min mogelijk vrije ruimte vervoerd moeten worden. Daardoor zal de kachel uit meerdere, kleinere onderdelen moeten bestaan. Deze zullen zo veel mogelijk nestbaar zijn en bij elkaar verpakt worden. Dit is tevens een onderzoekspunt, welke uitgezocht dient te worden.



Figuur 4. Aangeleverde schets

Tijdens de productie is het van de milieutechnische kant, maar ook prijstechnisch, belangrijk dat er zo min mogelijk afval van het plaatmateriaal ontstaat. De onderdelen moeten zo vormgegeven worden, dat het materiaal optimaal wordt gebruikt. Verdere aandachtspunten zijn:

- Aanmaken, aanleggen van hout en het schoonmaken
- Houtopslag: heeft de hitte van het vuur invloed op het hout wat in opslag ligt?
- Luchttoevoer bij het vuur en de rookafvoer
- Prijs kwaliteitsverhouding

Tijdens het project zijn er verschillende doelen te behalen, om uiteindelijk tot een mooi en geschikt ontwerp te komen voor de kachel. De nadruk zal in eerste instantie voornamelijk gelegd worden op de constructie en verbindingstechnieken (ook buigprocessen etc.), die efficiënt transport en montage zonder schroeven mogelijk maken. Deze benodigde informatie dient goed onderzocht te worden, waardoor een deel van het ontwerpproces als het ware een verkenning is op deze gebieden. Het uiteindelijke ontwerp/prototype is tevens een verkenningsobject, omdat het een nieuw product is voor het bedrijf met andere eigenschappen dan voorgaande producten. Behalve een model, zal er met dit project dus als resultaat een advies gecreëerd worden in hoeverre een dergelijk ontwerp (constructie) mogelijk is. Wanneer deze zaken uitgewerkt zijn is het doel natuurlijk een vormgeving te maken die past bij de gestelde eisen. Dit uiterlijk moet voor de klant aantrekkelijk zijn en de klant overtuigen het artikel te kopen. Dit kan echter pas wanneer het fundament (dus de benodigde kennis en processen) stevig staat.

Analyse

Doelgroep

Esschert is al jaren bekend met het ontwerpen van kachels en vuurkorven. Desondanks kan dit project gezien worden als een nieuwe weg die door Esschert ingeslagen wordt. De producten zullen de hogere markt moeten aanspreken, wat inhoudt dat het publiek in meerdere mate design- en kwaliteitsgericht koopt. Ze zullen er in het algemeen meer geld voor over hebben, omdat ze meer te besteden hebben dan de gemiddelde consumenten. Het is ook een optie dat een deel van de doelgroep juist meer geld over heeft voor een dergelijk ontworpen product, omdat men geïnteresseerd is in een designobject voor in de tuin. Hiernaast dient het een moderne doelgroep aan te spreken. De sleutelwoorden die de doelgroep omvatten zijn dus “modern”, “design” en “luxe”.

Luxe

Het woord luxe kan genoemd worden, omdat mensen die relatief veel te besteden hebben, veelal liever betalen voor producten met iets extra's. De warmte van buitenkachels onderling zullen niet veel verschillen, dus een goedkope zal wat dit betreft al in zijn doel volstaan met betrekking tot het geven van warmte. Desondanks zal de toegevoegde waarde aan producten met betrekking tot het design of de kwaliteit, een voorkeur genieten bij de doelgroep die van luxe houdt. Deze doelgroep houdt van producten met een eigen karakter, waarbij het duidelijk geen massa- of lopende bandproduct betreft. Naast de groep die meer te besteden heeft, kan het zijn dat geïnteresseerde personen met minder geld, toch bewust kiezen voor een duurder product. Redenen hiervoor zijn meestal kwaliteit, duurzaamheid, maar ook het uiterlijk kan hierbij een rol spelen.

Modern

“Modern” is een ander kenmerk van de doelgroep die aangesproken dient te worden met de nieuwe producten. Moderne mensen houden van moderne producten. Producten kunnen qua werking modern zijn, zoals computers en andere machines, maar in dit project dient aandacht besteed te worden aan een modern uiterlijk. Dit uiterlijk kenmerkt zich veelal in moderne materialen (nieuwe legeringen met bepaalde kenmerken of vernieuwende effecten), een innovatief gebruikscomfort, een



Figuur 5. Collage "Modern"

markant geheel, beperkte tot geen overbodige versieringen, duidelijke symmetrie en een simpele, strakke belijning.

In figuur 5 is een collage te zien waarop het begrip modern door middel van verschillende foto's duidelijk wordt gemaakt. De bovengenoemde kenmerken van 'modern' zijn terug te zien in de afbeeldingen. Symmetrische aspecten zijn aanwezig in enkele afbeeldingen en strakke belijningen zonder overbodige versieringen winnen het van tierelantijntjes. Dit geeft een goed beeld van de sfeer die moderne artikelen, kunst en omgevingen uitstralen. Modern ingestelde mensen zullen zich prettig voelen bij deze sfeer, waardoor ze bij het kopen van producten natuurlijk het liefst iets in deze stijl hebben. Het is taak om de te ontwerpen kachels zoveel mogelijk in deze sfeer te ontwerpen, zodat niet voorbij gegaan wordt aan de doelgroep. De collage is tegelijkertijd een hulpmiddel om niet te blijven steken in de sfeer van de bestaande producten van Esschert.

Design

"Design" heeft betrekking op het type product. Elk product is ooit ontworpen, maar er zit natuurlijk verschil tussen een lopende band product waar er miljoenen van zijn, of een schaarser product voor een beperkte groep mensen. Designproducten worden veelal ontworpen voor een beperkte groep met specifieke voorkeuren en wensen, waarbij naast een goede werking of functionaliteit, veel aandacht uitgaat naar het uitgebreide en originele uiterlijk van de producten. Deze producten zijn vaak op maat gemaakt of gericht op beperkende eigenschappen en wensen. Door deze beperkingen zijn de hoeveelheden beduidend lager en zullen deze producten tevens duurder zijn dan de lopende band producten. Ook de kwaliteit zal hoger zijn, omdat men meer geld kan besteden bij de fabricage van deze producten. Men doet dus meer moeite het product op alle vlakken hoogwaardig en uniek te maken. Deze producten zullen dus bij design-georiënteerde personen om deze redenen eerder in het oog springen dan een standaard massaproduct. Ook dit is een eigenschap die de kachels moeten krijgen, om zo de 'hogere' design-georiënteerde consumenten aan te zetten tot het kopen van dit product.



Figuur 6. Vergelijking tussen "design" en "standaard"

In figuur 6 is het begrip designproduct duidelijk gemaakt door middel van een vergelijking. Beide fauteuils voorzien in de behoefte van het verlenen van een comfortabele zitplek, maar de toegevoegde waarde van de Åskbollen fåtölj zal bij een design-georiënteerde doelgroep meer in het oog springen dan een standaard fauteuil. De toegevoegde waarde van een designproduct wordt in dit geval teruggevonden in de vorm van originaliteit, materiaalgebruik en prijs. Natuurlijk moet het wel binnen de smaak van een individu passen, maar dit geldt voor alle producten, evenals 'standaard' producten.

Producten van Esschert

Esschert is de laatste jaren uitgegroeid tot een bekende firma met een grote verscheidenheid aan producten, die voor het overgrote deel vallen onder de noemer 'tuinieren'. Tuincadeaus, gereedschappen en natuur-gerelateerde artikelen, zoals vogelhuisjes, voer en nog veel meer zijn onderdeel van het assortiment. Esschert Design collecties passen goed in tuincentra, maar ook andere retailers gerelateerd aan het buitenleven herbergen producten van Esschert, zoals cadeauwinkels, bloemisten, warenhuizen en PR bedrijven (bedrijfsgeschenken).

Producten uit het zeer uitgebreide assortiment van Esschert zijn bijvoorbeeld: vuurbakken, buitenhaarden, vuurkorven, vogelhuisjes, gereedschappen (harken, scheppen, scharen etc), potten, voederbakken, kruiden, voer, meubilair, versieringen (hangertjes voor in de wind), kaarshouders, waterbakken, emmers, opgefleurde producten (emmers met patronen), laarzen, houders, bakken et cetera. Eigenlijk omvat het assortiment van Esschert alle producten die iets met het buitenleven of met tuinen te maken hebben. Hierbij moet niet gedacht worden aan professionele vak-producten, maar meer aan decoratieve of verrassingsproducten. De producten zijn op zo'n manier vormgegeven of versierd en verpakt, dat het ideaal als cadeau gegeven kan worden. In het algemeen zijn de producten simpel, snel en zo gefabriceerd dat ze hun doel kunnen dienen. Men moet echter als professional geen verwachtingen hebben dat deze producten succesvol gebruikt kunnen worden tijdens het dagelijkse werk. Hier zijn de producten ook niet voor bedoeld. Dit is terug te zien aan een voor de consument gunstige prijs.



Figuur 7. Collage "Producten van Esschert"

In figuur 7 is een collage te zien waarop enkele producten uit verschillende categorieën van het assortiment zijn afgebeeld. Dit geeft een goed beeld van het brede assortiment. Esschert probeert op elk mogelijke terrein van het buitenleven producten aan te bieden, waardoor de producten ook op veel verkooppunten aanwezig zijn.

De nieuwe kachels echter zullen zoals eerder vermeld, de 'hogere' doelgroep aanspreken. De eerder besproken 'nieuwe weg' zal dus tot uiting komen in een hoogwaardiger product. Dit product mag 'wat' kosten, maar moet dit dan ook uitstralen naar de klant. Tevens zal duidelijk moeten zijn dat de kachels een lijn vormen met elkaar. Het gevoel dat de kachels uitstralen, zullen dus op een bepaald

gebied onderlinge overeenstemming moeten hebben. Uit de bestaande producten van Esschert, kunnen kenmerken gehaald worden, zodat te zien is hoe de productgroepen een lijn vormen. De bovengenoemde producten zullen nu beperkt worden tot de afdeling 'Fancy Flames'. Deze collectie omvat alle buitenkachels en vuurplaatsen in het assortiment. Deze producten zijn immers het meest verbonden met de opdracht.ⁱ



Figuur 8. Collage "Fancy Flames"

In figuur 8 zijn enkele Fancy Flames producten te zien, welke het vuur- of kachelgedeelte van Esscherts assortiment vervullen. Het assortiment dat hier afgebeeld staat, bestaat uit een grove tweedeling, namelijk vuurkorven en kachels met schoorsteen. De eerste vijf kachels met schoorsteen bestaan uit gietijzer en zijn ontworpen in een historische stijl. Dit model bestaat al decennia, misschien zelfs eeuwen en is degelijk opgebouwd. Het is een sterke kachel, en de lijn is opgebouwd uit verschillende formaten en enkele vormveranderingen. Twee kachels hebben een omhulsel van gaas inclusief deurtje. Het zicht op het vuur is nu optimaler, waardoor men meer kan genieten van het vuur. De afvoer van rook is hier goed, want het wordt omhoog geleid, waardoor het zittende publiek waarschijnlijk geen last heeft van de rook. Dit is een traditionele buitenkachel, welke een nostalgisch gevoel opwekt. Er is tevens een plaatmetalen variant te zien op de onderste rij. Dit kan gezien worden als een moderne versie van de gietijzeren kachels. Deze kachel dient tevens als soort grill.

De rest van het assortiment bestaat uit vuurkorven. De traditionele vuurkorven zijn ontwikkeld tot een modernere variant, met platte platen en vierkante gaten. Deze haarden zijn gemaakt uit plaatmateriaal, en worden aan elkaar bevestigd door middel van schroeven en gevouwen naden (schuifmechanisme). Deze vuurkorven zijn zeer compact wanneer ze genest worden. Naast deze 'haarden' zitten er nog enkele vuurschalen in het assortiment. De rest van de brandbare producten zoals kaarsen en Zweedse fakkels zijn hier buiten beschouwing gelaten, omdat ze verder geen rol gaan spelen in het ontwerpproces voor de buitenhaarden. De nieuwe haarden zullen een modernere look moeten hebben dan de bovenstaande kachels. Een deel van de nieuwe buitenkachels worden een stuk groter dan de bestaande, en ook in prijs zal er een aanzienlijk verschil zijn.

Concurrentie en markt

Voor het ontwerpen van een designkachel, is het leerzaam om te kijken naar vergelijkbare kachels op de markt. Met name op het moment dat het voor een bedrijf een nieuw type product betreft, kan vergelijken met andere kachels een succesvoller product voortbrengen. Voor deze analyse zijn



Figuur 9. Collage "Concurrentie"

afbeeldingen verzameld om zo een verscheidenheid aan kachels met elkaar te kunnen vergelijken. De resultaten zijn twee collages, beter gezegd verzamelingen van verschillende types design-kachels voor in de tuin. Een van de eisen van de eindverantwoordelijke (dhr. A. Mosterd) is dat de kachels een roestkleurig uiterlijk moeten hebben, voor een ietwat natuurlijker effect in de tuin. Om deze reden zijn de buitenhaarden in de collages roestkleurig afgebeeld. In veel gevallen waren er ook varianten in RVS en zwart gecoat staal. Dit is tevens een alternatief voor de te ontwerpen kachels voor Esschert.

Een deel van de buitenhaarden bevat een houtopslag. Het is hierbij natuurlijk noodzakelijk dat het hout van boven beschermd is voor direct regenwater. Het is een mogelijkheid om de houtopslag extern te maken, maar integreren levert een compacter geheel. De meeste producten van Esschert zijn compact en gericht op het creëren van een verrassingselement, waardoor een interne houtopslag beter voldoet aan hetgeen Esschert uitstraalt. Op de vuurkorf en de barrel na, bevat elke haard een rookafvoer. Dit is een extra element aan de kachel die ervoor zorgt dat het genot niet belemmerd wordt door een rooklucht op het terras. De rook zal vooral bij de hogere kachels op een bepaalde hoogte ontsnappen, waarbij het comfort hooggehouden wordt. Natuurlijk kan het een voorkeur hebben om juist wat rook te ruiken, om zo het kampvuuridee te creëren. Het heeft in bepaalde situaties een charme om het vuur echt te kunnen ruiken. Dit kan natuurlijk met een normale vuurkorf of met een van bovenstaande kachels zonder rookafvoer. Deze gegevens worden meegenomen in het ontwerpen van de vier kachels, om zo toch een breder aanbod te kunnen geven aan de klant.



Figuur 10. Prijzen van andere kachels: de gietijzeren kachels variëren van €119 tot €199, de vuurkorf met dak rechtsboven kost €59, de afgeronde rechthoek linksonderin kost €395.

Concurrerende kachels bekijken kan om meerdere redenen handig zijn. In eerste instantie kan uit het aanbod van bestaande kachels veel inspiratie gehaald worden. Materiaalkeuze bijvoorbeeld is een stuk eenvoudiger na het analyseren van de markt. Deze materiaalkeuze komt later in dit verslag ter sprake. De dikte van het materiaal is afhankelijk van de verhouding tussen de lengte en grootte van de kachel. Afhankelijk van de materiaalsoort kan deze grofweg geschat worden aan de hand van bestaande kachels. Designaspecten en oplossingen voor bepaalde zaken als een houtopslag en verbindingen kunnen ook goed uit andere buitenkachels gehaald worden.

Behalve deze zichtbare kenmerken is de marktprijs van een kachel ook een belangrijk punt om te vergelijken. Wanneer bekend is hoe de materialen, formaten, vormen, mogelijkheden en combinaties hiervan zich verhouden tot de prijs, kan makkelijker bepaald worden wat de prijs dient te worden van de te ontwerpen kachels, of juist hoe de kachel ontworpen dient te worden afhankelijk van deze prijs.

Bij de bekendmaking van de opdracht werd door de opdrachtgever aangegeven dat het hoge model ongeveer een winkelprijs van €399,- dient te hebben. De inkoopprijs zal dan voor Esschert rond de

€120,- moeten worden, wanneer de marge van de opdrachtgever gehanteerd wordt. De andere kachels zullen afhankelijk van deze kachel op waarde geschat worden.



Figuur 13. Wanders 'Flinstone' ter waarde van €295,- (37x37x120cm)



Figuur 12. 'Stiel' ter waarde van €195,- (37x37x110cm)



Figuur 11. 'Maca' ter waarde van €895,- (65x85x185cm)

Deze drie modellen geven een duidelijk verschil in waarde, terwijl ze op het oog niet dat verschil uitstralen. De materiaalsoorten zijn voor de drie gevallen allen gelijk, en het oppervlakte aan materiaal verschil niet dusdanig dat de prijs vier keer zo hoog zal worden. Dit zal waarschijnlijk te maken hebben met de productieprocessen die nodig zijn bij de productie van de kachels. Het aantal stappen verhoogd de prijs, afhankelijk van de type handelingen die gedaan worden. Ook het productieaantal heeft invloed op de prijs. De 'Maca' bevat gebogen vormen, en zal een langere ontwikkeltijd hebben gekend, waardoor deze een stuk duurder is. Ook de schaarste van het product speelt mee in de relatief hoge prijs.

Na dit concurrentieonderzoek zijn enkele punten besproken en zal er verder geanalyseerd worden op enkele begrippen waar rekening mee gehouden dient te worden bij het ontwerpen van de toekomstige kachels, namelijk:

- Type rookafvoer (inclusief een goede trek)
- Materiaalkeuze (tegen hitte, met de juiste uitstraling)
- Hoe wordt een lijn gevormd

Deze punten zullen hierna onderzocht en verklaard worden, zodat het toepasbaar gemaakt kan wordenⁱⁱ

Technische eigenschappen

Trek

In de eisen staat vermeld dat een deel van de te ontwerpen kachels een rookafvoer dient te hebben. Er zullen twee hoge en twee lage kachels ontworpen worden, waarvan de hogen sowieso een rookafvoer dienen te hebben. Van de twee kleine modellen is het afhankelijk van het ontwerp of deze een afvoer krijgt. Het is niet noodzakelijk om een rookafvoer te hebben, want bij een vuurkorf draait het meer om het brandeffect inclusief de rook en de bijbehorende lucht. Dit creëert een bepaalde sfeer, die men in bepaalde gevallen liever heeft dan wanneer alle rook netjes 'uit het beeld' wegwaait. Afhankelijk van het ontwerp kan er gekozen worden om het vuurkorfidee aanwezig te houden, de klant kan nu immers zelf kiezen wat ze willen.

Voor mensen met een kachel is het begrip 'trek' geen onbekend gegeven. Het is voor de rookafvoer van groot belang dat de rook ook daadwerkelijk afgevoerd wordt. Een combinatie van diameter, lengte, druk, vorm en andere eigenschappen bepaalt of de rook goed weg kan stromen. Deze eigenschappen zullen nader verklaard worden, zodat dit meegenomen kan worden in het ontwerpen van de kachels.

De trek die door de afvoer ontstaat, is voornamelijk belangrijk voor kachels binnenshuis. De rook van deze kachels mag niet richting de woonkamer trekken. Bij een goede trek zuigt de kachel lucht aan vanuit de woonkamer, en stroomt deze lucht via de schoorsteen naar buiten. Het spreekt voor zich dat de snelheid, en de aanzuigkracht kan variëren. Het is hierdoor van groot belang dat de schoorsteen en de afvoer aan de andere omstandigheden aangepast zijn, zodat deze trek voor de betreffende situatie optimaal is. Er kunnen namelijk veel dingen misgaan bij een kachel in het huis. Het hout kan slecht branden, of juist te hard en rookontwikkeling in de kamer wil niemand hebben.

Er is enig onderzoek gedaan naar het begrip 'trek' en de bijbehorende variabelen die dit regelen, zodat deze gegevens toegepast kunnen worden tijdens het ontwerpen van de kachels.

De belangrijkste functies van een schoorsteen zijn samengevat:

- Voor trek zorgen, zodat de verbranding goed verloopt
- Rookgassen uit het gebouw voeren

Trek ontstaat doordat er een verschil in dichtheid is tussen de ruimte in de schoorsteen en de ruimte daarbuiten. Door dit verschil in dichtheid ontstaat een drukverschil (ΔP), dat de drijvende kracht is van de trek. Zolang het verschil in dichtheid wordt gehandhaafd zal ook de trek blijven bestaan. Warmte van de verbranding zorgt voor het dichtheidsverschil, waardoor er logischerwijs alleen trek aanwezig is, wanneer er iets aan het verbranden is. Met de volgende natuurkundige formule kan het drukverschil berekend worden:

$$\Delta P = 3465 h \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right)$$

ΔP = door de trek veroorzaakt drukverschil, in Pascal (Pa)

h = hoogte van de schoorsteen, in meter

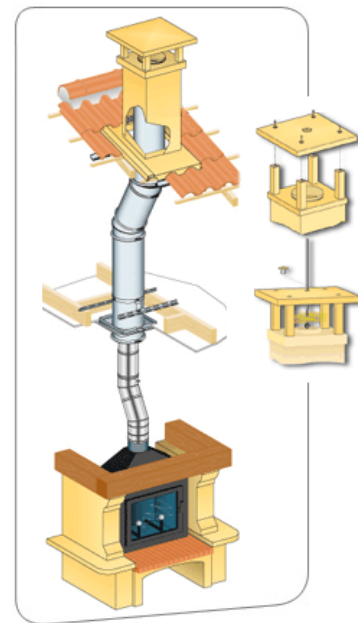
T_o = temperatuur buiten de schoorsteen, in Kelvin (K)

T_i = temperatuur binnen de schoorsteen, in Kⁱⁱⁱ

Een goede trek is van essentieel belang voor een goede verbranding. Een drukverschil van 10 tot 20 Pa wordt onder normale omstandigheden als een goede trek beschouwd. De bouw van de schoorsteen is, zoals eerder vermeld, essentieel voor de trek. De volgende punten verbeteren de trek in een schoorsteen:

- Hoe hoger de schoorsteen, des te meer trek
- De diameter van een schoorsteen mag niet kleiner zijn dan de diameter van de afvoeraansluiting van de kachel
- Een ronde inzetpijp geeft een betere trek dan een vierkante
- Bochtstukken verkleinen de trek. (voorkeur voor 2x 45° in plaats van 1x90°)

In figuur 14 is een doorsnede van een huis te zien, waarop de kachel en het afvoerstelsel staan afgebeeld. Hierop zijn enkele van de eerder genoemde punten te zien. Enkele aanwezige hoeken zullen noodzakelijk zijn om op een gunstige plek op het dak uit te komen, maar de hoek voldoet aan de ideale groottes, om de trek niet in de weg te staan. Ook zijn ronde buizen te zien, welke bevorderlijk is voor een goede trek.^{iv}



Figuur 14. Afvoerstelsel

De toevoer van verbrandingslucht is van essentieel belang voor de trek. Een open haard heeft ongeveer 300m³ lucht per uur nodig. Wanneer de kachel in contact staat met de buitenlucht, oftewel open lucht, is er altijd genoeg verbrandingslucht. De buitenlucht kan tevens een probleem veroorzaken, want de trek kan beïnvloed worden door invloed van de wind. Andere belemmeringen zijn hoge bomen, kliffen, verstoppingen en hoge gebouwen. De lengte van de schoorsteen kan dit soort problemen oplossen, want hiermee kan het drukverschil gereguleerd worden.

Bij hoge temperaturen levert de schoorsteen een sterke trek, wat dus een sterke stijging van warme lucht betekent. De beste resultaten worden bereikt wanneer de hoogte en diameter van de schoorsteen zijn afgestemd op het gebruikte apparaat. Als de trek te sterk is, kan de hitte te snel de schoorsteen in worden gezogen. Een te sterke trek kan worden bijgesteld met keerkleppen, trekregelaars (inzetpijp of schoorsteen) of restrictors. Het gebruik van meerdere bochtstukken in de inzetpijp verkleint de trek.

Efficiënt gebruik

De belangrijkste factoren die van belang zijn voor een efficiënt gebruik zijn van een kachel zijn:

- De luchtdichtheid van de kachel
- De grootte van het stralingsoppervlak
- De gebruikte soort hout, en hoe droog dit is
- De isolatie van het huis
- De manier waarop de kachel wordt afgeregeld

(zie de bijlagen voor meer gegevens)

In een efficiënte kachel brandt het hout langzaam op, in plaats van in één keer. De verbranding wordt geregeld door de toevoer van lucht naar de verbrandingskamer correct af te stellen.

Verbranding van hout

- Water verdampt
- Hout verandert in houtskool en gassen
- Het houtskool en de gassen verbranden

De meeste kachels laten de gassen onverbrand via de schoorsteen ontsnappen. Deze gassen vertegenwoordigen ongeveer 60% van de potentiële warmte die het hout kan leveren. Om dit te voorkomen, moeten de gassen in de kachel met zuurstof worden vermengd bij een temperatuur van tenminste 350 tot 600°C. Kachels kunnen zodanig worden vormgegeven, dat extra lucht naar de verbrandingsoven wordt gevoerd om gassen en deeltjes te verbranden die normaal gesproken onverbrand via de schoorsteen ontsnappen. Hierdoor neemt de efficiëntie van de kachel sterk toe. Het begrip 'schone verbranding' hangt hiermee samen, er worden namelijk gassen en deeltjes verbrand bij een lagere temperatuur, met behulp van extra lucht.

Voor een efficiënte verbranding moet het hout droog zijn. Vochtig hout genereert niet alleen minder energie, maar zorgt door onvolledige verbranding tevens voor de vorming van creosoot in de schoorsteen. Een kilo hout bevat ongeveer 3800 W aan energie, bij 100% efficiënte verbranding, maar levert 2800 W bij 75% efficiënte verbranding in een haard met schone verbranding. In een gewone open haard wordt slechts 420 W geleverd. ^v

Bovenstaande punten gelden voornamelijk voor een binnenkachel, maar leveren tevens enkele uitgangspunten voor het verdere ontwerp van de buitenkachel. De noodzaak om alle rook door de schoorsteen te laten stromen is een stuk lager bij een buitenkachel. Je bent immers buiten, en de rook gaat zijn eigen weg wel. Toch is het mogelijk om met een afvoer en een goede 'behuizing' de rook enigszins in goede banen te leiden. Knikken in de afvoer zullen uitgesloten worden, evenals vernauwingen of andere belemmeringen. Het aanzuigen van voldoende zuurstof zal geen probleem zijn bij een buitenkachel. De buitenlucht voorziet het vuur immers van voldoende verse, zuurstofrijke lucht. Een goede stroming van de lucht is belangrijk, waardoor het net als bij binnenkachels handig is om de lucht zo laag mogelijk de brandplek in te trekken. Luchtsleuven zullen een mooiere stroom op gang brengen en het vuur beter van zuurstof voorzien. De luchtdichtheid van de kachel speelt een geringe rol in het warmteverlies, wat te verwaarlozen is voor een buitenkachel. Door de luchtstromingen die buiten heersen, zal er sowieso al sneller warmte afgevoerd worden, ten opzichte van een binnenkachel. Ook de warmtestraling, zal door een groter oppervlakte, meer terrein winnen bij een buitenkachel, omdat een buitenkachel in elke richting warmte uitstraalt, en minder goed geïsoleerd zal zijn dan een binnenkachel. Een binnenkachel is meestal ingebouwd in een muur, welke op zichzelf al flink geïsoleerd is.

Een bijkomende eis voor de buitenkachels is het design. Het design speelt in deze opdracht een grote rol. Aangezien het een buitenkachel is, zal de efficiënte verbranding vrijwel onmogelijk zijn. Het design zal enerzijds het unique selling point moeten worden, maar anderzijds zal het een optimale trek in de weg staan. Een afgesloten vuur met afvoerkanalen is mogelijk, maar zal het buitengevoel in de weg staan. Het vuur moet goed zichtbaar, hoorbaar en ruikbaar zijn wanneer men in de tuin zit. Om deze redenen zal er gekozen worden voor een beperkte afvoer, welke het rook in goede banen zal leiden, maar waarbij het uiterlijk prioriteit nummer één is. Het geheel moet immers een designlook hebben, waardoor de schoorsteen waarschijnlijk niet hoog zal worden en daar komt bij dat de kachel kenmerken van een 'vuurkorf' mag blijven vertonen, waarbij de gebruiker zintuigelijk optimaal verbonden zal zijn met het vuur.

Materiaalkeuze

De opdrachtgever gaf als eis aan, dat de kachels een natuurlijke look moeten hebben, wanneer ze in de tuin staan. Qua design zal het niet natuurlijk overkomen, maar de kleuren en het oppervlakte van het materiaal zullen dit effect wel hebben. Het is tegenwoordig een trend om roestige materialen te gebruiken bij kunst- of designvoorwerpen en zelfs hele gebouwen. Door de moderne ontwikkelingen is het steeds beter mogelijk om materialen te creëren, waarvan de eigenschappen vooraf bepaald zijn. Na enig onderzoek naar bestaande voorwerpen en andere buitenkachels is het oog gevallen op twee hoofdgroepen weerbestendige materialen, oftewel S235JR en S235JOW. Deze groepen vallen onder de NEN-EN 10025-5-norm en de laatste groep omvat Cor-Ten Staal, onderverdeeld in de materialen Cor-Ten A en Cor-Ten B. Cor-Ten Staal zal gebruikt gaan worden bij het vervaardigen van de buitenkachels.

Dit materiaal vindt zijn oorsprong bij de United States Steel Corporation. Het materiaal bestaat uit staal met een koper- en nikkellegering. Het is qua sterkte vergelijkbaar met roestvrij staal en de verwerking van het materiaal verloopt ook op ongeveer dezelfde wijze. De sterktes en andere eigenschappen zijn te vinden in de bijlagen. De buitenlaag van het materiaal echter, zorgt voor het grote verschil met roestvrijstaal. Aan de oppervlakte ontstaat onder invloed van het weer, en in het bijzonder vochtigheid, een dunne roestlaag die via oxidatie een verbinding aangaat met stoffen in het metaal. Op deze manier ontstaat een afsluitende, goed beschermende laag, oftewel de patina. Deze roestlaag heeft als grote verschil met normale roest, dat het nauwelijks verder roest. Dit oxidatieproces gaat zo langzaam dat dit materiaal dus door in eerste instantie zijn eigen zwakte, zeer goed bestand is tegen de weersinvloeden. Het hoeft niet behandeld te worden, waardoor de onderhoudskosten gering zijn. Deze roestlaag geeft naar verloop van tijd een mooi roodbruin uiterlijk aan het materiaal, met willekeurige vlekjes en vegen, waardoor het een levendige en niet storende natuurlijke look krijgt.



Figuur 15. Een voorgevel uit Cor-Ten Staal. Duidelijk is te zien hoe het materiaal een roestkleur heeft aangenomen. Her en der zijn enkele oneffenheden in kleur te zien, die het materiaal juist zo een natuurlijke look geven)

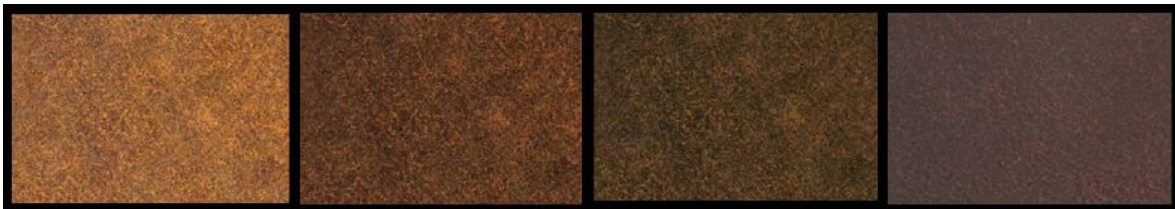
Een aandachtspunt bij het gebruik van dit materiaal is dat de roestvorming nooit helemaal stopt. Er zal altijd met regenwater roest kunnen wegspoelen. Het is dus mogelijk dat er roestvlekken ontstaan op de ondergrond van de kachel. Het kan meegenomen worden in de eisen dat de kachel geen vlekken achterlaat op bijvoorbeeld tegels, maar dit zou betekenen dat er een opvangbak of plateau van ander materiaal moet komen om deze eventuele roest op te vangen. Dit zal het strakke en moderne uiterlijk van de kachel echter gaan tegenstaan, waardoor besloten is dit over te laten aan de klant. Men kan zo zelf bepalen of de kachel op zand wordt geplaatst, of op een andere eigen gekozen onderlaag.



Figuur 17. Roesteffect Cor-Ten Staal

Wanneer er dode punten aanwezig zijn in de kachel, waar water in kan blijven staan, zal het roesproces hier sneller verlopen dan op andere plekken. Het gevaar is aanwezig dat het metaal gaat doorroesten. Dit moet als aandachtspunt meegenomen worden in het ontwerp van de kachels. Water moet als het ware de

mogelijkheid hebben om naar beneden te kunnen doorlekken, zonder dat het ergens achter blijft in de kachel. Indien er toch onderdelen zijn waar water in komt te staan, dienen deze gemakkelijk uit de kachel gehaald te kunnen worden voor schoonmaakdoeleinden of om het water er uit te kunnen gieten. Deze gevaren zullen in werkelijkheid niet levensbedreigend zijn voor de kachel, aangezien dit ook afhankelijk is van de dikte van het materiaal. De kachel zal geen eeuwigheid meegaan en de sterkte zal niet zo eenvoudig beïnvloedbaar moeten zijn door een zwakker plekje meer of minder.



Figuur 16. Oxidatieproces in vier fases. Rechts is het oorspronkelijke materiaal te zien. Van links naar rechts de oxidatie respectievelijk 2 maanden, 4-6 maanden en 12-18 maanden na eerste blootstelling aan de buitenlucht. De donkerbruine stabiele laag is de uiteindelijke kleur die het materiaal zal krijgen.

Mochten er lasnaden nodig zijn bij een van de kachels, dan zal dit afhankelijk van de tijd steeds minder zichtbaar worden. Na het lassen is het materiaal van structuur veranderd, dit is iets wat altijd zichtbaar zal blijven, afhankelijk van de netheid van de las en het type las. De patina zal rondom de las minder snel gevormd worden, waardoor er kleurverschillen optreden. Deze kleurverschillen zullen uiteindelijk na verloop van tijd steeds minder worden, omdat de patina na een tot twee jaar overal volledig is gevormd. Hierdoor zullen de lassen steeds minder opvallen, vooral wanneer ze op een gunstige plek aangebracht zijn.^{vi}

Ondanks dat het materiaal niet behandeld hoeft te worden, is dit wel een optie. De kleur kan door een behandeling beter bewaard of verdiept worden, evenals het creëren van een glanseffect. Het roestproces kan tevens tegengehouden worden, maar dit vereist een afschermende laag. Dit zal echter de keuze zijn die een klant zelf dient te maken. Verdere informatie wat betreft Cor-Ten Staal met betrekking tot de eigenschappen en de behandelingen zijn te vinden in de bijlagen.

Een productlijn

Het ontwerpen van een productlijn is iets anders dan het ontwerpen van een losstaand product. De gang van zaken rondom de eerste kachel zal niet anders in zijn werk gaan dan bij een ander product. Het verschil met een standaard ontwerpproces zit hem in de taak dat er andere kachels ontworpen worden naast deze eerste.

Voor een producent kan het vervaardigen van een lijn op meerdere gebieden gunstig uitpakken. Men heeft nu een grotere afzet, wat zou moeten resulteren in een grotere omzet. Hier komt bij dat de keuze voor de klant vergroot wordt. Wanneer een modern ingestelde klant in de winkel komt voor een kachel, en men maar één strak model te bieden heeft, is de kans groter dat de klant niet zal slagen dan wanneer er vier modellen tentoongesteld staan. Je bereikt dus een grotere groep mensen uit dezelfde doelgroep. Er moet echter wel voor gezorgd worden dat de kachels afzonderlijk binnen dezelfde stijl passen en dus overeenkomstige kenmerken moeten bevatten ten opzichte van elkaar.

De lijn die ontworpen gaat worden, zal uit één soort materiaal bestaan, zodat de looks van het oppervlak van het materiaal voor elk model hetzelfde zijn, en hetzelfde gevoel opwekt bij de klant. De keuze wordt bij de klant nu beperkt tot de grootte en de vorm. De werking zal bij de kachels hetzelfde zijn, namelijk een gedeelte waar het hout ingelegd kan worden en men het vuur kan laten branden. De opslagplaats zal simpel in gebruik zijn, en het op- of afbouwen zal op een vergelijkbare manier gaan bij de kachels. Tevens de stijl zal voor elke kachel hetzelfde zijn, namelijk een moderne en strakke uitstraling.

Een lijn zou een lijn niet zijn, als er ook enkele onderlinge verschillen zitten tussen de kachels. Deze verschillen zullen met name in de grootte aanwezig zijn, het is namelijk de bedoeling dat er een aantal hoge en lage kachels komen, welke automatisch in een prijsverschil resulteren. Een houtopslag is een waardevolle toevoeging aan de kachel, maar aangezien niet iedereen hier belang bij heeft, is het handig om de klant een mogelijkheid te geven om een kachel te kopen zonder houtopslag. Dit gegeven zal meegenomen worden en in de lijn terugkomen. Om de producten samenhang te laten vertonen, zullen bepaalde details terug moeten keren in alle modellen. De hoofdvormen en bepaalde kenmerken die zichtbaar zijn in alle modellen, geven in één oogopslag het gevoel dat de producten bij elkaar horen.



Figuur 18. Volkswagen-lijn

In figuur 18 is de nieuwe racelijn weergegeven van Volks Wagen^{vii}. Dit is een lijn waarbij bepaalde kenmerken terugkeren in elk model, zodat de reeks auto's nauwe samenhang vertoont, maar toch zijn er onderlinge verschillen waardoor men bewust voor de een of ander kan kiezen.

Funcities

Op basis van de voorgaande analyses zijn verschillende functies opgesteld die de buitenkachels moeten kunnen vervullen. Deze zullen in het programma van eisen terugkeren in beknopte vorm met normering.

Lijn vorming

De kachels moeten samen een lijn vormen, op basis van uiterlijke kenmerken en gebruik. Dit kan bereikt worden door bepaalde vormen en details terug te laten komen in elk concept.

Veilig zijn

De kachels moeten veilig in gebruik zijn. Het op- en afbouwen moet simpel en duidelijk zijn, zodat geen (gevaarlijke) fouten gemaakt kunnen worden. Hierbij moet gedacht worden aan het opbouwen zonder schroeven, bouten of lasnaden. Tevens houdt dit in dat de kachels stabiel moeten zijn en geen uitstekende puntige delen bevatten.

