

Ontwerp van een gadget voor Plant-e

Uitgevoerd voor Plant-e B.V.

Sander Fennema

08-08-2012

Universiteit Twente

Industrieel Ontwerpen



Plant-e

“Ontwerp van een op bio-elektriciteit gebaseerd consumentenproduct”

Sander Fennema
s0201650

Opleiding Industrieel Ontwerpen te Enschede

Datum tentamen: 29-08-2012

Plant-e B.V.
Wageningen University
Building: Biotechnion
Bomenweg 2
6703 HD Wageningen
The Netherlands

Examencommissie:
dr. ir. H.J.M. Geijselaers
ing. R.E. Wendrich
dr.ir. D.P.B.T.B. Strik



Voorwoord

Drie maanden ben ik nu bezig geweest met mijn Bacheloropdracht bij Plant-e B.V. Zoals met veel zaken krijg je achteraf pas door wat er in die maanden eigenlijk voor werk verzet is. Met behulp van een technologie en een hoop ideeën is er een compleet concept ontworpen.

Rond maart kwam de opdracht van Plant-e voorbij. Het leek mij een interessante opdracht, wat vooral kwam door de technologie waarmee Plant-e zich bezig houdt. Na een oriënterend gesprek en een kleine rondleiding bleek ik de plek voor mijn Bachelor Opdracht gevonden te hebben.

Ik zou graag de volgende mensen willen bedanken; David Strik en Marjolein Helder van de firma Plant-e voor hun enthousiasme, medewerking en ondersteuning, Robert Wendrich voor zijn positieve kritiek en inspiratie en Momo, Yonghzi en Maaïke voor de mooie werkdagen.

Voor de ondersteuning bij het realiseren van het model wil ik graag Wicha Benus en Sander Smit bedanken.

Ook zou ik Wouter Scheerders graag willen bedanken voor zijn Engelse hulp.

Tot slot kan ik trots vermelden dat ik naar aanleiding van deze opdracht ben gevraagd om voor Plant-e om nog een aantal maanden verder te werken aan dit product. Voor zowel Plant-e als ondergetekende is dit een nuttige samenwerking gebleken.

Sander Fennema



Inhoudsopgave

Voorwoord	4	3.5 Conceptrichtingen	33
Inhoudsopgave	5	3.6 Systeemontwerp	36
Samenvatting	6	4. Eindfase	38
Nederlands	6	4.1 Concept	38
English	6	4.2 Kosten	40
1. Inleiding	7	4.3 Productie	41
2. Voorfase	8	4.4 Model	42
2.1 Plan van Aanpak	8	4.5 Visie	43
Gepland doel	8	5. Conclusies en aanbevelingen	50
Geplande aanpak	10	6. Bijlagen	52
2.2 Doelgroep	12	6.1 Elektrische componenten	52
2.3 Plant-e Technologie	13	6.2 Kostenberekening	55
2.4 Scope	15	6.3 Materialen	57
2.5 Programma van Eisen	17	6.4 Productie	57
2.6 Concurrentieanalyse	18	6.5 Technische tekeningen	58
2.7 Eerste ideeën	19	6.6 Referenties	65
3. Ontwerpfase	31	6.7 Gebruikte software	65
3.1 Technologie	31		
3.2 Elektrische componenten	31		
3.3 Solidworksmodellen	32		
3.4 Planten	33		

Samenvatting

Nederlands

Deze opdracht is uitgevoerd bij Plant-e B.V., een spin-off vanuit de Wageningen Universiteit die de technologie bezit waarmee er energie uit groeiende planten kan worden gehaald.

Dit project is gestart met het schrijven van een Plan van Aanpak, waarmee de basis is gelegd voor het verdere verloop van de opdracht. Het beslaat een deel oriënteren wat betreft de opdrachtgever, een deel over de opdracht en de bijkomende uitdagingen en een deel strategieën en planning voor de uitvoering.

Met deze basis is er gestart met het uitvoeren van de opdracht. Het definiëren van de doelgroep, het onderzoeken van de technologie en het zoeken van de sterke en zwakke punten van Plant-e B.V. behoorden tot de taken in deze fase. Hieruit kwam vooral naar voren dat Plant-e met hun technologie een goede kans heeft om een creatief en uniek product op de markt te zetten.

Vanuit de gevonden sterke punten van Plant-e is er gestart met het schetsen van ideeën en associaties die gebruikt zouden kunnen worden in het gadget. Duurzaamheid, toepassingen voor de elektriciteit en vormstudies waren onderwerpen die hierbij behandeld zijn.

Vervolgens is er gestart met het onderzoeken van toepassingen die bruikbaar leken voor in het gadget. Licht, geluid en tijd waren hierbij de drie richtingen. Met behulp van Raw Shaping is er voor elk van deze richtingen een prototype gemaakt. Hierdoor was te zien dat zowel licht als geluid een goede optie zouden zijn voor in het gadget.

Tegelijkertijd is er begonnen met het systeemontwerp. Hoe is de technologie van Plant-e te verwerken in een klein product? In overleg met Plant-e is dit systeemontwerp aangepast en geoptimaliseerd tot op een (theoretisch) werkend niveau.

Voor het uiteindelijke concept is de toepassing verwerkt in het systeemontwerp. Vervolgens is er een prototype vervaardigd waarmee de werking gedemonstreerd kan worden. Hierbij zijn uiteraard een aantal zaken naar voren gekomen die in een volgende versie verbeterd of aangepast moeten worden.

Ten slotte is het gehele project zowel in tekst als in beeld vastgelegd, waarvan U nu het totale overzicht in handen heeft.

English

This Bachelor thesis has been executed at Plant-e B.V., a spin-off from the Wageningen University, Plant-e which possesses a technology with which energy can be harvested out of living plants.

This project started with a research proposal, which was the base for the whole assignment. This research proposal consisted of an orientation on the client, a part about the assignment and its attendant challenges and the strategies and planning for the execution.

After finishing this proposal the work on the assignment started. The first phase included defining the target group, investigating the technology and searching for the strengths and weaknesses of Plant-e. The most important conclusion after this phase was that Plant-e has a good chance of designing and producing a creative and unique product with their technology.

Based on the strengths found in the first phase some sketching of ideas and associations for the coming gadget was started. Ideas considering sustainability, electrical applications and form studies were explored in these sketches.

The next step dealt with the electrical applications that could be used in the gadget. The three directions that have been chosen were; light, sound and time. Raw Shaping was used to make a prototype for each of these directions, after which light and sound appeared to be the best applications to be used in the gadget.

At the same time the designing of the system design was started. The most important question here; how can Plant-e's technology be configured to work in a small product? In consultation with Plant-e the system design was adjusted and optimized until it reached an adequate level.

In the final concept the system design and the electrical application are combined. Then a prototype was made with which the working can be demonstrated. Of course a number of problems emerged here that need to be improved or adapted in a future (re)design.

During the whole project everything was textually and visually captured, the total survey of which is presented to you here.