Bij de moderne doelgroep passen

De kachels moeten uiterlijke kenmerken vertonen die onder te brengen zijn bij de 'moderne' stijl. De design-georiënteerde doelgroep moet bestaan uit mensen van de 'hogere' doelgroep.

Gemak bieden

De kachels moeten ervoor zorgen dat de consument optimaal kan genieten. Een van de eigenschappen die dit kan waarmaken is het gebruiksgemak. Er dient waar mogelijk een houtopslag aanwezig te zijn, waardoor de gebruiker niet ver hoeft te lopen om nieuw hout op het vuur te doen. Dit is natuurlijk wel afhankelijk van het type kachel, aangezien de kachellijn ook klanten moet aanspreken die geen houtopslag willen. De eerder genoemde assemblage kan ook onder dit punt vallen, namelijk een samenstelling van onderdelen zonder een schroef, moer of bout. Ook rook moet zoveel mogelijk afgevoerd worden, zodat de consument hier geen last van ondervindt. Dit is natuurlijk ook afhankelijk van het type kachel, want een vuurkorf zal juist gekocht worden voor een grotere interactie met het hout, het vuur en de rook.

Ruimte besparen

De kachel moet geen onnodige ruimte innemen, wanneer het opgeborgen gaat worden. De onderdelen moeten zo gemaakt worden dat ze in elkaar passen en dus nestbaar zijn. Dit bespaart ruimte op de plek waar het geplaatst wordt, maar het bespaart ook transportkosten in de fase voordat het product in de winkel te koop is.

Duurzaam zijn

Aangezien het een luxe-product is, voor de hogere markt, zal dit ook aan de prijs te merken zijn. Bij een dergelijk product moet men kunnen verwachten dat het product lang meegaat. Men wil namelijk geen troep in huis halen. De kachels zullen degelijk en van goed materiaal gemaakt moeten worden, bestand tegen allerlei invloeden van buitenaf. Water mag hier dus geen grote invloed op hebben.

Programma van Eisen (PvE)

Dit PvE beschrijft de eisen en wensen voor de gehele kachellijn. Het is vooraf niet mogelijk om te bepalen welke eigenschap elke kachel afzonderlijk moet hebben. Doordat de kachels een lijn gaan vormen, zullen ze veel overeenkomstige eigenschappen bevatten. Dit houdt tevens in dat de kachels zich ook van elkaar moeten onderscheiden, zodat de klant een breder assortiment tot zijn beschikking heeft. Een groot deel van de eisen geldt voor elke kachel. Wanneer er een mogelijk onderscheid op kan treden tussen de kachels, zal hier expliciet bij vermeld worden dat de eis niet voor elke kachel geldt.

Eisen

De kachels dienen gemaakt te worden uit plaatmateriaal.

De kachels moeten een productlijn vormen (2 hoge en 2 lage modellen).

De kachels moeten geassembleerd worden door middel van overeenkomst in vorm en klemmende onderdelen

- geen schroefverbindingen
- geen moeren en bouten
- geen lasnaden (bij het assembleren).

De onderdelen dienen gevormd te worden middels buigtechnieken.

De onderdelen dienen losneembaar te zijn.

De kachels moeten opgebouwd én afgebroken kunnen worden binnen 10 minuten (10 minuten voor de twee hoge modellen, 3 minuten voor de twee lage modellen).

De onderdelen dienen nestbaar te zijn (opslag grote kachels binnen 40x60x200cm, opslag kleine kachels binnen 40x40x100cm).

De kachels dienen tijdens vervoer aangepast te zijn op de regels voor Europallets.

De materiaalkleur moet roestkleurig zijn.

Drie van de vier kachels moeten een houtopslag krijgen.

Het opgeslagen hout mag niet uit de kachel vallen.

90% van het hout moet droog blijven wanneer het in de houtopslag zit.

Bij hevige regenval moet het water uit de kachel kunnen stromen.

De vuurbak en de houtopslag moeten binnen 30 sec. uit de kachel gehaald kunnen worden (mits er geen hout in zit).

De vuurbak en de houtopslag moeten binnen 20 sec. schoongemaakt kunnen worden met een borstel.

De kachels moeten de moderne design-georiënteerde doelgroep aanspreken

- Strakke vormen
- Duurzame materialen

Winkelprijs hoge modellen rond €400,-

Inkoopprijs hoge modellen rond €120,-

Winkelprijs lage modellen rond €150,-

Inkoopprijs lage modellen rond €40,-

De hoge kachels moeten blijven staan tot windkracht 6 (zonder hout).

De lage kachels moeten blijven staan tot windkracht 8 (zonder hout).

De kachels moeten rondom de vuurbak dusdanig veel ruimte bieden, dat de gebruiker met houtblokken in de hand de hand naar de vuurbak kan bewegen, zonder de kachel aan te raken.

Het vuur moet van onderen voorzien worden van lucht.

Alle kachels die niet geïnspireerd zijn op een vuurkorf (3 van de 4), moeten de rook dusdanig afvoeren dat men geen last heeft van rook tijdens het zitten (bij normale weersomstandigheden).

Hout in de houtopslag mag niet uit zichzelf ontbranden door de hitte van het vuur.

Uitzetting van het materiaal moet de stabiliteit van de kachels verhogen.

De kachels moeten, wanneer ze continu buiten staan, minimaal 10 jaar meegaan (stormachtige wind uiteraard niet meegerekend)

- Bestand tegen UV-straling kunnen
- Bestand tegen vermoeiing door krimp en uitzetting
- Bestand tegen vocht.

Het vuur moet goed zichtbaar zijn

- De hoge modellen moeten een zichtbaarheidsbereik hebben van minimaal 150°.
- De lage modellen moeten een zichtbaarheidsbereik hebben van minimaal 250°.

Het 'Fancy Flames' logo moet bij elke kachel aanwezig zijn.

De hoge kachels moeten een aanmaakhout opslagplaats hebben.

Wensen

Mogelijkheid om te grillen

Conceptontwikkeling

Dit hoofdstuk gaat over de ontwikkeling van het beginidee tot de eindconcepten. Een logische verdeling van een ontwerpproces is meestal als volgt:

- Inleiding en opdrachtomschrijving etc.
- Analyse
- Ideefase
- Conceptfase
- Detaillering
- Terugkoppeling etc.

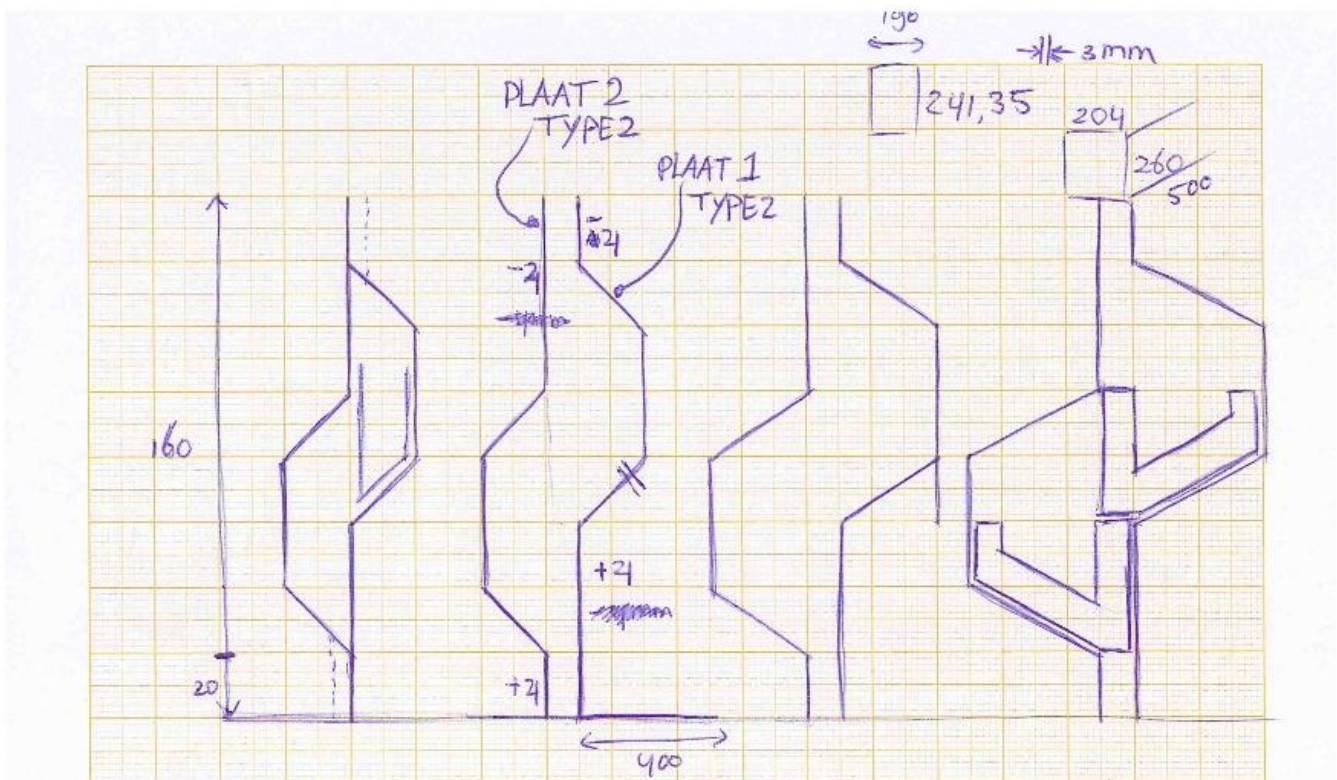
In dit verslag zullen de fases op dezelfde volgorde besproken worden, al zal de onderlinge verhouding tussen de fases verschillen wanneer dit vergeleken wordt met de meeste productverslagen. Dit heeft te maken met de wijze waarop de ideeën tot stand zijn gekomen. Esschert heeft zelf een beginschets geleverd, welke tijdens dit project verder ontwikkeld dient te worden. Om deze reden is de ideefase vrij beknopt en abstract. De beginschets bevat de inspiratie van een voorganger en biedt perspectief om uitgewerkt te worden. Normaal gesproken dient men zelf geïnspireerd te worden door een uitgebreide ideegeneratie en zal men langzaam naar een richting toewerken. Ondanks een beginschets (zie figuur 4) betekent dit niet dat er weinig werk verricht hoeft te worden. Het uitwerken van dit hersenspinsel in een kachellijn is een flinke opgave, waarbij de schets niets meer is dan een aantal lijnen met een kenmerkende vorm.

De ideefase zal hierdoor bestaan uit een transformatie van de beginschets in een schets waar meer mogelijkheden in zit. De gedachte achter de transformatie zal verklaard worden, waardoor duidelijk is hoe de aansluitende fase tot stand gekomen is. Deze uitgewerkte beginschets gaat de basis vormen voor de kachellijn en met name voor de eerste kachel. Er zullen uiteindelijk vier kachels ontworpen worden, twee hoge en twee lage modellen. Elke kachel behoort tot de kachellijn, dus zullen ze gemeenschappelijke kenmerken hebben. Aangezien de kachels als het ware afhangen van de eerste kachel, kan er geen ideegeneratie of ideefase getoond worden, voordat duidelijk is hoe de eerste kachel er uit ziet. Hierdoor is de ideefase vrij kort en abstract en geldt dus in eerste instantie alleen voor de eerste kachel. De conceptfase zal daarentegen zeer uitgebreid zijn. De tweede, derde en vierde kachel komen tot stand nadat de eerste kachel voltooid is, dus zal alle bijbehorende informatie te vinden zijn in de conceptfase. Dit houdt tevens in dat er per kachel een soort van partiële ideefase te vinden is in de conceptfase.

De voorgaande informatie is een verklaring voor de naam van dit hoofdstuk: "Conceptontwikkeling". Deze titel versterkt de manier van ontwerpen, namelijk het ontwikkelen van concepten uit een aangeleverde beginschets.

Ideefase

In deze fase van het project, zullen de eerste schetsen gemaakt worden, welke later doorontwikkeld worden naar verschillende concepten. De beginschets is door Esschert aangeleverd, en zal de basis vormen van de eerste buitenhaard. Indirect staat deze eerste schets dus in verbinding met de rest van de kachels, aangezien ze een lijn vormen met elkaar. Op deze basisschets is uitgebreid verder geborduurd, waarna uiteindelijk een concept is ontstaan. Deze concepten vormen de mogelijkheden voor 'kachel 1'. Uiteindelijk is afgesproken met Esschert dat er vier kachels ontworpen moeten worden. Twee hoge kachels en twee lage kachels, waarvan de twee grote kachels een houtopslag moeten hebben. Dit geldt niet per se voor de kleineren, maar het is wel een wens. Deze drie andere kachels moeten logischerwijs kenmerken vertonen van 'kachel 1', maar verschillen dus wel in formaat en vorm. Elk van de vier kachels heeft een eigen ontwerpproces doorgaan en kent dus per kachel meerdere concepten. In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste gedachtegangen gevisualiseerd en besproken worden, zodat de weg naar het eerste model en de basis voor de andere kachels duidelijk is.



Figuur 19. De eerste stappen...

De afbeelding geeft de basis van het gehele project in een paar simpele stappen weer. Esschert had een aantal schetsen gemaakt voor de toekomstige kachels, maar deze niet verder uitgewerkt. Er was één schets dat men als potentiële basis zag voor een grote buitenkachel. Het plaatje links vormt het begin van een reeks aanpassingen en concepten. De schets is als het ware van boven naar beneden te verdelen in twee gelijke helften die tegenovergesteld op elkaar geplakt zijn. De kachel is bijna draaisymmetrisch, want de standaard zit hier nog aan beide uiteinden. Vanwege de symmetrische eigenschappen en de strakke lijnen kan deze simpele schets toegekend worden aan de moderne stijl.

In de eisen staat het begrip 'nestbaar' vermeld. Dit houdt in dat de onderdelen onderling goed in elkaar moeten passen bij het opruimen of het verpakken. Dit bespaart veel ruimte, waardoor meerdere dozen op een pallet kunnen, wat leidt tot minder transportkosten en meer omzet. Voor de

klant en de winkels is het voordelig, vanwege de ruimte die men hierdoor bespaard in de schuur of in het magazijn. Wanneer het ontwerp symmetrisch is en gunstige hoeken of bochten bevat, bevordert dit de nestbaarheid.

De eerste schets van Esschert biedt een goede uitgangspositie voor een modern, symmetrisch product met nestbare eigenschappen. Wanneer de rechterhelft van de 'kachel' omgedraaid wordt, past het precies in de linkerhelft, al vormen de poten van de standaard dan nog een probleem. Dit moet bij de grote kachels sowieso terugkeren, omdat deze de meeste ruimte zullen innemen.

Een opvallend punt aan de eerste schets (linker model) is dat de vorm duidelijk is, maar dat het technisch gezien een lastig model is om te maken en te laten werken. De standaard is zeer labiel en er is bovendien geen afvoermogelijkheid voor rook. Wel zijn er twee compartimenten zichtbaar, van gelijke grootte, welke gebruikt kunnen worden voor een houtopslag en een brandbaar gedeelte. Het brandcompartiment zal boven de houtopslag komen, om zo het opgeslagen hout minimaal te verwarmen, vanwege stabiliteitsoogpunten en om het aanzicht op het vuur te bevorderen. De kachel zal er naar aanleiding van de eerste schetsen als volgt uit gaan zien:

- Twee compartiment (houtopslag en vuur)
- Gelijke terugkerende hoeken
- Symmetrisch
- Twee losneembare gelijke 'helften'
- Centrale strook (standaard en afvoer)

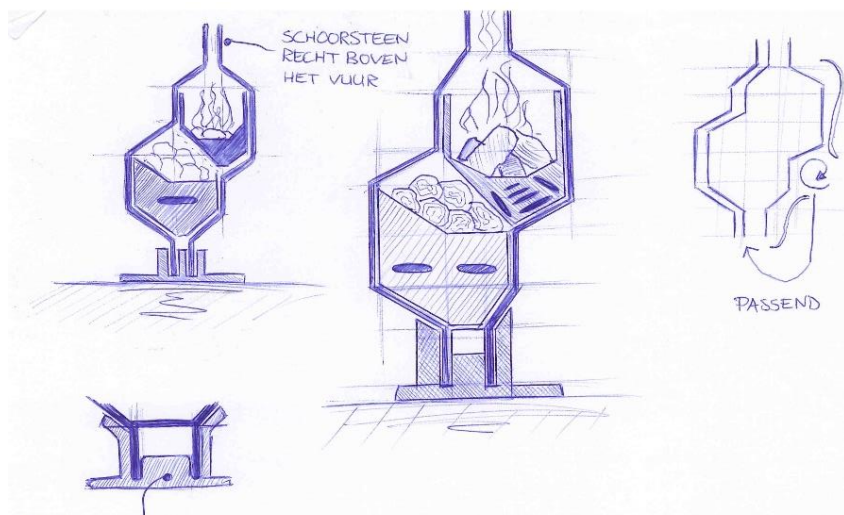
Op de afbeelding is een translatie van vormen te zien om zo het labiliteitsprobleem op te lossen. Tevens is het door een vergroting van de afstand tussen de twee helften, mogelijk om een afvoer te creëren. In de rechterkachel op figuur 19 is te zien dat er een strook in het midden aanwezig is. Aan de onderzijde levert dit meer stevigheid, en mogelijkheden tot een standaard. Aan de bovenzijde levert dit een uitgang voor de rook en tevens een mogelijkheid voor het plaatsen van een schoorsteen. Door de gelijke vormen kunnen gelijkvormige bakken geplaatst worden, zodat het geheel een harmonisch effect krijgt. Op deze punten zal verder ontwikkeld worden tijdens het ontwerpproces van de eerste kachel. De rechterschets op figuur 19 zal dienen als uitgangspunt voor het eerste model. Het volgende hoofdstuk 'conceptfase' zal de ontwikkeling van de kachels naar aanleiding van deze schets weergeven.

Conceptfase

In de 'Ideefase' is een basis gelegd voor het ontwerpproces. De korte metamorfose biedt een schets met veel mogelijkheden voor het vormen van een kachel. De genoemde punten uit de ideefase en de laatste schets zullen opvallend zichtbaar terugkeren in de volgende schetsen. De kachel die voortkomt uit het voorgaande zal het eerste model worden. Vervolgens komen de andere modellen, oftewel eindconcepten, tot stand.

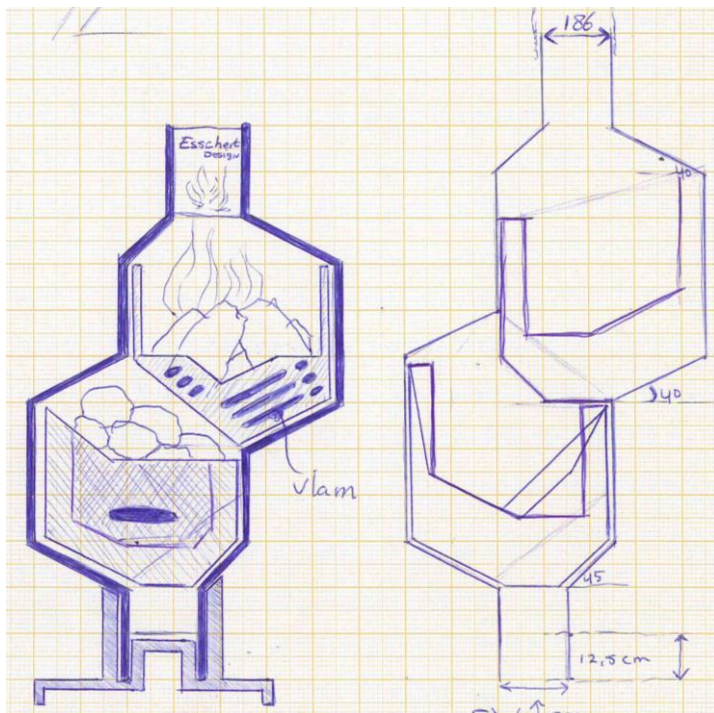
Eerste concept

In figuur 20 is gebruik gemaakt van hetzelfde principe van draai-symmetrie, maar op een andere manier vormgegeven. Dit is gedaan om de schoorsteen breder te maken en tegelijkertijd rechter boven het vuur te plaatsen. In figuur 19 zit de schoorsteen ver naar het midden, en niet boven het vuur. Ondanks dat dit niet onmogelijk is, zal er toch verder gekeken worden naar een andere mogelijke opbouw. De bakken hebben in dit geval meer steun van de zijkanten van de kachel. Dit komt omdat de linker- én rechterkant van de bak niet naar links of rechts kan bewegen. In figuur 19 had de bovenste bak aan de linkerzijde geen vlakke ondersteuning. Wanneer deze linkerzijde hoger gemaakt wordt, zal dit betekenen dat de onderste bak aan de rechterzijde ook even hoog moet worden, waardoor de onderste bak hoger uitkomt dan de hoek van de kachel. Dit geeft een ongeorganiseerd gevoel. Dit probleem is aangepast in figuur 20.



Figuur 20. Draai-symmetrie

Ondanks de verschillende bakken zijn de zijdes van de bakken wel gelijk en zijn de bakken goed ondersteund.

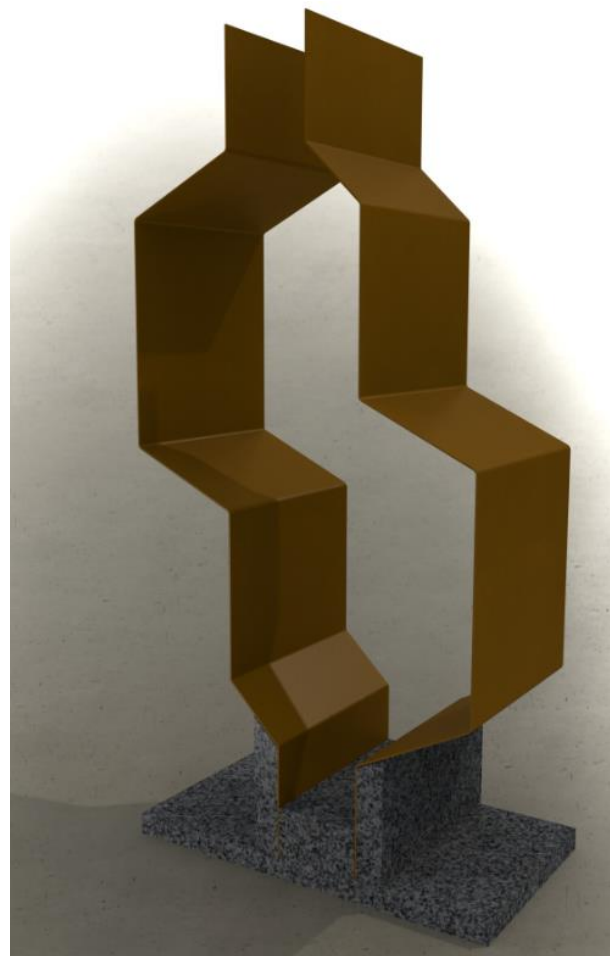


Figuur 21. Standaard en schoorsteen niet in één lijn

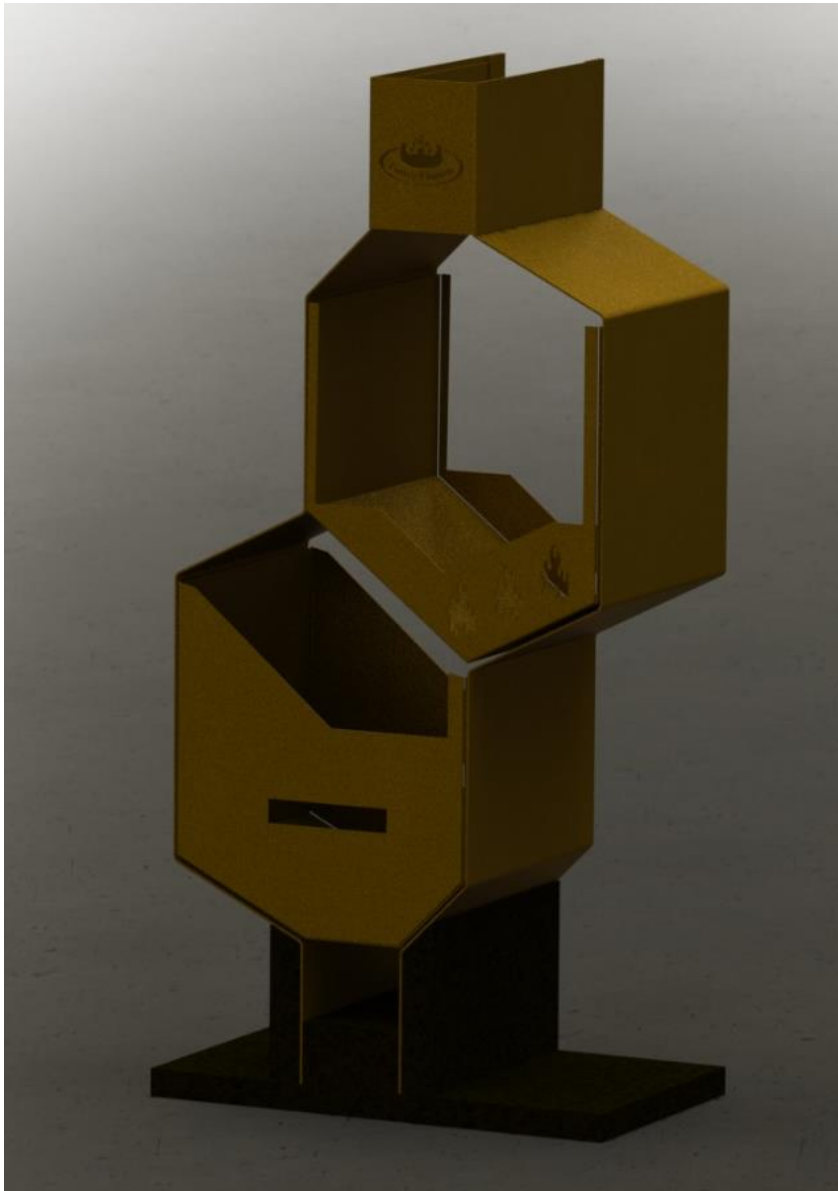
Dit zal echter door het toekomstige ontwerp opgelost moeten worden. De standaard is verzwaard en kan bijvoorbeeld uit steen gemaakt worden, om zo geen roestige afdrucken achter te laten op de ondergrond. Dit model is uitgewerkt in SolidWorks om een betere indruk te krijgen en om tot nieuwe inzichten te komen.

In figuur 22 is een model van het omhulsel te zien van de eerder getoonde schets. De platen schuiven in de standaard en staan zo stabiel doordat ze vastgeklemd worden. De standaard heeft een 'begeleidende' vorm, precies tot de knik in de zijplaat. Desondanks haalt dit onderdeel de strakheid van de kachel deels weg, omdat het een ander materiaal is en vrij fors oogt. De reden voor een losse standaard komt voort uit de eis dat de kachel nestbaar moet zijn. Wanneer de standaard vast zit aan de zijplaten, dus in het geval het één onderdeel is, zal de lose ruimte die getransporteerd wordt een stuk groter zijn dan wanneer dit losneembaar is. Het zal tevens strakker zijn om de onderplaat en standaard uit hetzelfde materiaal te laten bestaan.

Een nadeel van dit model is dat de schoorsteen en de standaard niet in één lijn staan met elkaar. Op het blokjespapier is duidelijk te zien dat de schoorsteen naar rechts staat in vergelijking met de onderkant van de kachel. Dit zal aangepast moeten worden, want het strakke moderne wordt hierdoor teniet gedaan. Desondanks zijn beide zijplaten wel identiek aan elkaar en wordt voldaan aan het nesten. Het idee achter de standaard is dat het de zijplaten klemt, zodat de platen niet naar links of rechts kunnen verschuiven. Doordat de platen ongeveer twee meter lang worden, zal hierdoor een buigeffect kunnen optreden.



Figuur 22. Render zijkanten



Figuur 23. Toegevoegde bakken

In figuur 23 is de kachel voorzien van twee bakken. De bakken verschillen van uiterlijk, maar hebben dezelfde hoofdvorm en hoeken. De contouren van de bakken lopen door tot hoeken in de zijplaten en hebben beiden genoeg ondersteuning van de zijkanten. Dit principe staat in de schets al weergegeven.

Er is een afvoergedeelte aanwezig inclusief logo. Deze 'schoorsteen' is aan de achterkant open en wordt over de zijplaten heen geschoven. Het plaatsen van de schoorsteen zorgt voor een betere rookafvoer en zorgt er tevens voor dat de kachel stabiel staat, want de zijkanten leveren een houvast voor de schoorsteen, maar tegelijkertijd worden de zijkanten ook gestabiliseerd. Op de schoorsteen wordt later dieper ingegaan.

Enkele details zijn de handgreep, de vlammen op de bovenbak en het logo op

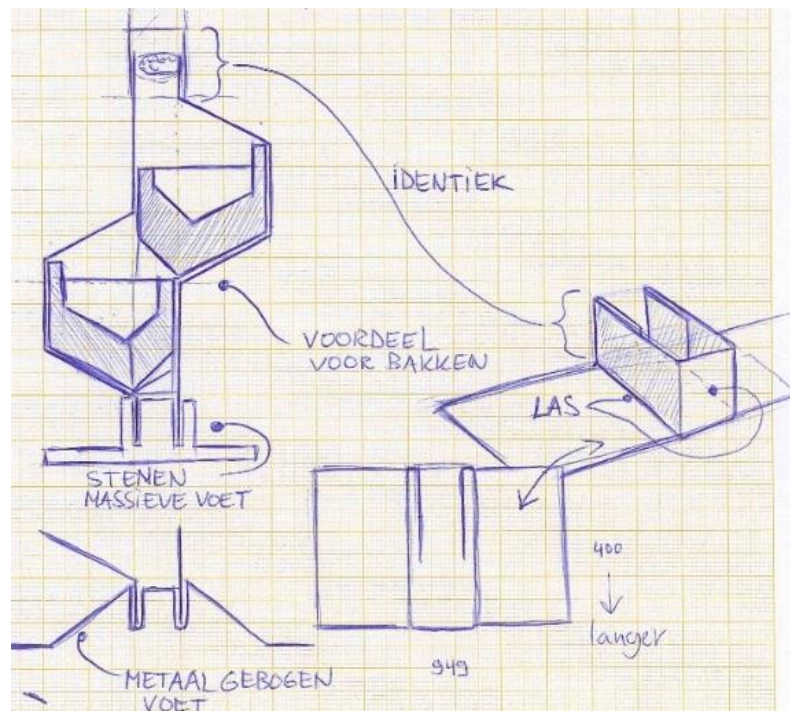
de 'schoorsteen'. Deze details kunnen gemakkelijk uitgesneden worden tijdens de productie van de onderdelen, maar zullen toch zorgvuldig gekozen moeten worden. De vlammen geven een mooi effect op het moment dat het vuur brand en het donker is buiten. Desondanks passen de vlamvormen niet goed bij een strakke moderne stijl. Wellicht zal er voor deze figuren een alternatief kunnen komen, in de stijl van het design van de gehele kachel. Deze openingen zullen extra lucht aanvoeren zodat het hout van alle kanten voorzien kan worden van zuurstof.

Voor de strakheid en simpelheid van de moderne kachel is het slim om zoveel mogelijk onderdelen aan elkaar gelijk te stellen. Dit kan op meerdere manieren, maar met name de vorm zal hierbij een grote rol spelen. Eenvoudigheid, strakke lijnen en weinig decoraties zijn immers kenmerken van een modern product. De schoorsteen en de standaard moeten als het ware een setje vormen met elkaar, net als de linker- en rechterzijde van de kachel. Dit vereenvoudigt het model, doordat er als het ware overeenstemming wordt bereikt tussen de onderdelen. Hierdoor doet het geheel rustiger en beheerster aan, waardoor de klant het gevoel krijgt dat het product echt 'af' is.

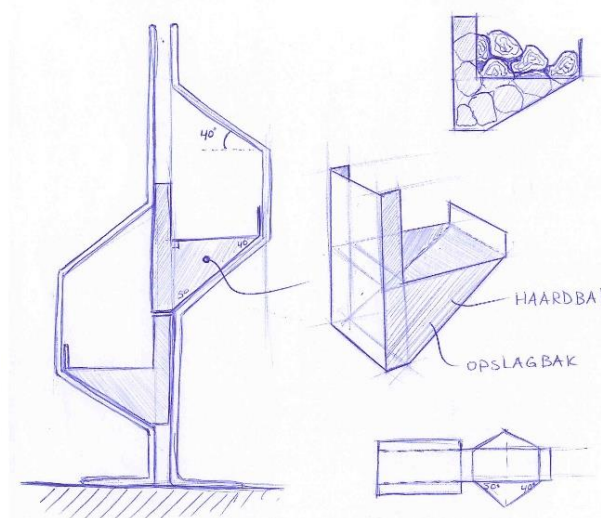
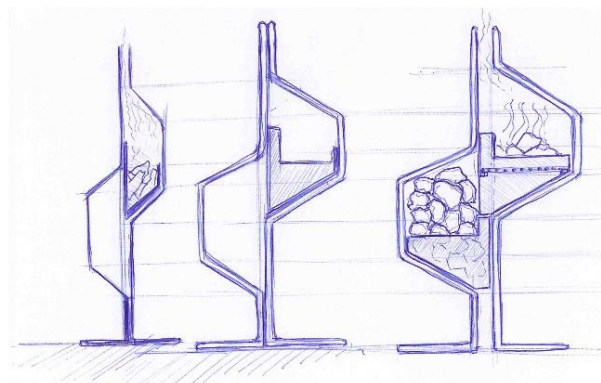
Het principe van symmetrie dient meer terug te komen in de ontwerpen. Hierdoor zal het product beter bij 'moderniteit' passen en zal het een verzorgdere indruk achterlaten bij de kopers en andere geïnteresseerden.

In figuur 24 is een nieuwe schets te zien van het voorgaande model. Hierbij is wederom gepoogd de bakken en de vorm van de compartimenten onderling zo gelijk mogelijk te houden. Een voordeel van dit model is de centrale denkbeeldige 'balk'. Deze loopt van schoorsteen tot standaard en bevindt zich precies in het midden van de kachel. De oude standaard is zichtbaar op de schets, maar rechts staat een alternatief afgebeeld, met overeenkomstige kenmerken vergeleken met de schoorsteen. Het principe van de standaard is hetzelfde als van de stenen houder. De zijplaten van de kachel kunnen in twee smalle gleuven' geschoven worden, waardoor ze overeind blijven staan door de klemkracht van de standaard. Dit werkt op exact dezelfde manier als de schoorsteen, alleen houdt deze juist de platen aan de bovenkant bij elkaar.

De rust van deze schetsen in figuur 25 in combinatie met de kenmerken van de schetsen uit figuur 24 geeft een combinatie om verder op te bouwen. De twee helften dienen een stuk uit elkaar geplaatst en vastgezet te worden in een homogeen klemsysteem, waar de schoorsteen en de standaard onder vallen. Deze schetsen lijken op de eerste schetsen voor dit concept, het verschil zit hem in de compartimenten. De rechter zijplaat vormt door middel van enkele hoeken een ruimte waar de vuurbak ingeschoven kan worden, rechtsboven in de kachel. De plaat is op vier punten geknikt, zoals te zien is in de schets. De onderste hoek van de rechterplaat zit horizontaal gezien iets hoger dan het korte verticale gedeelte van de linkerplaat.



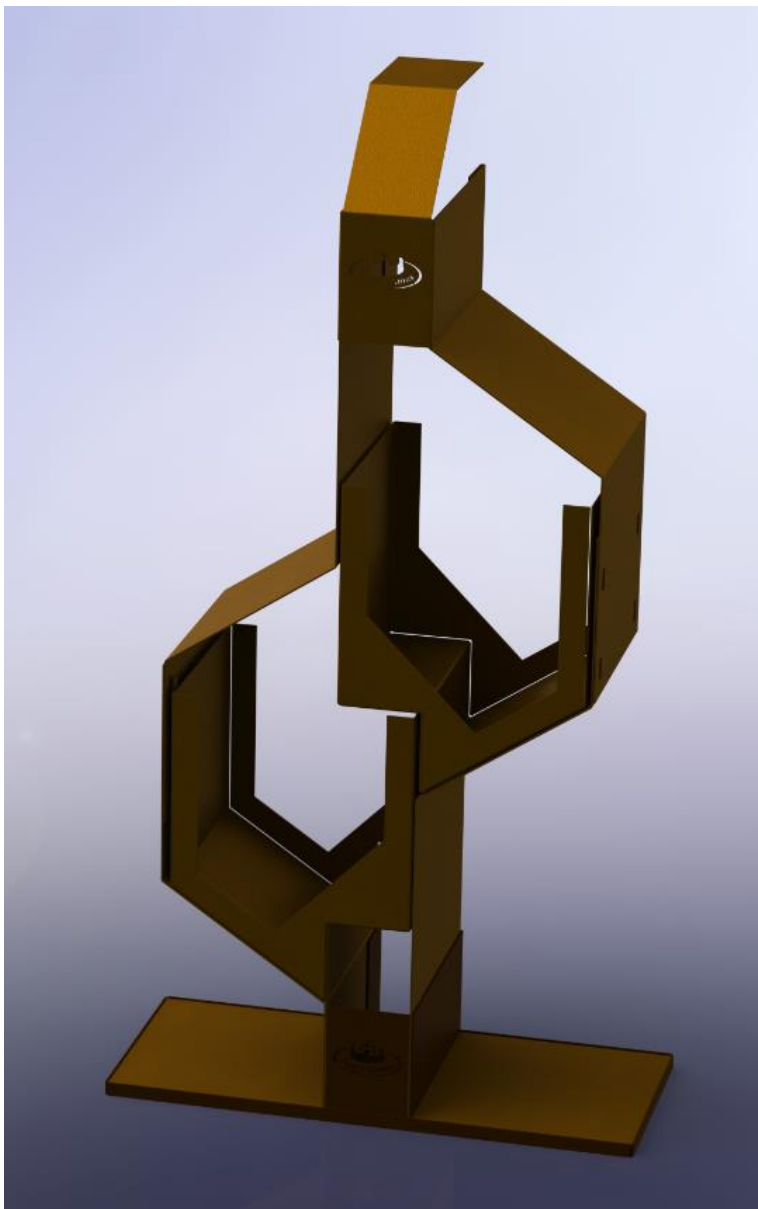
Figuur 24. Centrale balk



Figuur 25. Twee symmetrische helften

Hierdoor kunnen beide bakken hoger worden, waardoor het geheel zo uitkomt dat de onderste én de bovenste bak aan beide zijanten ondersteund worden, zodat ze stabiel in de kachel geplaatst kunnen worden.

Een belangrijk aandachtspunt is de ruimteverdeling van de bakken en de compartimenten. Dit dient zo gelijkmatig mogelijk verdeeld te worden, en tevens een strakke look te geven. De volgende afbeeldingen geven een mogelijkheid weer waarop de ruimte verdeeld kan worden. De twee bakken hebben een hoekige vorm aan de onderzijde, zodat ze op elkaar kunnen steunen en tegelijkertijd hoog genoeg uitkomen om extra steun te krijgen van de zijanten. De standaard en de schoorsteen zijn hier gebaseerd op hetzelfde klemprincipe en houden de zijplaten en de bakken stabiel op hun plek. Desondanks doet het geheel chaotisch aan, waardoor het niet voldoet aan de eisen om strakheid en rust uit te stralen. Er zijn teveel uitstekende hoeken en openingen aanwezig, waardoor het geheel te druk wordt. Dit geeft geen voldaan gevoel van 'perfectie', alsof het model niet af is. Er zal gespeeld moeten worden met de plekken waar de hoeken zitten in de zijplaten, om zo de bakken handig vorm te kunnen geven, zodat de rust als het ware wederkeert in het model.



In figuur 26 is een verbetering te zien waarbij voorgaande opmerkingen aangepast zijn. De hoofdvorm van de kachel is gelijk gebleven, maar de zijanten zijn zoals eerder al opgemerkt is, in verhouding veranderd. De compartimenten zijn nu minder 'naast' elkaar, en iets meer uit elkaar verschoven in verticale richting. Hierdoor wordt de grens tussen de twee compartimenten minder lastig te overbruggen, en kan beter vastgehouden worden aan de vorm. De bakken zijn nu nog stabiel in de kachel geplaatst en zijn qua vorm exact hetzelfde, al zijn de wanden variërend van grootte. De schoorsteen en de standaard zijn wederom vergelijkbaar qua werking, maar vertonen ten opzichte van voorgaande afbeeldingen een verandering in de vorm. Door de driehoekige vorm aan de bovenkant van de standaard sluit deze beter aan bij de rest van de kachel. De diagonale bovenzijde staat evenwijdig met de onderste bak en heeft dezelfde hoek als alle hoeken in de gehele kachel.

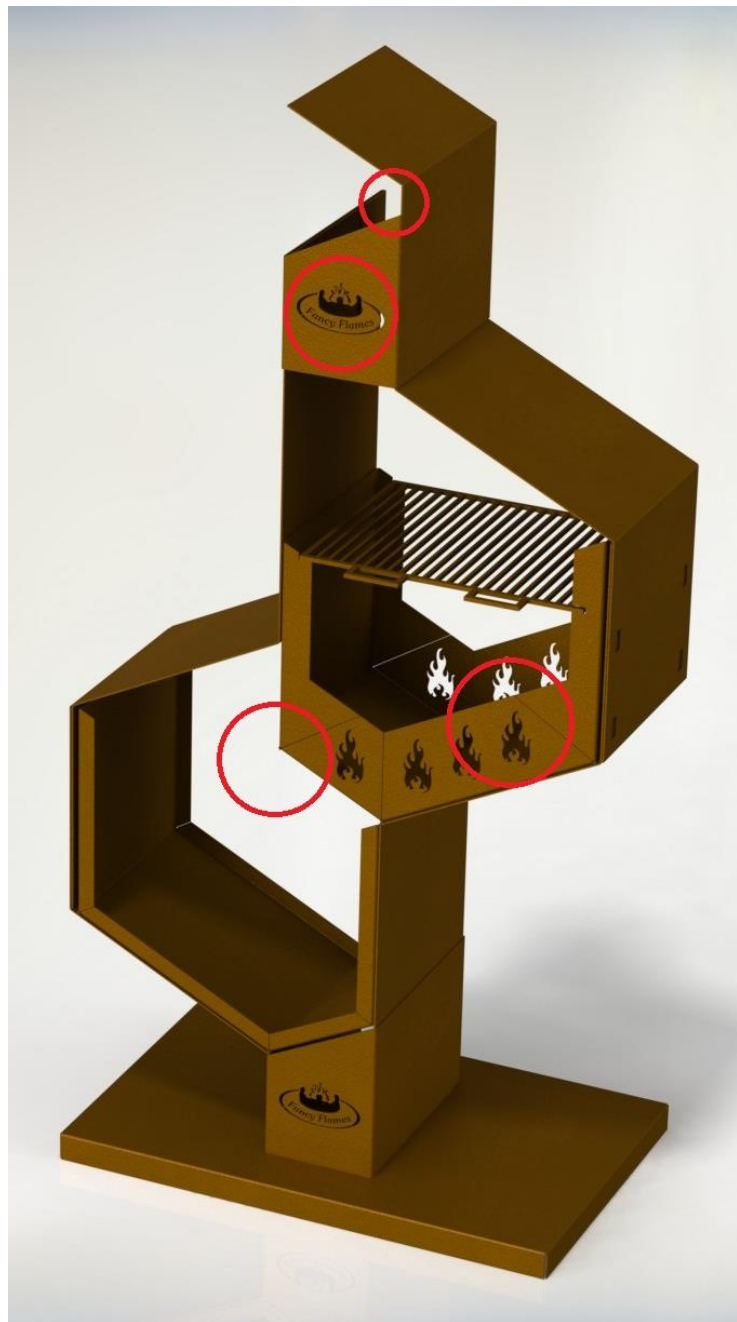
Figuur 26. Verbeterde vorm

Net als bij de voorgaande afbeeldingen, is ook deze kachel nog niet zodanig geperfectioneerd dat het als concept gekozen zal worden. Met rode kringen zijn voor de duidelijkheid opmerkingen gemarkeerd op de afbeelding. De schoorsteen bevat een overlappende plaat, welke tegen het regenwater beschermt. Dit principe kan echter strakker uitgevoerd worden, want de ruimte die met de kleine rode kring omcirkeld is, is eigenlijk overbodig, en de opening aan de linkerkant van de schoorsteen is vrij groot doordat de plaat en de schoorsteen zelf als het ware uit elkaar lopen.

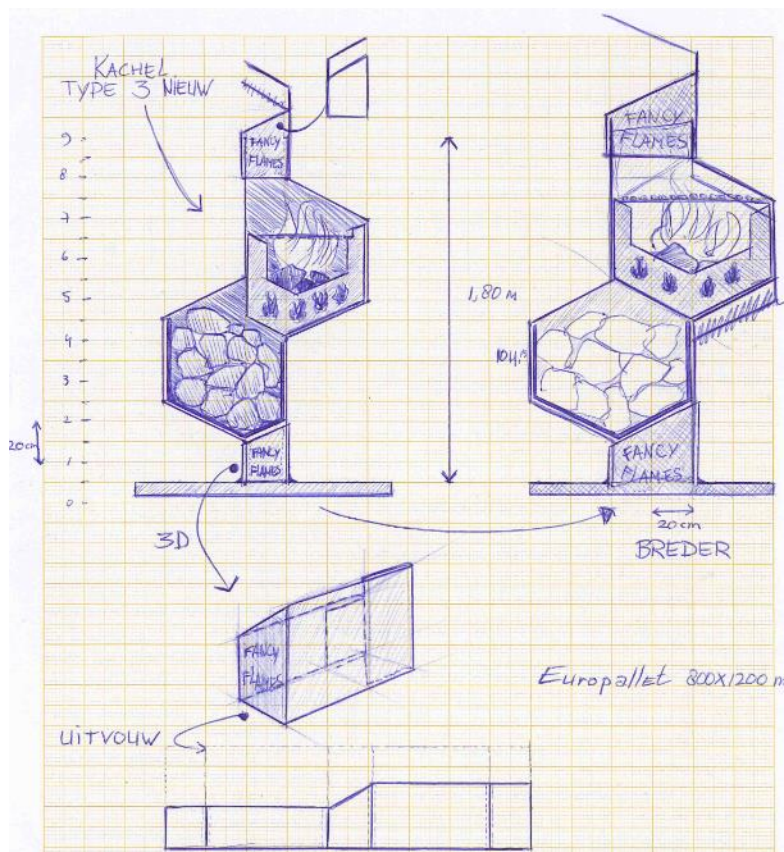
Een tweede punt is het logo in de schoorsteen. Aangezien er een logo op de standaard aanwezig is én op de schoorsteen, zal het moderne kenmerk in gevaar kunnen komen. Doordat een van de twee logo's een overbodige decoratie is, lijkt het verstandiger om dit minder op te laten vallen. Dit kan bijvoorbeeld door alleen een logo op de standaard te maken, zodat het wel aanwezig blijft, maar minder in het oog springt.

Dit geldt in wezen ook voor de vlammen in de bovenste bak. Deze openingen voorzien het vuur van extra zuurstof via de zijkanten, maar de vorm is evenals het logo niet bepaald strak en modern te noemen, waardoor overwogen kan worden deze vormen aan te passen of weg te laten. De onderste rode cirkel geeft de grens tussen de twee compartimenten aan. Een opvallend verschijnsel is dat de bakken gelijk zijn, maar dat de bovenste ruimte groter is dan de onderste. Dit komt door de vorm van de bak en de hoogte waarop de bak geplaatst is. De cirkel omringt de hoek van de bak, welke als het ware in het onderste compartiment 'steekt'. Ondanks het evenwijdige lijnenspel, zal deze hoek toch storen en hierdoor de kachel geen rustige look geven.

Er moet een kachel ontworpen worden waarbij alle genoemde punten opgelost zijn, maar waarbij het principe van de zijplaten, hoeken, schoorsteen en standaard behouden blijft. De makkelijkste manier om dit te doen, is door middel van verplaatsing van onderdelen ten opzichte van elkaar. Op deze manier blijven de onderdelen zelf vrijwel hetzelfde, maar zal de uitstraling van de kachel in zijn geheel veranderen.



Figuur 27. Rode kringen geven kritiek aan



Figuur 28. Overaana op zeshoeksvorm

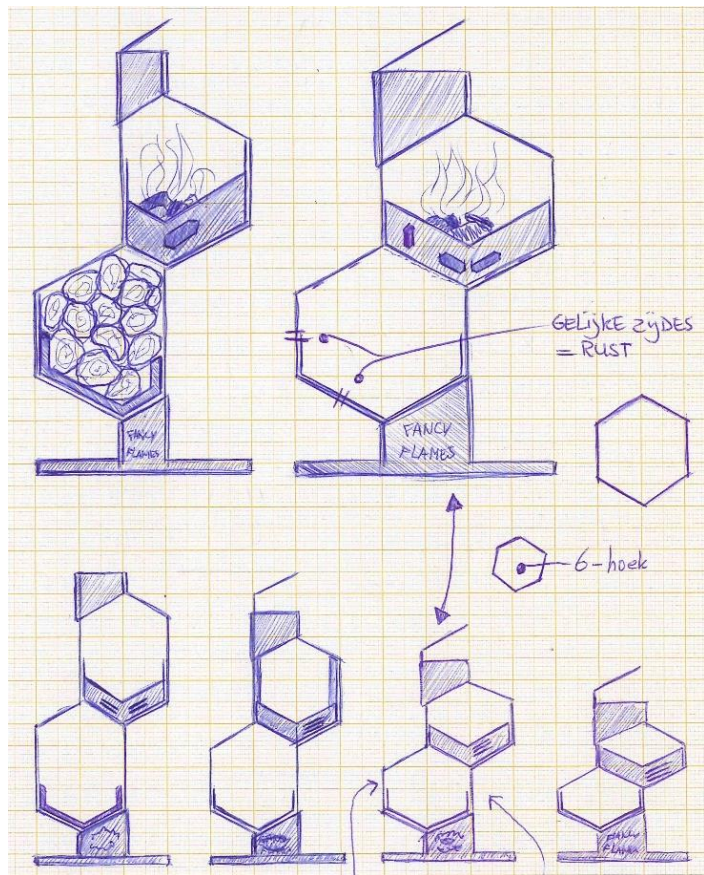
De overgang in figuur 28 geeft de belangrijkste ontwikkeling weer van het gehele project. Natuurlijk zijn alle stappen belangrijk voor het toekomstige resultaat, maar dit is de stap die de basisvorm van de kachellijn heeft bepaald. De verschillen tussen beide schetsen zijn goed te zien door het blokjespapier. De rechterkachel heeft een bredere 'centrale balk'. Hierdoor is de kachel ten eerste stabiel en ten tweede heeft het een rustigere en strakkere uitstraling. Tevens zijn de plaatsen van de hoeken in de zijplaten aangepast. Horizontaal gezien komen de middelste hoeken van de linker- en rechterplaat qua hoogte met elkaar overeen. Hierdoor zijn er vanzelfsprekend minder 'niveauverschillen' en geeft dit een rustigere uitstraling. De onderste schets geeft een 3D-view weer van de standaard. Beide zijkanten van de standaard zijn aan de uiteindes teruggevouwen, zodat er twee smalle gleuven ontstaan. Onder deze schets is een uitvouw zichtbaar van de standaard, zoals deze uit plaatmateriaal gesneden zal worden. Belangrijk hierbij is dat de hoeken en lengtes gunstig worden gekozen, zodat andere onderdelen, bijvoorbeeld de schoorsteen, in plaatvorm aan de standaard geplakt kan worden. Op deze manier wordt materiaal bespaard bij het uitsnijden van de onderdelen, waardoor men tevens geld bespaard.

Op de schetsen in figuur 30 is duidelijk te zien welk effect de verbreding heeft op de mogelijkheden van de kachel. Er is nog meer symmetrie aanwezig door de zeshoeken, waardoor een simpelere bak kan worden gevormd. De bak heeft een v-vorm, en wordt links, rechts én onder ondersteund. De vlammen zijn weggelaten en vervangen door langwerpige lucht inlaten, met de terugkerende hoekige vormen. Beide compartimenten zijn nu even groot en vormen als het ware een honingraatstructuur met aan elkaar geplakte zeshoeken. Een wellicht minder opvallend, maar evenzo belangrijk detail is de nieuwe schoorsteen. De werking is hetzelfde als in de vorige schetsen, alleen is het nu andersom geplaatst op de kachel. Hierdoor maakt de schoorsteen deel uit van de bovenste zeshoek, want de



Figuur 29. Honingraatstructuur

schuine zijde van de schoorsteen vormt tevens een zijde van de zeshoek. Ditzelfde principe geldt ook voor de standaard. Een bijkomend voordeel is dat de schoorsteen nu beter overlapt is, want de schuine plaat is evenwijdig aan het lijnenspel van de kachel geplaatst en hoeft nu alleen een horizontaal stuk af te schermen van regen en vuil. De kachel is diagonaal in twee gelijke delen te verdelen en verticaal gezien bestaat het uit twee helften die draai symmetrisch zijn. De onderste schetsen vormen een kleine vormstudie waarbij enkele zijdes van de zeshoek aangepast worden. Gevoelsmatig geeft degene met de gelijkzijdige zeshoeken de meeste rust en heeft dit model de meeste 'perfectie' in vergelijking met de andere schetsen. Dit komt doordat de zijdes overal evenlang zijn en de schoorsteen en standaard zijn onderdeel van deze zijdes. De kachel is tevens in drie verticale stroken te verdelen die evengroot zijn.

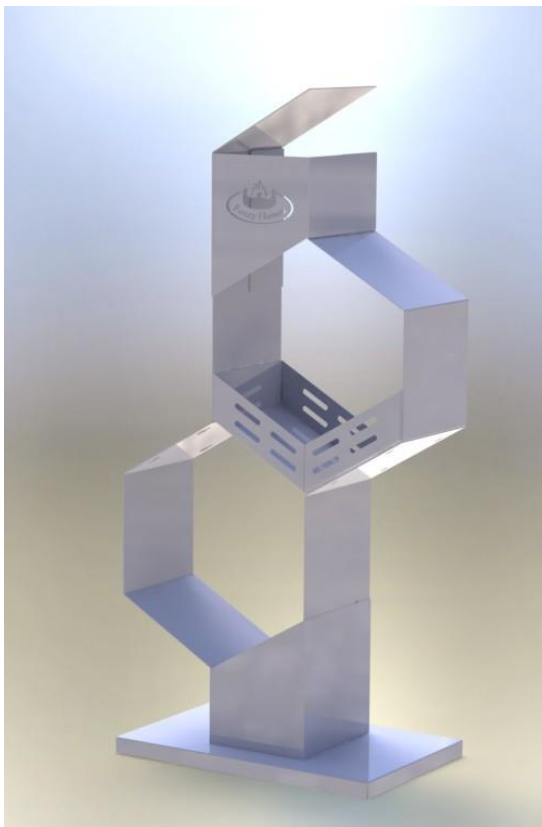


Figuur 30. Verbreding

Om deze redenen, in combinatie met beperkte overvloedige versieringen, past de kachel goed bij de moderne en strakke doelgroep.

Zeshoeken zijn ideale vormen om in dit soort producten te gebruiken. Zoals te zien is in de afbeelding kunnen deze compartimenten goed tegen elkaar geplaatst worden, zonder dat er openingen ontstaan. De kracht in een compartiment wordt goed verdeeld, doordat het midden van een holte aan de onderkant uitloopt in een punt, wat vervolgens weer ondersteund wordt door verticale zijanten van andere compartimenten. Deze zeshoeken zullen terugkomen in de andere drie concepten, bij ieder concept op een andere manier.

Hiernaast is een eerste testrender te zien van het model dat het eerste eindconcept gaat vormen. De kachel is schuin van voren te zien en er zijn nog geen achterwanden of hulpstukken geplaatst. De bak bevat smalle openingen met strakke hoekige uiteinden, zodat de figuren bij de hoeken van de kachel passen.



Figuur 31. Testrender zeshoekkachel



Figuur 32. Render concept 1

gebruikt worden om het vuur in de beginfase te laten branden.

In het hoofdstuk 'Detailleringfase' zal getoond worden hoe de kachel is opgebouwd uit onderdelen. Deze onderdelen zullen beredeneerd worden en de gedachte achter de ontwikkeling van het verdelen van de kachel zal beargumenteerd worden. De bevestigingsmethodes spelen in dit hoofdstuk ook een belangrijke rol, want onderdelen vormen samen een geheel, wat natuurlijk niet kan zonder deze aan elkaar te bevestigen. De berekeningen die gedaan worden op het gebied van krachten en uitzettingen en de nestbaarheid van de onderdelen komen ook aan bod in het volgende hoofdstuk. Deze genoemde punten zullen ook besproken worden voor de andere drie kachels.

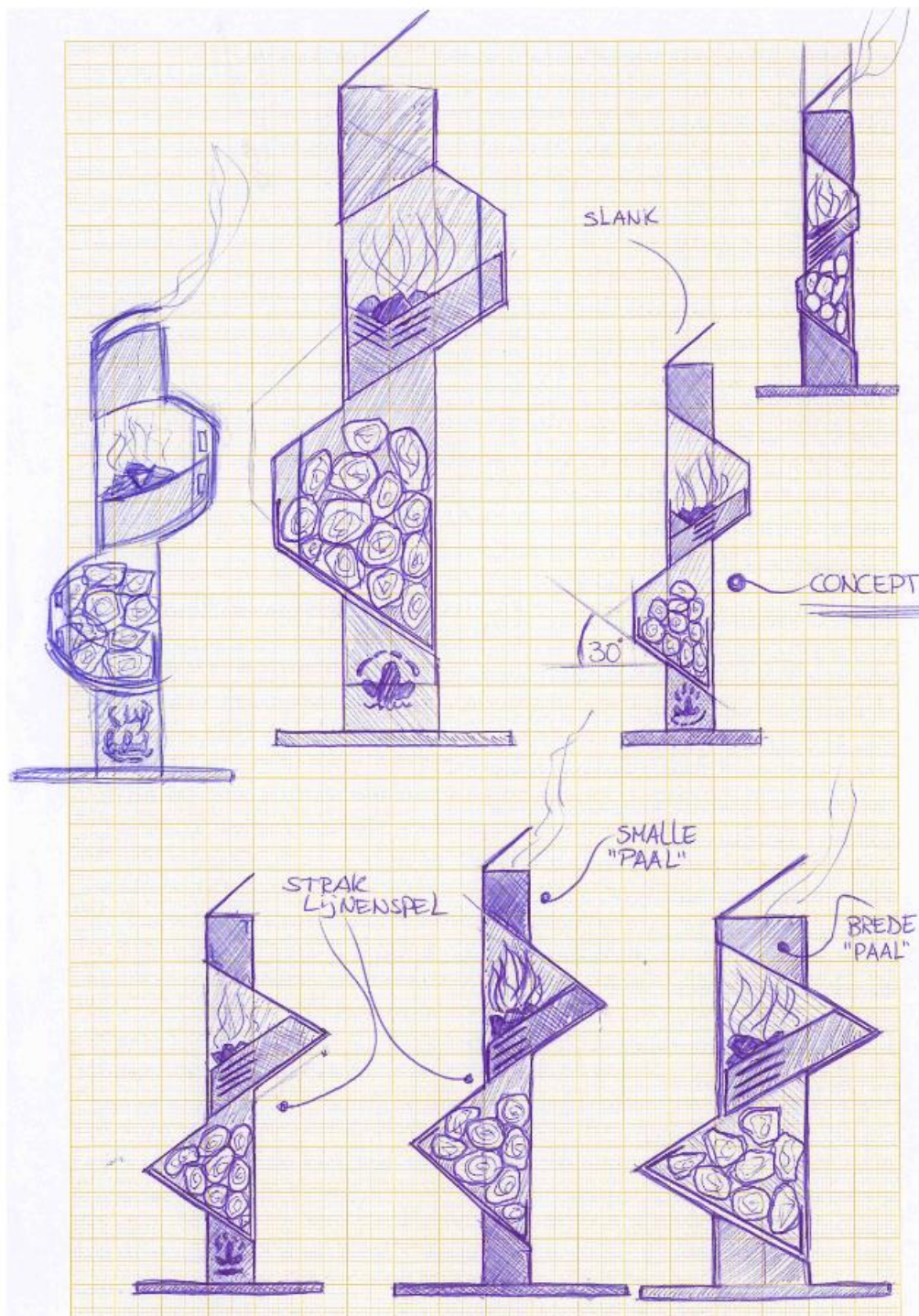
De nieuwe render geeft enkele aanpassingen weer ten opzichte van de vorige afbeelding. Er zijn achterwanden toegevoegd aan de kachel, zodat het vuur en de opslag beter beschermd zijn. De wind kan nu alleen van de voorkant bij het vuur komen, maar doordat het vuur als het ware ingekapseld zit, zal het vuur in alle rust kunnen branden. De houtopslag zelf kan nu alleen nat worden door vocht van de voorkant, maar dit zal minimaal zijn en kan niet voorkomen worden zonder deur of luik.

Er is gekozen voor een logo in de standaard, zodat het product herkenbaar is als vuurproduct van Esschert. De plaats van het logo was in eerste instantie op de schoorsteen, maar op de standaard trekt het minder aandacht. De kracht van het lijnenspel dient niet belemmerd te worden door andere details die geen rol spelen bij de vorm van de kachel.

Er is tevens een mogelijkheid voor het opslaan van aanmaakhoud gecreëerd. Dit kleine vak biedt ruimte aan kleine stukken hout, welke

Tweede Concept

Voor de tweede kachel zullen belangrijke kenmerken van de eerste kachel overgenomen worden, om het zo duidelijker tot een lijn te laten behoren. Zoals bij het eerste concept uitvoerig besproken werd, zal ook bij dit concept de zeshoek een rol spelen. In figuur 33 is een vormstudie te zien waarbij het centrale verticale deel van het eerste concept teruggekeerd is. Er is gespeeld met de vormen van de compartimenten. Links is een afgeronde versie en onderin drie schetsen met driehoeken in plaats van zeshoeken. Dit geeft een zeer strak effect en de variatie in breedte van het centrale deel heeft ook een invloed op de uitstraling van de kachel.

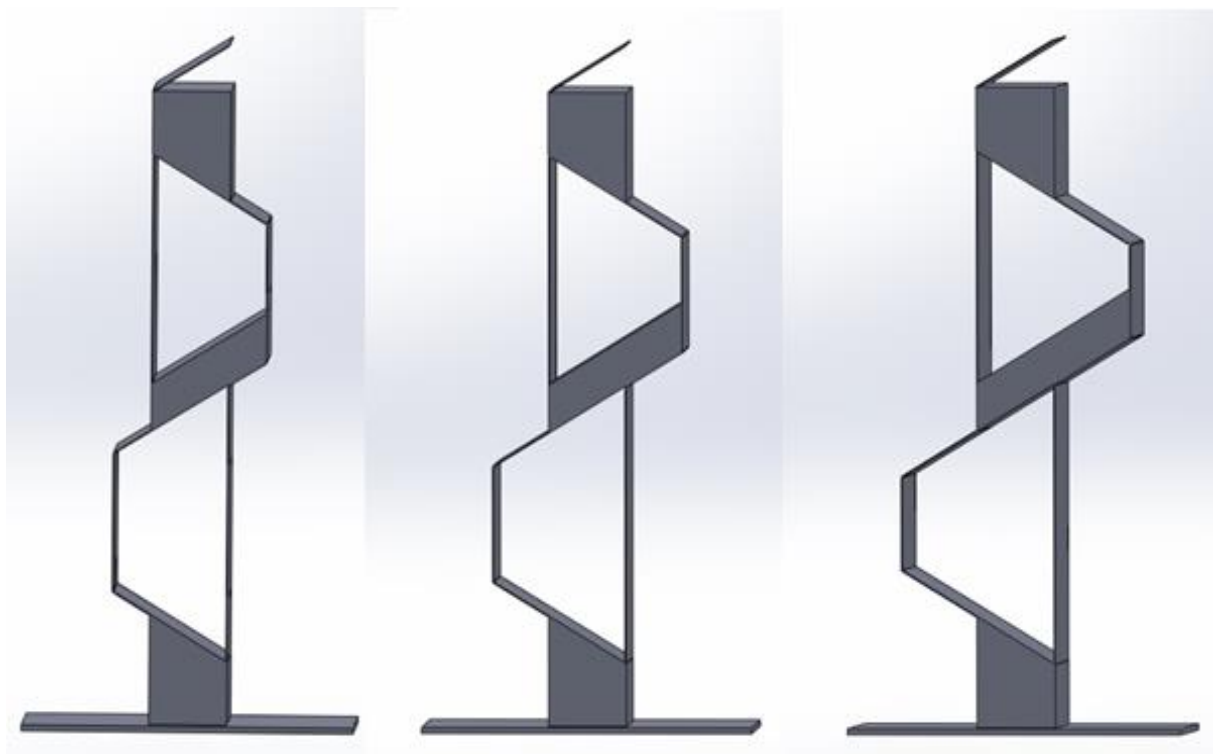


Figuur 33. Vormstudie concept 2

De bovenste schetsen zijn het meest verwand met het eerste concept. Er is een vormstudie gedaan met de breedte van de centrale kolom. De meest rechtse schets toont een pilaarvormige kachel, met enkele kenmerken van de zeshoeken. De modellen er naast hebben iets bredere compartimenten, waardoor het meer de vorm krijgt van de vorige kachel.

Wanneer alleen naar de buitencontouren gekeken wordt, lijkt het zelfs zeer veel op de vorige kachel. Het grote verschil zit hem echter in de plaatsing van de compartimenten en de schoorsteen. De schoorsteen en de standaard zijn onderling met de schuine zijde evenwijdig geplaatst aan elkaar, maar precies andersom vergeleken met het eerste concept. Hierdoor wordt twee keer een halve zeshoek gevormd. De standaard en de schoorsteen lopen mee met de buitencontouren van de kachel. Er ontstaat als het ware een soort zigzag patroon, bevestigd aan een smalle centrale balk. Het geheel is nu slanker en strakker dan het voorgaande model, maar behoudt dezelfde mogelijkheden. Het belangrijkste punt waarop deze kachel verschilt van de voorgaande, is dat de compartimenten in elkaar overlopen. De bovenkant van het onderste compartiment loopt door in de onderkant van het bovenste compartiment. Hierdoor zijn ze als het ware boven elkaar geplaatst, waardoor

Er is wederom een houtopslag aanwezig en het bovenste compartiment gaat een bovenbak vormen waar het vuur gaat branden. De standaard en schoorsteen werken op dezelfde manier als het eerste concept, waardoor de belangrijkste kenmerken teruggekeerd zijn en waarmee dit product door de klant als lijn gezien kan worden met de andere kachel.

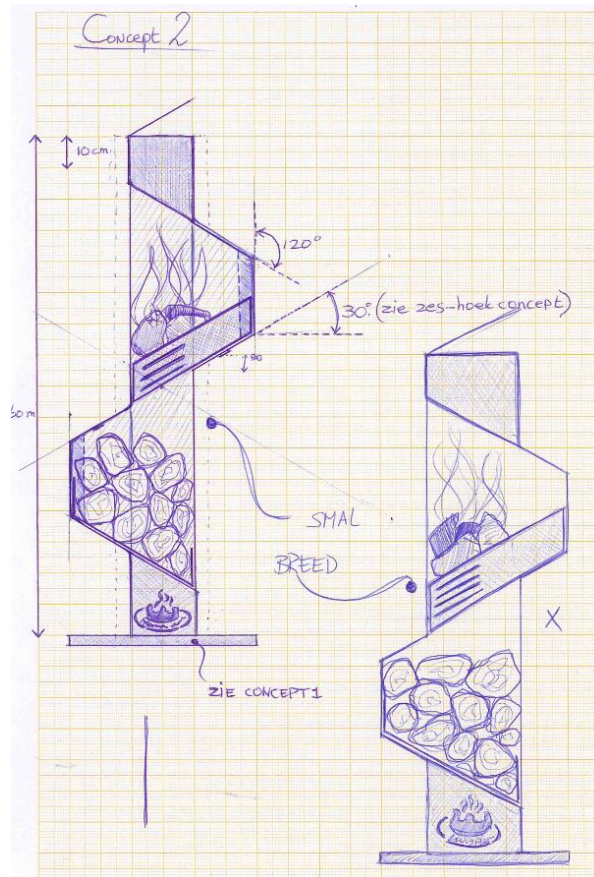


Figuur 34. Spitsheidtest

In figuur 34 is een korte studie te zien van de spitsheid van de compartimenten, waarbij de centrale pilaar onveranderd blijft. De uitstekende delen, dus alles wat buiten de pilaar zit, is hierbij het variabele onderdeel. De verticale zijde aan de uiteindes van de compartimenten wordt in hoogte veranderd, waardoor dit verticale stuk dus dichterbij de pilaar komt te liggen of juist verder weg. Om aan de strakheid te voldoen en tegelijkertijd genoeg ruimte over te laten voor opgeslagen hout en het vuur, is gekozen voor het middelste model. Hierbij is de kachel verticaal gezien in drie ongeveer even brede stroken te verdelen.

In figuur 35 is gespeeld met de dikte van de centrale kolom. Hierdoor komen de compartimenten opvallender of juist minder opvallend naar voren. Er is gekozen voor een slank uiterlijk, zodat er een groter onderscheid is tussen dit concept en het voorgaande brede concept. Ondanks de uitstekende compartimenten geeft deze kachel toch het idee dat het een soort pilaar vormt. Dit is een originele variant op bestaande kachels. Tevens passen de strakke lijnen bij de moderne stijl die de lijn dient uit te stralen.

Duidelijk is te zien dat de hoeken die aanwezig zijn in dit model, overeen komen met de hoeken van het voorgaande concept. De hoeken die voorkomen zijn 120° , 90° en 60° . De bakken die aanwezig zijn zullen later in de conceptfase vormgegeven worden. De kenmerken die aanwezig zijn in deze kachel, zullen in overeenstemming zijn met die van het eerste concept. Hierbij moet gedacht worden aan de luchtopeningen en het logo en de schoorsteen.



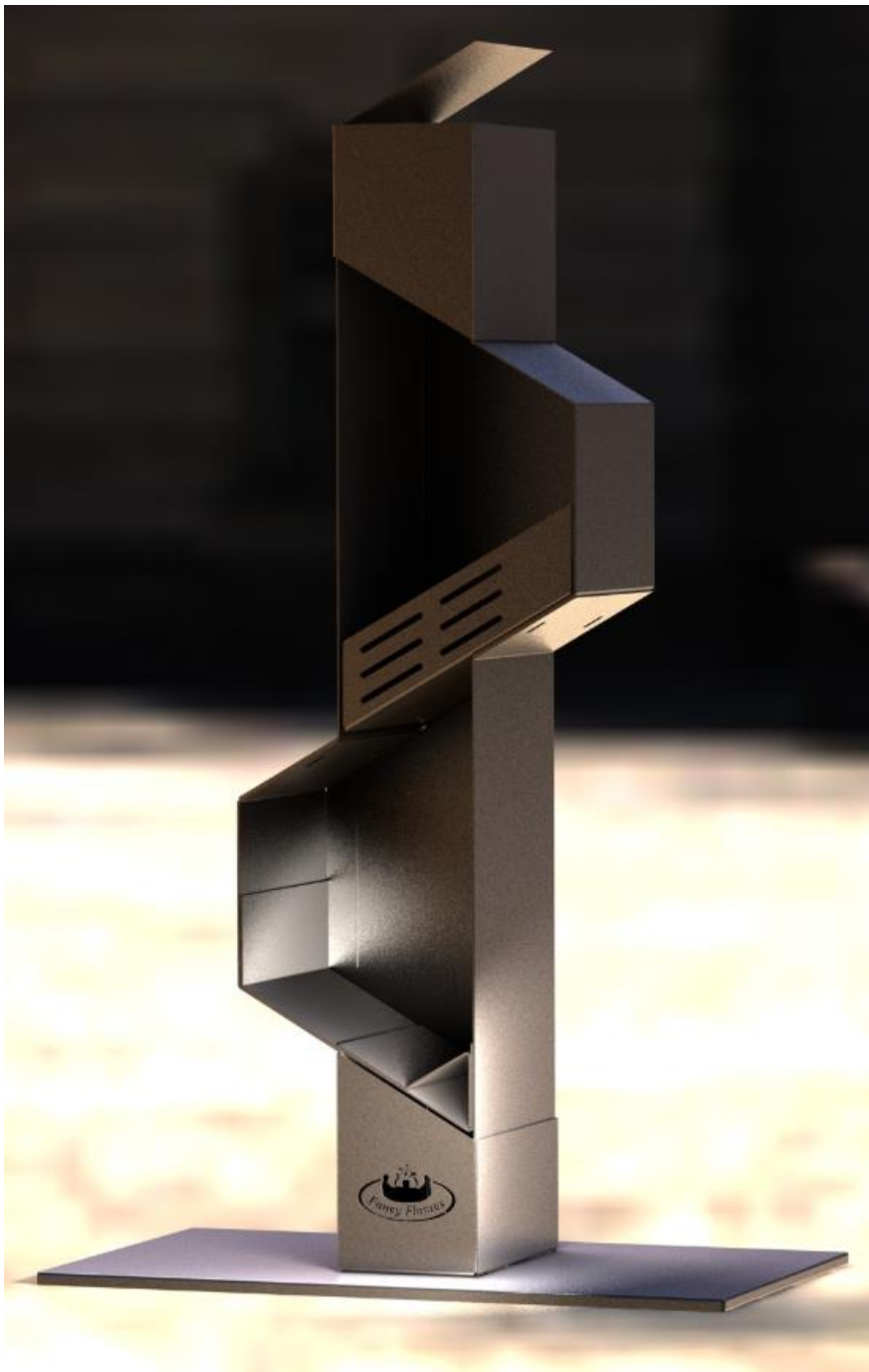
Figuur 35. Aanpassing centrale kolom



Figuur 36. Testrender concept 2

In figuur 36 is een render te zien van het eerder getekende model. Hier is op een simpele manier te zien hoe de kachel in elkaar kan gaan zitten. Er is een achterwand aanwezig om aan te geven dat het als een soort 'vuurkast' gaat dienen. Men kan gemakkelijk met de kachel werken, omdat deze alleen van de voorkant gebruikt gaat worden.

Op de afbeelding is duidelijk te zien dat de standaard hol is van binnen. De houtopslag zal hierdoor in de standaard terecht komen. Het is nu voor de gebruiker lastig om dit hout te pakken, want men kan er pas bij als men met het halve lichaam in de kachel zit. Om dit te verhelpen zal er net als in het eerste concept, een overbruggende plaat aanwezig zijn, zodat het gat gedicht wordt. Deze plaat heeft de vorm van de kachel en zal precies in het compartiment passen. Doordat de plaat de onderkant afdekt, en gecombineerd wordt met de zijkanten, kan het gezien worden als een bak.



Figuur 37. Uiteindelijke concept 2

Deze bak wordt belast met een bepaalde hoeveelheid hout en zal hierdoor onderdanig zijn aan enige vervorming. Dit dient in de 'Detailleringsfase' bekeken te worden en waar nodig zal geanticipeerd moeten worden op dit gegeven.