1. Inleiding

Dit verslag is geschreven als een rondleiding door het ontwerpproces voor de ontwikkeling van een gadget voor Plant-e B.V. Het primaire doel van dit traject was het ontwerpen van een product gebaseerd op de technologie van Plant-e B.V., dat zowel verkocht kan worden aan consumenten en weggegeven kan worden als gadget.

Plant-e B.V. (hierna: Plant-e) is een bedrijf dat de technologie ontwikkelt heeft waarmee het mogelijk is om uit levende planten energie te halen. Deze technologie is tot op heden vooral in laboratoria getest, maar nu wil Plant-e het graag naar de markt brengen. Door middel van het ontwerpen van een gadget is wil men hiermee de eerste stap maken. Hiermee wil Plant-e bekendheid en aandacht krijgen bij potentiële klanten, stakeholders en het grote publiek.

Het gadget zal dienen als een visitekaartje van de technologie, maar het is uiteindelijk de bedoeling dat deze technologie op grotere schaal wordt gebruikt.

De doelstelling van de opdracht is onder andere het vaststellen van de doelgroep en het onderzoeken van mogelijke concurrenten. Verder was het belangrijk de technologie eigen te maken en deze op een nuttige manier te verwerken in een handzaam product.

Dit verslag neemt U langs de Voorfase, de Ontwerpfase en tot slot de Eindfase. In de Voorfase is er onderzoek gedaan naar verscheidene relevante aspecten; de doelgroep, de planten, de technologie en de zwakke en sterke punten van Plant-e.

In de Ontwerpfase is de vertaalslag gemaakt van de informatie naar industrieel ontwerpen. Er is dieper ingegaan op de technologie, op het systeemontwerp en de toepassing die in het product verwerkt moest worden.

Tot slot is er in de Eindfase gewerkt aan de detaillering, het vervaardigen van een model en het uitwerken van een visie.



2. Voorfase

De Voorfase loopt van het Plan van Aanpak langs de doelgroep, de technologie van Plant-e, de scope, het Programma van Eisen en een korte concurrentieanalyse tot het schetsen van de eerste ideeën.

2.1 Plan van Aanpak

Gepland doel

Actoranalyse

Plant-e is een bedrijf dat producten ontwikkelt en produceert waarin levende planten elektriciteit genereren. Het is een spin-off van de Universiteit Wageningen, waarmee de twee oprichters in 2009 begonnen zijn. Aangezien ze het patent op deze technologie hebben gekocht van de Universiteit Wageningen zijn ze vrij om te onderzoeken en ontwikkelen naar eigen inzicht.

Hetgeen dat de opdrachtgever kenmerkt is het feit dat ze, zover bekend, de enige zijn met deze technologie. Dit geeft de mogelijkheid om als eerste een goed product op de markt te zetten in deze categorie.

Vorig jaar is men begonnen met een pilot om de technologie te testen en om aan verschillende aspecten metingen te verrichten. Dit is naar verwachting verlopen en daarom zal het ook mogelijk zijn om de technologie verder te optimaliseren en op de markt te gaan brengen. Het staat op de planning om in 2013 het eerste product op de markt te zetten.

Qua positionering op de markt kan er onderscheid gemaakt worden tussen de energiekant van het product evenals de groenkant van het product.

Aangezien de technologie zeer geschikt is om te gebruiken op platte daken, komt men in het vaarwater terecht van bedrijven die de zogenaamde 'groendaken' verzorgen. Deze daken zorgen voor isolatie en eventueel een fraaier aanzicht.

Aan de andere kant zal de technologie moeten opboksen tegen zonne-energie, die veelal ook gewonnen wordt op daken. Die technologie is al veel verder en levert per m² dan ook meer energie op. Een

voordeel voor Plant-e is echter dat zij met hun technologie de energie velen malen duurzamer kunnen opwekken.

De belanghebbenden zijn allereerst de twee personen die met Plant-e begonnen zijn; David Strik en Marjolein Helder. Zij investeren zowel tijd als geld om de technologie op de markt te brengen. Een andere belanghebbende is Pre-Seed Grant, die onlangs een kwart miljoen hebben geïnvesteerd in Plant-e.

Plant-e heeft al de mogelijkheid om de technologie op kleine schaal te gebruiken en dat is ook wat men graag wil zien.

Projectkader

De grootste uitdaging van Plant-e ligt in het feit dat de technologie er is, maar dat er gaan concrete producten te verkopen zijn. Vanuit meerdere hoeken is er interesse getoond in de technologie en de mogelijkheden, maar het probleem is dat Plant-e hier nog niet op kan inspelen met een product.

De achtergrond van dit probleem is te vinden in het feit dat Plant-e bestaat uit een kern van twee enthousiaste onderzoekers, die vooral met het onderzoeken van de technologie bezig zijn geweest. Door middel van stages en afstudeeropdrachten betrekken zij andere vakgebieden bij het bedrijf, maar dat zijn uiteraard tijdelijke oplossingen.

Het doel van de opdrachtgever is om per 2013 met producten op de markt te komen die zowel aan particulieren als bedrijven verkocht gaan worden.

Plant-e heeft voor het product dat bestemd is voor de consumentenverkoop het idee van een product met een handzame grote en gewicht, denk hierbij aan de grote van een bloempot met plant. Het gaat hierbij om een product dat verkocht kan worden via tuincentra en dient als gadget dat vanuit Plant-e verkocht kan worden.

Er zijn vier componenten die in ieder geval in het product verwerkt zullen moeten worden;

1. Een plant
2. Een component waar de plant in kan groeien
3. De technologie van Plant-e waarmee energie uit de plant gehaald kan worden
4. Een elektrisch component dat gebruik maakt van die energie

Belang plant;

- In goede conditie houden
- Mogelijkheid tot verzorgen

Belang plant component;

- Zo duurzaam mogelijk
- Stevige constructie

Belang technologie;

- Genereren van energie
- Moet werken gedurende gehele levensduur plant

Belang elektrisch component;

- Technologie demonstreren
- Bestand zijn tegen biologische omstandigheden

Belang uitstraling;

- Overbrengen van het achterliggende principe
- Overbrengen van het 'groene' imago
- Betrokkenheid

2. Voorfase

Plant-e wil haar technologie graag bekend maken aan het grote publiek en daarom is het van belang dat er een product komt waarmee dit te realiseren is. Een consumentenproduct gebaseerd op haar technologie is daarbij de gezochte oplossingsrichting.

Het probleem van de huidige situatie schuilt vooral in het feit dat er nog geen dergelijk product invulling geeft aan die behoefte.

Doelstelling

Het bedrijf Plant-e wil in het jaar 2013 haar eerste product(en) op de markt brengen. Doel van de opdracht is het daarom ontwerpen van een handzaam en duurzaam product dat aansluit op de doelgroep van Plant-e en gebaseerd is op de technologie van Plant-e, zodat hiermee een eerste stap gemaakt kan worden naar het op de markt brengen van een consumentenproduct.

Dit kan gerealiseerd worden door het analyseren van de mogelijk doelgroep van het product en distributiekkanalen, het onderzoeken van mogelijkheden om de technologie van Plant-e te verwerken in een concreet product, en het ontwikkelen van concepten met deze technologie. Het te leveren eindresultaat zal een uitgewerkt concept zijn.