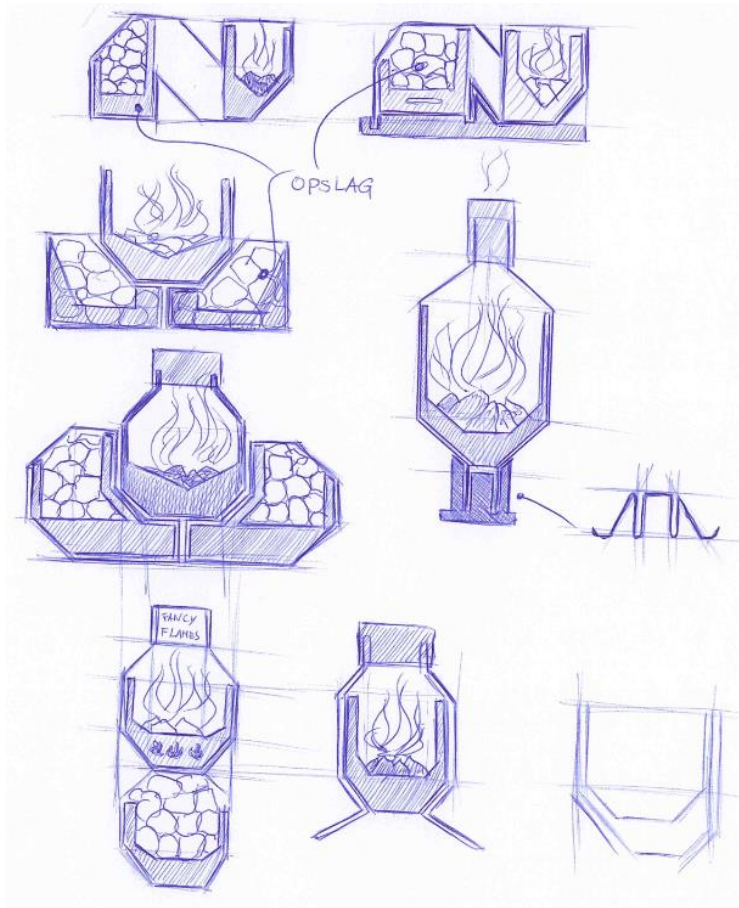
De bovenbak waarin het vuur zal gaan branden, heeft veel weg van de bovenbak van de eerste kachel. Het is eigenlijk precies de helft van de V-vormige bovenbak van zijn voorganger. De lineaire vorm van de bak past goed in het strakke design en loopt mee met de denkbeeldige Z-vorm van de kachel. De uitdaging zit hem in het stabiel houden van de bak. De bak lijkt over te hellen met een roterende beweging tegen de klok in, maar dit zal in werkelijkheid niet gaan gebeuren. De bak heeft namelijk geen vrije vrijheidsgraden, welke ervoor zorgen dat de bak gaat roteren of kantelen. Aan de linker-

en rechterkant en een deel van de onderkant van de bak bevindt zich een plaat van de 'behuizing', zodat de bak op deze punten ondersteund wordt. Wanneer de linkerkant door een roterende beweging naar beneden wil bewegen, zal de hoek van de bak iets uitwijken naar links, waardoor het weerstand ondervindt van de buitenplaat. Hierdoor zal de bak stabiel blijven zitten in de kachel tijdens het gebruik. De onderdelen, bevestigingsmethoden, assemblage en andere analyses zullen besproken worden in het hoofdstuk 'Detailleringsfase'.

Nu de twee grote kachels grotendeels qua vorm vaststaan, kan er toegewerkt worden naar de twee kleinere kachels. Deze zullen verband moeten hebben met de hoge kachels, maar het spreekt voor zich dat ze behalve de lengte, hun eigen kenmerken vertonen en zo een unique selling point bezitten. Dit geeft de klant een bredere keuze.

Derde Concept

In eerste instantie is er verder geborduurd op de beginschetsen voor het eerste concept. Hierbij wordt met name gedoeld op de beginschetsen van het eerste concept. Enkele herkenbare vormen zijn terug te vinden in de vormstudies in figuur 38. De hoekige ruimtes zijn ook in de lage modellen aanwezig. Er is een mogelijkheid voor een houtopslag, maar ook zonder houtopslag zal het voor de klant interessant kunnen zijn.

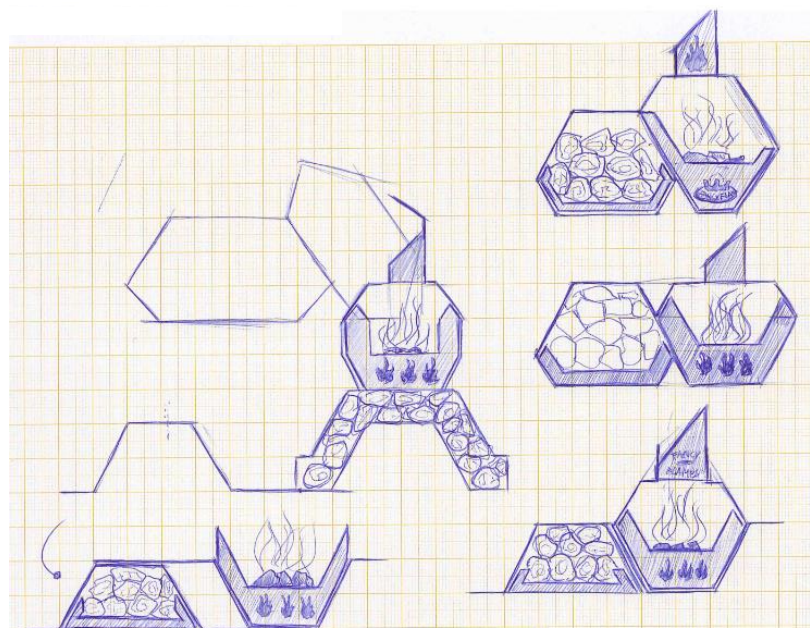


Figuur 38. Vormstudies lage concept

Om de kachel laag en klein te houden, is gekeken naar de een houtopslag gecombineerd met een brandgedeelte met een horizontale verdeling. Om het geheel compact te houden is het verstandig om compartimenten, net als in de voorgaande concepten een gelijkmatige vorm te geven, welke op de een of andere manier op meerdere manieren nestbaar is. Tevens dient er enige symmetrie aanwezig te zijn in het model en zullen de andere moderne kenmerken terug moeten komen, om de doelgroep aan te blijven spreken.

De modellen in de afbeeldingen hiernaast stralen niet de rust uit die ze moeten uitstralen, omdat de vormen vrij onsamenhangend zijn. De kenmerken die overgenomen zijn uit het eerste concept komen wel terug, maar zijn te overvloedig

aanwezig om het tot een bijpassend product te maken. Bovendien is er doorontwikkeld tot een zeshoek en in deze schetsen is dit nog niet terug te zien. Het is echter wel duidelijk dat bepaalde ideeën toegepast kunnen worden op het toekomstige ontwerp. In figuur 39 is te zien dat gelijkvormige onderdelen op meerdere manieren met elkaar gecombineerd kunnen worden. Het zou tevens mogelijk zijn om



Figuur 39. Combinaties

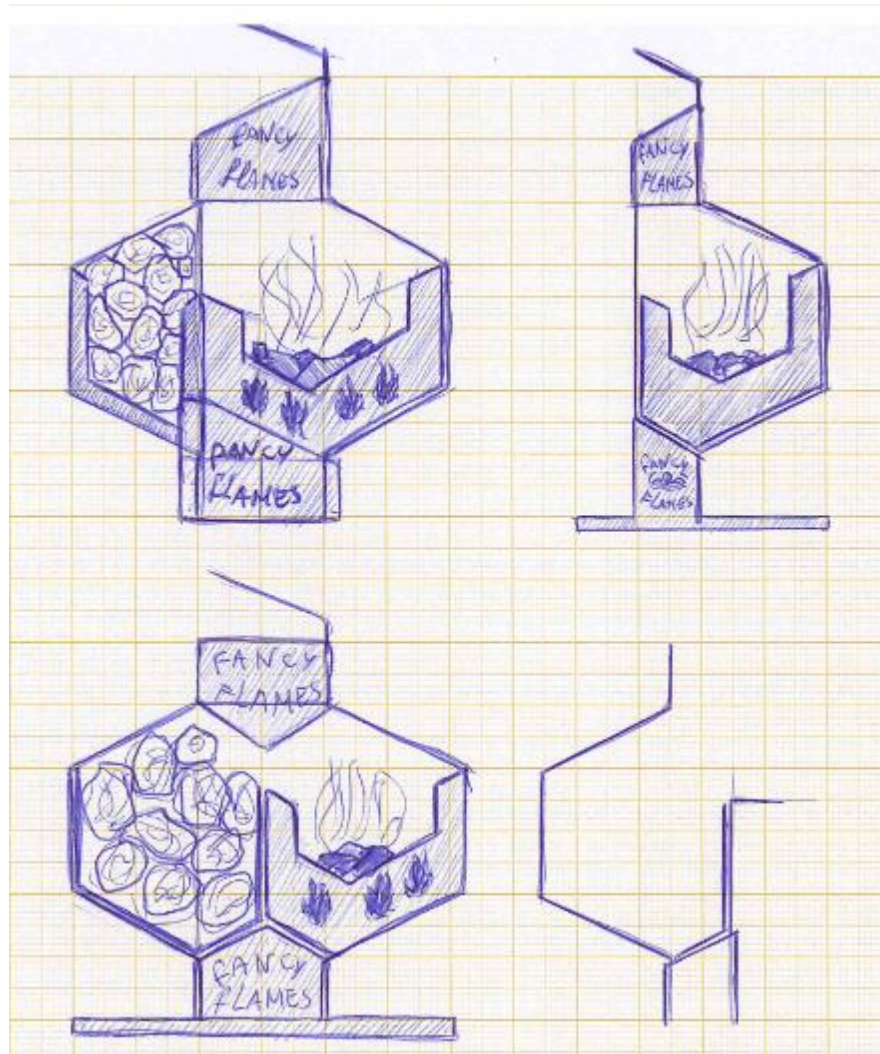
de delen in elkaar kwijt te kunnen, zodat het geheel compact op te ruimen is.

Een simpelere optie is het in stukken verdelen van de bestaande kachel. Dit is te zien in de schets in figuur 39. Hier is een vormstudie te zien waarbij vastgehouden wordt aan het principe van de grote kachel, met een centrale pilaar en een hoekige opslag- en brandplaats.

Wanneer geen houtopslag nodig is, geeft het een strakker en slanker effect, zoals op de rechtse schets te zien is. De standaard en de schoorsteen zijn overgenomen van het voorgaande concept. Het type bak is gelijk aan de eerder gemaakte schetsen, maar dit zal niet de definitieve vorm worden. Er is uiteindelijk bij het eerste concept gekozen voor een zeshoek, waardoor deze vorm of elementen ervan sowieso moeten terugkeren in het kleine concept.

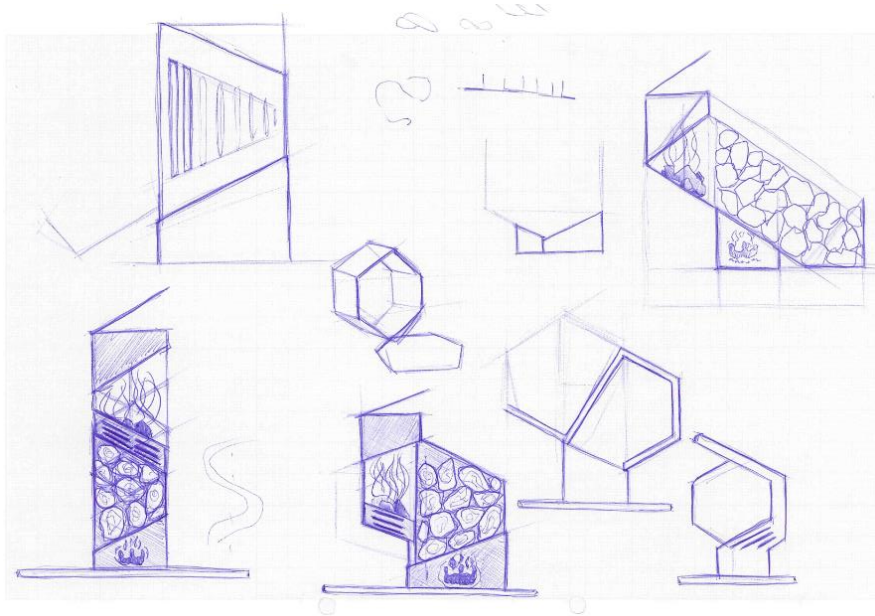
Het is een mogelijkheid om de vorm of een deel ervan letterlijk over te nemen, zodat er als het ware een miniatuur versie van de grote kachel kom te staan. Dit is echter niet de insteek, want de kleineren zullen zich toch meer moeten onderscheiden dan de grote kachels onderling.

Een zeshoek is een vorm dat op een eenvoudige manier te gebruiken is, om de nieuwe kleine kachel vorm te geven. De meest voor de hand liggende oplossing is het plaatsen van een holle zeshoek, waarbij een vlakke zijde als onderplaat dient. Dit is echter een zeer eenvoudig ontwerp, waarbij niet echt een spanning gecreëerd wordt bij de koper wanneer deze de kachel zal zien.



Figuur 40. Afgeleide vormen

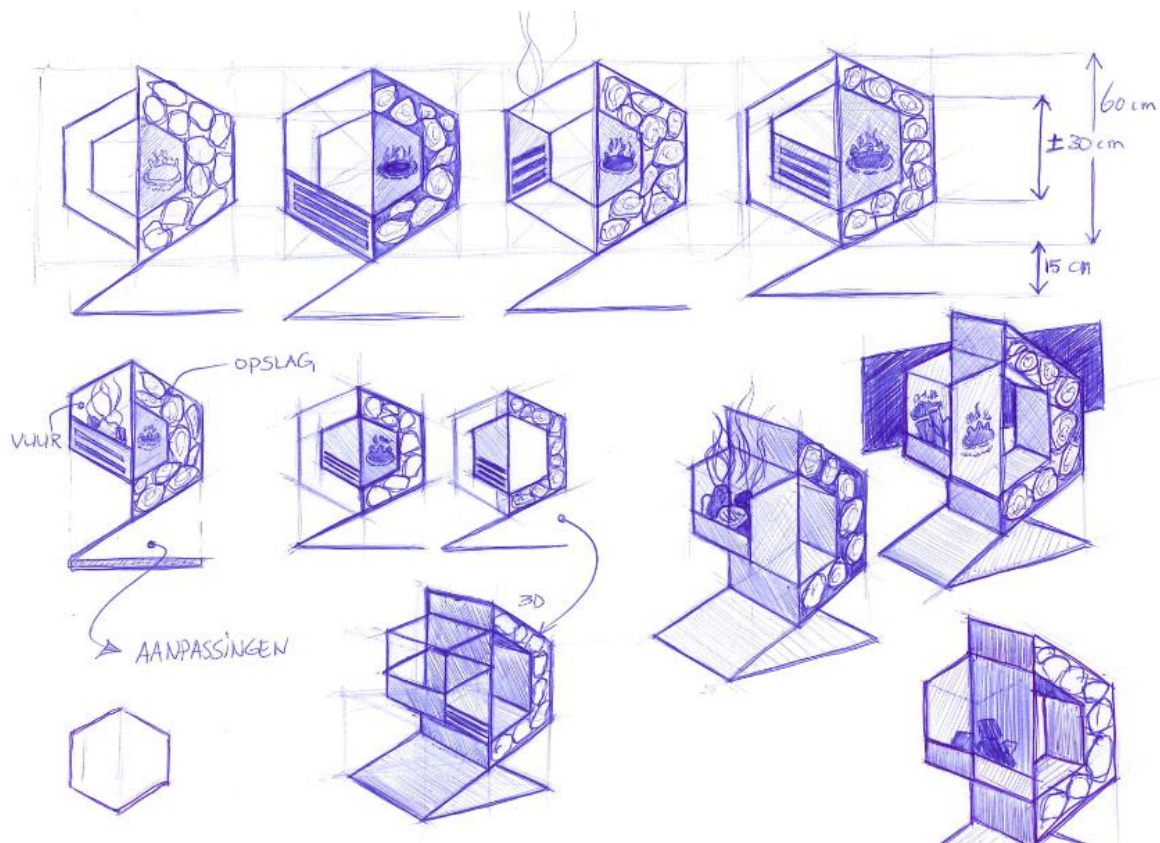
Een zeshoekvorm met een gecombineerde opslag- en vuurbakplaats moet dus op een uitdagendere manier vormgegeven worden, zodat de kachel in het oog zal springen. Er zullen directe kenmerken aanwezig moeten zijn van de voorgaande kachels, maar de pilaar met compartimenten dient achterwege te blijven, om zo de reeks spannend te houden.



Figuur 41. Speelse vormen

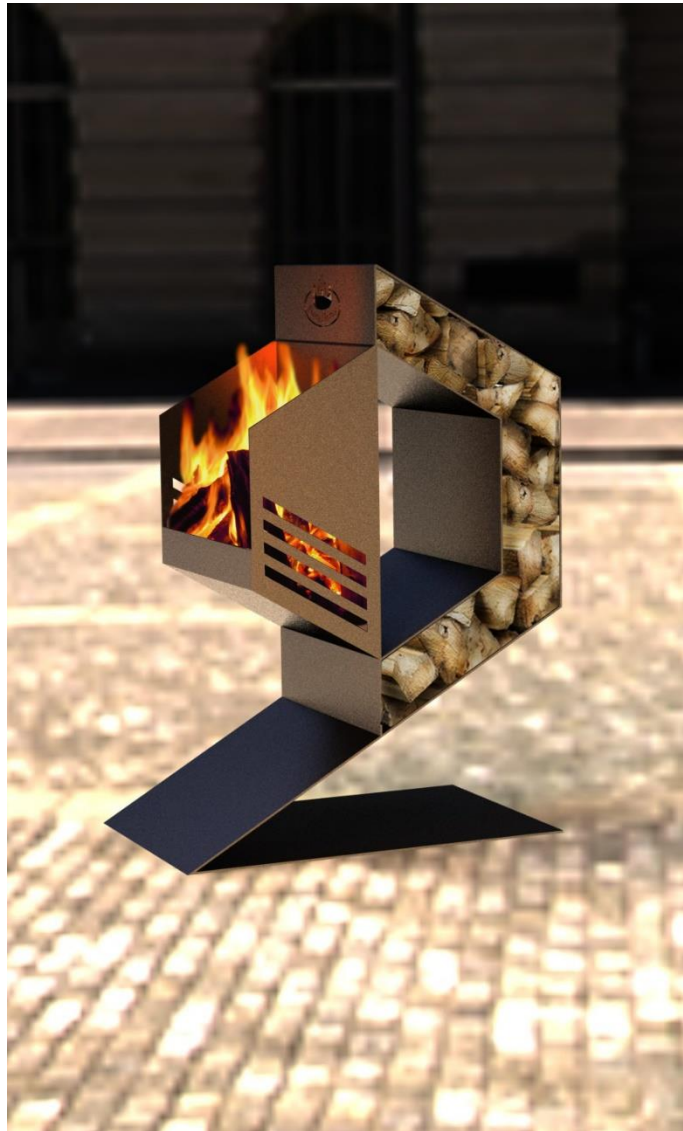
De volgende vormstudies zijn in meerdere mate gebaseerd op de zeshoek van het eerste concept. Op een speelse manier zijn zeshoeken of delen van een zeshoek gecombineerd om zo tot een vorm te komen. De pilaar bijvoorbeeld is een smalle versie van het tweede concept, maar bevat te weinig verandering om door te kunnen als het nieuwe concept. De oplossing voor het nieuwe concept dient gevonden te

worden in het model rechtsonder in figuur 41. Hier is een speelse vorm te zien waarbij het evenwicht als het ware op de proef wordt gesteld. Desondanks is de zeshoek nog steeds aanwezig en neemt dit een centrale plek in bij het ontwerp. De moderne kenmerken zijn aanwezig, maar het symmetrische aspect kan er in meerdere mate uitspringen dan nu het geval is. Het model moet als het ware meer knallen, door bijvoorbeeld een evenwicht situatie te creëren waardoor het concept technisch gezien



Figuur 42. Vormstudie met zeshoekskenmerken

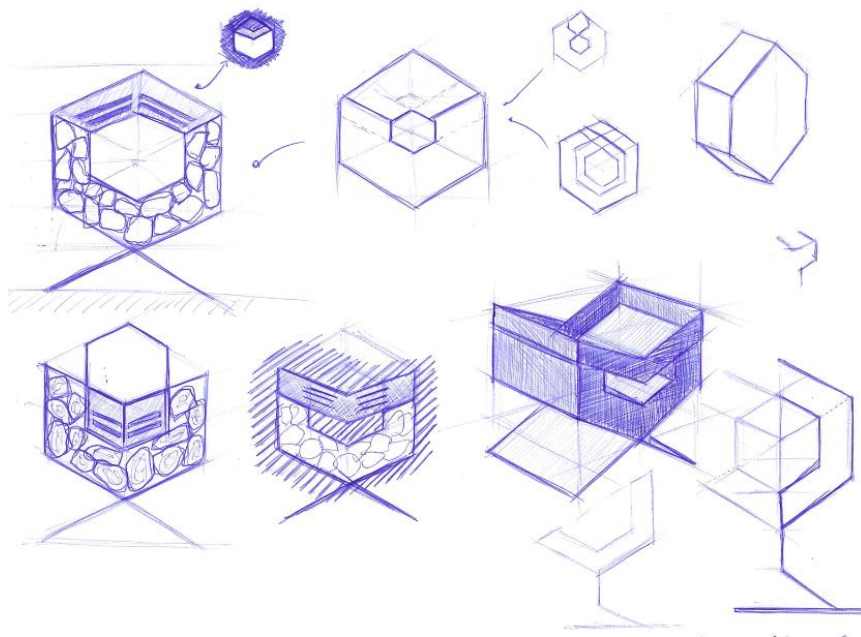
hoogwaardiger lijkt. In figuur 42 is door middel van een vormstudie geprobeerd tot een concept te komen waarbij de genoemde kenmerken naar voren komen. Er zijn zeshoeken te zien op een soort van zigzag-standaard. De zeshoek is op verschillende manieren gesplitst en verdeeld in compartimenten. Er is een mogelijkheid voor een houtopslag en er bevindt zich een ruimte in het midden van de zeshoek waar geen materiaal zit. Het is dus mogelijk om door de kachel te kijken en het opgeslagen hout zit er tegelijkertijd omheen. Het brandgedeelte is hierbij losneembaar, zodat de kachel na het branden compact opgeslagen kan worden. Dit brandgedeelte kan namelijk in de holte geschoven worden, zodat er geen onnodig ruimteverlies is. Een van de schetsen is uitgewerkt tot een render, zoals te zien is in figuur 43. Dit model is ver uitgewerkt, zodat een beter oordeel gedaan kan worden over het ontwerp. Met name de zeshoek op het zigzag-standaard biedt perspectief voor het nieuwe concept. De manier hoe dit ingevuld wordt, staat echter nog niet vast.



Figuur 43. Uitgewerkte schets

De opdrachtgever vond het ontwerp, zoals het op de render te zien is, te druk. Ondanks de moderne kenmerken en de aanwezige zeshoeken, was het gevoel dat men kreeg bij het zien van de afbeelding dat het product te chaotisch is.

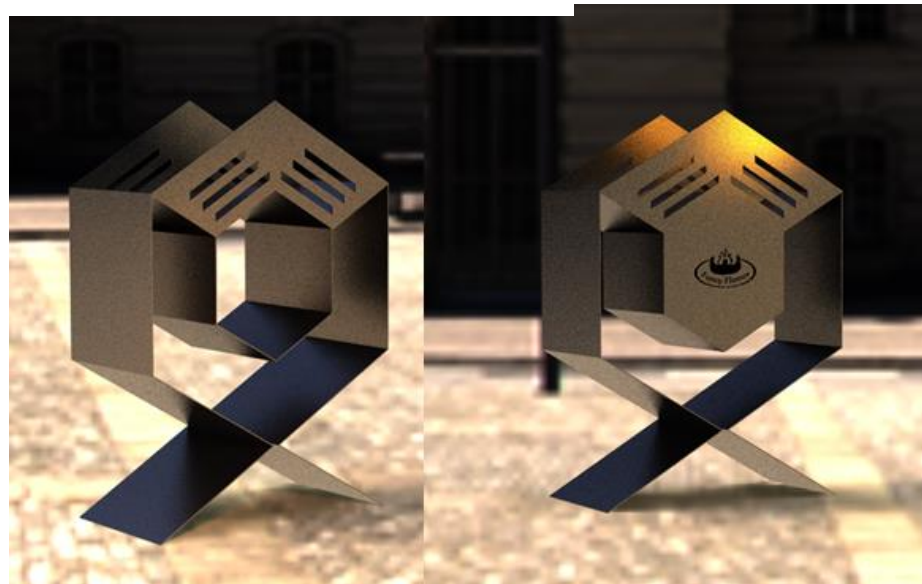
De uitgangspunten van het vorige model biedt genoeg mogelijkheden tot het voortbrengen van andere modellen. In figuur 44 is wederom een vormstudie te zien. Er is gebruik gemaakt van de zeshoek op een standaard. In dit geval is de standaard geen zigzagvorm, maar zijn de platen als het ware gekruist, zodat de kachel op twee stroken steunt.



In figuur 45 zijn twee versies van dit model te zien. De ene versie heeft een gesloten middenstuk met logo en de ander houdt het gedeelte vrij van materiaal. Wanneer de houtopslag vol zit, welke geplaatst is rond het middenstuk, geeft dit een leuk en verrassend effect. Ook is het mogelijk om het logo te plaatsen in het middenstuk. Het logo is een terugkerend aspect van de kachels, dus het is

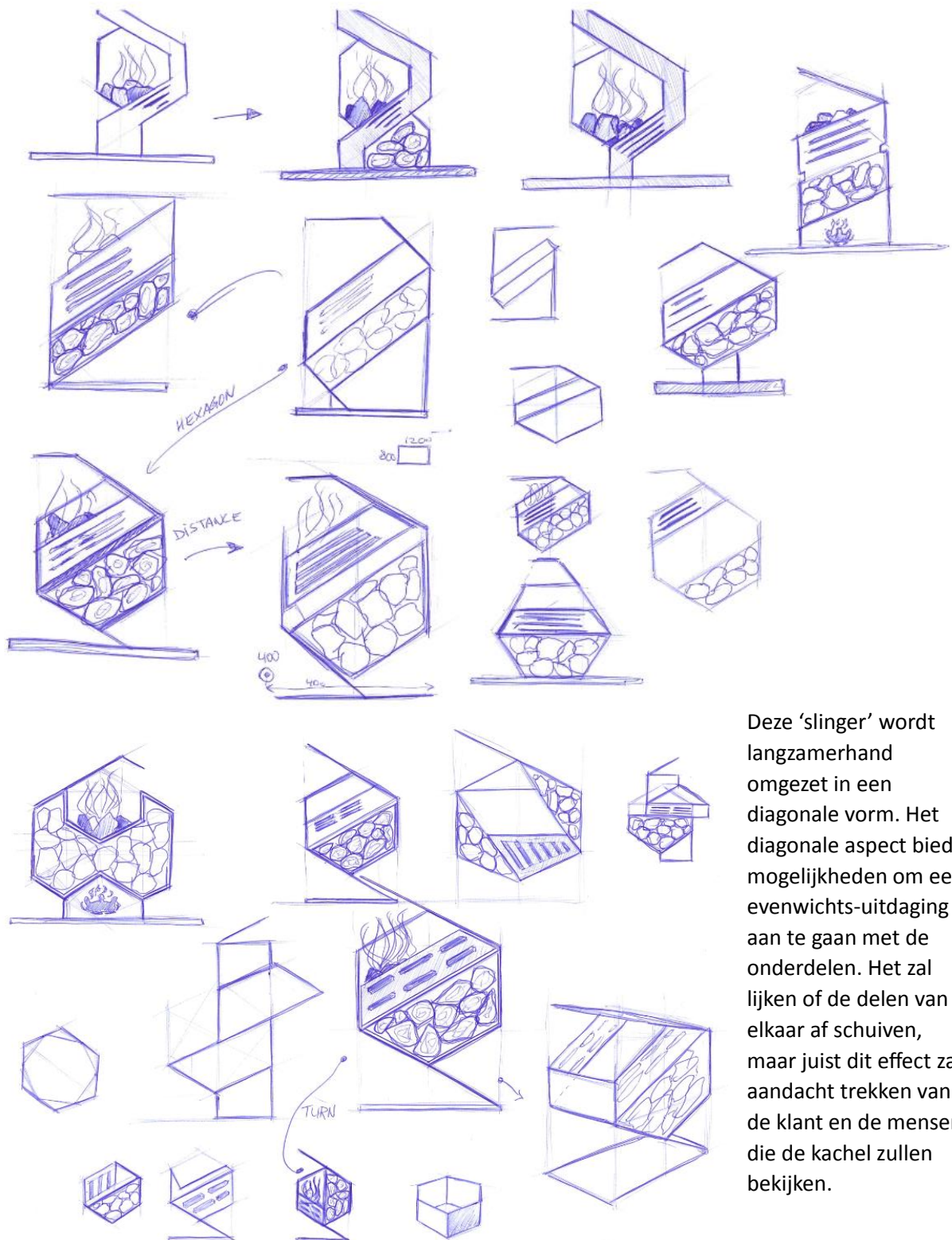
Figuur 44. Vormstudie zeshoek op standaard

handig om deze op een plek te plaatsen waar men het kan zien. Ondanks de voordelen van het concept, zijn er enkele nadelen die ervoor zorgde dat de keuze niet op dit concept gevallen is. De gekruiste poten trekken in verhouding met de zeshoek zelf erg veel aandacht.



Figuur 45. Testrender van twee versies

De nadruk zal toch wat meer gelegd moeten worden op het brandgedeelte, oftewel de zeshoek. In figuur 46 zijn enkele schetsen te zien welke gebaseerd zijn op figuur 41. De hoofdvorm van de schets links bovenin is vastgehouden en uitgewerkt richting rechtsonder. De 'slinger' die te zien is in de eerste schetsen is te prominent aanwezig, waardoor het minder goed bij de andere concepten past.

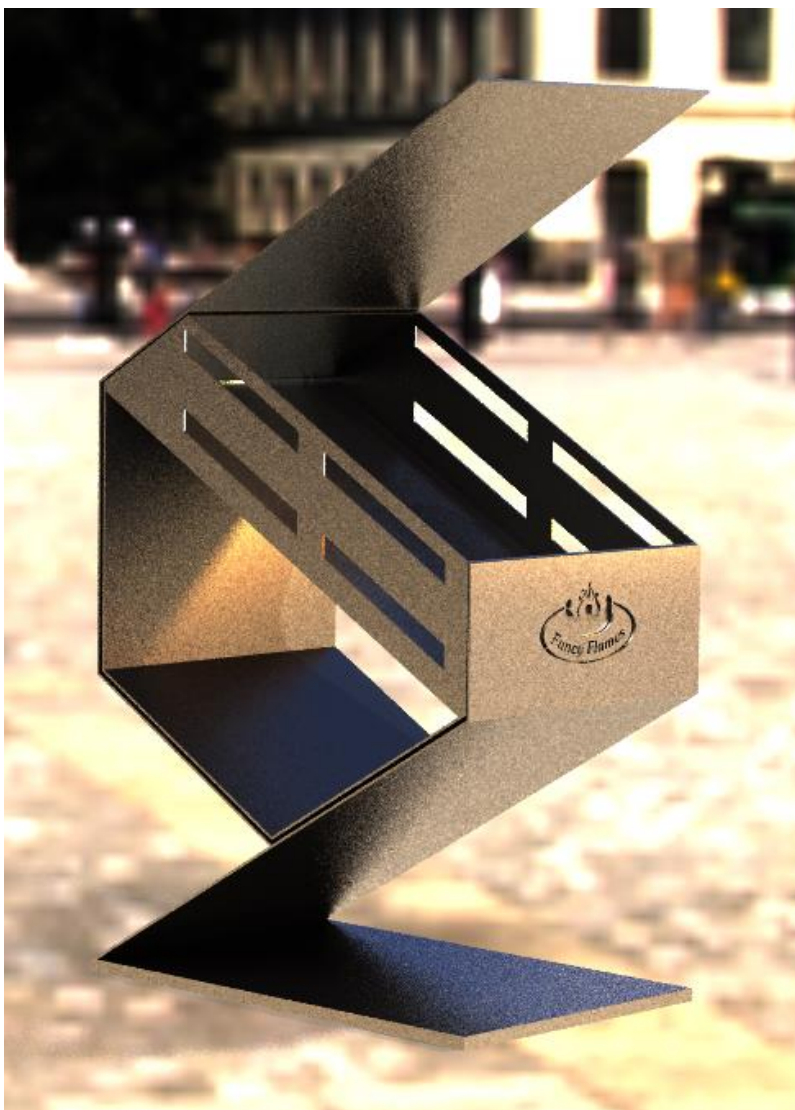


Deze 'slinger' wordt langzamerhand omgezet in een diagonale vorm. Het diagonale aspect biedt mogelijkheden om een evenwichts-uitdaging aan te gaan met de onderdelen. Het zal lijken of de delen van elkaar af schuiven, maar juist dit effect zal aandacht trekken van de klant en de mensen die de kachel zullen bekijken.

Figuur 46. Schetsen gebaseerd op figuur 41

De zeshoek zoals deze te zien is in de nieuwe schetsen, geeft een rustiger gevoel, maar bevat dezelfde functies. Het onderste deel zal ruimte bieden aan opgeslagen hout en de bak die erop zit zal gaan dienen als brandbak. De zigzagpoot is nog steeds aanwezig, want de diagonale lijn loopt door in de gehele kachel en komt op deze manier tegemoet aan de eerder ontworpen concepten.

In figuur 47 is de schets uitgewerkt tot 3D model. De belangrijkste onderdelen van de kachel zijn de Z-vormige standaard, de opslagbak en de vuurbak. Het is als het ware een afgesneden zeshoek, waarbij het kijkgenot verhoogd is door de laagte van de vuurbak. De kap boven de vuurbak houdt verband met de andere concepten, maar omdat het in dit geval toch een opvallend losstaand element is, past het niet goed bij de compactheid van de kachel. De kachel biedt een mogelijkheid tot verkleining door middel van nestbare



Figuur 47. Uitgewerkte schets

onderdelen. Het is voor besparing van de ruimte handig dat de onderdelen in elkaar geschoven kunnen worden, zodat het geheel ongeveer een derde van de huidige omvang is. De houtopslag zal als 'kamer' kunnen gaan dienen, zodat de standaard en de vuurbak hier in kwijt kan. De z-vormige poot kan in de vuurbak geschoven worden en deze op zijn beurt weer in de houtopslag. Deze uitdaging zal in de 'detailleringsfase' uitgebreid opgelost en onderbouwd worden met afbeeldingen.

In de nieuwe render op afbeelding 48 zijn enkele aanpassingen gedaan ten opzichte van de vorige versie. De bovenbak is aanzienlijk verhoogd en voorzien van meerdere luchtopeningen. Door het vergrote oppervlak van de zijanten, is het mogelijk een patroon toe te voegen aan de luchtsleuven. Om in de sfeer van de lijn te blijven, is gekozen voor een zeshoekpatroon in de zijanten. Deze vorm is tevens nodig om de zijplaten van de bak van stevigheid te voorzien. De verhoogde bovenbak biedt meer ruimte voor brandhout en voorkomt bovendien dat het hout er gemakkelijk uit kan vallen of rollen. Doordat de bak onder een hoek van dertig graden 'hangt', zal het hout naar de hoek rollen. Dit geeft echter geen problemen voor het branden. Aangezien er meerdere blokken hout in liggen zal het hout door de stapeling genoeg oppervlak hebben waar verse lucht langs kan stromen. Wanneer het vuur brandt zal het 'Fancy Flames logo' een mooi effect geven, aangezien dit logo aan de vuurkant van de bak zit.

De bovenbak en de opslagruimte worden gescheiden door de platen van de genoemde onderdelen. Het is echter gunstiger voor de gebruiker om ook een dubbele wand toe te voegen aan de twee platen, zodat het brandhout minder (snel) heet wordt. Dit dient geïntegreerd te worden met de bevestiging van de bakken. De bovenplaat die het vuur dient te beschermen tegen invloeden van bovenaf is achterwege gelaten. Het oppervlak van de vuurbak is te groot om met een dergelijke plaat te beschermen. Deze plaat zou zo groot worden dat dit het uiterlijk niet ten goede zal komen. Een bijkomend voordeel van het weglaten van deze plaat is dat het vuur nu stukken beter zichtbaar is, vanuit meerdere posities. Een ander voordeel is dat de kachel nu makkelijker compact op te bergen is.

Het concept staat grotendeels vast nu. In de 'Detailleringsfase' zal gekeken worden naar de stevigheid van de onderdelen en de bevestigingsmethoden.

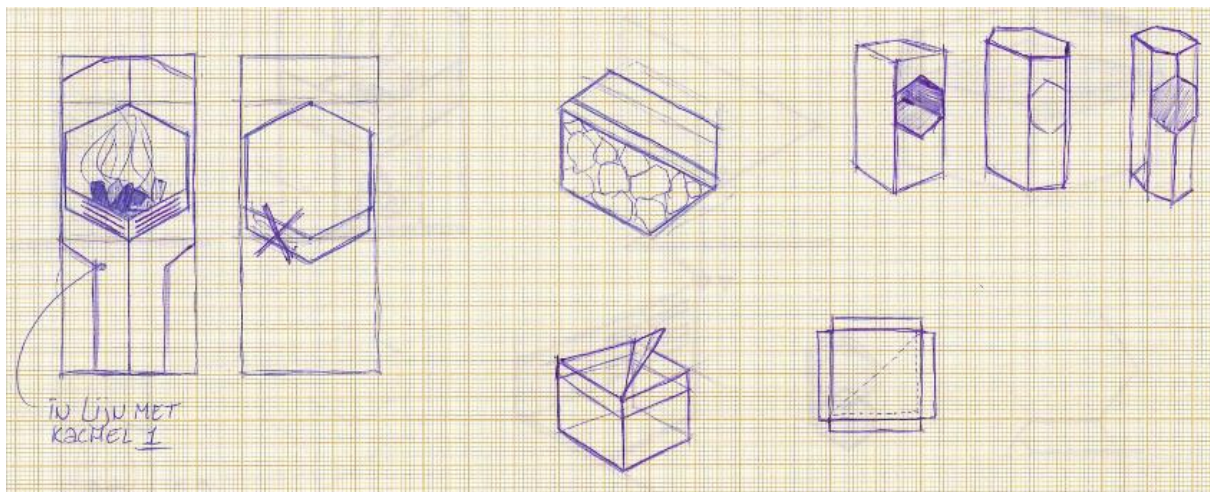


Figuur 48. Verbeterde versie

Vierde Concept

De zoektocht naar een vierde concept zal op dezelfde manier gaan als bij het tweede concept. Het tweede concept is een afgeleid uit de schetsen voor het eerste concept. Het vierde concept zal voortborduren op de schetsen voor het derde concept. Op deze manier hebben de grote modellen en de kleine modellen onderlinge samenhang. Voor het compleet maken van de lijn is het natuurlijk van belang dat de kleine en grote kachels ook onderlinge samenhang vertonen. De zeshoek verwezenlijkt deze vereiste, bij elke kachel op een eigen manier.