Dit onderzoek zal worden uitgevoerd gedurende 3 maanden.

Vraagstelling

1. Op welke manier kan er het best ingespeeld worden op de vraag naar duurzaamheid van de doelgroep en het bedrijf?

Op welke doelgroep zal het product gericht zijn?

Via welke kanalen zal de doelgroep aan het product willen komen?

Welke wensen heeft het bedrijf op het gebied van doelgroepkeuze?

2. Hoe functioneert de technologie?

Uit welke componenten bestaat de technologie?

Hoe flexibel zijn de componenten van de technologie toe te passen?

Zijn er fysieke beperkingen wat betreft de componenten (waterbestendigheid, warmte, grote)?

3. Welke invulling kan aan de componenten gegeven worden?

Welke componenten heeft het product nodig?

Welke biologische beperkingen zijn er wat betreft de plant?

Op welke manier wordt het product verkocht? (bouwpakket, geheel product, geïntegreerd?)

Wat zijn de beperkingen van de benodigde componenten?

Op welke manier kunnen deze beperkingen gecompenseerd of opgelost worden?

4. Hoe kan invulling worden gegeven aan het te ontwerpen product?

Welke eisen en wensen zijn er vanuit Plant-e?

Welke functies vervult het product?

Hoe is het mogelijk om het product zo duurzaam mogelijk te realiseren?

Hoe kan de technologie van Plant-e nuttig en zichtbaar verwerkt worden in het product?

5. Waar voldoet een goed concept aan?

Hoe voldoet het concept aan de gestelde eisen en wensen?

In hoeverre vervult het product alle functies?

Hoe verhoudt het product zich ten opzichte van conceptueel vergelijkbare producten op de markt?

Hoe onderscheidt het product zich ten opzichte van andere plantproducten?

6. Hoe kan dit concept gerealiseerd worden?

Welke productieprocessen komen in aanmerking?

Met welke budget kan het project opgestart worden?

Voor welke verkoopkanalen wordt er gekozen?

Begripsbepaling

Consumentenproduct;

Product dat via groencentra (zoals bijvoorbeeld tuinentra) aan consumenten verkocht wordt en als gadget namens Plant-e verkocht kan worden.

Fotosynthese;

Proces waarbij planten gebruik maken van (zon)licht en zuurstof om organische stof aan te maken om van te groeien en te leven.

Doelgroep;

Mensen die aangesproken wordt door het duurzame gedachtegoed van het te ontwerpen product en interesse hebben in planten.

Duurzaam;

Eigenschap van het product waarmee de milieubewustheid getypeerd wordt.

Bio-elektriciteit;

Elektriciteit opgewerkt met behulp van organisch materiaal.

Plant-MFC;

Plant Microbial Fuel Cell, concept waarin levende planten en micro- organismen een elektrochemisch systeem vormen waarmee duurzaam energie gewonnen kan worden.

2. Voorfase

Geplande aanpak

Strategie en materiaal

De belangrijkste strategie om tot een aantal concepten te komen zal de case study zijn. Om een overzicht te krijgen van de strategieën en de benodigde materialen, zijn deze per deelvraag opgesteld. (Tabel 2.1a)

Vraag	Strategie	Materiaal/Bronnen	
1a	Marktonderzoek Interview	Consumenten Personen	Kopers groenproducten Personeel Plant-e
1b	Marktonderzoek	Consumenten	Kopers groenproducten
1c	Interview	Personen	Personeel Plant-e
2a	Inhoudsanalyse Interview	Materiaal Personen	Pilot/materiaal Plant-e Personeel Plant-e
2b	Interview	Personen	Personeel Plant-e
2c	Interview Inhoudsanalyse	Personen Materiaal	Personeel Plant-e Materiaal Plant-e
3a	Interview	Personen	Personeel Plant-e
3b	Case study Interview	Literatuur Personen	Informatie over planten Personeel Plant-e
3c	Interview	Personen	Personeel Plant-e
3d	Case study	Materiaal Plant-e	Fysische eigenschappen
3e	Case study	Materiaal Plant-e	Fysische eigenschappen
4a	Interview	Personen	Personeel Plant-e
4b	Interview Evaluatie analysefase	Personen Documenten	Personeel Plant-e Programma van Eisen
4c	(Literatuur)onderzoek	Documenten/literatuur	Literatuur over mogelijke materialen
4d	Case study	Onderzoek	Ideeën
5a	Evaluatie	Documenten	Programma van Eisen
5b	Evaluatie	Documenten	Programma van Eisen
5c	Evaluatie marktonderzoek	Documenten/literatuur	Marktanalyse
5d	Evaluatie marktonderzoek	Documenten	Marktanalyse
6a	Case study	Documenten/literatuur	Productieprocessen
6b	Case study Interview	Documenten/literatuur Personen	Literatuur productiekosten Personeel Plant-e
6c	Marktonderzoek Interview	Literatuur Personen	Marktanalyse Personeel Plant-e

Tabel 2.1a

2. Voorfase

Planning

Gedurende het traject wordt om de week bijgehouden wat er gedocumenteerd moet worden en wat er reeds gedocumenteerd is (zie Figuur 2.1b). Op deze manier is het aan het einde van het traject eenvoudiger om het verslag samen te stellen.

Knelpunten

De meeste knelpunten zullen zich in de ontwerpfase en de detailleringfase bevinden. Zo kunnen er moeilijkheden ontstaan bij het 'model vervaardigen' en het prototype. Dit heeft te maken met de

beschikbaarheid van zowel de grondstoffen als de mogelijkheden tot het vervaardigen van beide.

Dit knelpunt kan opgelost worden door tijdig te informeren naar de mogelijkheden van beide en door hiervoor een alternatief te opperen.

Een algemeen knelpunt zal de haalbaarheid van het prototype zijn. Het is niet goed te voorspellen in hoeverre dit haalbaar is, omdat geen van de partijen een goede inzicht heeft wat betreft de omvang van deze mogelijkheid.

Ook hier is het belangrijk vooruit te plannen en de haalbaarheid van tevoren goed in te schatten. Feit blijft dat het Plan van Aanpak een levend document is, wat dit mogelijk maakt.

Fase /Week	16 (19-22)	17 (23-29)	18 (30-6)	19 (7-13)	20 (14-20)	21 (21-27)	22 (28-3)	23 (4-10)	24 (11-17)	25 (18-24)	26 (25-1)	27 (2-8)	28 (9-15)	29 (16-22)	30 (23-26)	Tijdsbestek (weken)	Uitloop (weken)
Voorfase																	
Marktonderzoek																2	1
Productanalyse																2	1
Techniekanalyse																2	1
Doelgroepanalyse																2	1
Programma van Eisen																	
Ontwerpfase																	
Materiaalanalyse																2	1
Ontwerpen																2	1
Conceptontwikkeling																3	2
Model vervaardigen																2	2
Model evalueren																2	2
Detailleringfase																	
Details uitwerken																3	1
Productietechnieken uitzoeken																3	2
Prototype																3	1
Voorstellen voor aanpassingen																1	1
Verslaglegging																	
Documenteren																7 keer	-
Verslag samenstellen																2	-

Figuur 2.1b

2. Voorfase

2.2 Doelgroep

Een belangrijke factor in het slagen van het product is de doelgroepanalyse. Deze analyse heeft bij dit project bestaan uit twee delen; ten eerste het definiëren van de doelgroep en ten tweede het visualiseren van de groep.