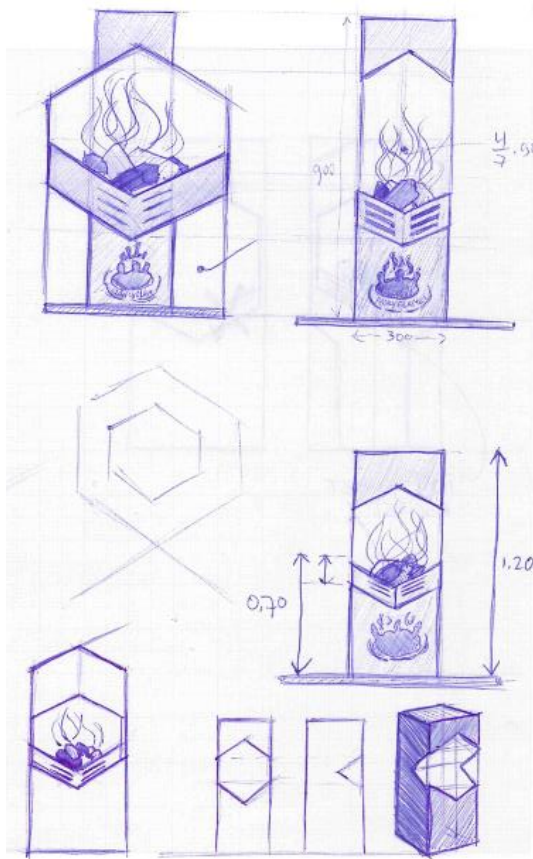
Het nieuwe model zal traditioneler worden dan de vorige modellen. Dit om ook aan de wensen van de wat 'klassiekere' moderne doelgroep te kunnen voldoen. Een standaard pilaarvormige buitenhaard is een stuk rustiger in de tuin dan een haard met veel hoeken en vormen. De klant moet de mogelijkheid hebben om uit de moderne kachellijn een brede keuze te hebben. Ondanks het eenvoudiger uiterlijk zal dit model, evenals de andere modellen de kenmerken van moderniteit bevatten.



Figuur 49. Standaard model met zeshoek

Het idee van de zeshoek dient aanwezig te zijn in het laatste concept. Wanneer het derde conceptidee van de zijkant bekeken wordt, is de zeshoek frontaal te zien. Een combinatie van een pilaar en hierin een verwerkte zeshoek is ideaal voor het laatste concept. Men kan vanuit een bepaald gezichtspunt nu een duidelijke zeshoek zien en van de andere kant lijkt het op een doodgewone pilaar. Een vrij 'standaard' product krijgt nu toch een extra aspect waardoor het een uniek product wordt. Dit proces is te zien op de schetsen van figuur 49. De linker schetsen vormen als het ware een pilaar, waarbij de zeshoek geprojecteerd is op het oppervlak van de wand. De vorm van de kachel kan aangepast worden aan de zeshoek, zoals te zien is bij de linkerschets, maar het kan ook een verticale balk blijven. De laatste optie straalt meer rust en simpelheid uit. De andere kachels zijn vrij uitdrukkelijk aanwezig, waardoor het om tactische redenen waarschijnlijk handiger is om de laatste kachel uit eenvoud te laten bestaan.

De rechter schetsen zijn simpele variaties op een pilaar, namelijk een vierhoek, een brede zeshoek en een smalle zeshoek. Elk effect heeft andere eigenschappen, bijvoorbeeld robuust, maar de smalle is juist weer elegant.

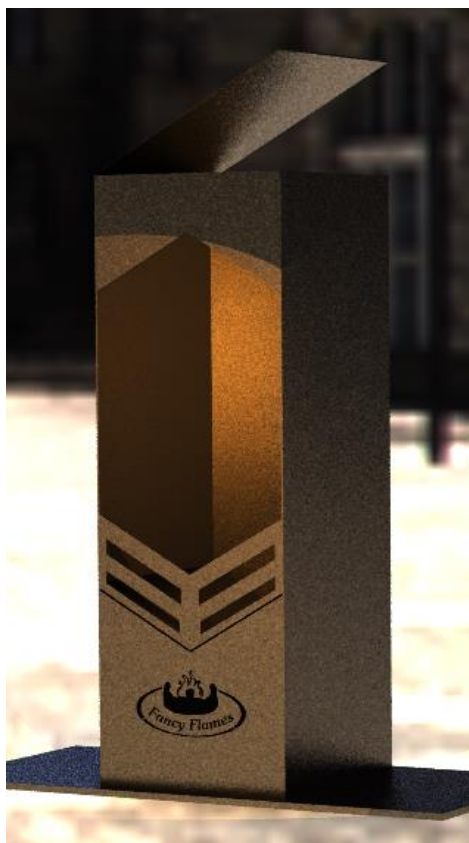


Figuur 50. Ontwikkelde vormen

De voorgaande ideeën zijn verwerkt in een aantal nieuwe schetsen, te zien op afbeelding 50. De kachels bevatten een zeshoek op het voorvlak. Deze zeshoek vormt een eigen compartiment, net als in concept 1. Dit compartiment kan extern zijn, maar ook intern, door middel van een holte in de vaste pilaar, zoals rechtsboven te zien is.

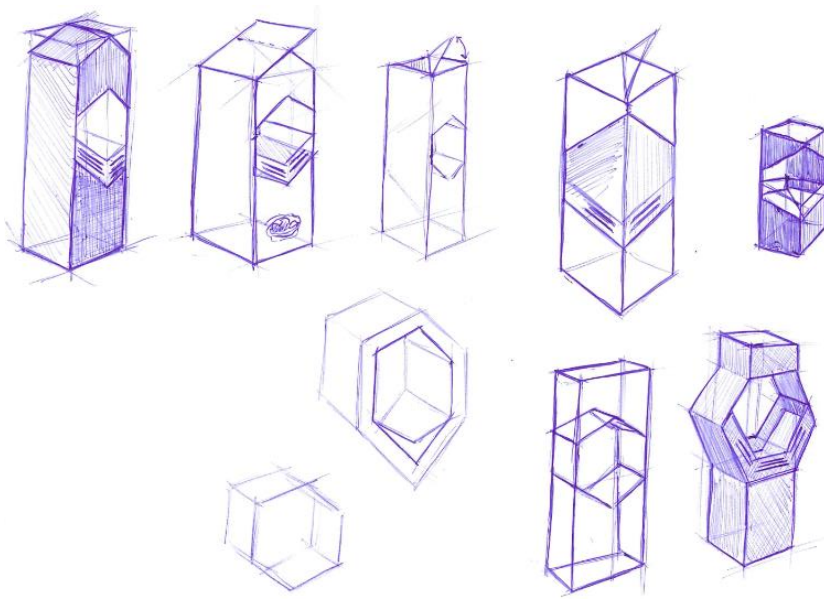
Er is in de overige schetsen gespeeld met de vorm van de pilaar en de zeshoek zelf. Het is een optie om de pilaar mee te laten lopen met de vorm van de zeshoek, bijvoorbeeld door middel van een puntige bovenkant. De zeshoeks-holte kan ook zo geplaatst worden dat het doorloopt in andere zijvlakken van de kachel. Deze toevoegingen geven de kachel een extra dimensie, waardoor het iets sprekender overkomt op de klant.

Op de renders in figuur 51 zijn twee uitgewerkte modellen te zien om te kijken hoe dit effect overkomt in een realistische situatie. Het linkermodel is een veelvoorkomend kachelmodel, het zal zeker slagen op de markt maar het komt te standaard over vergeleken met de voorgaande concepten.



Figuur 51. Uitgewerkte modellen





Figuur 52. Verbeterde vormen

een geoptimaliseerd model, waarbij het prullenbakeffect achterwege gelaten wordt. Dit proces is zichtbaar in afbeelding 52. Hierbij is het 'prullenbakidee' en het 'melkpakidee' omgezet in een ander type kachel met vergelijkbare kenmerken, maar zonder de negatieve aspecten.

De voorkeur gaat hier uit naar de twee modellen rechtsboven in de schets. Hierbij is de zeshoek als het ware geprojecteerd op een hoekpunt van de kachel. Dit geeft het voordeel dat het vuur vanuit een groter gebied zichtbaar is dan in het geval van een eenzijdige opening. Dit verhoogt het genot van het vuur, want het is nu beter te vergelijken met een soort halve vuurkorf. De vuurbak kan door deze aanpassing een stuk groter zijn dan bij voorgaande ideeschetsen.

Dit voordeel is in de render op afbeelding 53 duidelijk te zien. De vormgeving van de kachel maakt het mogelijk dat de kachel in hoeken te plaatsen is en tegelijkertijd voor iedereen toegankelijk blijft. Wanneer de vuurbak vanuit één zijde te zien zou zijn, kan men niet in een grote kring rondom het vuur zitten, maar zal men toch wat dichterbij die zijde verhuizen om meer van het vuur te kunnen zien. Dit

Het rechtermodel heeft al meer leven in zich, door het veelvuldig gebruik van de zeshoeksvorm. De kachel heeft een zeshoeksvorm van bovenaf en ook van voren is een zeshoek zichtbaar. De dynamiek is een stuk hoger in dit concept, maar het blijft door de strakke lijnen rust uitstralen. Een nadeel van dit tweede model is dat het nauwe verwantschap vertoont met een stadsprullenbak. De positieve punten van het model kunnen meegenomen worden naar



Figuur 53. Handig in een hoek te plaatsen model

probleem is weggenomen, want zelfs wanneer men naast de kachel zou zitten, kan het vuur goed bezichtigd worden.

De schoorsteen moet dit gebruiksgemak vergroten, doordat het een roteerbare deksel gaat worden. Het moet de klant de mogelijkheid bieden de rook in vier richtingen af te voeren. Afhankelijk van de windrichting, het type terras en de zitplek van de betreffende personen is het mogelijk de rook in de meest gunstige richting te sturen. De schoorsteen bevat kenmerken van de eerste twee ontworpen kachels. De schuine plaat is bevestigd aan twee kruislinkse hoekpunten, zodat de plaat precies onder een dertig graden hoek staat wanneer men vanuit de voorste hoek kijkt.

De vuurbak heeft veel weg van de vuurbak van de eerste kachel. De V-vorm past logischerwijs perfect in de zeshoekvormige opening. Een verschil tussen dit concept en het eerste concept is dat de diepte van de opening niet parallel loopt met de zijanten van de kachel, maar juist diagonaal van hoekpunt naar hoekpunt. De V-vorm geeft het hout een stabiele ligplaats, waarbij het vuur altijd centraal in de kachel zal branden.

De behuizing van de kachel zal mogelijkheden moeten bieden om de bak een stabiele steunplaats te geven. Het logo is een terugkerend detail bij de kachels en is bij dit model geplaatst aan de onderzijde van de zijkant. Hier valt het logo niet teveel op, maar wordt buiten de vorm om, duidelijk gemaakt dat het onderdeel van de kachellijn is.

Een bijkomend voordeel van deze kachel is de eenvoudige vorm. Het formaat van de kachel is dusdanig gunstig, dat er precies zes op de bodem van een gestandaardiseerde pallet passen. De bak zit al in de kachel dus hoeft niet opgeborgen te worden en de schoorsteen kan gemakkelijk in de kachel geschoven worden, zodat er een balk-vormige object overblijft zonder uitstekende delen.

In de 'Detailleringsfase' zal het model verder verduidelijkt worden op detailniveau. De bevestiging tussen de onderdelen, aanpassingen en de precieze vormgeving van de schoorsteen, de bak en de behuizing zullen in dit hoofdstuk gedefinieerd worden.



Figuur 54. Concept 4

Detailleringsfase

Na een breed en uitgebreid ontwerpproces zijn er vier verschillende concepten ontwikkeld en overgebleven, die elk hun eigen aandeel hebben in de buitenkachellijn. De hoofdvorm en de werking is per kachel bekend, maar dit is niet genoeg om de kachel leven in te kunnen blazen. In deze 'Detailleringsfase' worden alle punten behandeld die van belang zijn voor het produceren en succesvol gebruiken van de kachel.

De volgende onderdelen komen aan bod:

- Onderdelen en bevestiging
- Nestbaarheid
- Krachtenanalyses
- Warmtestroom
- Uitzetting
- Kostprijsberekening

Deze punten zullen per concept besproken worden aan de hand van afbeeldingen. Niet elk concept zal dezelfde analyses krijgen, omdat bepaalde resultaten voor meerdere modellen gelden. Deze kennis kan meegenomen worden, en met behulp van schattingen kan bepaald worden of dit betrouwbaar genoeg is voor de desbetreffende kachel.

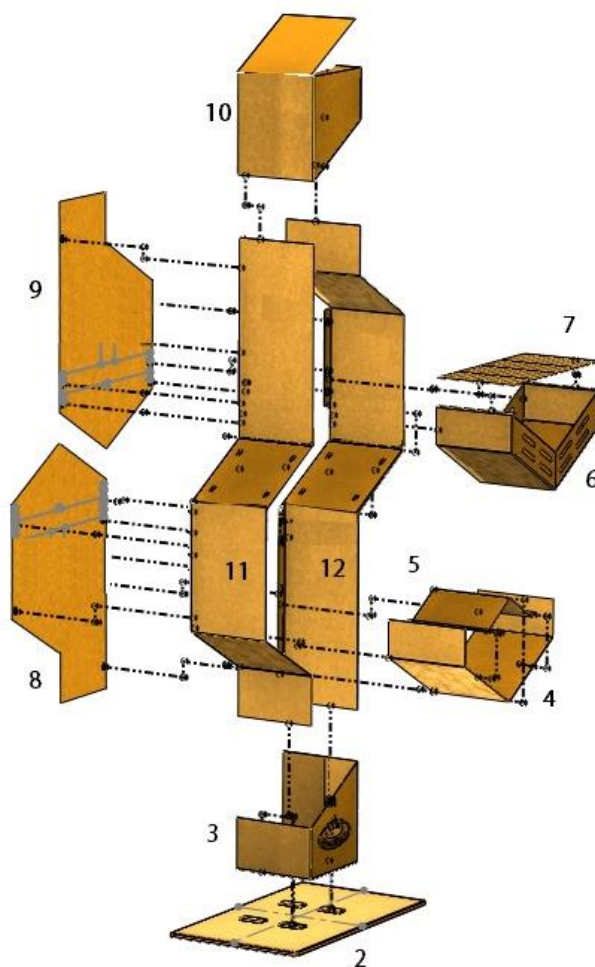
Onderdelen en bevestigingsmethoden

Nu het design van de concepten vaststaat, kan er nagedacht worden over de onderdelen van de producten. De hoofdvorm is bekend, maar het moet wel te fabriceren zijn. Wanneer het product in veel onderdelen verdeeld wordt, komt dit de maakbaarheid ten goede. De klant krijgt echter een bouw pakket voor de kiezen, waarbij de kans op fouten vergroot wordt. Het is dus zaak om een goede afweging te maken tussen, maakbaarheid en gebruiksgemak. Natuurlijk speelt het aantal onderdelen en de assemblagetechniek ook een grote rol bij de stevigheid van de kachel.

In het PvE is als eis meegenomen dat de kachel zonder schroeven en het liefst zonder lasnaden te assembleren is door de klant. Dit houdt in dat de kachel dus op- en afgebouwd moet kunnen worden, zonder dat dit veel prutswork is. De oplossing voor deze eis is vrij kort, namelijk dat de onderdelen door middel van hun vorm in elkaar moeten passen of op elkaar aansluiten, met als gevolg dat dit een stabiele verbinding vormt. Dit houdt tevens in dat voor de grotere kachels enkele onderdelen aan meerdere andere onderdelen verbonden gaat worden, wat het detailleringsproces weer bemoeilijkt.

Eerste Concept

1=Assembly

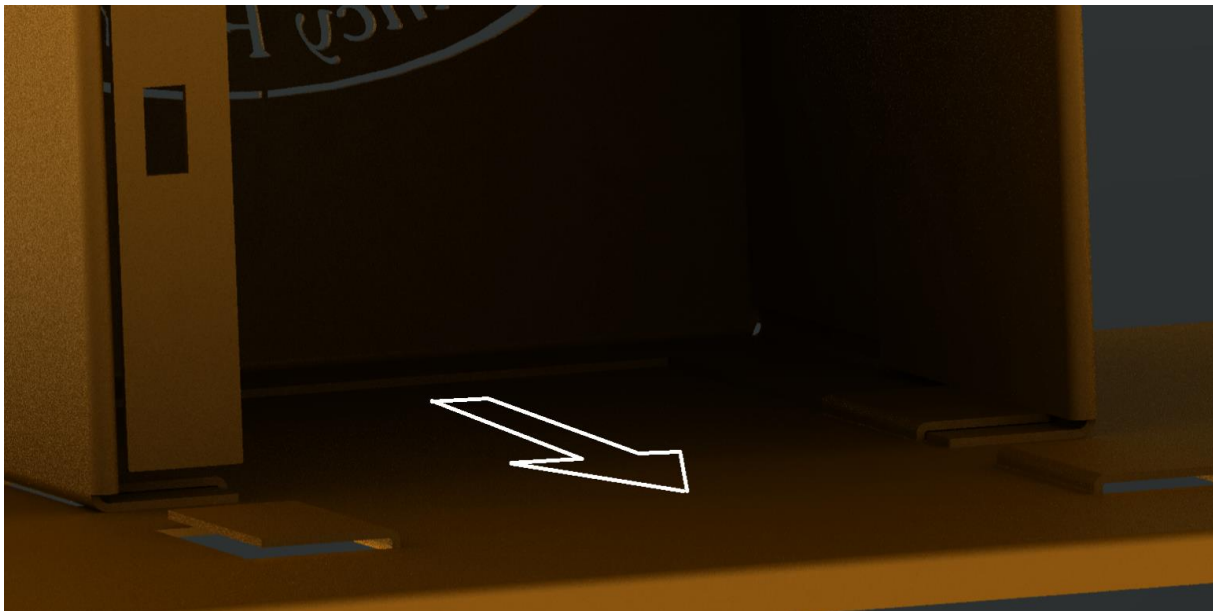


Het eerste concept is het grootste concept van de kachellijn. Hierdoor bestaat deze kachel uit de meeste onderdelen. Op de exploded view is de samenhang tussen de verschillende onderdelen te zien. De gehele samenstelling heeft 'nummer 1' gekregen, maar dit getal niet meegerekend bestaat de samenstelling uit elf onderdelen. Deze zijn zo vormgegeven dat ze grotendeels nestbaar zijn en op deze manier ruimte besparen. De onderdelen zullen besproken worden om zo helderheid te verschaffen over de gedachte achter het uiterlijk.

Het eerste onderdeel van de kachel is de onderplaat. Deze brede plaat houdt de kachel op zijn plek, ook wanneer het waait of er veel hout aan één kant zit. Centraal op de plaat bevinden zich vier opstaande flappen met de opening naar de buitenkant van de plaat. De afstand van de plaatjes tot de grote bodemplaat bedraagt iets meer dan 3 mm, zodat de standaard strak geplaatst kan worden en ook vast zal gaan zitten. Door de vier klemmen kan de standaard geen enkele kant op kantelen, alleen verschuiven van voor naar achter. Dit is echter vanwege het grote gewicht van de kachel iets wat niet automatisch zal gebeuren.

Figuur 55. Exploded view concept 1

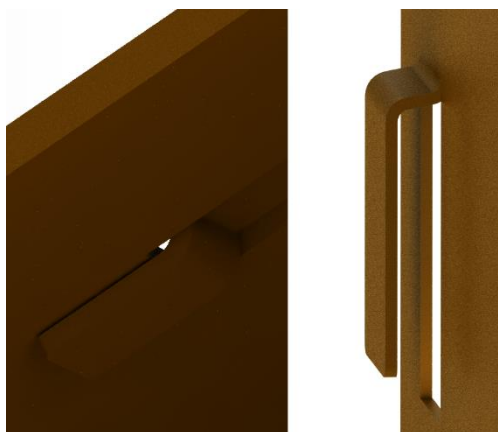
Het tweede onderdeel is tevens het belangrijkste onderdeel van de kachel, namelijk de standaard zelf. Deze houdt de zijplaten op de plek, zodat alle bakken stevig in de kachel geplaatst kunnen worden. De standaard wordt schuivend geplaatst op de onderplaat. Drie zijdes van de standaard zijn naar binnen gevouwen onder een haakse hoek. Op deze manier vormen ze samen een u-vormige schijf die zo onder de opstaande platen van de bodemplaat geschoven kunnen worden. De standaard wordt nu zo ver doorgeschoven tot het tegen de zijkanten van de opstaande randen komt, waardoor het precies in het midden van het midden zit. Het schuif- en klemmechanisme is zodanig vormgegeven, dat men van buitenaf niet kan zien hoe de standaard vastzit. Dit geeft het geheel een strakker uiterlijk, omdat er minder details zichtbaar zijn. In eerste instantie was het lastig om iets te verzinnen waardoor de standaard op een verborgen manier vastzit. Een lasnaad is een logische optie om een onderdeel vast te maken, zonder dat hier flappen of extra platen voor nodig zijn. In het PvE is echter vermeld dat de kachel zoveel mogelijk losneembaar moest zijn, zodat de klant de kachel ook uit elkaar kan halen als dit nodig is. Ook de nestbaarheid van de onderdelen staat hoog in het vaandel. Wanneer een dergelijke standaard vast zit aan een grote onderplaat, komt dit de ruimtebesparing absoluut niet ten goede, daarom is gekozen voor het schuifstelsel. Dit is in afbeelding 56 geïllustreerd. De pijl geeft de schuifrichting aan en alle metaalflappen zijn hier zichtbaar. In de bijlage zijn de ideeën geschetst die uiteindelijk tot dit ontwerp zijn ontwikkeld.



Figuur 56. Schuifmechanisme van het standaard

De zijkanten van de standaard zijn als het ware een dubbele laag. Aan de achterkant van de standaard zijn de zijkanten van de standaard volledig teruggevouwen, waardoor er per zijkant twee platen naast elkaar zitten, met een tussenruimte van iets meer dan 3 mm. Hierdoor is het mogelijk geworden om de hoge zijplaten van de kachel in de standaard te kunnen schuiven tot ze de onderplaat raken. Ze zitten nu stabiel in de standaard en kunnen geen kant op bewegen.

Voor het derde onderdeel wordt een sprong gemaakt naar de bovenkant van de kachel, namelijk de schoorsteen. De schoorsteen van de kachel komt qua vorm vrijwel exact overeen met de standaard, met uitzondering van de beschermende plaat aan de bovenzijde. Wederom zijn de zijkanten teruggevouwen, zodat een dubbele laag ontstaat. De schoorsteen wordt aan de bovenkant over de zijplaten van de kachel geschoven. Op deze manier kunnen de zijplaten aan de uiteindes niet meer heen en weer wiebelen en ontstaat een sterk en eenvoudig losneembaar frame.



Figuur 57. Lip omzetten

In de vorige stap zijn de zijplaten al aan bod gekomen, maar voor het gemak is de schoorsteen eerder uitgediept. De zijplaten geven de specifieke vorm aan de kachel, door middel van de zeshoekvormige knikken. De combinatie van deze twee platen vormen met hun knikken twee compartimenten, welke plaats bieden aan de onderbak, de aanmaakhoutplaat, de bovenbak en een eventuele grillplaat. Ook de achterplaten zitten bevestigd aan de zijplaten van de kachel. Dit is gedaan middels een haak-gat-combinatie. De verticale stukken van de zijplaten zijn aan de achterzijde haaks naar binnen gevouwen en voorzien van enkele vierhoekige smalle gaten. Deze omgevouwen smalle platen bevatten een uitsparing, zodat de zijkanten alsnog in de standaard en schoorsteen geschoven kunnen worden. De dubbelwandige zijkant van de standaard en de schoorsteen passen precies tussen de uitsparing. Ook dit staat geïllustreerd in de afbeelding. De achterplaten bevatten haken, oftewel 'lippen', welke precies in de gaten zullen vallen. Op deze manier kunnen de achterplaten als het ware opgehangen worden aan de zijplaten van de kachel. Een render van deze bevestigingshaken is te zien in afbeelding 57. Wederom zal van de buitenkant nauwelijks te zien zijn hoe deze onderdelen aan elkaar vastzitten. Het enige zichtbare is het gat dat overblijft ten gevolge van het buigen van het lipje, maar hier zal niemand zich aan storen. De kachel verliest nu niets van zijn strakke vormen en toch zitten de onderdelen op een stabiele manier vast aan elkaar.

Deze bevestigingsmethode is ook toegepast bij enkele andere modellen van Esschert, zoals te zien is in de afbeelding 58. Met name bij de vierkante vuurkorven met vlakke en nestbare onderdelen is dit



Figuur 58. Vergelijkbaar systeem

een handig mechanisme, omdat het simpel uit elkaar gehaald én in elkaar gezet kan worden.

De keuze voor 'lip omzetten' als verbindingsmethode is tot stand gekomen door inspiratie van andere kachels uit het assortiment én na een onderzoek naar verbindingstechnieken ter verbreding van de kennis over deze technieken. 'Design for assembly' is een uitspraak die centraal staat bij het ontwerpen van de kachellijn. Dit houdt in dat door een slim ontwerp, veel assemblagetijd bespaard kan worden. Dit bespaart kosten en houdt de doorlooptijd van producten zo kort mogelijk. Aangezien de kachels de mogelijkheid moeten hebben om uit elkaar gehaald te worden, zal de verbinding losneembaar moeten zijn.

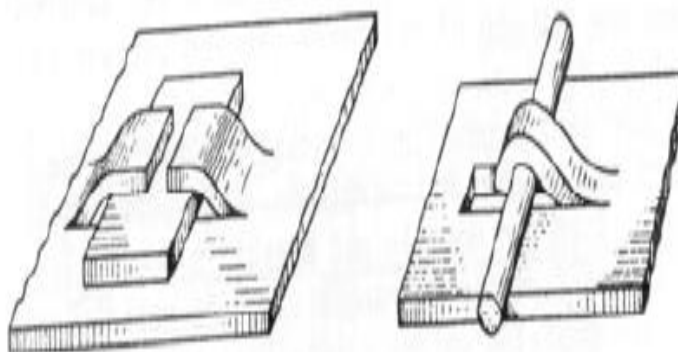
Zoals te zien is in figuur 59 zijn er meerdere mogelijkheden voor het kiezen van de juiste

Verbindingstechniek	Losneembaar	
	(1x)	(herhaaldelijk)
Drukvoegen	Nee	Nee
Ponsklinken	Nee	Nee
Klinken	Nee	Nee
Blindklinken	Nee	Nee
Klinkbouten	Nee	Nee
Tappen	Ja	Ja
Zelftappende schroeven	Ja	Ja
Zelfborende en tappende schroeven	Ja	Ja
Lasmoeren	Ja	Ja
Felsmoeren	Ja	Ja
Inperschroefdraad	Ja	Ja
Inpers-felsschroefdraad	Ja	Ja
Zelfponsende moeren	Ja	Ja
Blindklinkschroefdraad	Ja	Ja
Plaatmoeren / clips	Ja	Ja
Kooimoeren	Ja	Ja
Vloeiboren	Ja	Nee
Bout-moer	Ja	Ja
Klikken	Ja	Ja
Lip omzetten	Ja	Nee
Felsen	Nee	Nee

Figuur 59. Losneembaarheid van verbindingstechnieken

verbindingstechniek. Alle technieken die niet losneembaar zijn vallen direct af en alle technieken die overblijven en schroeven, bouten, moeren of lasnaden bevatten zijn ook uitgesloten bij deze kachels. Klikken en lip omzetten zijn een van de weinige technieken die overblijven. Klikken lijkt vanwege de mogelijkheid op herhaaldelijke losneembaarheid de meest ideale keuze, maar dit is zoals eerder beschreven niet gekozen als verbindingsmethode. Vanwege de eenvoud van de onderdelen zal een kliksysteem te gedetailleerd en complex zijn voor de vlakke 1mm dikke stalen platen. Ondanks het risico op vermoeiing door de grote vervorming, is er gekozen voor lip omzetten, want de productie van de benodigde vormen en openingen is eenvoudig en snel en de werking is zeer effectief. Hier komt bij dat het staal op de plek van de lipjes relatief onbelast blijft en de kachel zal niet wekelijks afgebroken worden, maar langere tijd staan.

Op afbeelding 60 is de grote vervorming van de lipjes te zien. Deze vervorming in combinatie met hefboomeffecten vergroten de kans op vermoeiing. Wanneer het gebruik van de lipjes beperkt is tot een aantal keer per jaar, gaat dit geen problemen geven. Anderzijds is het gemak tijdens het verbinden zeer groot, omdat de vorm open en onbelemmerd is. De onderdelen kunnen er namelijk eenvoudig ingeschoven of uitgehaald worden.



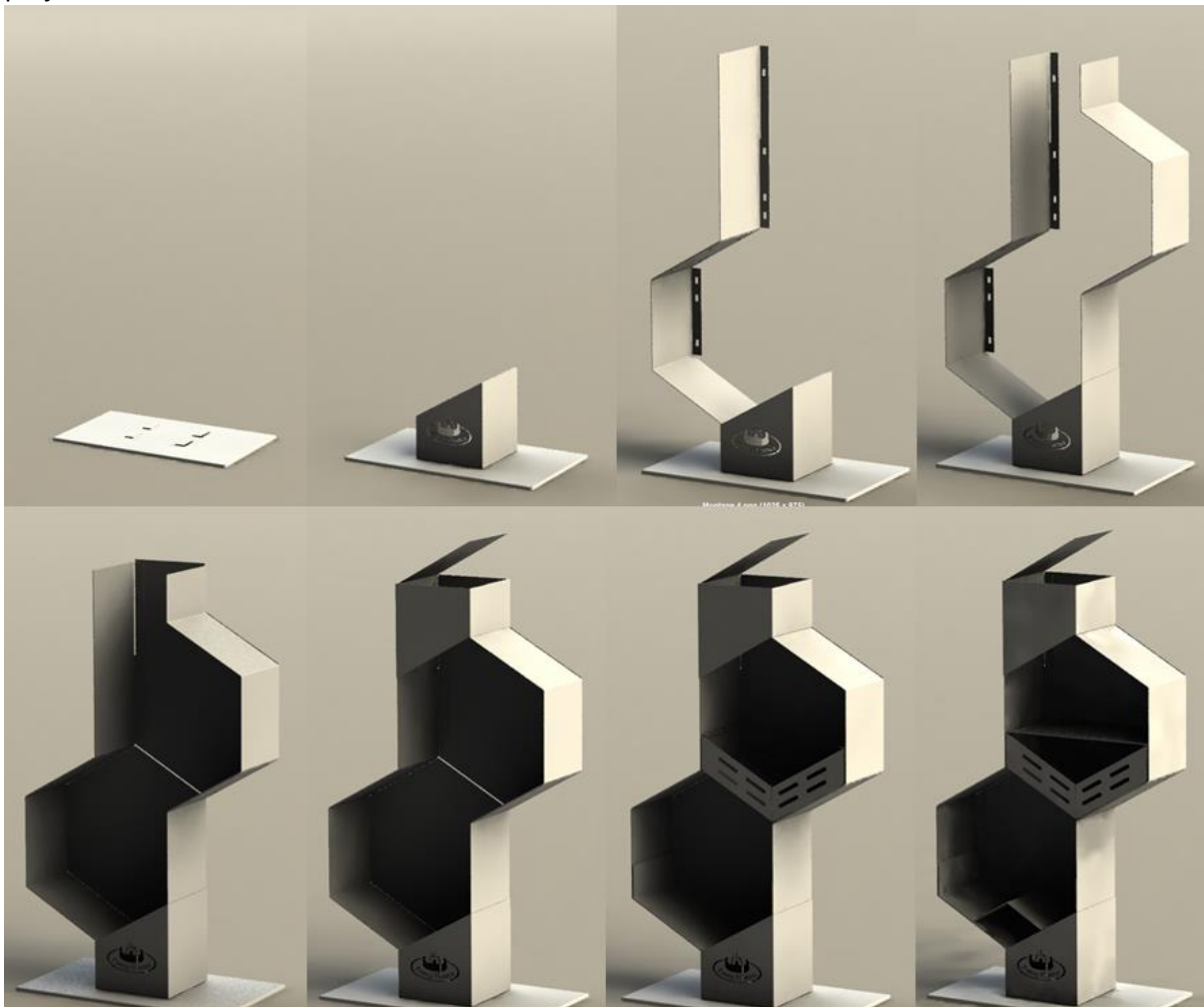
Figuur 60. Vervorming bij lip omzetten

Bij de keuze van deze bevestigingsmethode zijn natuurlijk zeer veel andere methoden afgefallen. De gestelde eisen in het PvE bepalen grotendeels de keuzes die hier gemaakt zijn. Voorbeelden van andere methoden zijn bijvoorbeeld lassen, solderen, lijmen en mechanische methodes als klinken, schroefverbindingen, felsen en alles wat hier onder valt. Een uitgebreide beschrijving en achtergrondinformatie over deze verbindingstechnieken is te vinden in de bijlage ^{viii}

De achterkant van de kachel bestaat uit twee exact even grote delen, welke precies in het midden denkbeeldig doorgesneden zijn in de vorm van een zeshoek. Door de draai-symmetrische vorm van de kachel zal de onderste achterkant ook gebruikt kunnen worden aan de bovenste helft en andersom. Het verschil tussen beide achterplaten is echter de schuifrichting. De haakjes staan bij de ene achterplaat richting het smalle uiteinde en bij de andere achterplaat richting het brede uiteinde. Dit is natuurlijk gedaan om beide achterplaten met een neerwaartse beweging vast te kunnen schuiven, terwijl ze ten opzichte van elkaar precies tegenovergesteld geplaatst zijn. De achterplaten dienen de kachel aan de achterzijde geheel af te sluiten. Ter hoogte van de standaard en de schoorsteen is een kleine uitsparing gemaakt zodat dit de dubbelwandige zijkanten nauw kan omsluiten. Vanwege de niet-dragende maar uitsluitend afsluitende functie is gekozen voor 1mm dik staal. Dit bespaart overbodige kosten en scheelt gewicht bij het transport.

De overige onderdelen kunnen met behulp van overeenkomstige vormen in de kachel geschoven worden en blijven op deze manier meteen stabiel zitten. De onderbak bijvoorbeeld wordt gevormd door een metaalplaat met drie knikken, overeenkomstig met de onderste drie knikken van de zeshoek. Deze plaat wordt in het onderste compartiment geschoven en voorkomt nu dat hout in de standaard terecht kan komen. Deze plaat dient zover in de kachel geschoven te worden totdat het tegen de omgevouwen delen van de zijplaten komt. Op deze onderplaat kan een aanmaakhoutplaat gezet worden. Deze plaat bevat tegenovergestelde vouwen en vormt zo een ruitvormig compartiment

voor de kleine stukken hout. De bovenbak is eerder al besproken in de 'Conceptfase', en heeft een v-vorm. Deze bak schuift precies in de kachel, doordat de vorm exact overeenkomt met de contouren van de zijplaten van de kachel. Het truc achter het klemmen is ook besproken in de 'Conceptfase'. Hier wordt nu dan ook geen aandacht aan besteedt. In het PvE werd als wens vermeld dat er een mogelijkheid tot grillen moet zijn. De bovenbak is zodanig vormgegeven dat de smalle zijkanten een extra knik bevatten. De grillplaat kan simpelweg in de kachel geschoven worden en steunen op deze omgeslagen randen. De grill zit nu mooi boven het vuur en men heeft ruimte genoeg om hout toe te voegen aan de vuurbak of de kolen te verdelen. Het onderste compartiment kan volgestapeld worden met hout, al dient men rekening te houden met een hete vuurbak. Voor het gebruiksgemak is het handiger het hout niet tot de nok aan toe te stapelen, maar een kleine ruimte over te houden. Dit zal op de doos of in een handleiding duidelijk gemaakt worden aan de klant, maar dit valt buiten het project.

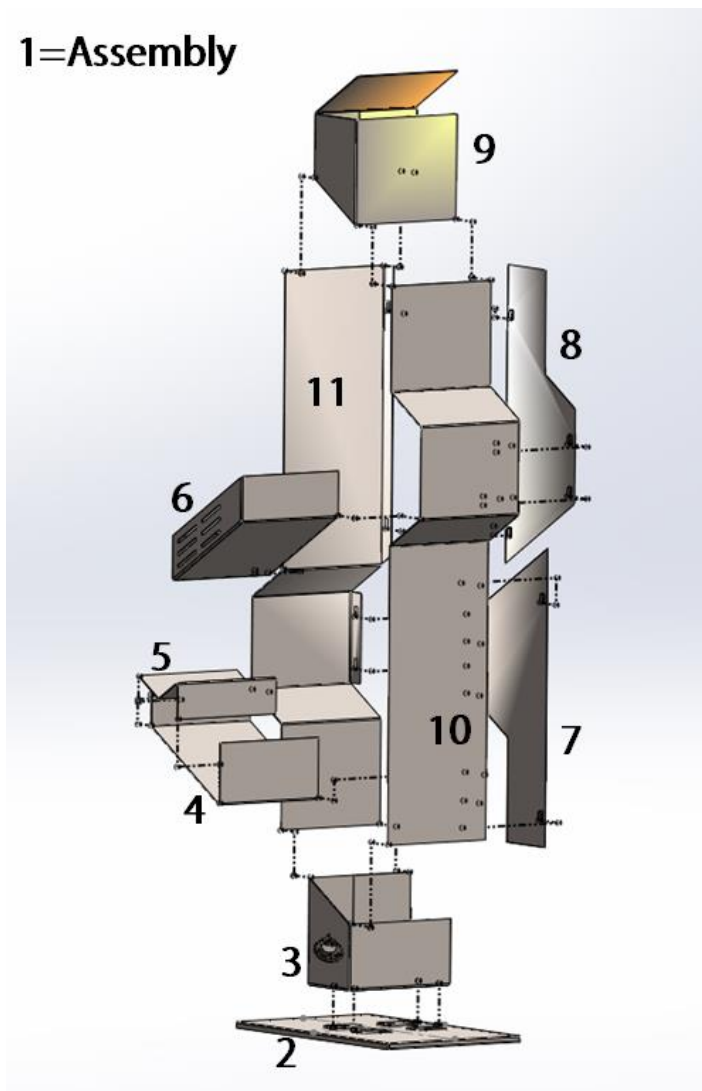


Figuur 61. Assemblage stappenplan

Op afbeelding 61 is een stappenplan te zien van de assemblage van de kachel. De onderdelen zijn allen in het voorgaande besproken, dus vraagt dit niet om verdere uitleg. De handigste manier om de kachel op te bouwen is beginnen met het plaatsen van de onderplaat op een geschikte plek. Nadat de standaard erop geschoven is kunnen de zijplaten in de standaard geschoven worden. Voor stevigheid en afscherming van de wind worden de twee achterplaten aan de zijkanten 'gehangen'. De schoorsteen geeft uiteindelijk de meeste stabiliteit aan de zijplaten en kan simpelweg geplaatst worden door het over de zijplaten te schuiven. Vervolgens kan de onderplaat, de aanmaakhoutplaat, de vuurbak en de grillplaat geplaatst worden.