Definiëren

Het definiëren van de doelgroep is gedaan in overleg met David en Marjolein van Plant-e. Zij zijn de partij die het product uiteindelijk op de markt brengt en hebben daarom veel zeggenschap wat betreft de groep mensen die zij aan willen spreken.

Samen is er gekozen voor een brede doelgroep. De belangrijkste eigenschappen die mensen uit deze doelgroep overeenkomen zijn hun interesse in tuinieren en interesse in nieuwe (duurzame) technieken. De doelgroep is met opzet breed gekozen, omdat het gadget als doel heeft om de technologie van Plant-e te demonstreren. Door deze brede doelgroep raakt er een grotere groep bekend met het gedachtegoed van Plant-e en is de kans groter dan men op den duur zal overwegen om ook groene daken met Plant-e technologie aan te schaffen.

Voor het kaderen van de doelgroep is er een overzicht gemaakt van de karakteristieken die deze groep omschrijven. Zoals al gezegd; de groep is erg breed, maar dat heeft zijn redenen.

- Man/vrouw
- 8 tot 99 jaar
- Alle opleidingsniveau's
- Woonachtig in Nederland
- Interesse in tuinieren/planten/technologie
- Heeft tuinieren als hobby
- Gaat bewust om met het milieu

- Heeft oog voor vernieuwende technische en duurzame oplossingen/toepassingen
- Gaat met de tijd mee
- Brengt regelmatig (6x p/j) bezoek aan tuincentra

Visualiseren

Enkel met woorden is het goed mogelijk om een beeld te creëren van de mensen waarop dit product gericht moet zijn. Het is echter nog eenvoudiger en sprekender om een beeld te geven aan de hand van een collage (Figuur 2.2a). Hierbij een serie beelden die gebruikt kan worden als onderbouwing en visualisering van de doelgroep.



Figuur 2.2a

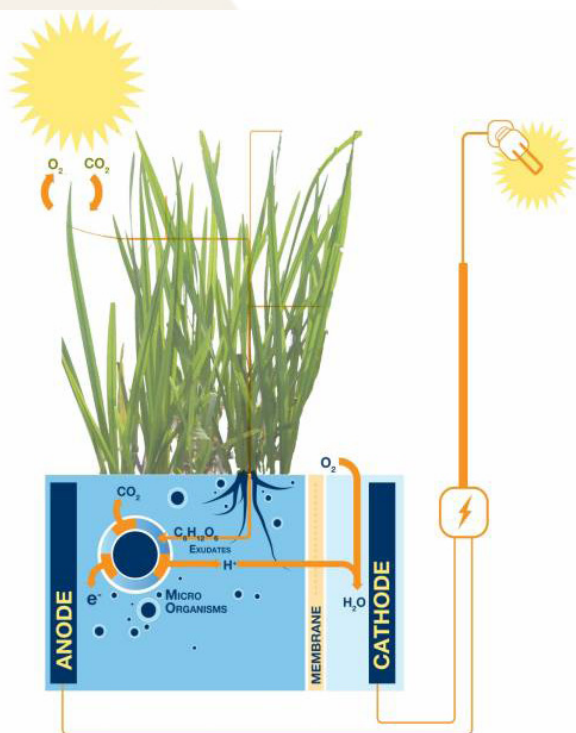
2. Voorfase

2.3 Plant-e Technologie

Eén van de belangrijkste eigenschappen van het product moet het uitdragen van de technologie worden. Om deze technologie goed toe te kunnen passen is het uiteraard van belang om een te weten hoe de technologie werkt.

In figuur 2.3a is schematisch weergegeven welke stappen er doorlopen moeten worden om elektriciteit op te wekken. De eerste stap is er één die in vrijwel alle planten plaatsvindt; fotosynthese. Bij deze reactie maakt de plant aan de hand van (zon)licht en CO_2 organisch materiaal aan. Hiermee kan de plant groeien en scheidt hij bovendien O_2 af aan de lucht.

Afhankelijk van de plantensoort wordt een bepaald percentage van dit organisch materiaal gebruikt om te groeien en om van te leven. Over het algemeen kan gesteld worden dat planten zonder bloemen een



Figuur 2.3a (Strik, 2008)

lager percentage van dit organisch materiaal gebruiken, omdat er veel materiaal nodig is voor het groeien en vormen van de bloemen/vruchten.

Een deel van het organisch materiaal dat de plant niet benut wordt afgescheiden via de wortels. Hiermee belanden we bij de tweede stap. Bacteriën in de grond nemen dit organische materiaal op om te groeien. Bij de reactie die hier plaatsvindt komen onder andere een H^+ -ion en een elektron vrij. Door middel van een membraan gescheiden compartiment gevuld met water is het mogelijk om een potentiaalverschil te realiseren. De protonen verplaatsen zich van de anode via het membraan naar de kathode, terwijl de elektronen de weg naar de kathode afleggen buiten het membraan om. Deze laatste stroom zorgt ervoor dat er elektrische componenten gevoed kunnen worden. (Zie figuur 2.3a)

Uiteraard is er een veel uitgebreidere beschrijving nodig om het gehele proces accuraat en volledig te beschrijven, maar als basis is deze informatie voldoende. Zowel de werking als de benodigde componenten zijn uit dit verhaal te halen, waarmee het een belangrijke basis is voor het te ontwerpen product.

Om de technologie goed te doorgronden zijn er een aantal proefopstellingen gebouwd (zie figuur 2.3b). Op deze manier was het eenvoudiger om te snappen hoe het systeem werkt. Met deze proefopstellingen zijn ook een aantal metingen verricht, om te kijken hoeveel een dergelijk systeem oplevert. Hierover later meer.

De technologie is qua opbouw vrij breed; er zijn veel verschillende opstellingen mogelijk die berusten op hetzelfde principe. Voor deze proefopstellingen is dezelfde opbouw gebruikt als de schematische weergave in Figuur 2.3a.

Onderdelen

Net zoals bij vele andere biologische en chemische reacties is het gebruik van de juiste materialen zeer belangrijk. De keuze voor een slechte of verkeerde materialen kan ertoe leiden dat het product zijn doel volledig mist.

Zo is het ook bij deze technologie. Er zijn een aantal onderdelen



Figuur 2.3b

waarvan de keuze wat betreft materiaal vrij beperkt is, en een aantal waarbij er meer keuze is.

Anode

In de anode vindt de reactie van de bacteriën met het organisch materiaal plaats. Het is belangrijk dat de anode goed geleidt, zodat de elektronen en protonen zonder veel weerstand hun weg vinden naar de kathode. De anode die bij Plant-e vaak gebruikt wordt is actieve kool. Dit is een geleidend materiaal waarin de plant groeit en waarin de bacteriën zich bevinden. Omdat de actieve kool een goede voedingsbodem blijkt voor planten en omdat het goedkoop te verkrijgen is, is dit een goede keuze.

Een tweede onderdeel van de anode is de zogenaamde 'current collector'. Zoals de naam al doet vermoeden 'verzamelt' deze de elektronen uit die door de bacteriën afgescheiden worden. Wat betreft dit onderdeel is er meer keuze en speelt de duurzaamheidsfactor ook mee. Veel beschikbare materialen voor de current collector zijn namelijk niet bepaald duurzaam, denk daarbij aan goud en titanium.

Kathode

De kathode in de gadget verschilt systematisch een fractie ten opzichte van de schematische weergave van de technologie. Het membraan en de kathode zijn daar namelijk in één verwerkt. Dit

2. Voorfase

onderdeel wordt door een ander bedrijf gefabriceerd en aangeleverd en bestaat uit vier lagen. De eerste (buitenste) laag is het membraan, dat ervoor zorgt dat vocht niet uit het product kan. Vervolgens komen er achtereenvolgens lagen met; een koolstofveld, een titaniumrooster en een 'gas diffusion layer'. Deze laatste laag maakt contact met de buitenlucht en is ook opgebouwd uit koolstof.

Water

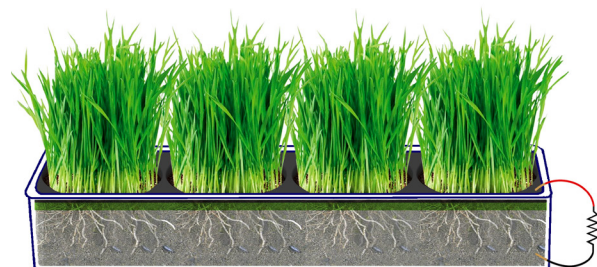
Water is het volgende onderdeel van het systeem. Om het product goed te laten werken zal de plant met het gehele wortelsysteem onder water moeten staan. Hiervoor zijn twee redenen te noemen. Ten eerste komt dit de geleiding binnen het systeem ten goede. Als de actieve kool droog verwerkt zou worden in het systeem hangt de geleiding vooral af van de raakvlakken die de korrels maken. Door hier water bij te voegen is de geleiding niet meer alleen afhankelijk van de raakvlakken, omdat het water ook goed geleidt. Een tweede reden voor het toevoegen van water is dat de reactie waarbij de elektronen vrijkomen, water een onderdeel is van de anaerobe reactie. Hierbij is zuurstof dus niet gewenst. Door het systeem 'onder water' te zetten kan dit risico worden beperkt.

Behuizing

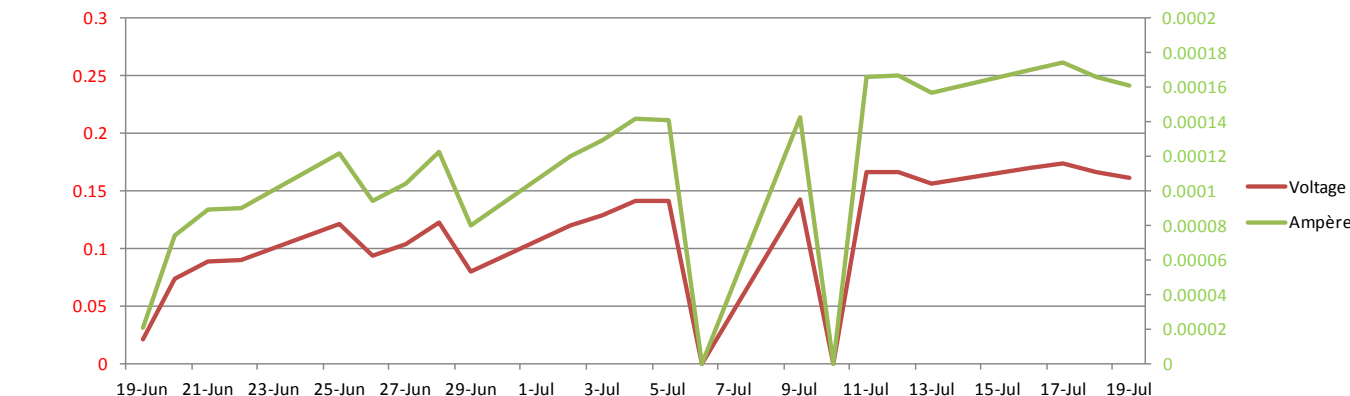
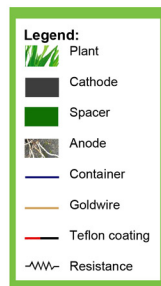
De behuizing het medium is waarin de plant kan groeien. Bovendien moet hierin het actieve kool worden gehouden en is het belangrijk dat het ook een waterdichte oplossing is.

Experiment Plant Voltage

Zoals eerder vermeld zijn er een aantal prototypes gebouwd met



Figuur 2.3c (©Maaik van den Ende)



Figuur 2.3d

Pvc-buizen om bekend te raken met de technologie. Voor deze proefopstellingen werd gebruik gemaakt van grassen als plant en ging het om een klein oppervlak. Als uitbreiding hierop is er ook een grotere opstelling gemaakt. Deze bestond uit drie planten en maakte gebruik van een andere opbouw dan de kleine demo's (figuur 2.3c en 2.3e).

Bij deze opbouw bevindt de kathode zich in de pot waar de plant groeit en ontbreekt het membraan. De kathode wordt gescheiden van de anode door een zogenaamde spacer. Deze spacer zorgt ervoor dat de elektronen niet simpelweg van de anode naar de kathode kunnen, maar de protonen wel.

Gedurende een maand is er tweemaal per dag gemeten welk voltage de plant genereerde. Dit is elke dag op dezelfde tijdstippen gemeten en ook het water geven van de plant werd elke dag op hetzelfde tijdstip gedaan. Deze metingen leveren de grafiek van Figuur 2.3d op.

De metingen zijn gestart op de dag dat de demo in elkaar is gezet. In de eerste drie weken is te zien dat het voltage geleidelijk en onregelmatig oploopt, waarna het vrijwel constant rond de 0.170 V blijft hangen. De dalen zijn te verklaren door het feit dat er die dag(delen) geen metingen zijn verricht.

Ook de stroomsterkte die de plant leverde is uit te rekenen. Gedurende de hele proeftijd is de opstelling in serie geschakeld geweest met een weerstand van 1000Ω.

De opstarttijd die de planten nodig hebben is te verklaren met een aantal redenen. De drie planten die in deze demo

gebruikt zijn werden elk verkocht in een pot met aarde. Doordat de planten in de demo met de wortels onder water stonden in plaats van in de aarde, hebben ze een tijd nodig om te acclimatiseren; de wortels moeten zich aanpassen omdat er minder zuurstof uit het water te halen is. Bovendien dient de reactie van het organisch materiaal en de bacteriën op gang te komen. De bacteriën die hiervoor verantwoordelijk zijn bevinden zich in de potgrond van de planten. De potgrond is echter geheel uit te wortels gespoeld tijdens het maken van de proefopstelling. [Strik, 2008]

Zodoende is de opstarttijd van de demo te verklaren. Er zijn ook kleine proefopstellingen gemaakt waar de planten al gewend waren aan het 'nat staan'. Bij deze planten was dan ook te zien dat het spanning al gelijk stabiel bleef.