Tweede Concept

1=Assembly



Figuur 62. Exploded view concept 2

Het volgende concept vertoont uiterlijke verschillen met de eerste kachel. Het model is een stuk slanker en oogt strakker en eleganter. Desondanks komt het qua onderdelen zeer veel overeen met het eerste concept. In de exploded view is de onderlinge samenhang te zien tussen de onderdelen.

Dit model heeft weinig uitleg nodig, want de voorgaande informatie kan letterlijk toegepast worden op dit concept. De enige verschillen tussen het eerste concept en dit concept zijn enkele vormen. De zijplaten bevatten kleinere compartimenten en ze zijn verplaatst in hoogte. Het gevolg hier van is dat de bakken en de platen die in de compartimenten geschoven moeten worden, een andere vorm krijgen. Ook de achterkanten hebben een iets andere vorm, maar zijn op vergelijkbare wijze verdeeld in twee stuks. De haken en openingen zijn voor de rest allemaal identiek aan die van het eerste concept.

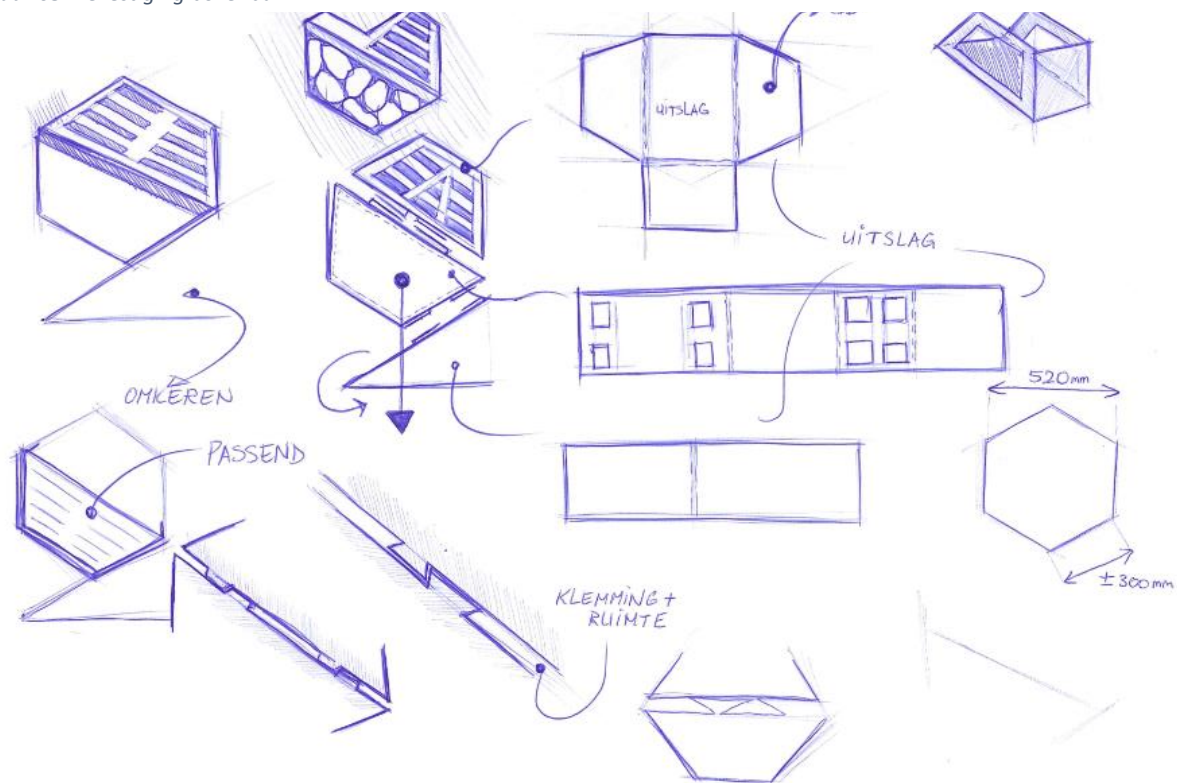
De grillplaat is het enige dat niet aanwezig is in dit concept, want de vorm van de bak bemoeilijkt het grillen en het stabiel houden van de grillplaat.

Derde Concept

Het derde concept is in de conceptfase zodanig ontwikkeld, dat de vorm geheel vaststaat. Er zijn enkele aanpassingen gedaan aan de vuurbak, zodat deze meer zekerheid kan bieden voor een 'stabiel' vuur, zonder het gevaar dat er delen uitvallen. De bak geeft de kachel in meerdere mate een zeshoeks-uitstraling dan in de oorspronkelijke versie het geval was. De uitstraling van de bak zal vrijwel hetzelfde blijven, maar er dient natuurlijk een bevestigingsmethode uitgezocht te worden om de bak op de houtopslag te krijgen.

Doordat de houtopslag relatief klein is, vooral vergeleken met het eerder besproken eerste concept, zal het hout toch effectief opgeslagen moeten worden, zonder al te veel last te hebben van de vuurbak. Om deze reden dient er een dubbele laag te komen tussen de vuurbak en de opslagbak zelf. Tegelijkertijd moet de bevestiging geïntegreerd zijn in dit deel van de kachel. Doordat er het liefst geen (en als het echt niet anders kan zo min mogelijk) lasnaden gebruikt worden, vergt dit enig speurwerk naar de geschikte oplossing voor de genoemde uitdaging.

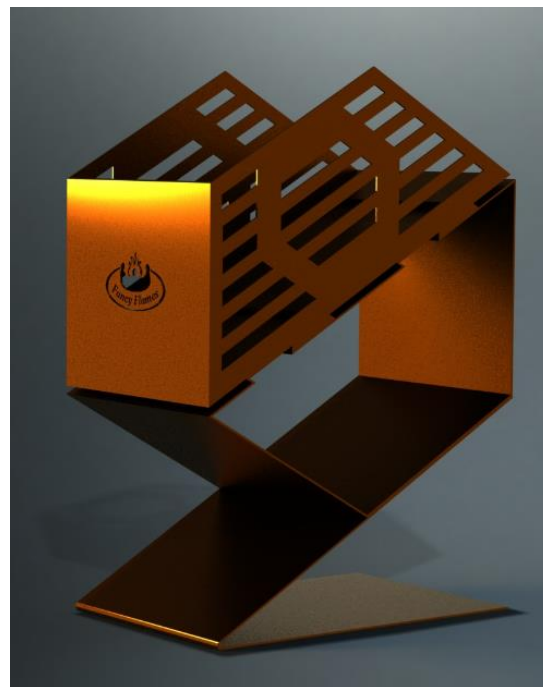
Figuur 63. Bevestiging bovenbak



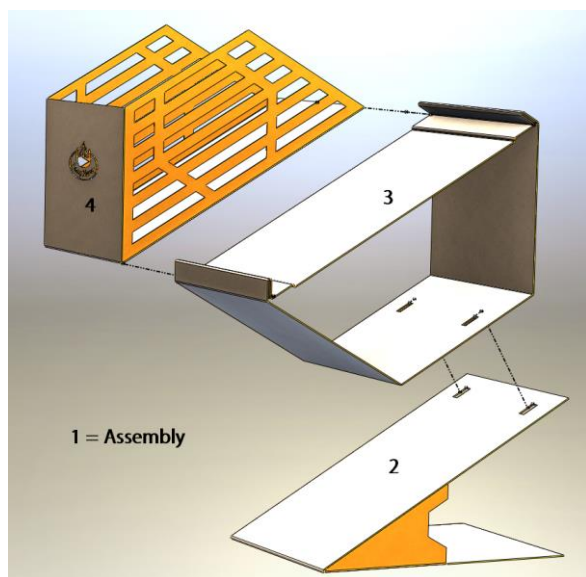
In bovenstaande afbeelding zijn schetsen te zien ter ontwikkeling van bevestiging van de bovenbak aan de houtopslag. De bak moet bevestigd worden en tegelijkertijd een ruimte creëren tussen zichzelf en de opslagruimte. Er zijn meerdere manieren te zien waarop de bak bevestigd kan worden. In het midden zijn enkele haakjes getekend die langs elkaar geschoven kunnen worden, waardoor de bak zichzelf als het ware klem kantelt. Deze methode is echter niet geschikt, omdat dit zou betekenen dat op de plak waar de lip uitgehaald wordt, een gat wordt gevormd. Nu zal de as en het hout door de bak kunnen vallen. Bovendien ziet het er niet strak uit. Een andere oplossing is een gevouwen

zigzagpatroon in zowel de bovenbak als de houtopslag. De zigzaggen schuiven zijwaarts in elkaar en klemmen elkaar door middel van de vorm nu vast. Dit principe is uitgewerkt in de 'Conceptfase' en is nogmaals te zien in afbeelding 64. Er ontstaat nu tevens een onderbroken dubbele laag, zodat het hout op een geringe afstand van de hete bak blijft liggen. Dit is echter zeer moeilijk te maken uit plaatmateriaal, in het geval men zich zoveel mogelijk wil beperken tot buigen in plaats van lassen. Dit geeft onnodig veel laswerk en het maakt het geheel minder strak door de onderbroken lijnen. Een positief punt aan deze vorm is dat de bak wanneer deze omgedraaid wordt, precies past in de houtopslag en tegelijkertijd stabiel vastgeklemd wordt door dezelfde zigzagvormen.

Ondanks de positieve punten kan dit deel zeker verbeterd worden. De aanpassingen zullen nu getoond worden.



Figuur 64. Zigzagpatroon



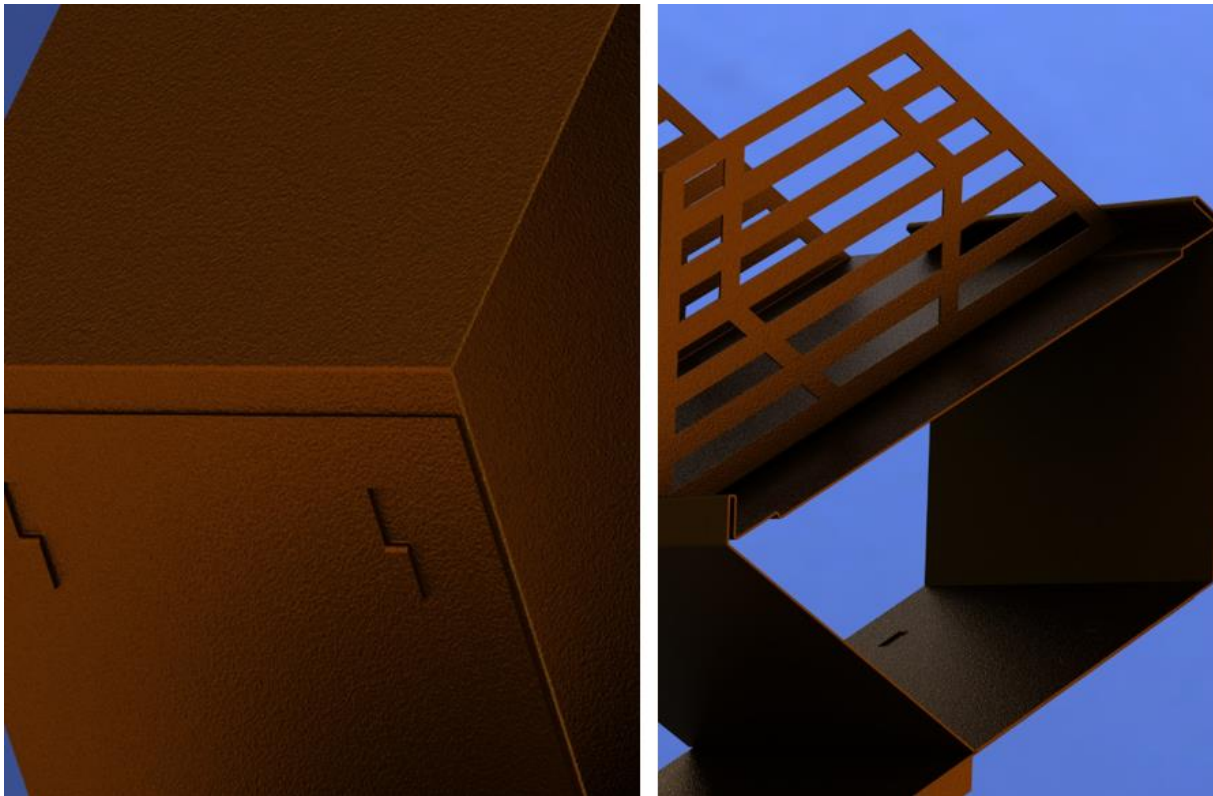
Figuur 65. Exploded view

De exploded view laat zien dat de kachel uit drie onderdelen bestaat. De standaard, de opslagbak en de vuurbak. De oplossing voor het verbingsprobleem is vrij simpel en wordt gevormd door enkel gebruik te maken van een aantal strak gevouwen 'levels' aan de bovenzijde van de opslagbak. De uiteindes van de bovenzijde staan een aantal centimeters omhoog en nemen de vorm van de zeshoek aan. Ze lopen als het ware naar elkaar toe, waardoor de vuurbak nooit uit de houder getild kan worden. Doordat de bak onder een hoek hangt, zal de zwaartekracht ervoor zorgen dat deze zich vastklemt tussen de opstaande randen. Dit is een simpele oplossing waarbij het gebruiksgemak tegelijkertijd optimaal blijft. Aan de bovenzijde van de opslagbak is tevens een verdieping gecreëerd door middel van

twee extra knikken in het metaal. Dit zorgt ervoor dat de onderplaat van de vuurbak en de bovenplaat van de opslagbak grotendeels gescheiden zijn door een tussenruimte van een halve centimeter. Dit zal de overdracht van warmte op het hout flink doen verminderen, waardoor de klant veiliger hout kan pakken.

Nu de bovenbak aan de houtopslag vastzit, dient dit alles nog stabiel te kunnen staan, zodat de kachel af is. Hier is de zigzagvormige standaard voor ontwikkeld. De onderzijde van de opslagbak en de schuine plaat van de standaard zullen elkaar overlappen en een verbinding aangaan. Deze verbinding bestaat net als het eerste en tweede concept uit omgezette lippen en gaten. Een impressie van het schuifproces, de opstaande randen en de lipjes is te zien in afbeelding 66.

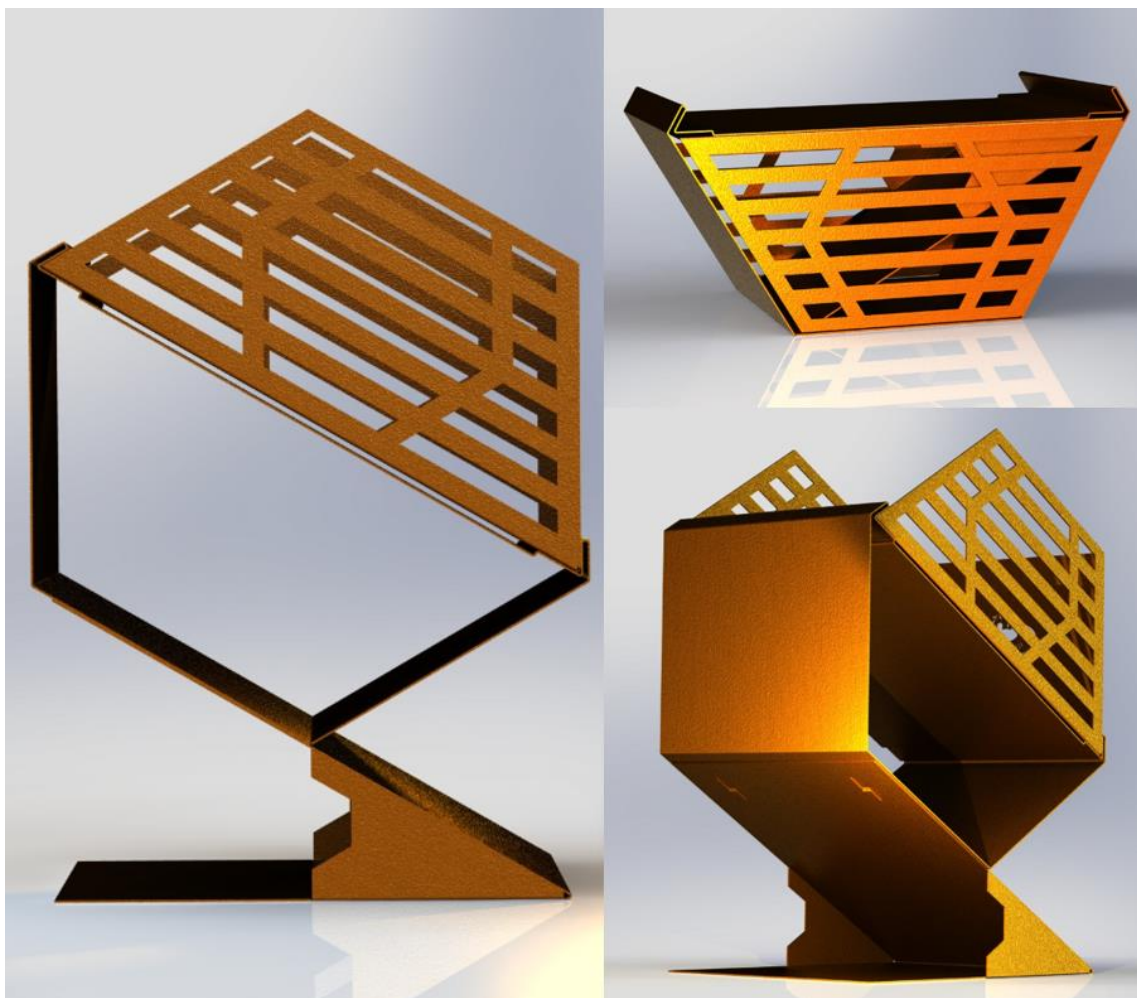
De lipjes zitten aan het eind van de schuine plaat van de standaard, zodat de stabiliteit van de zeshoek verhoogd wordt. Het grootste gedeelte van de zeshoek, en dus het meeste gewicht, bevindt zich lager dan de lipjes. Hierdoor treedt een roterende werking naar beneden op welke de lipjes strak in de gaten trekt. Op deze manier vangen de lipjes enerzijds, en de schuine plaat van de standaard anderzijds, het gewicht van de zeshoek op. Om deze reden is ervoor gekozen om de hoek van de standaard aan de logokant van de kachel te plaatsen, in plaats van aan de achterkant van de kachel. De afstand van het zwaartepunt tot de hoek van de standaard is nu kleiner, wat tot gevolg heeft dat er moment aanwezig is, waardoor de kachel minder snel en hard zal wiebelen, zodat het geheel stabiel wordt.



Figuur 66. Impressie van de haakjes, de opstaande randen en het schuifstelsel

De standaard is iets smaller gemaakt dan de opslagbak en de vuurbak. Op deze manier past de standaard namelijk in de vuurbak en kan de vuurbak in de opslagbak geschoven worden. Nu is alles compact en klaar om opgeborgen te worden. De standaard bevat een soort zijflappen ter versteviging van de z-vorm. Deze zijstukken zijn voor zien van een detail dat bij het design van de kachel past. In de paragraaf 'krachtenanalyses' zal duidelijk worden hoe deze toevoeging tot stand is gekomen. De drie onderdelen worden allen uit plaatmateriaal gesneden en gevouwen. Alle gleuven die na het vouwen overblijven, worden gelast. Dit zijn dus enkel eenvoudige lineaire lasnaden. Hier is voor gekozen, om niet te veel onderdelen over te houden. Het is dus in dit geval om versimpelingsredenen nodig geweest om iets af te wijken van het PvE, maar in ruil voor deze keuze zijn de onderdelen een stuk sterker geworden.

In figuur 67 is te zien hoe de kachel er na het opbergen uitziet. Alles past in elkaar en het kost vrijwel geen moeite. Het zijaanzicht laat goed zien hoe de knikken in de bovenzijde van de houtopslag in samenwerking met de vuurbak een gleuf veroorzaken. Het hout wordt op deze manier gescheiden van de vuurbak. Verder is de achterzijde van de kachel afgebeeld, zodat nog duidelijker te zien is hoe de kachel in elkaar steekt.



Figuur 67. Concept 3

Vierde Concept

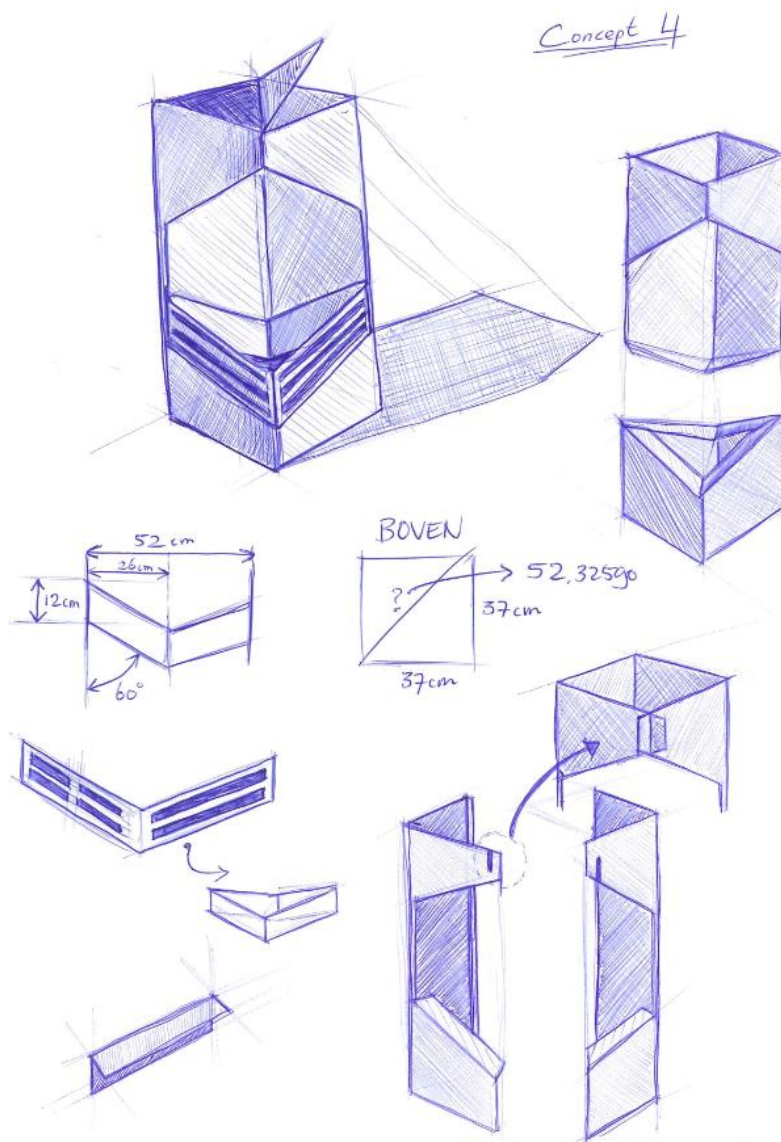
Het vierde concept is de meest eenvoudige van de kachellijn. Dit komt door het balkvormige standaard uiterlijk van de kachel. Het concept is uitvoerig beschreven in de 'Conceptfase' en is vrij eenvoudig wat betreft het aantal onderdelen. De vormen van de onderdelen zijn globaal verklaard,

dus zal het hier beperkt blijven tot de fabricage en de manier van bevestigen.

Op figuur 68 zijn schetsen te zien waarop de totstandkoming van het 'omhulsel' verduidelijkt wordt. Er zijn mogelijkheden om de grote basis van de kachel uit twee delen te laten bestaan. Het kan horizontaal verdeeld worden, maar ook verticaal.

Wanneer de kachel horizontaal verdeeld wordt, zal het nestbaar gemaakt kunnen worden door een van de twee helften in elkaar te laten passen. Voor een strakke kachel is dit echter niet de beste oplossing, aangezien er een duidelijke versmalling of verbreding te zien zal zijn.

Een verticale verdeling biedt meer mogelijkheden wat betreft assemblage en nesting. Er is echter gekozen voor een basis dat uit één deel bestaat. Dit houdt in dat de uitslag van de basis uit één grote plaat bestaat en dat het drie keer



Figuur 68. Totstandkoming van het 'omhulsel'

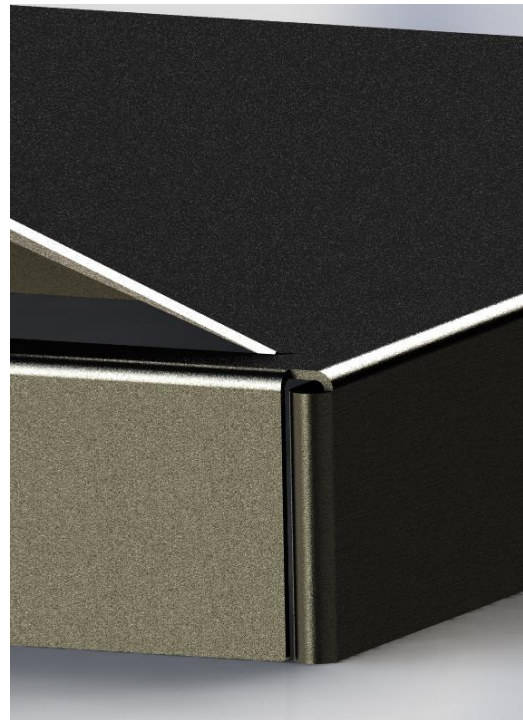
gevouwen gaat worden, zodat de vierhoeksvorm ontstaat. De uiteindes worden vervolgens aan elkaar gelast met een verticale las. De afmetingen zijn ideaal voor transport, en aangezien de eindverantwoordelijke waarde hecht aan complete producten, dus geen bouwpakketten, is het een verstandigere keuze om het product op deze manier te verdelen in grote en complete onderdelen. Voor de stevigheid is het een voordeel dat de kachel uit een geheel bestaat. Weliswaar dienden er aan de openingskant twee smalle stroken aanwezig te blijven ter stevigheid, zodat de bovenkant minder snel zal doorbuigen naar voren.

De vuurbak van de kachel heeft dezelfde v-vorm als de vuurbak van het eerste concept. De bak was in eerste instantie vierkant van vorm wanneer men deze van bovenaf zou bekijken. Dit is later aangepast tot een vierkant met twee afgeplatte tegenoverliggende hoeken. Op deze manier kan de bak het grote en passende formaat houden en tegelijkertijd zonder weerstand in de kachel geschoven

worden. De hoeken werden namelijk belemmerd door de overgebleven stroken aan weerskanten van het zeshoekvormige gat.

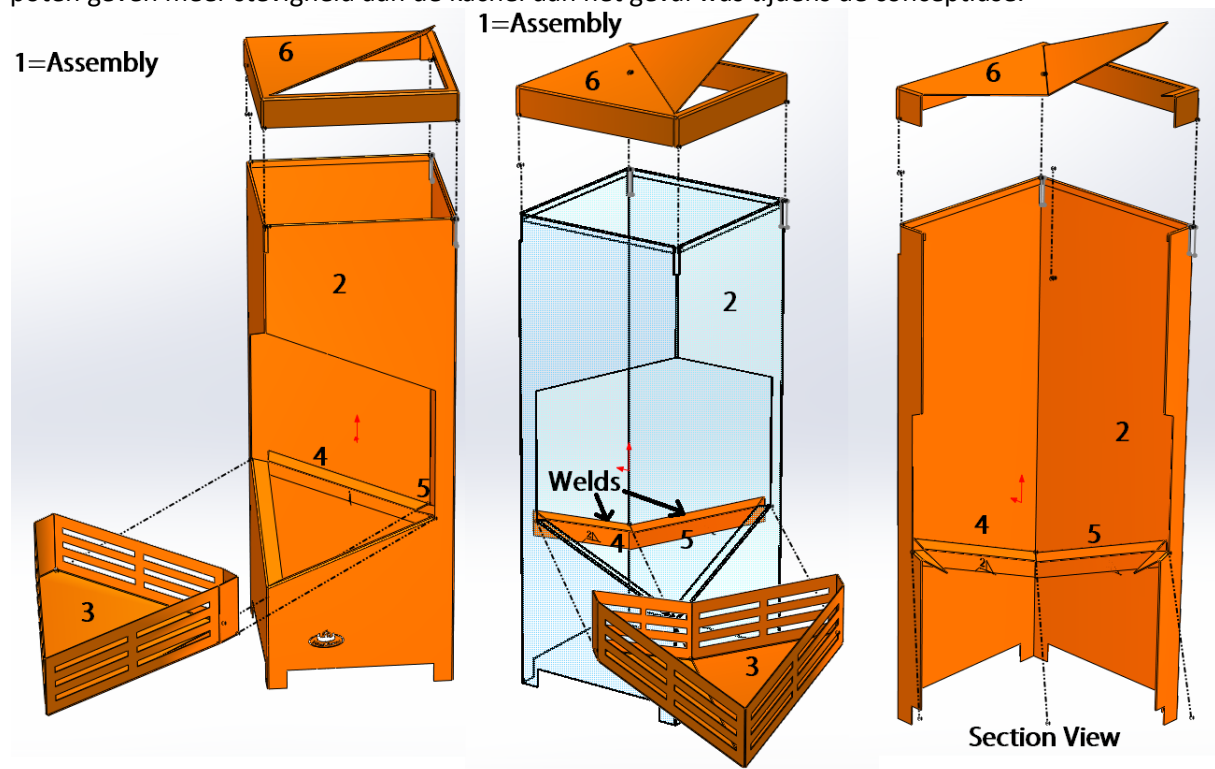
De schoorsteen van de kachel kan op het frame geplaatst worden, door het over de vier zijdes te schuiven. Deze schoorsteen kan met de luchtuitlaat in vier richtingen geplaatst worden. Het schuifmechanisme past altijd. Op figuur 69 is een close-up te zien van een hoekpunt van de schoorsteen. Op vier plaatsen is de zijkant teruggevouwen, ongeveer volgens hetzelfde principe als de schoorstenen van het eerste en tweede concept. Dit schuift over de verstevigde zijdes van het frame heen. Tegelijkertijd schermen de zijflappen van de schoorsteen alle kieren af, zodat men zich niet of minimaal zal storen aan de vouwlijnen en kieren.

In onderstaande afbeelding is een exploded-view te zien van de vierde kachel. Het middelste plaatje bevat een doorzichtig frame en de rechter kachel is half doorgesneden, zodat een beter beeld verkregen kan worden over de verbondenheid tussen de onderdelen.



Figuur 69. Close-up van de schoorsteen

De vuurbak steunt op de vier gebogen profielen, zodat het op vier punten ondersteund is. De voorste flappen zijn onderdeel van het frame zelf, en zijn gevormd door ze naar binnen toe te buigen. De andere twee profielen dienen aan de binnenkant gelast te worden. De kachel bestaat nu dus uit vijf onderdelen. Ook de poten zitten aan het frame vast, zodat hier op onderdelen bespaard wordt. Deze poten geven meer stevigheid aan de kachel dan het geval was tijdens de conceptfase.



Figuur 70. Assemblage concept 4

Op figuur 71 is de complete kachellijn afgebeeld. Alle kachels met houtopslag zijn voorzien van brandhout, voor een reëel beeld. Tevens is elke brandbak voorzien van vuur, zodat de impressie optimaal is. Het eerste concept is echter voorzien van kolen en eten op de grill, omdat dit een van de luxe wensen is dat bij dit concept hoort.



Figuur 71. De complete buitenkachellijn

Krachtanalyses

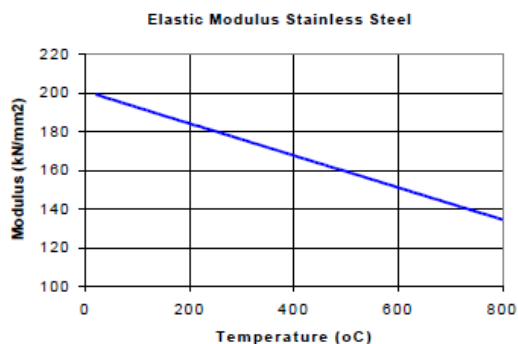
Wanneer onderdelen van de kachels ontworpen worden, wordt in het begin vaak gelet op de vorm en het uiterlijk. Bepaalde onderdelen zullen echter goed getest moeten worden voordat ze zomaar aan de lopende band geproduceerd worden. De kachels moeten stevig blijven staan en de onderdelen moeten beperkt zijn in het doorbuigen, want het mag bijvoorbeeld niet gebeuren dat de plaat waar het hout op rust het gaat begeven. Er zijn analyses uitgevoerd bij de onderdelen waarbij dit van belang wordt geacht. Hierbij is gekeken naar de:

- Uitrekking
- spanning
- verplaatsing

In veel gevallen zijn de onderdelen sterk vereenvoudigd om ze makkelijker te kunnen testen. De analyses in SolidWorks worden bemoeilijkt als er 'sheet-metal' bestanden gebruikt worden. Vanwege de vele bochten, kiertjes, gaten en andere details duren de analyses tien keer langer en in enkele gevallen traden foutmeldingen op. Dit is echter op een eenvoudige manier opgelost door de kachel niet in zijn geheel te testen, maar per onderdeel. De grote onderdelen zijn in vorm sterk vereenvoudigd, zodat plekken die overbodig zijn weggelaten worden. Natuurlijk moeten de aangepaste onderdelen wel grote overeenkomst vertonen met de werkelijke onderdelen, anders zou de test onbetrouwbaar zijn.

Property	Type of stainless steel			
	Martensitic *	Ferritic	Austenitic	Ferritic-austenitic
Density (g/cm ³)	7.6-7.7	7.6-7.8	7.9-8.2	.8
Young's modulus (N/mm ²) or (MPa)	220,000	220,000	195,000	200,000
Thermal expansion (x 10 ⁻⁶ /°C) 200-600°C	12-13	12-13	17-19	13
Thermal conductivity (W/m°C) 20°C	22-24	20-23	12-15	20
Heat capacity (J/kg°C) 20°C	460	460	440	400
Resistivity (nΩm) 20°C	600	600-750	850	700-850
Ferromagnetism	Yes	Yes	No	Yes

* in the hardened and tempered condition



Figuur 72. Materiaalinformatie

Allereerst is enige achtergrondkennis van belang, om op een slimme manier analyses te kunnen uitvoeren. Cor-Tenstaal heeft vergelijkbare mechanische eigenschappen met S355-staal^{ix}. Om deze reden zijn de analyses in SolidWorks uitgevoerd met 'Stainless Steel AISI-304'. Dit materiaal kwam voor in de database van het programma en wordt daarom logischerwijs gebruikt bij de krachtanalyses om zo betrouwbare informatie te verkrijgen.

In de tabel en de grafiek op de afbeelding 72^x zijn enkele eigenschappen van RVS te vinden. Ondanks de verschillende soorten kan een gemiddelde waarde genomen worden. In het achterhoofd moet onthouden worden dat Cor-Tenstaal vergelijkbare waarden heeft en in veel gevallen is het materiaal zelfs geschikter dan RVS voor het toepassen in kachels.

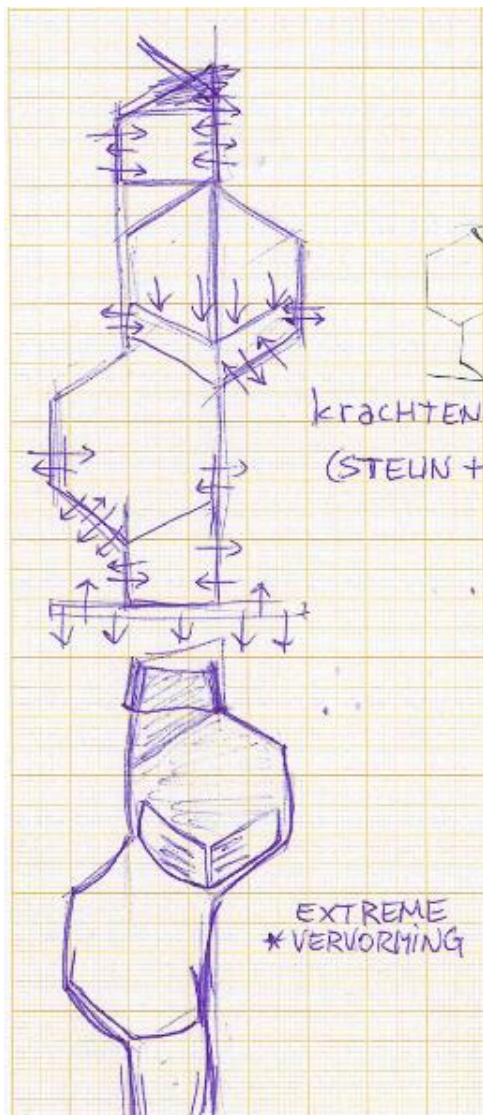
In de grafiek is te zien dat de elasticiteitsmodulus bij een

temperatuurstijging van 800 °C, ongeveer van 200 naar 130 is gedaald. Dit houdt in dat het materiaal ongeveer 35% minder goed bestand is tegen spanningen ten gevolge van externe druk.

In de analyses is elk onderdeel getest alsof het rond de 600 à 700 °C is. Wanneer het staal verhit is en het blijkt sterk genoeg te zijn, kan men aannemen dat het op kamertemperatuur sowieso sterk genoeg is. Dergelijke analyses kunnen op meerdere manieren uitgevoerd worden, wanneer men dit effect van de materiaalverslapping wil bereiken:

- Massa's en de bijbehorende krachten vergroten met een vaste factor
- Materiaaldikte van de onderdelen verminderen met een vaste factor

Wanneer bijvoorbeeld een gewicht van 10kg op een plaat ligt op kamertemperatuur, zal de dikte van de plaat met 35% verlaagd kunnen worden om te kijken hoe de plaat reageert bij een temperatuursverhoging tot 800°C. Anderzijds kan het gewicht verhoogd worden, zodat de verhoudingen hetzelfde worden. Beide methodes zijn tegelijkertijd toegepast op de onderdelen van de kachels. Hier bovenop is een veiligheidsmarge gekozen van rond de 10%, zodat alle kleine verschillen tussen tests en werkelijkheid overbrugd worden.



Figuur 73. Geschatte vervorming en krachten

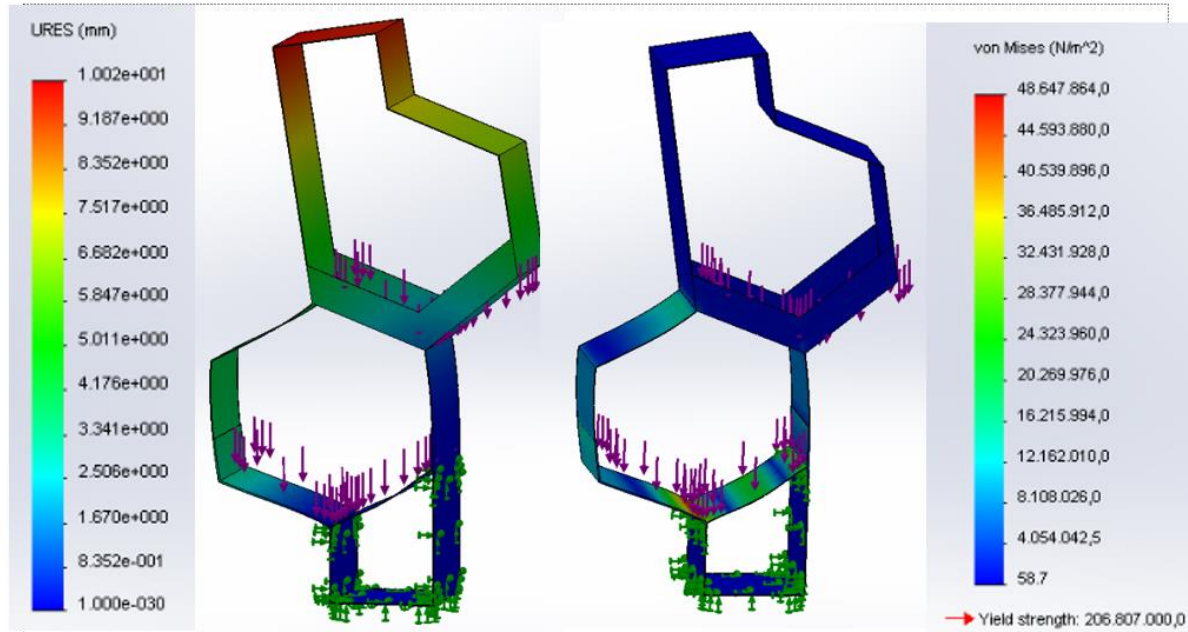
Eerste concept

De eerste kachel heeft de meeste tests ondergaan, omdat alles hier nog nieuw en onbekend was. Allereerst is berekend hoeveel gewicht er in de houtopslag zal komen, omdat dit de grootste invloed zal hebben op de stabiliteit van de kachel. De zeshoeksvorm verspreidt het gewicht van het hout over de breedte van de kachel, waardoor een goede krachtsverdeling ontstaat. Om dit globaal te kunnen berekenen is eerst de dichtheid van enkele houtblokken berekend. Dit is gedaan bij enkele houtblokken met een 'standaard' formaat. Vervolgens is de inhoud van de houtopslag berekend, zodat duidelijk is hoeveel kilogram hout er theoretisch in zou kunnen passen.

De dichtheid van het hout kwam ongeveer op 1000 kilogram per kubieke meter uit. Aangezien er rond de 0,192 kubieke meter ruimte is in de houtopslag, zal er theoretisch rond de 190 kilogram hout in passen. Aangezien dit in het echt minder zou zijn vanwege lucht tussen de blokken hout, zit hier een soort van natuurlijke veiligheidsmarge in verwerkt. De bovenbak bevat ook brandhout, ook hier is een ruim gewicht gekozen om te kunnen testen wat het nou eigenlijk aankan. Op afbeelding 73 is een aanname te zien van de verdeling van de krachten, zoals het zal zijn wanneer beide compartimenten voorzien zijn van hout. Door deze schets is globaal duidelijk in welke richtingen de onderdelen onderlinge krachten uitoefenen. Wanneer de analyses gedaan worden kan op deze manier per onderdeel ingesteld worden van welke kant de kracht komt en hoe groot dit ongeveer zal zijn. Natuurlijk zijn alle krachten globale percentages van het totale gewicht, afhankelijk van de vectorrichting.

In de bijlage is te zien hoe de aannames en de berekeningen gedaan zijn hoe dit verdeeld is over de onderdelen van de kachel.

De eerste kachel is op meerdere manieren getest. In eerste instantie als geheel, dus alleen de voet, de top en de beide zijkanten, ook wel het 'frame' genoemd. De gewichten van beide bakken oefenen dan op beide compartimenten een kracht uit. Deze analyse is op afbeelding 74 te zien.



Figuur 74. Krachtanalyse gehele model

Doordat de kachel uit 1 part bestaat, kan goed bekeken worden hoe de effecten van de krachten door de kachel heen gaan. Er is gekozen voor 100 kilogram hout in de opslag en 15 kilogram hout in de vuurbak. Er is tegelijkertijd gekozen voor een materiaaldikte van 2 millimeter in plaats van 3. Dit komt ongeveer overeen met de 35% krachtsvermindering van het staal in het geval van een verhoogde temperatuur.

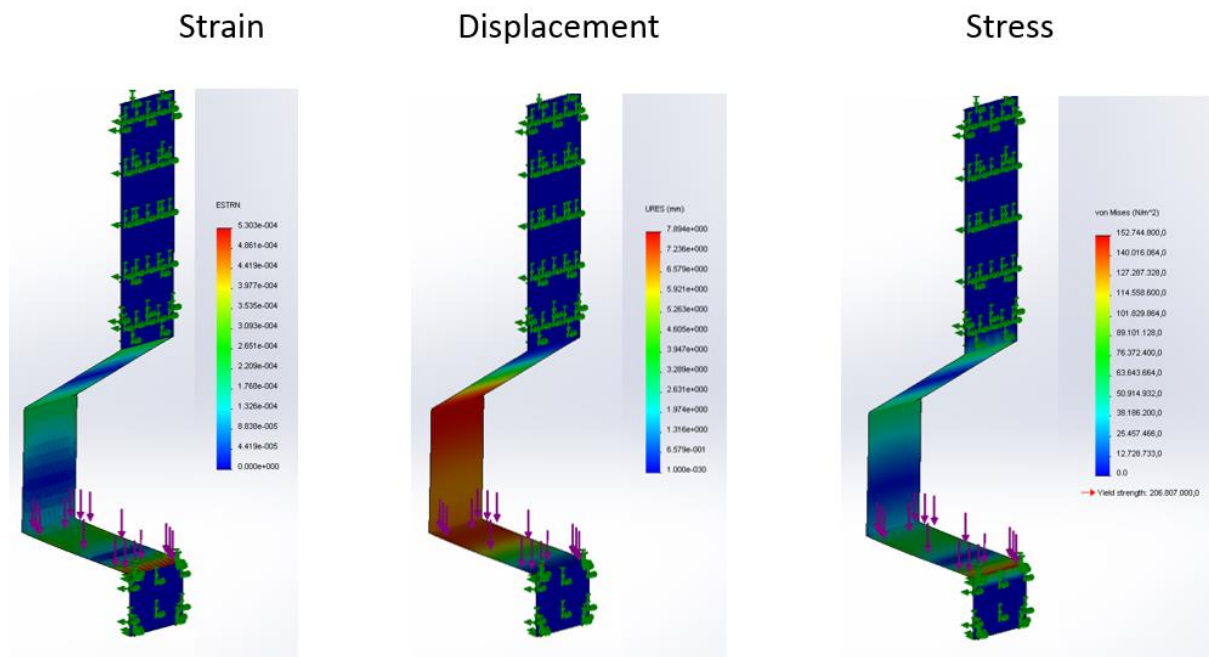
Een belangrijk punt dat meegenomen moet worden is dat de kachel in werkelijkheid geen 800 °C zal worden, doordat de verkoeling van de stromende buitenlucht en de wind vrij spel hebben bij een buitenhaard. Een ander punt is dat de kachel alleen heet zal worden in de buurt van het bovenste compartiment. Het onderste compartiment zal in verhouding dus een stuk sterker zijn dan het bovenste deel van de kachel. Dit grote verschil is dus tegelijkertijd ingebouwd bij de analyses, exclusief de veiligheidsmarge en de ruime schattingen van de massa's.

De kachel is aan de onderzijde vastgeklemd, waarbij geen enkele vrijheidsgraad overgebleven is. Op deze manier kan bekeken worden wat de krachten met de totale samenstelling gaan doen. Duidelijk is te zien dat de kachel de kant op zal zwenken van de houtopslag, aangezien deze deels uitsteekt. Uit deze resultaten blijkt dat het geheel een centimeter zal uitwijken aan de bovenkant. De maximale spanning zit op een kwart van de Yield strength en bevindt zich met name onderin de houtopslag. Dit deel zal in werkelijkheid één geknikte plaat zijn, waarbij het hoekpunt op de standaard rust. Deze spanning wordt dus goed opgevangen. De uitwijking van de houtopslagplaat zal richting de zijkanten zijn, wat weer wordt opgevangen door de zijplaten van de kachel. De resultaten uit de eerste tests zijn dus positief te noemen.

De kachel bestaat in werkelijkheid echter niet uit één geheel, maar uit meerdere onderdelen. Nu de kachel als part getest is, zullen de onderdelen stuk voor stuk aan analyses onderworpen worden. De

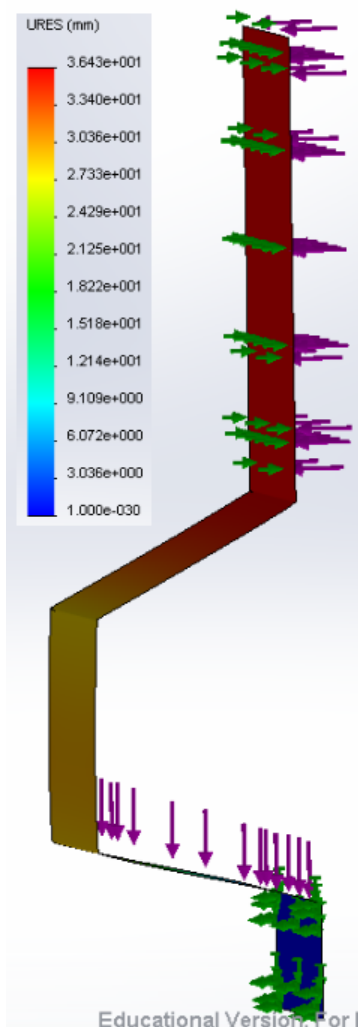
belangrijkste onderdelen zijn de zijplaten, omdat deze tegelijkertijd de compartimenten vormen en alle zware krachten te verduren krijgen.

Op afbeelding 75 zijn drie analyses te zien van dezelfde zijkant, om zo te kijken naar de invloed van de



Figuur 75. analyse van de zijkant

kracht van het hout uit de houtopslagbak op het compartiment. Om deze reden is de zijplaat onder en boven ingeklemd en kan alleen de halve zeshoek bewegen.



Figuur 76. Inklemming boven

De roze verticale pijltjes oefenen een kracht uit van 1500 N, dus ongeveer 150 kilogram. In werkelijkheid zal het gewicht niet alleen op deze schuine zijde zitten, maar ook op de andere helft van de v-vormige houtopslagplaat.

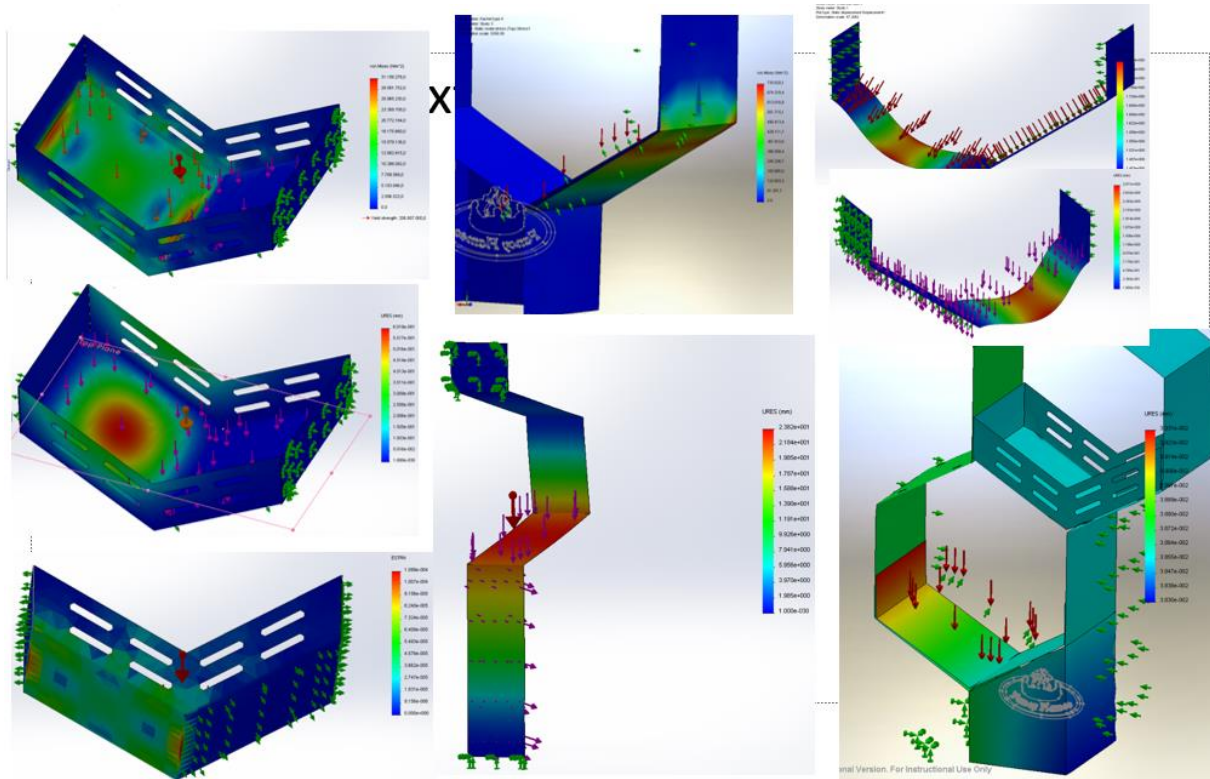
De maximale spanning en rek zit wederom in de onderste knik, omdat hier de meeste invloed van de kracht zit. Het grote rode stuk is de uiteindelijke verplaatsing en geeft dus aan in hoeverre de plaat elastisch vervormd. De nadruk wordt op elastisch gelegd, aangezien de rechter analyse aangeeft dat de maximale spanning ongeveer driekwart van de rekgrens bedraagt. Wederom moet in het achterhoofd gehouden worden dat de krachten in werkelijkheid een kleinere invloed hebben dan in deze analyse. Ondanks de gevaarlijke rode kleur is de verplaatsing niet meer dan 0,7 centimeter.

De afbeelding geeft een andere kijk op hetzelfde onderdeel. Er van uitgaande dat de bovenkant ook mee zal bewegen én invloed ondervindt van de bovenste bak, namelijk de vuurbak, zal ook dit getest moeten worden. Te zien is dat de horizontale paarse pijlen tegen het verticale stuk drukken. Deze kracht is ongeveer 200 N.

De maximale uitwijking van deze lange zijkant bevindt zich aan de bovenkant en is ongeveer 3,5 cm. Deze uitwijking op zich is acceptabel, omdat er uitgegaan wordt van een maximale belasting. In werkelijkheid wordt de bovenkant in bedwang gehouden door de schoorsteen en de andere kant van de kachel, waardoor deze verplaatsing lager zal worden. De rest van de analyses bevinden zich uitgebreid in de bijlagen.

Nu de analyses van de grote onderdelen afgerond zijn, is het tijd om te kijken naar de vuurbak en de houtopslag. De bakken ondervinden direct kracht van de massa die er in ligt. Dit is dus vrij eenvoudig aan te geven, met een globale waarde. De bakken zitten door middel van hun vorm als het ware geklemd in het door de zijplaten gevormde frame. Hierdoor zal bijvoorbeeld de vuurbak ondersteund worden door middel van een 'roller' aan beide zijkanten en door middel van een fixatie aan één van de twee onderzijden. De andere onderzijde zweeft namelijk boven het onderste compartiment. Deze analyses zijn op meerdere manieren gedaan, zodat de bak breder getest is. De situatie is namelijk niet met zekerheid te voorspellen aan de hand van het ontwerp.

Een andere test is bijvoorbeeld dat de vuurbak aan de rechterzijde gefixeerd is, en dat de linkerzijde ondersteund wordt door middel van een 'roller'. Nu kan de doorzakking van de niet ondersteunde helft berekend worden.



Figuur 77. Analyses vuurbak

Op afbeelding 77 zijn meerdere resultaten te zien van de analyses die beschreven zijn in het voorgaande. De houtopslagplaat is hier ook getest, op een vergelijkbare manier als de vuurbak. Deze methode kan vanwege symmetrische eigenschappen letterlijk overgenomen worden van de vuurbak naar de houtopslagplaat. Ook de andere zijkant is hier getest, maar de resultaten zijn hier minder 'gevaarlijk' dan bij de zijkant met het lage compartiment. Twee analyses zijn van het complete model, maar hier zijn de resultaten een stuk lastiger van te herleiden. Ze zijn echter een toevoeging aan de resultaten van de andere analyses.

De onderdelen zitten ondanks de ruime marges geen van allen in de gevarenzone. De maximale spanningen variëren van 15% tot 75% van de Yield-strength. De maximale verplaatsingen variëren van 0mm tot ongeveer 20mm. Deze afstanden zullen in werkelijkheid minder zijn doordat de geometrie van de kachel weerstand biedt tegen vervorming van de onderdelen. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat er enige beweging en mechanische verandering zal optreden tijdens het gebruik van de kachel, maar dat dit ruim buiten de gevarenzone zal zijn.

In de bijlagen zijn alle analyses uitvergroot terug te vinden, zodat per onderdeel kan zien hoe het getest is en wat de resultaten van deze tests zijn.

Tweede concept

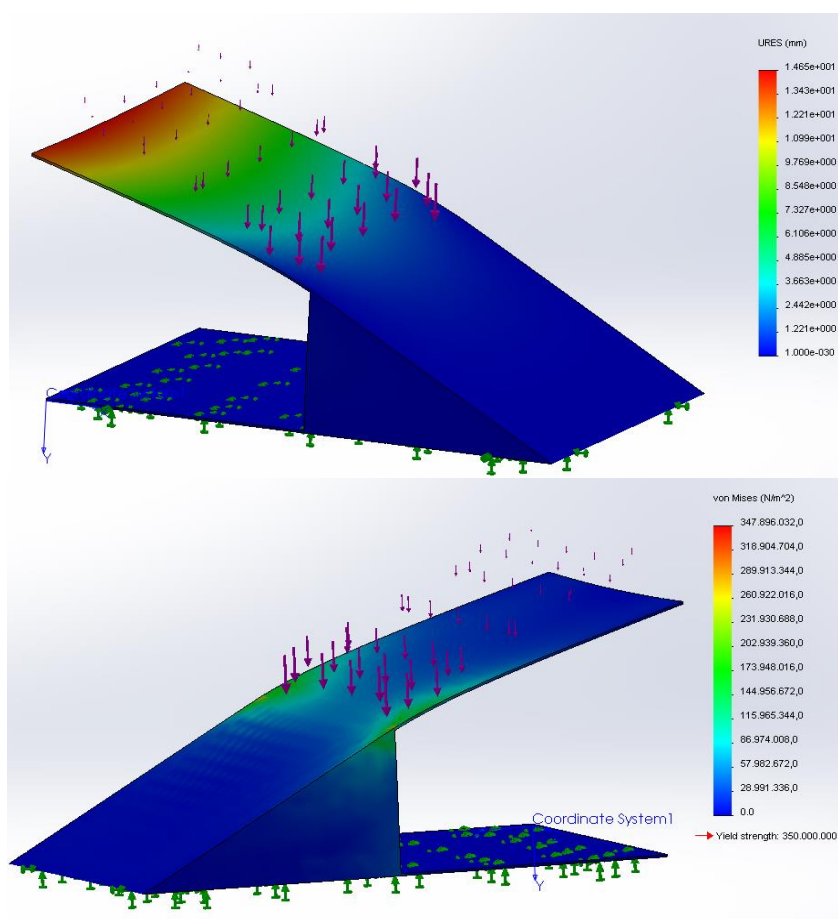
Het tweede concept heeft dezelfde staaldikte als het eerste concept. Aangezien de compartimenten kleiner zijn, zal de houtmassa automatisch lager zijn voor beide compartimenten. De opbouw en functies van de onderdelen zijn vrijwel identiek aan het eerste concept. Om deze redenen zijn geen analyses uitgevoerd voor het tweede concept, maar wordt uitgegaan van nog gunstigere resultaten van de eerste kachel.

Derde concept

Het derde en kleinste concept is de kachel met de meeste uitdaging wat betreft evenwicht en vormgeving. De standaard is het meest belaste deel, waardoor deze ook geanalyseerd dient te worden. In eerste instantie bestond deze uit een zigzagvorm, maar het bleek al snel duidelijk dat deze zigzag weinig weerstand kan bieden tegen het bovenliggende gewicht. Het metaal kan natuurlijk niet zo dik worden dat de kosten alleen in de standaard gaat zitten. Om deze reden is een vereenvoudigd model gemaakt van de standaard, waarbij de weerskanten tot de helft gesloten zijn met een zijwand. Deze zijwand wordt gelijk met de standaard uitgesneden door het laserapparaat, het onderdeel bestaat dus uit één enkele plaat. Wanneer de flappen omhoog gevouwen zijn zal deze vast gelast worden, zodat een stevige driehoek ontstaat. Dit zou het gewicht van de kachel moeten kunnen opvangen.

Het gedeelte van de plaat dat voorbij de steunplaten zit, wordt belast met een verdeelde belasting. Dit wordt veroorzaakt door het kanteffect van de houtopslag en de bovenbak. Het uiteinde zal hierdoor weinig belasting krijgen en hoe verder men richting de hoek gaat meten, hoe groter de belasting hier is.

Op afbeelding 78 is de verdeelde belasting te zien met de uitwijking en de spanning. De plaat zakt 1,5



Figuur 78. Verdeelde belasting op de standaard

centimeter door en de spanning zit net onder de Yield-strength. Er kan dus geconcludeerd worden dat dit onderdeel de kracht van de rest van de kachel kan weerstaan. Er is wederom een grote marge genomen wat betreft de massa die de standaard moet gaan tillen. Andere onderdelen zijn niet getest.

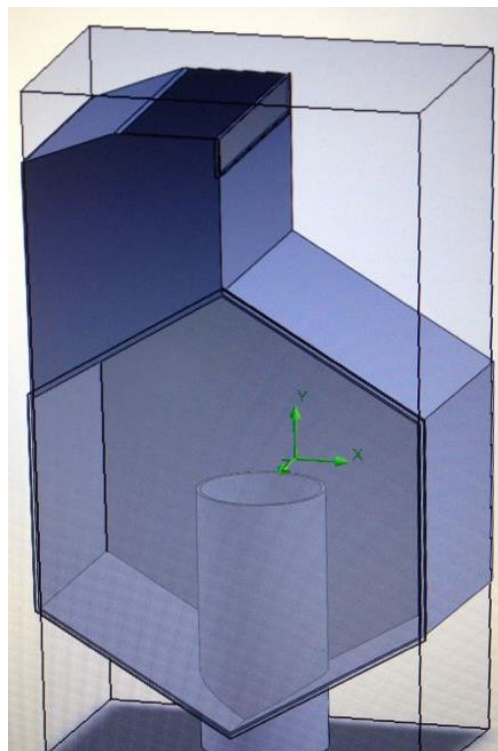
Vierde concept

Het vierde concept is niet getest vanwege het degelijke ontwerp.

Warmte- en luchtstroom

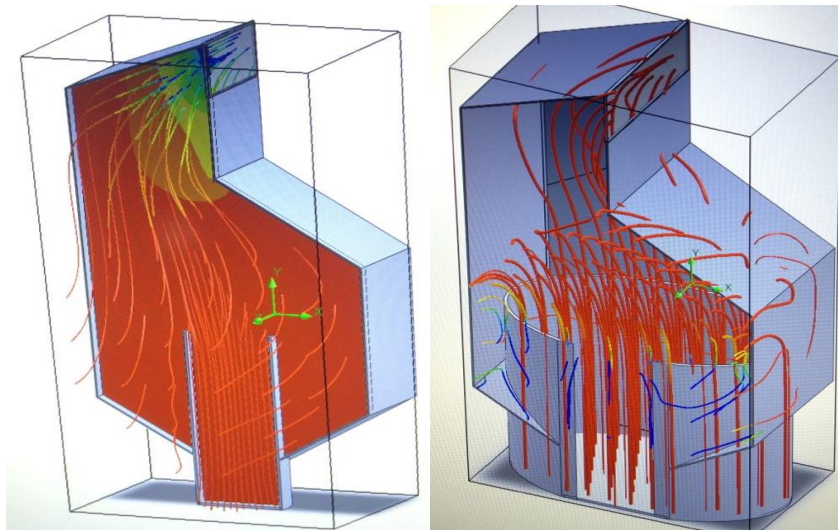
Voor een goede werking van de kachel, is het van belang dat de trek goed zit. Dit is tijdens de analysefase al uitvoerig aan bod gekomen. Voor buitenkachels gelden andere eisen dan bij kachels binnenshuis. Het is niet ideaal, maar het is natuurlijk geen ramp dat er via de voorkant van de kachel wat damp kan ontsnappen wanneer de kachel buiten staat. Desondanks is het fijner dat de warmte goed voelbaar is aan de voorkant en dat de rook netjes omhoog loopt. Om dit te kunnen bekijken zijn twee analyses uitgevoerd bij het zeshoekige compartiment van de eerste kachel. Het is een vrij open vorm zonder belemmeringen die een natuurlijke trek in de weg zouden staan. Deze kritieke punten zijn al genoemd in de analysefase en hier is natuurlijk tijdens het ontwerpproces rekening mee gehouden.

Om de trek globaal te kunnen testen, is gekeken naar de stroming van de lucht en de afgifte van warmte. De kachel moest voor deze test aangepast worden, zodat alleen resultaten verkregen worden voor hetgeen nodig is. Op afbeelding 79 is het bovenste compartiment te zien. De zeshoek is op twee plekken na denkbeeldig afgesloten en luchtdicht gemaakt. Aan de onderkant van de zeshoek bevindt zich een luchtinlaat, door middel van een holle cilinder. Dit zit ongeveer op de plek waar het vuur zal zijn, weliswaar iets hoger, maar de richting van de lucht zal vergelijkbaar zijn bij het echte vuur. Aan de bovenkant is een opening gemaakt waar de lucht uit zal stromen. De druk is ingesteld op normale waarden, zoals het buiten ook zal zijn in werkelijkheid. De inlaat snelheid is de snelheid van de stroom op het moment dat deze ontstaat. Bij echt vuur hebben de gassen een bepaalde snelheid, doordat warme lucht op wil stijgen. Deze is ingesteld op ongeveer 5 kilometer per uur. De temperatuur van het vuur is op ongeveer 600°C ingesteld.



Figuur 79. Vereenvoudiging van het compartiment

Op afbeelding 80 is het resultaat te zien van deze analyse. De linker afbeelding geeft de temperatuur van de lucht aan in het compartiment. De kromme lijnen tonen de globale richting waarin deze warmte zal voortbewegen. De warmte wordt natuurlijk minder naarmate het richting de uitgang stroomt, maar aan de rode kleur is te zien dat het compartiment grotendeels sterk verwarmde lucht bevat.



Figuur 80. Warmte-analyse resultaten

De rechter analyse toont de verdeling van de luchtstromen in het compartiment. De inlaat is vrij breed gehouden, zodat de kachel optimaal getest kan worden. De stromen direct onder de uitlaat gaan vrij lineair omhoog, maar de stromen die iets meer vanaf de zijkant komen, worden door de zeshoeksvorm rondgeleid, en nemen hun uitvlucht naar de voorkant van het compartiment. Dit houdt in dat de consument de warmte zal voelen doordat deze stralen via de achterkant richting de voorzijde uitstralen, wat precies de bedoeling is van de kachel.

De tweede kachel zal volgens hetzelfde principe zijn warmte afgeven, aangezien het op dezelfde manier opgebouwd is. Bij deze kachel zit de vuurbak nog iets rechter onder de afvoer, waardoor de trek beter zal zijn. De warmte zal op dezelfde manier verspreid en uitgestraald worden.

De derde kachel is een luxe versie van een vuurkorf. Hier is geen schoorsteen aanwezig en wordt daarom gezien als open vuur. Hier is het niet noodzakelijk om dergelijke analyses uit te voeren, want er zal ook niets aangepast worden.

Het vierde concept is een afgesloten ruimte waarbij de voorkant genoeg ruimte biedt. De werking zal vergelijkbaar zijn met de eerste en tweede kachel. Aangezien de schoorsteen in vier richtingen te draaien is, zal de rook de juiste kant afgevoerd worden. De opening is groot genoeg, zodat de lucht niet belemmerd gaat worden.

Materialuitzetting

Een eigenschap van materialen is dat er altijd enige 'werking' aanwezig is. Door invloeden van buitenaf kan de lengte of dikte veranderen, wat tot gevolg heeft dat de maten niet zo nauwkeurig meer zijn. Een van de belangrijkste oorzaken van uitzetting van materiaal is warmte. De scheikundige achtergrond van uitzetting op molecuulniveau zal hier niet verder behandeld worden.

De thermische uitzettingscoëfficiënt van een materiaal geeft de mate van uitzetting weer voor deze stof. Uit afbeelding 72 blijkt dat RVS een thermische expansie heeft van rond de $12 \text{ à } 13 \times 10^{-6}$ per graad stijging. Wanneer RVS rond de 600°C is, zal de uitzetting van een twee meter lange plaat ongeveer 1,3 centimeter zijn.

Coefficient of Thermal Expansion (Unit: $\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$)

Temperature range (from room temperature)	Up to 100°C	Up to 200°C	Up to 300°C	Up to 400°C	Up to 500°C	Up to 600°C
COR-TEN O	10.5	11.8	12.8	13.4	13.5	13.6
NAW 490	—	—	13.0	—	—	13.8

<11.16~11.28 $\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ (20°C)>

Figuur 81. Thermische uitzettingscoëfficiënt

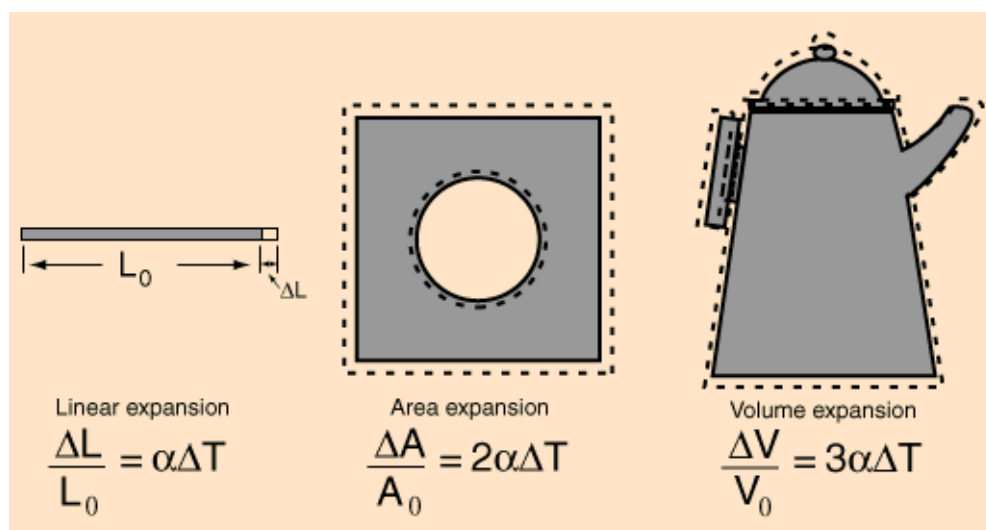
In figuur 81 zijn de waarden gegeven voor CorTen O-staal. De waarden zijn rond de 600°C vergelijkbaar met die van RVS. De standaard CorTen stalen hebben echter een verlaagde thermische expansie, waardoor de uitzetting iets minder zal zijn.

xi

Uitzetting is nooit lineair, maar zal natuurlijk in elke richting plaatsvinden. Wanneer onder mechanische druk een plaat platgedrukt wordt, zal deze ook uitzetten in de andere richtingen. Uitzetten is hier niet het goede woord, maar de verhoudingen tussen de lengte, de breedte en de hoogte worden dan door elkaar beïnvloed. Deze twee zaken zullen gecombineerd worden om te kijken hoe dit bij de kachel zal zijn.

In figuur 82 is het verschil te zien tussen lineaire, oppervlakte en volumetrische uitzetting. De formules lijken veel op elkaar, want er wordt telkens een dimensie en een verhouding toegevoegd.

Met behulp van deze formules is voor het CorTen staal berekend wat de uitzetting zal zijn, weliswaar bij benadering, maar toch geeft dit resultaten waarmee voorspellingen gedaan kunnen worden wat betreft de gevolgen. Aan de hand van de manier hoe de onderdelen aan elkaar bevestigd zijn, kan bepaald worden wat de invloed is van uitzetting op de vorm en de stevigheid van de kachel. ^{xii}



Figuur 82. Expansieformules

$$\alpha_V = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

$$\epsilon_{\text{thermal}} = \frac{(L_{\text{final}} - L_{\text{initial}})}{L_{\text{initial}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{V_0} \frac{\partial V}{\partial T} \quad \gamma \approx 3\alpha$$

of

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T}$$

γ = Kubieke uitzettingscoëfficiënt [K^{-1}]

ρ = Dichtheid [kg m^{-3}]

T = Temperatuur [K]

V = Volume [m^3]

Figuur 83. Expansieformules

In de afbeelding zijn enkele formules te zien die een bijdrage hebben geleverd aan de te berekenen punten. De formule voor de lineaire uitzetting kan eenvoudig omgezet worden naar de uitzetting voor een volume. De α is hierbij de uitzettingscoëfficiënt.^{xiii}

De formules zijn dusdanig gebruikt, dat de maximale waarden gevonden worden. Wanneer bijvoorbeeld de uitzetting in de lengte berekend moet worden, is de dikte en de breedte op nul gehouden. Nu vindt alle uitzetting in één richting plaats en komt er automatisch een grotere waarde uit dan in werkelijkheid het geval zou zijn. Op deze manier is een veiligheidsmarge ingebouwd in de uitkomsten die verkregen zijn.

De berekening is gedaan voor een plaat van 3 millimeter dik en 800 millimeter lang. De totale dikte komt afgerond uit op 3.1 millimeter en de totale lengte op 808 millimeter.

Alle onderdelen van de kachel zijn zo ontworpen dat een uitzetting de stevigheid juist vergroot. De onderdelen worden dusdanig in elkaar geklemd, doordat de vormen juist meer klemkracht hebben wanneer de onderdelen iets opzij gedrukt zullen worden.

De eerste kachel zal alleen warm worden in de buurt van de vuurbak. Wanneer de vuurbak uitzet zal deze in elke richting een tikkeltje breder worden. Aangezien de zijkanten een tegendruk leveren, zal deze druk door uitzetting groter worden, en blijft de bak strakker zitten. De schoorsteen en de standaard zullen nauwelijks beïnvloed worden, en nog minder invloed uitoefenen op de kachel zelf. De zijkanten zelf kunnen warm worden en ook iets uitzetten, maar dit zal met name in de hoogte zijn, in plaats van opzij. Aangezien de standaard en de schoorsteen vrij weinig veranderen, wordt de hele kachel als het ware door de opgetreden uitzetting klem gezet.

De tweede kachel is vergelijkbaar met de eerste kachel, waardoor dit niet uitgebreider besproken wordt.

De derde kachel heeft een vuurbak die vastgeklemd zit in de houtopslag. Er is een dubbele laag aanwezig waardoor de omgeving rond de houtopslag minder invloed ondervindt van het vuur. De bak zal het hardst uitzetten, waardoor een druk wordt uitgeoefend op de uitstekende delen van de houtopslag. Wanneer de uitzetting ongeveer een centimeter is, op een lengte van 80 centimeter, zal de bak een stuk vaster gaan zitten.