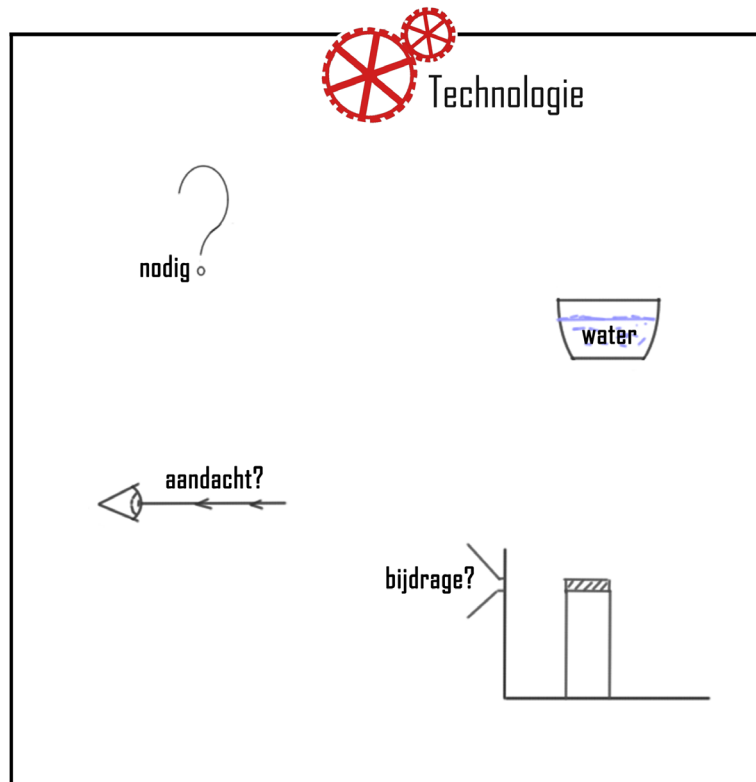


Figuur 2.3e

2. Voorfase

2.4 Scope

Na het lezen van verschillende verslagen en stukken informatie van/ over Plant-e is de omslag gemaakt naar het ontwerpen van een product. Om die omslag te kunnen maken is er een scope gemaakt waarin de sterke en zwakte punten van zowel de technologie als een toekomstig product zijn neergezet. Door middel van deze scope is gelijk te zien waar de mogelijkheden liggen wat betreft de technologie en uit welke hoek de moeilijkheden kunnen komen. De toelichting bij de scope geeft de nodige uitleg bij de verschillende onderdelen.

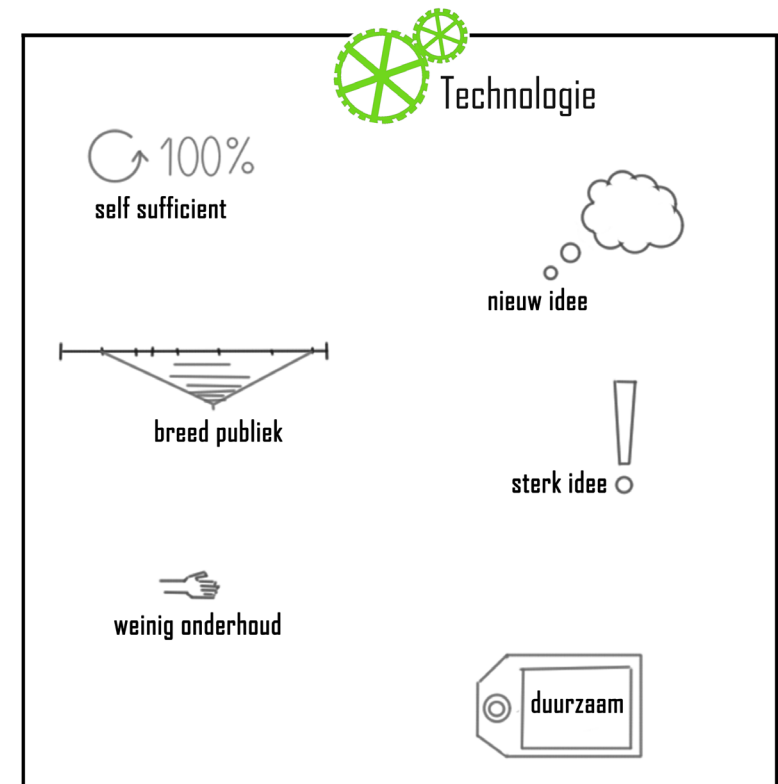


Figuur 2.4a

Scope Techniek - Er zijn een paar aspecten van de technologie waarvan gebruikt gemaakt kan worden voor het maken van een mooi product; Het mooie van de technologie is dat het 100% zelfvoorzienend is, afgezien van het feit dat de plant in leven gehouden dient te worden. Dit is waarom het systeem weinig onderhoud nodig heeft.

Dat het een 'to-good-to-be-true-idee' is zal de technologie ook helpen, mits dit uiteraard goed gecommuniceerd wordt.

Tot slot is het een technologie waarmee een breed publiek aangesproken kan worden en kan het oprecht duurzaam gelabeld worden.



Figuur 2.4b

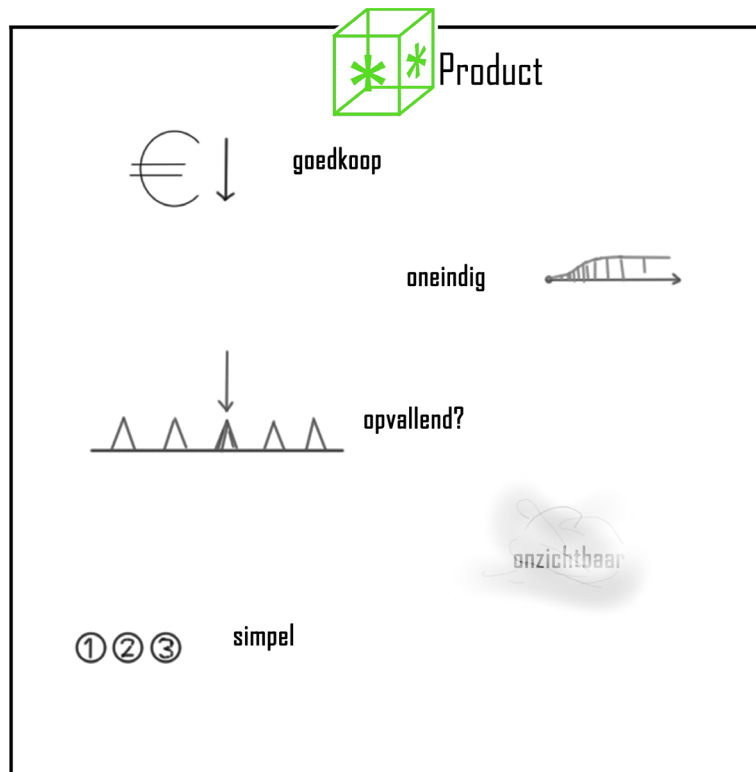
Scope Techniek - Bij het waarnemen en op waarde schatten van de technologie vallen er een aantal zaken op;

Het is zeer belangrijk dat de betreffende plant genoeg water krijgt, omdat het systeem anders stil valt.

Iets wat iedereen zich af zal vragen bij het zien van de technologie is; wat draagt dit nou bij aan energie? Hieruit komt gelijk de vraag omhoog of het dan ook wel nodig is. Het is waarschijnlijk ook de grootste uitdaging om dit helder te krijgen.

Tot slot zal het moeilijk zijn om de juiste aandacht te trekken, aangezien er al zoveel 'groene' oplossingen bestaan.

2. Voorfase



Figuur 2.4c

Scope Product - Wat is zijn de positieve en negatieve aspecten als de technologie in een product wordt gebruikt?

Als Nederlander is het altijd leuk om te weten dat het niet zoveel hoeft te kosten. Bovendien kan het eenmaal gekochte systeem in principe een oneindig hoeveelheid energie leveren.

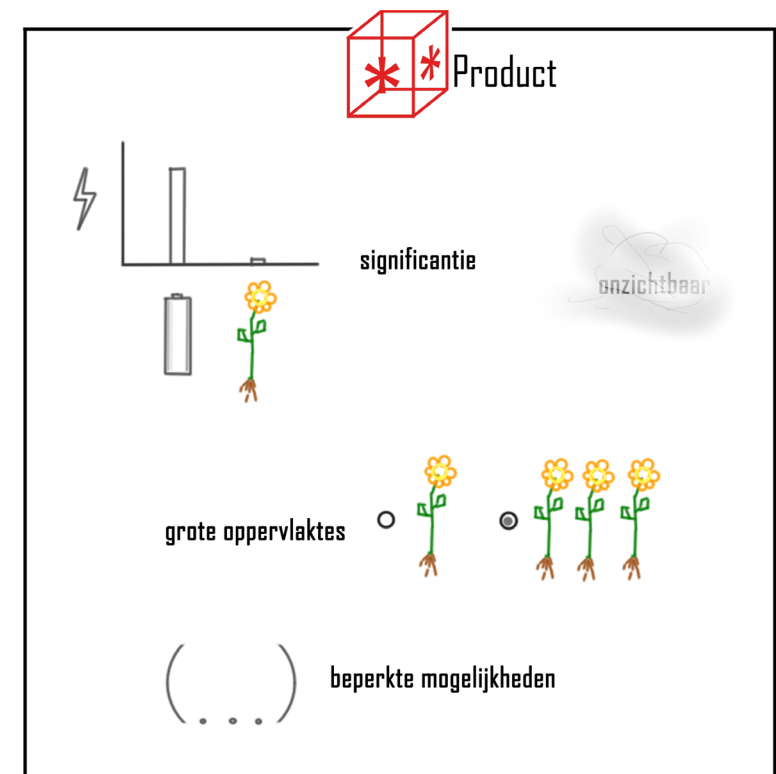
Qua ontwerp zijn er in ieder geval twee opmerkingen te plaatsen; aan de ene kant is het zo te ontwerpen dat het nauwelijks 'opvalt' en dat het daarmee opzien baart, of de technologie is zo verwerkt dat het daarmee ook een opvallende verschijning kan worden.

Als laatste moet het mogelijk zijn om de technologie in het product heel simpel te houden,

Scope Product - De zwakke punten van de technologie in een product; Vergelijken met een kleine batterij of andere energiedrager levert het vrij weinig op. Dit zorgt er dan ook voor dat qua opbrengst lastig is om iets relevant te ontwerpen gebaseerd op een enkele plant.

Hierop door redenerend is valt te concluderen dat de mogelijkheden om de energie te benutten vrij beperkt zijn.

Tot slot kan de 'onzichtbaarheid' van de technologie het product minder waarde geven, aangezien mensen zich er niet van bewust worden.



Figuur 2.4d

2. Voorfase

2.5 Programma van Eisen

Als richtlijn is er een Programma van Eisen opgesteld. Dit programma is gebaseerd op delen van het Plan van Aanpak, en op gesprekken met Dr. Ir. David Strik en Ir. Marjolein Helder. Bij elke eis is belangrijkheid ook gegeven middels een cijfer van 1 (niet belangrijk) tot 5 (essentieel).

Het pakket aan eisen waaraan het te ontwerpen product zal moeten voldoen;

Eis	Belangrijkheid (1-5)	Wens	Belangrijkheid (1-5)
- Ruimte bieden aan een plant	5	- Alle onderdelen van het product voldoen aan het C2C@-principe	3
- Een onderdeel van het product is een plant	5		
- Mogelijkheid bieden tot het opvangen en behouden van water	5	- Het product mag qua productieprijs niet meer dan €30 kosten	3
- Mogelijke elektrische componenten mogen geen kortsluiting maken	5		
- Het product moet de technologie van Plant-e gebruiken	5		
- Demonstreren van de mogelijkheid tot opwekken van elektriciteit d.m.v. de plant	5		
- De plant kan gedurende 2 jaar met de wortels onder water leven			
- Het product mag niet groter zijn dan 300x300x300 mm	4		
- Het product moet een vlakke en egale onderkant hebben	4		
- Het product moet de plant de mogelijkheid tot groeien geven	4		
- Niet meer wegen dan 1 kg (exclusief plant en water)	4		
- Het product moet met de opgewekte elektriciteit een nuttige, extra functie voeden	4		
- Het product mag qua productie niet meer dan €50 kosten	4		
- Het product moet de plant geen licht onthouden	3		

2. Voorfase

2.6 Concurrentieanalyse

In opdracht van Plant-e heeft een minorstudent (Nanda Schrama, 2011) als opdracht gehad om alle beschikbare informatie wat betreft Plant-e te verzamelen en structureren. Dit is de eerste stap geweest naar een marketingplan.

In dit betreffende verslag is ook aandacht besteed aan een concurrentieanalyse, wat een nuttige toevoeging kan zijn voor dit project. Belangrijk om te weten is dat deze concurrentieanalyse vooral betrekking heeft op de mogelijkheden van Plant-e wanneer zij hun technologie willen verkopen als energieproducerend product. Mogelijke concurrentie voor het te ontwerpen product komen later aan bod.

Het overzicht met de belangrijkste concurrenten van Plant-e laat zien dat er drie concurrenten zijn aan te wijzen; de energiebedrijven, aanbieders van groene daken en de bedrijven die zonnecellen produceren. Elke concurrent zal even kort toegelicht worden.

Als eerste de grootste concurrent; de energiebedrijven. Het spreekt voor zich dat deze bedrijven niet weg te concurreren zijn of dat Plant-e qua productieschaal ook maar in de buurt komt. Plant-e heeft echter als voordeel dat het als gedeeltelijke vervanging van het stroomaanbod verkocht kan worden en dus niet interfereert met de grote maatschappijen.