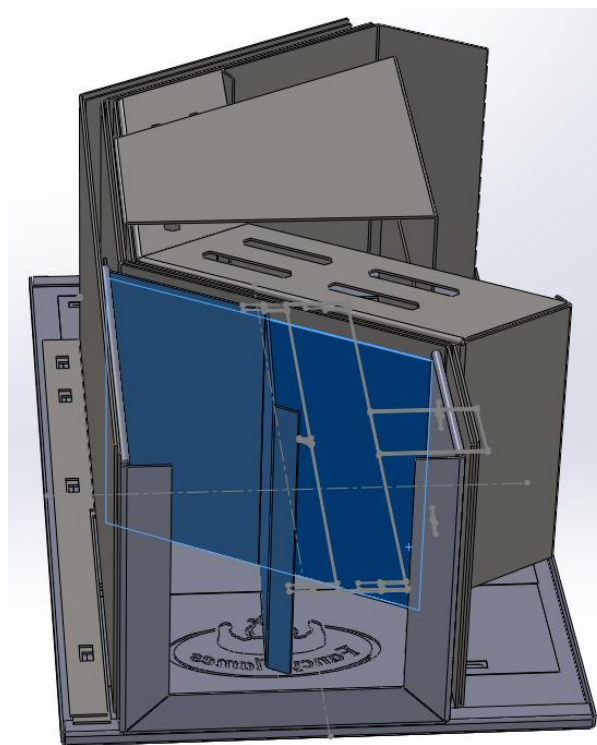
De vierde kachel kent geen gevaren wat betreft uitzetting. De schoorsteen valt over de kachel heen, aan alle elke zijde. Bij uitzetting kan de deksel er niet afvallen, evenals de vuurbak. Deze steunt op vier punten, die elk lang genoeg zijn om een uitzetting op te kunnen vangen. Ook hier zal de bak alleen maar steviger in de kachel gaan zitten na een uitzetting, al zal het verschil minimaal zijn.

Al met al zijn de vooruitzichten voor de kachels onder dergelijke omstandigheden positief te noemen. Het beste resultaat kan natuurlijk verkregen worden door de kachels in het echt te testen.

Nestbaarheid

In het PvE is als eis genoemd dat de kachels nestbaar moeten zijn. Dit houdt in dat de geometrie van de onderdelen gunstig gekozen is, zodat ze in elkaar passen tijdens het opruimen. Dit bespaart ruimte, en maakt het vervoer makkelijker. Doordat het product compact is past het in een doos met gunstige maten, die op hun beurt weer op een europallet passen met vaste afmetingen. Dit is met name voor de transportkosten gunstig, aangezien alle maten gestandaardiseerd zijn.

Het spreekt voor zich dat hoe meer dozen er op een pallet kunnen, des te minder transportkosten men heeft. Het is in dit project een grote uitdaging geweest te anticiperen op deze doosmaten, en een gunstige verdeling van de producten te vinden. Er moet een afweging gemaakt worden tussen het aantal dozen per pallet, en het aantal onderdelen dat men de klant wil verkopen. Hoe meer onderdelen een kachel kent, des te compacter het op te bergen is. Hier staat tegenover dat een toename van het aantal onderdelen, de kans op fouten vergroot. Hoe meer onderdelen, des te meer verbindingen, des te meer schakels. Een bekend gezegde luidt, “zo sterk als de zwakste schakel”, wat inhoudt dat er maar één zwakke plek hoeft te zijn, wil het geheel falen.



Figuur 84. Nestbaarheid concept 1

In eerste instantie was de opdracht om zoveel mogelijk kachels op één pallet te krijgen. Dit was dan ook een grote uitdaging bij het eerste concept. Vanwege de grote omvang is het lastig de kachel te verdelen in stabiele stukken. In eerste instantie waren de zijplaten in twee delen verdeeld, bestond de achterkant uit vier stukken en was de schoorsteen ook verdeeld in twee delen. Er waren dus vijf extra onderdelen ten opzichte van het uiteindelijke model, zoals het in de detailleringsfase besproken is.

Op figuur 84 is te zien hoe dit eerste type genest kon worden. Alle zijkanten passen precies in elkaar en kunnen geplaatst worden op de bodemplaat en de achterkanten. De vuurbak en de andere geknikte platen hebben allemaal dezelfde hoeken als de standaard en de schoorsteen. Dit kan dus eenvoudig in elkaar geschoven worden, zonder dat er grote kieren tussen de onderdelen zitten. Natuurlijk zal er lucht verpakt worden, maar dit is niet te

voorkomen. Tijdens de productie is het mogelijk dat alleen dezelfde onderdelen in één doos verpakt worden. Maar dit zou voor Esschert nadelig zijn in de kosten, aangezien alles later overgepakt dient te worden, omdat de klant natuurlijk één doos wil waar elk onderdeel inzit. De kosten die in eerste instantie bespaard worden, door ideale nesting, zullen later verloren gaan door dubbel in- en uitladen.

Het voordeel van deze eerste versie was dat alle onderdelen precies in een doos van 40x60x110 centimeter passen. De europallets die gebruikt worden hebben een afmeting van 80x120 centimeter. Dit zou betekenen dat er vier dozen op één palletoppervlakte passen. Er mag tot ongeveer 220 centimeter omhoog gestapeld worden. De afmetingen van de dozen waren voor deze situatie ideaal,

Aan het eind van het ontwerpproces echter, is er een verandering gekomen in het concept. Na overleg met de opdrachtgever is besloten de kachel uit minder onderdelen te laten bestaan. De reden voor dit besluit



Figuur 86. Nesten van onderdelen

De nieuwe indeling is zoals het beschreven is in de detailleringsfase. Het totaal aantal onderdelen is nu vijf minder dan in de eerste situatie. Doordat de zijkanen uit één geheel bestaan, moest de totale hoogte van de kachel omlaag, aangezien het de europallet grens zou overschrijden qua hoogte. Het aantal dozen op een pallet is nu vier stuks, wat nog steeds een mooi aantal is. Er is een keuze gemaakt tussen de maximale nestbaarheid en de succesfactor van het product. Verwacht wordt dat dit de ideale tussenweg is, aangezien onderdelen als de bak en de houtplaten sowieso als losse onderdelen meegeteld worden.

De tweede kachel is zoals vermeld in de detailleringsfase, op vergelijkbare manier gemaakt als de eerste kachel. Ook hier zijn de onderdelen in stuks verminderd, zodat de nestbaarheid iets achteruit gaat maar de slagingskans op de markt juist vooruit. Deze kachel passen zes stuks op een Europallet. In figuur 86 is een schets te zien, waarbij het nesten globaal getest is. De verhoudingen tussen de hoeken kunnen nu nog aangepast worden, voor optimalisatie.

De derde kachel bestaat uit het minst aantal onderdelen en is tevens zeer compact op te bergen. De houtopslag biedt in compacte vorm onderdak aan de vuurbak en aan de standaard. De totale maten zijn zo gekozen, dat er precies vier dozen op het grondvlak van de pallet passen. Er kunnen echter zeven verdiepingen met dozen geplaatst worden op de pallet. Hierdoor passen er maar liefst



Figuur 87. Concept 3 is zeer goed opbergbaar

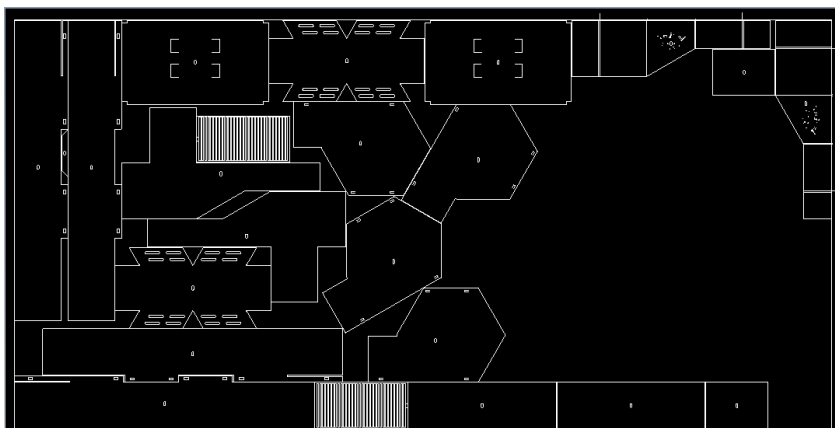
achtentwintig dozen op één pallet. De schaal van de kachel is uiteindelijk zo aangepast dat dit net binnen de grenzen van de doos zou passen. Deze compacte vorm is eerder al aan bod gekomen, maar is ter verduidelijking opnieuw getoond in figuur 87.

De vierde kachel een ideale vorm voor op de pallet. Om deze reden is deze vorm zo gebleven en bestaat de

kachel ook uit weinig onderdelen. Inclusief bescherming en verpakking zal de kachel in een doos passen van 40x40x100 centimeter. Dit betekent dus dat er twaalf dozen op een pallet kunnen.

De producten zijn tevens aangepast aan een andere manier van nesten, namelijk het ideaal uitsnijden van onderdelen uit een staalplaat. Wanneer de onderdelen gunstige vormen hebben, kan veel overbodig materiaal gespaard worden. Als een product veel evenwijdige lijnen bevat, is de mogelijkheid groter om ze naast elkaar te kunnen plaatsen. Dit is te zien aan de randen van afbeelding. Ook de hoekige onderdelen zullen op een economischere wijze uitgesneden kunnen worden. De 30° en 60° hoeken kunnen ideaal tegen elkaar gelegd worden, zodat het afvalmateriaal minimaal blijft. Wanneer een aantal onderdelen niet naast elkaar uitgesneden kunnen worden, bijvoorbeeld als er vijf centimeter te kort komt, kan overwogen worden om de schaal van de kachel te

verkleinen. De kachel wordt weliswaar iets kleiner, maar er kan veel bespaard worden bij het snijden en dus bij de inkoop van platen. Op deze manier is bijvoorbeeld de basis van de vierde kachel zo aangepast, dat er gunstiger gesneden kon worden. Voor de vorm van de kachel maakt dit niets uit.



Figuur 88. Snijmogelijkheden-analyse

Kostprijs

De kostprijs van het product is iets wat vooraf globaal vastgelegd is. Esschert had als doel om met dit project een nieuwe weg in te slaan wat betreft buitenkachels. In de analysefase is te zien wat het assortiment op dit moment is. Het varieert van klassieke gietijzeren modellen naar staalplaten vuurkorven en een aantal hogere modellen. De kachels zijn niet gemaakt voor de hogere markt, maar hebben gunstige prijzen voor de gemiddelde klant. Ter verbreding van het aanbod heeft Esschert besloten om kachels te produceren die gericht zijn op de hogere markt. Dit zal ook terug te zien zijn aan de prijzen maar ook aan de kwaliteit van de producten. Het staal zal is dikker en duurzamer en het product dient ook langer mee te gaan dan de huidige producten.

In eerste instantie zou er één kachel ontworpen worden, namelijk een groot model met houtopslag, gemaakt uit CorTen staal. Dit is het huidige eerste concept geworden. De prijs die door de opdrachtgever gegeven is, bedraagt €399,-. Dit is de prijs wat de kachel zal moeten gaan kosten, wanneer het in een winkel als Intratuin of Praxis staat. De inkoopprijs waarvoor Esschert de kachel moet kunnen kopen bij de leverancier, zal rond de €120,- moeten gaan liggen. De maten die de kachel moest hebben stonden globaal bekend, want Esschert wenste een kachel van rond de twee meter hoogte. Door deze hoogte zal een bepaalde sterkte gegarandeerd moeten worden, want een dergelijke hoge kachel moet natuurlijk stabiel blijven staan. De dikte voor het staal is bepaald aan de hand van marktonderzoek en zoals in de detailleringfase vermeld staat, is deze dikte uitvoerig gecontroleerd.

De prijzen voor de andere kachels zullen aan de hand van de eerste kachel globaal geschat kunnen worden. Afhankelijk van de productieprocessen en de hoeveelheid materiaal, kan deze prijs in verhouding bepaald worden. Aangezien het luxe designkachels zijn, zullen de andere prijzen ook boven die van de huidige kachels zijn.

Tijdens het project is samengewerkt met de persoon van Esschert die alles omtrent de inkoop regelt. Dit is gedaan om inzicht te krijgen in de gang van zaken omtrent leveranciers. Tegelijkertijd kregen we ook feedback van deze leveranciers, omdat in de loop van het project al enkele vroege versies zijn opgestuurd. Op deze manier werd een beeld verkregen van de kosten én de verdeling van deze kosten over de handelingen die gedaan worden tijdens het productieproces.

De leveranciers hoeven geen kosten te berekenen voor ontwerpdoeleinden, aangezien alle onderdelen zodanig ontworpen zijn, dat het bedrijf zelf niets meer hoeft te doen. Zelfs de DXF-bestanden kunnen kant en klaar gebruikt worden. De kosten gaan grotendeels zitten in de inkoop van materialen. De staalprijs voor bijvoorbeeld 3mm dik CorTen staal is zodanig hoog, dat de eerste kachel al zo'n €80,- aan materiaalkosten kwijt is. Andere zaken die het inkoopbedrag zullen verhogen, zijn het lasersnijden, de buigprocessen en de bijbehorende manuren. Natuurlijk moet ook het transport niet vergeten worden. Al met al zal er een aanzienlijk bedrag bovenop die €80,- komen, aangezien de kachel zo groot is dat de fabricage niet supersnel zal verlopen.

Er zijn meerdere leveranciers benaderd in zowel Nederland als andere delen van Europa, met name oost-Europa. Variërend van professorische fabriekjes tot zeer professionele grote bedrijven. De bedrijven in Nederland kennen een hoog uurloon, maar zullen qua transport geld kunnen besparen. Voor de goedkopere Oost-Europese bedrijven zal het uurloon een stuk lager liggen, maar wordt het transport automatisch langer en dus duurder. Dit kan opgeheven worden door een hoger aantal kachels per pallet.

De machines zelf zullen ook een aandeel hebben in het kostenplaatje. Wanneer een lasersnijmachine gebruikt wordt, met een snijoppervlakte van 4x6m, kan logischerwijs veel overbodig materiaal

bespaard worden. Hoe groter de metaalplaat kan zijn, des te minder men aan materiaal verliest, aangezien de mogelijkheid om de onderdelen gunstig in elkaar te puzzelen nu alleen maar groter wordt. Dit is met name het geval bij de professionelere bedrijven, met als nadeel dat het uurloon ook weer hoger is.

Er is met verschillende bedrijven overlegd op welke manier de kachel goedkoper gemaakt kan worden. Het weglaten van details als haakjes en extra vouwlijnen bespaart geld. Er hoeven minder handelingen gedaan te worden. Ook vermindering van het aantal onderdelen zal een bijdrage leveren aan het verlagen van de kosten, aangezien er minder op- en afgespannen wordt. Om deze punten tegemoet te komen is het een en ander veranderd aan de kachels. De onderdelen zijn her en der verkleind, zodat ze precies in een doos passen of zodat er meer uit één plaat gesneden kunnen worden. Het aantal onderdelen is tevens verminderd, weliswaar ook om andere redenen, zodat de productie sneller kan verlopen. De onderdelen zijn zo ontworpen dat alle lastige geometriën niet door mensenhanden gevormd hoeven te worden. Alle hoekjes en snedes kunnen eenvoudig door het lasersnijapparaat gemaakt worden.

In de loop der tijd zijn meerdere prijzen van verschillende leveranciers bekend geworden. Deze zijn ondertussen verlaagd, aangezien het ontwerp van de kachel ook veranderd is, om dichterbij €120,- in de buurt te komen. De leveranciers zijn hier vrij gelaten in materiaaldikte en assemblagemogelijkheden. Ze kregen de opdracht om de kachel op meerdere manieren te fabriceren, variërend van dunnere platen tot meer lasnaden en minder vouwlijnen. Eis blijft dat de kachel ondanks deze aanpassingen nog steeds sterk en stabiel blijft. Ook de type las is aan de leverancier, de bouwtekeningen geven aan waar de las moet komen, maar men kan zelf kiezen wat het makkelijkst of mooist is, zolang dit in prijs niet extreem duur gaat worden.

Al met al variëren de inkooprijzen voor het eerste concept, van 700 euro tot ongeveer 150 euro. Een aantal bedrijven hebben een andere materiaalsoort gekozen, doordat CorTen staal onbekend of niet voorradig was. Het contact was een aantal keer niet perfect, waardoor pas na langere tijd duidelijk werd dat de leverancier met andere materialen bezig was. Desondanks werd de targetprijs van 120 euro niet gehaald.

Ten tijde van het schrijven van dit verslag, heeft Esschert besloten om Chinese bedrijven te benaderen voor de productie van de kachels. Wellicht zal op het een en ander bespaard worden, maar het transport is nu een stuk verder en trager. Er kan niet veel meer aangepast worden aan de kachel. Wellicht kan een dunnere plaatdikte gekozen worden, maar dan zal de kachel op veel plekken verstevigd moeten worden met gelaste stukken. Dit is automatisch weer arbeid en arbeid kost geld.

Het zal erg lastig worden om de kachel voor 120 euro in te kopen, maar desondanks doet Esschert er alles aan om hier in de buurt te komen. De andere kachels zullen goedkoper worden dan het eerste model. Dit kan globaal geschat worden aan de hand van het oppervlakte materiaal en het volume van de kachel. Prijzen zijn echter niet bekend en zullen bepaald worden door de eindverantwoordelijke.

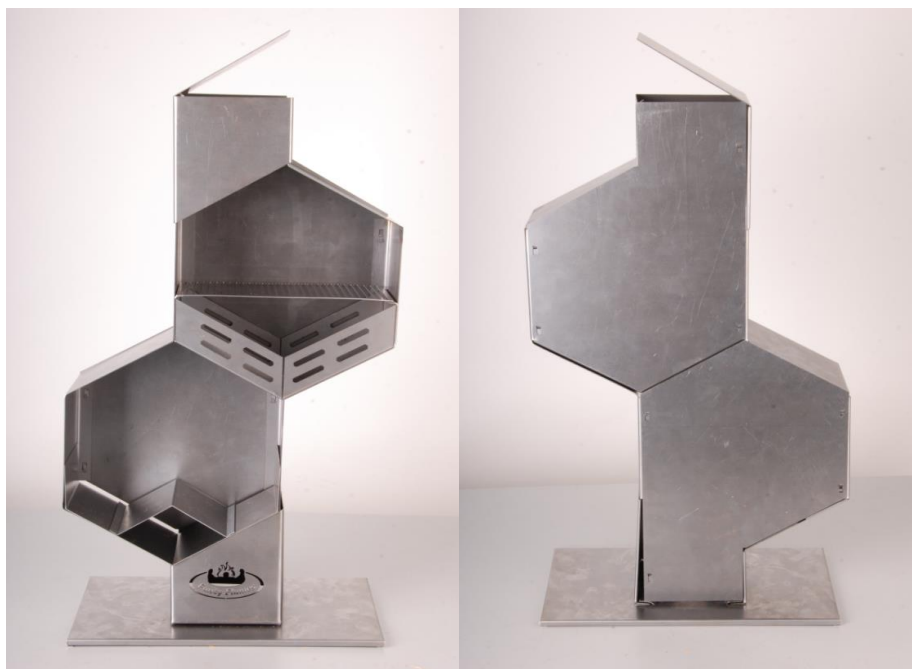
Wanneer de prijzen vergeleken worden met die van de kachels uit de analysefase, kan gediscussieerd worden over de waarde van de kachels. Simpele modellen komen soms stukken duurder uit dan de kachels die nu ontworpen zijn voor Esschert. Wellicht dat de winkelprijs verhoogd kan worden, aangezien deze nieuwe kachellijn een stuk meer uitstraling en kwaliteit heeft dan vele andere duurdere kachels. Het is ook mogelijk om een minder grote marge te nemen, dus dat de inkoopprijs hoger kan worden. Dit is echter aan het bedrijf en niet aan de stagiaire.

Prototype

Een extra toevoeging aan het project is de bouw van een prototype. Het bouwen van een prototype is om meerdere redenen aan te raden om te doen, bijvoorbeeld:

- Controleren
- Leren
- Overtuigen
- (Motiveren)

De genoemde punten vatten de meeste voordelen van het maken van een model/prototype zeer globaal samen. Dit zal uitgelegd worden aan de hand van praktijkvoorbeelden tijdens dit project. Er is een prototype gemaakt van de grootste kachel, namelijk concept 1. In figuur 89 is een voor- en achteraanzicht te zien van concept 1.



Figuur 89. Voor- en achteraanzicht prototype

Controleren

Wanneer een product ontworpen wordt op papier en vervolgens in een 3D-programma op een computer, zijn er tal van mogelijkheden om de haalbaarheid van een model te controleren. Er kunnen verschillende analyses uitgevoerd worden op allerlei gebieden, van warmte tot stijfheid, van stabiliteit tot passingen. Niets is echter duidelijker en sneller dan het testen van een tastbaar prototype. Wanneer dit prototype gemaakt is, zal de eerste test bestaan uit het opbouwen van de onderdelen. Wanneer de onderdelen goed ontworpen én vervaardigd zijn, zal dit geen problemen moeten geven. Hierna kan de samenhang tussen de onderdelen bekeken worden. Zijn de onderdelen goed op elkaar afgestemd of zijn er grote kieren aanwezig en verschuiven de stukken onderling. Dit zijn vragen die op de computer zichtbaar gemaakt kunnen worden, maar in het echt is dit makkelijker en beter zichtbaar. De stabiliteit van het geheel is ook getest door middel van gewichten. In de vuurbak is een gewicht van een kilo gestopt om te kijken of de bak op de plek blijft zitten en of de kachel in zijn geheel stabiel blijft staan. Dit is positief uit de test gekomen, dus wat deze punten betreft is het ontwerp al voorzichtig goedgekeurd. Het voordeel van deze controle is dat er tijdig minpunten ontdekt kunnen worden. Een minpunt dat naar voren kwam door dit prototype was de aanmaakhoutplaat. Deze is zodanig vormgegeven dat het een ruitvorm creëert, maar tegelijkertijd is

deze vorm niet stabiel wanneer er aan één zijde meer gewicht geplaatst wordt dan aan de andere zijde. Dit kan dus zeer snel verholpen worden door een simpele aanpassing aan bijvoorbeeld de vouwrichting.

Leren

Het is een algemeen gegeven dat mensen dingen leren door er mee bezig te zijn. Niets gaat vanzelf en ook het ontwerpen zal persoonlijk gezien stap voor stap ontwikkeld worden. Het maken van een prototype is hierbij een goed hulpmiddel. Door de ontworpen kachel zelf met eigen handen na te maken, kan elk stapje tijdens de productie zelf ervaren worden. Natuurlijk zal dit lastig zijn bij complexe producten, maar bij deze kachels is dit een stuk makkelijker realiseerbaar. Tijdens het project zijn verschillende ontwerp- en fabricagewerkzaamheden aan bod gekomen, waaronder:

- Modeleren
- Maten testen
- DXF-bestanden maken
- Nesten in speciale software
- Platen uitzoeken en bestellen
- Materiaal besparend staal knippen
- Lasersnijden
- Buigen
- Lassen

Alle taken zijn gedaan onder overleg met verschillende personen, zodat het vervaardigen op de best mogelijke manier gedaan kon worden.

Tijdens de fabricageprocessen is veel duidelijkheid gekregen over de manier van werken in de werkplaats. Alles wat ontworpen wordt, dient natuurlijk ook gemaakt te worden. Dit maken kan echter zeer bemoeilijkt worden door het foutief ontwerpen van onderdelen, of door het kiezen van de verkeerde fabricagetechnieken. Doordat de processen zelf uitgevoerd zijn, of in samenwerking met een professional, is het duidelijk geworden of de gekozen manieren handig zijn of juist niet. Achteraf bleek dat het een goed product was om te maken. Er is vooral veel 'gevaar' ontdekt bij het buigproces. De radii van de buigingen en de plaats waar de bocht begint zijn van groot belang voor perfectie van het model. Wanneer de radius van een vouw niet exact gelijk is, zal dit terug te zien zijn in lengteverschillen tussen de platen. Wanneer het begin van de vouw niet op de goede plek is, zal ook een verschil in lengte optreden, waardoor bijvoorbeeld passende onderdelen met overeenkomstige hoeken níet meer in elkaar passen. Dit was een van de oorzaken dat het prototype kieren had en niet overal precies paste. Desondanks was het model zeker geslaagd voor het doel dat ermee voor ogen was, namelijk een stabiele kachel maken. Een extra leerpunt is het model maken zelf. Door het intensief en nauwkeurig werken aan het model, is veel handigheid verkregen in het werken met de betrokken apparaten.

Overtuigen

Wanneer het prototype klaar is, kunnen verschillende personen overtuigd worden. Allereerst kan de ontwerper zelf overtuigd worden over bepaalde zaken. De werking of het uiterlijk van bepaalde delen of het geheel, kan beter bekeken worden bij een prototype. Zaken die digitaal over het hoofd zijn gezien, kunnen op zo'n moment juist naar voren komen. Wanneer er geen vergelijkingen nodig zijn, maar wanneer de ontwerper het product gewoon tastbaar wil hebben, kan het prototype ook op esthetisch gebied een overtuigend gevoel geven. Hierdoor voelt de ontwerper voldoening en is hij trots op hetgeen ontworpen is. Dit gold ook voor de kachel, want nadat het prototype afwas was iedereen bij het bedrijf, in de werkplaats en de ontwerper zelf tevreden over het design en de

samenhang tussen de onderdelen. Na het ontwerpproces vond een Sales Meeting plaats bij Esschert. Hier werden de nieuwe producten uit de catalogus gepresenteerd en beargumenteerd. Studenten die een stage liepen, kregen de mogelijkheid hun eigen werk uitgebreid voor te leggen aan de belanghebbenden. De kachels zijn hier gepresenteerd en deze presentatie is ondersteund door het prototype. Buiten de afbeeldingen die een goed beeld schetsten van de gang van zaken rondom het model, gaf het prototype een extra dimensie aan deze uitleg. Men werd nu in staat gesteld om een één op drie model met eigen handen aan te kunnen raken. Dit geeft de potentiële inkopers direct een beter beeld bij hoe de kachel in werkelijkheid zal worden.



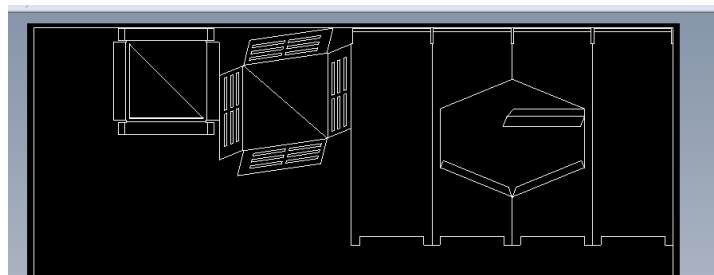
Figuur 90. Fabricageproces van het schaalmodel

In figuur 90 is het fabricageproces van het schaalmodel te zien. De handelingen zijn zelf of in samenwerking met de werkplaatsmedewerker uitgevoerd. De platen zijn op maat geknipt en vervolgens zijn de onderdelen uitgesneden met het lasersnij-apparaat. De onderdelen zijn door middel van magneetklemmen stuk voor stuk verbogen. De nauwkeurigheid was niet optimaal, maar dit kwam met name doordat de ervaring met het apparaat nihil is.



Figuur 91. Kartonnen concept 4

Van het vierde concept is een kartonnen model gemaakt. Dit is vrijwel op dezelfde manier gedaan, maar dan makkelijker. Met behulp van een nestprogramma zijn de onderdelen in 'flat pattern' vorm afgedrukt. Na het uitknippen en vouwen kon de kachel op kleine schaal in elkaar gezet worden. Ondanks de onnauwkeurigheid van karton, is het mogelijk om problemen tijdig te ontdekken. Een voorbeeld van een ontdekt probleem was de te brede vuurbak. Gedacht werd dat deze zou passen door hem iets te kantelen, maar het bleek nodig om de hoeken af te vlakken, zodat de bak op een normale manier geplaatst kan worden.



Figuur 92. Uitslag concept 4

Conclusies en Aanbevelingen

Conclusie

Nu alle fases doorlopen zijn, kan teruggeblikt worden op de verkregen resultaten. In de opdrachtomschrijving zijn de punten besproken die aan het eind van het project afgerond dienen te zijn. Het ontwerpen van vier kachels, allen behorend tot dezelfde lijn, is de globale opdracht van het project. In de detailleringsfase staan vier verschillende modellen afgebeeld, dus er kan geconcludeerd worden dat dit gelukt is. Aan de andere eisen is grotendeels voldaan. Het zijn luxe designkachels geworden die qua prijs, maar ook qua design de hogere doelgroep aan zullen spreken.

De analysefase is uitgebreid uitgevoerd en er is vrijwel met alles wat van belang is voor een buitenkachel rekening gehouden. Door deze uitgebreide analyse kan een zo volledig mogelijk beeld geschetst worden van de zaken die een rol spelen om een succesvol product te ontwerpen. Het marktonderzoek gaf een goed beeld van wat er zoal bestaat en wat de invloed van bepaalde eigenschappen op de prijs is. Elk onderzoek heeft bijgedragen aan een soepele overgang tussen het omzetten van kennis naar ideeën.

De ideefase was vrij kort vergeleken met eerdere projecten. Dit komt doordat het idee aangeleverd is. Men had iets op papier staan, waar men aan vast wilde houden. Er kon echter nog niets mee gedaan worden. Het is in een aantal stappen gelukt om dit idee om te zetten naar een fundament voor de kachellijn. In de conceptfase is dit idee ontwikkeld tot een concept. Enkele belangrijke kenmerken van dit eerste model zijn terug te zien in de andere kachels. De concepten vertonen onderlinge samenhang, maar verschillen toch zodanig dat de klant de keuze heeft tussen vier unieke producten. De eindverantwoordelijke heeft de concepten gekozen, dus de mening van een ander staat hier als het ware centraal. De eigen inbreng in de concepten ligt echter in het aanleveren van concepten, waar de baas uit kan kiezen. De kachels zijn dus stuk voor stuk, ondanks dat ze niet allemaal geproduceerd gaan worden, toch zelf bedacht en ontworpen. Over de keuze valt altijd te twisten, maar of de gekozen concepten succesvol zijn, kan pas duidelijk worden als de producten daadwerkelijk te koop zijn.

De detailleringsfase bestrijkt het grootste deel van het project. De verdeling van de concepten in onderdelen is een van de belangrijkste stappen die gedaan zijn. Er hangt veel af van deze onderdelen, bijvoorbeeld de sterkte van de kachel, de sterkte van de onderdelen zelf, de nestbaarheid, de verkoopbaarheid, de kosten en de fabricage. Er is veel tijd besteed aan het succesvol doorlopen van deze fase van het project. Alle ideeën zijn getest en waar mogelijk aangepast om het een en ander te verbeteren. Het verdelen van de kachel tot onderdelen, stond op bepaalde momenten een beetje in contrast met de gestelde eisen in het PvE. Het ideale nesten en het voorkomen van lasnaden is op sommige momenten gelaten voor wat het is, om zo een verkoopbaarder product te creëren. De detaillering van de producten zal in de toekomst echter nog aangepast kunnen worden. Dit om in de buurt te komen van de targetprijzen die Esschert aan de producten stelt.

Het project is in de loop der tijd een stuk uitgebreider geworden, doordat er in plaats van één kachel, vier kachels ontworpen moesten worden. Om deze reden is het een tijdrovend project geworden, waar aan elke fase veel aandacht is besteed. Er is gekozen voor een breed resultaat, waarbij elk aspect van het project zover uitgewerkt is, dat er met tevredenheid naar teruggekeken kan worden. Er is niets achterwege gelaten wat betreft de vormgeving en de uitwerkingen van de onderdelen. De eindresultaten zijn bevredigend en dit is door middel van een prototype bevestigd. Het schaalmodel

geeft aan dat het eerste product weinig tot geen fouten bevat, zodat de assemblage van de onderdelen ook vlekkeloos kon verlopen.

De eindresultaten bestaan uit twee hoge en twee lage kachels. Deze hoge kachels lijken sterk op elkaar, maar de een is duidelijk een stuk robuuster. De mogelijkheden zijn voor beide kachels gelijk. De lagere modellen verschillen wat meer ten opzichte van elkaar. De een is vrij standaard, maar toch aangepast aan de kenmerken van de kachellijn. De andere kachel is uniek qua vorm en is als het ware een tot een kunstobject omgevormde vuurkorf. Op deze manier heeft de klant een brede keuze en kan in zijn behoeftes worden voorzien.

Wat betreft de prijs, kan er flink gediscussieerd worden. Wanneer men kijkt naar wat er op de markt zoal te koop is, kan de prijs van de ontworpen kachels omhoog gaan. De duurzaamheid en het design maken het een duur product, waardoor het geen schande is dat dit terug te zien is in de prijs. Wanneer er teveel vast gehouden wordt aan de prijzen van de huidige producten of aan de grote marge tussen in- en verkoopprijs, zal het bijna onmogelijk zijn deze kachels te produceren.

Aanbevelingen

Nu het project afgelopen is, valt er zeker nog wat aan te passen aan de producten.

- De aanmaakhoutplaat van het eerste concept kan stabiel gemaakt worden, zodat het hout makkelijker opgeslagen kan worden. Uit het schaalmodel blijkt dat deze plaat makkelijk kan verschuiven.
- Er moeten meer grill-mogelijkheden komen. Op dit moment heeft alleen de eerste kachel een mogelijkheid voor een grillplaat
- Het transport kan verder geoptimaliseerd worden. Er kan door middel van een verandering van de onderdelen wellicht een nog idealere nesting plaatsvinden.
- De kachels kunnen zodanig aangepast worden, dat de onderdelen nog minder metaalafval veroorzaken tijdens de productie. Wanneer meer metaal van de plaat benut wordt, kan men bijdragen aan meer efficiëntie. Dit is beter voor het milieu.
- De ruimte tussen het vuur en het opslaghout kan veiliger gemaakt worden.
- De inkooprijzen van de producten zullen iets kunnen stijgen, aangezien de kachels alleen aan materiaalkosten al een aanzienlijk bedrag zullen kosten.

Reflectie

Persoonlijk gezien kan met tevredenheid worden teruggekeken op dit project en de resultaten. Deze tevredenheid wordt vergroot doordat de personen bij Esschert enthousiast zijn over de ontworpen concepten. Het belangrijkste is natuurlijk dat de eindverantwoordelijken bij het stagebedrijf iets in handen hebben waar ze achter staan en waar ze dus mee verder kunnen.

De weg naar het product toe had een stuk minder omslachtig gekund, aangezien er niet altijd genoeg mogelijkheden tot overleg waren. Een aantal momenten moest er dusdanig veel opnieuw gedaan worden, dat er in totaal ongeveer anderhalf week aan tijd besteed is aan het aanpassen van onderdelen. De aanpassing had echter op tijd ingezien kunnen worden, wanneer er iets uitgebreider overleg plaats zou hebben gevonden. In dit geval was de eindverantwoordelijke het oneens met een beslissing die twee weken eerder gemaakt is naar aanleiding van een eerder gesprek. Een kleine beslissing had uiteindelijk grote gevolgen qua tijdverlies. Naast deze communicatiefout zijn er verder geen problemen geweest wat betreft samenwerking. De collega's bij Esschert stonden continu klaar om vragen te beantwoorden en waar mogelijk te begeleiden. Dit is een basis voor een goede samenwerking en een geslaagde stage.

Het project is een zeer leerzame periode geweest in mijn ontwikkeling tot industrieel ontwerper. Alle ontwerpfases zijn hier doorlopen en doordat het een individueel project is maak je zelf alles voor de volle honderd procent mee. Met name op het gebied van SolidWorks heb ik me ten opzichte van voor het project zeer goed ontwikkeld. De kennis was weggezakt en staat nu weer paraat. Naast deze eerdere kennis is er ook zeer veel nieuwe kennis opgedaan, door middel van online tutorials en het urenlang spelen met het programma. Ook de samenwerking met collega's op het gebied van het ontwerpen van producten is leerzaam geweest. Natuurlijk zijn deze situaties door middel van groepsprojecten al goed nagebootst, maar toch brengt dit iets meer met zich mee, doordat er ook extern overleg plaatsvindt met leveranciers en inkopers. Dit proces van hoor en wederhoor is leerzaam en goed om zelf te ervaren. De gang van zaken in een bedrijf met verschillende afdelingen is nu een stuk duidelijker geworden. Dit houdt tevens in dat de gevaren van dit afdelingenprincipe ervaren zijn, aangezien de communicatie een aantal keer zeer belangrijk bleek te zijn.

Bronnenlijst

-
- ⁱ <http://www.esschertdesign.com/nl/>

 - ⁱⁱ <http://www.tuinhaardtotaal.nl/#Informatie>
<http://maandagmeubels.nl/pages/prairie.html>
<http://www.conmoto.be/producten/buitenhaarden/>
http://www.terrasenco.nl/TerrasenCo/LinkerMenu/Onzeproducten/Producten/b-RVS_Houtkachel.aspx

 - ⁱⁱⁱ [http://nl.wikipedia.org/wiki/Trek_\(schoorsteen\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Trek_(schoorsteen))
<http://www.jotul.com/nl/wwwjotulnl/Main-Menu/Informatie-en-goed-advies/Schoorstenen-en-trek-/>

 - ^{iv} <http://www.bouwkavels.nl/media/haarden/Rookkanaal-poujoulat.gif>

 - ^v <http://www.jotul.com/nl/wwwjotulnl/Main-Menu/Informatie-en-goed-advies/Efficient-gebruik--Warmteafgifte/>

 - ^{vi} http://www.baileyartform.co.uk/media//Corten_Steel_Data.pdf
<http://www.cortenweervaststaal.nl/>
<http://www.centralsteelservice.com/cor-ten.htm>
http://www.cmstaal.nl/docs/CM_Staal_plaatmateriaal.pdf

 - ^{vii} <http://www.frst.nl/vw-racing/>

 - ^{viii} Mechanische verbindingprocessen voor dunne plaat en buis - M. de Nooij (2003)

 - ^{ix} Het MCB-Boek – Metaal Compagnie Brabant (1966)

 - ^x STAINLESS-stainless steels and their properties - Béla Leffler (1998)

 - ^{xi} <http://www.centralsteelservice.com/cor-ten.htm>

 - ^{xii} Hyperphysics - C.R.Nave (1998) (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thexp.html>)

 - ^{xiii} <http://nl.wikipedia.org/wiki/Uitzettingsco%C3%ABffici%C3%ABnt>
Hyperphysics - C.R.Nave (1998)