Aanbieders van groene daken zijn ook een duidelijke concurrent van Plant-e. Vele bedrijven hebben in de loop der jaren veel expertise in het aanleggen van de daken. Ook qua veelzijdigheid aan planten zal Plant-e onderdoen. Feit is wel dat groene daken verder geen stroom opleveren en dat er misschien een samenwerking van beide mogelijk is.

Tot slot wordt in het verslag de zonnecel als concurrent genoemd. Deze wordt ook veelvuldig op daken geplaatst om energie te genereren, precies wat Plant-e ook voor ogen heeft. Bovendien is de opbrengst van zonnecellen al zo geoptimaliseerd dat het per m² al vele malen meer oplevert dan wat de P-MFC

zullen halen. Het gegeven dat alle schaarse en schadelijke metalen deze zonnecellen niet duurzaam maken, is wel in het voordeel van de technologie van Plant-e.

Deze concurrenten geven een goed beeld van de moeilijkheden en mogelijkheden van Plant-e op de (energie) markt. De concurrentie ziet er echter een stuk anders uit als men kijkt naar kleinere producten met P-MFC's die aan consumenten verkocht worden. Ook van elk van deze producten zal een korte toelichting gegeven worden.



Figuur 2.6a



Figuur 2.6b

De Soil Clock van Marieke Staps (figuur 2.6a) lijkt een mooi en duurzame manier om te tijd te laten zien. Het product bestaat uit een houten display met twee draden. Hieraan zijn twee elementen bevestigd; een koperen deel aan één draad en een zinken deel aan de ander. Dit zorgt echter voor een chemische reactie van de aarde met het koper en zink, wat betekent dat dit totaal geen duurzame manier van elektriciteit opwekken is.

Een tweede product dat gebaseerd is op een zogenaamde microbial fuel cell is de MudWatt™ (figuur 2.6b). Zoals de naam al doet vermoeden genereert dit product elektriciteit met behulp van modder. Met het product wordt een anode, een kathode, een LED-licht en een behuizing geleverd, waarmee de consument zelf een werkend exemplaar kan maken. Als dit lukt kan er een LED mee gevoed worden.

Een product dat net als de MudWatt™ energie haalt uit modder is de MICROBIAL FUEL CELL, speciaal ontworpen voor Afrika (figuur 2.6d). Het is vooral functioneel ontworpen, omdat men hiermee het energieprobleem in Afrika wil aanpakken. De batterij moet voor een lage prijs te koop zijn en is vooral praktisch, het heeft dan ook geen esthetische waarde.



Figuur 2.6d

De H2O bureaulok is slechts één product uit een hele lijn van producten die werken op water. Vooral qua uitstraling en het verrassingseffect is dit product interessant (figuur 2.6c). Ten eerste doet het duurzaam aan omdat men enkel water hoeft toe te voegen, en boven dien zullen mensen verrast zijn door het feit dat het zo simpel werkt. Ook hier wordt gebruik gemaakt van metalen. Deze beginnen een reactie zodra deze in contact komen met het water.



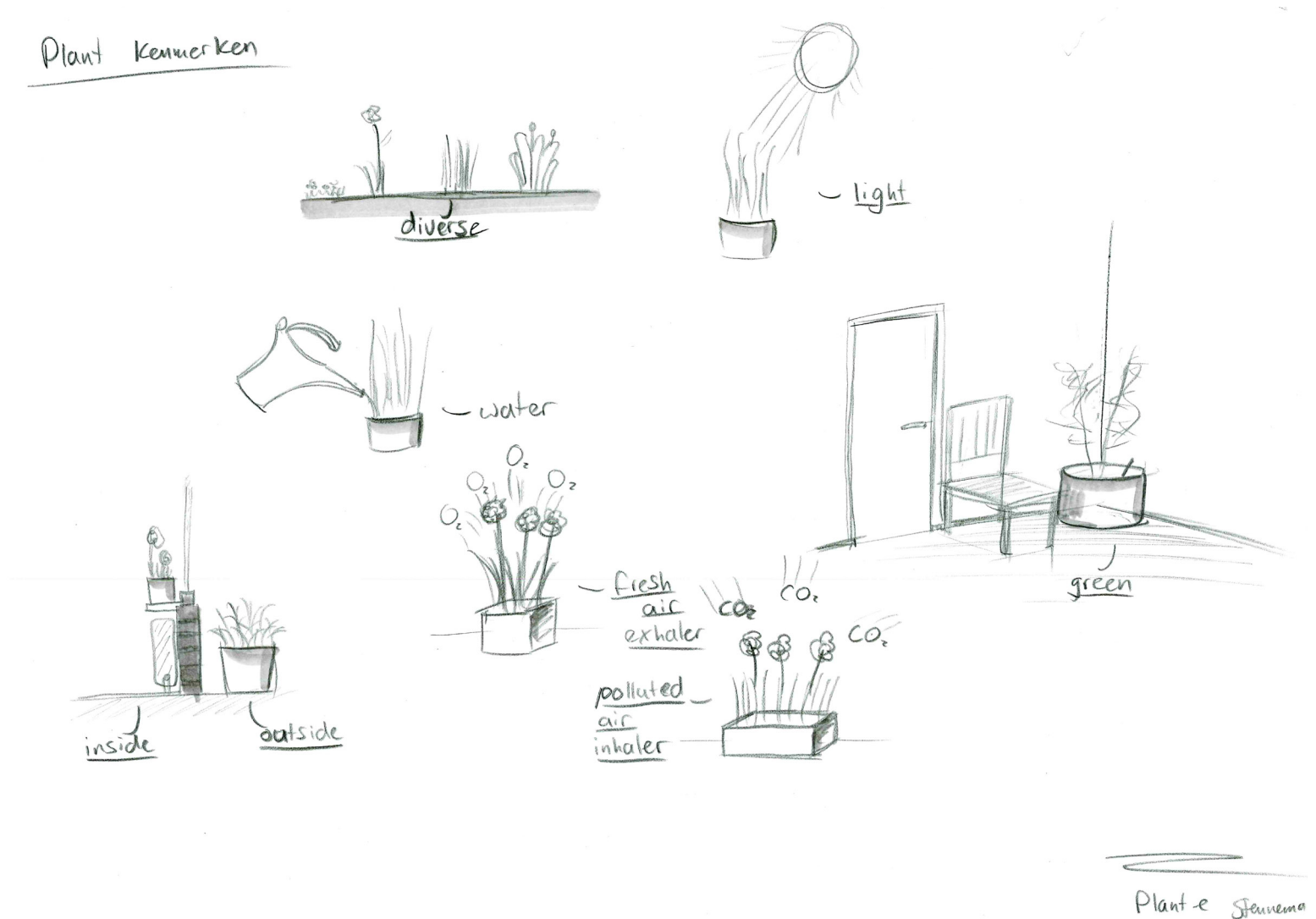
Figuur 2.6c

2. Voorfase

2.7 Eerste ideeën

Na het maken van de scope en het onderzoeken van mogelijke concurrenten is er begonnen met het uitbreiden en uitdenken van de positieve punten van de scope. Waar zou de technologie voor gebruikt kunnen worden en op welke manier? Dit alles is nog zeer algemeen gehouden om geen opties uit te sluiten.

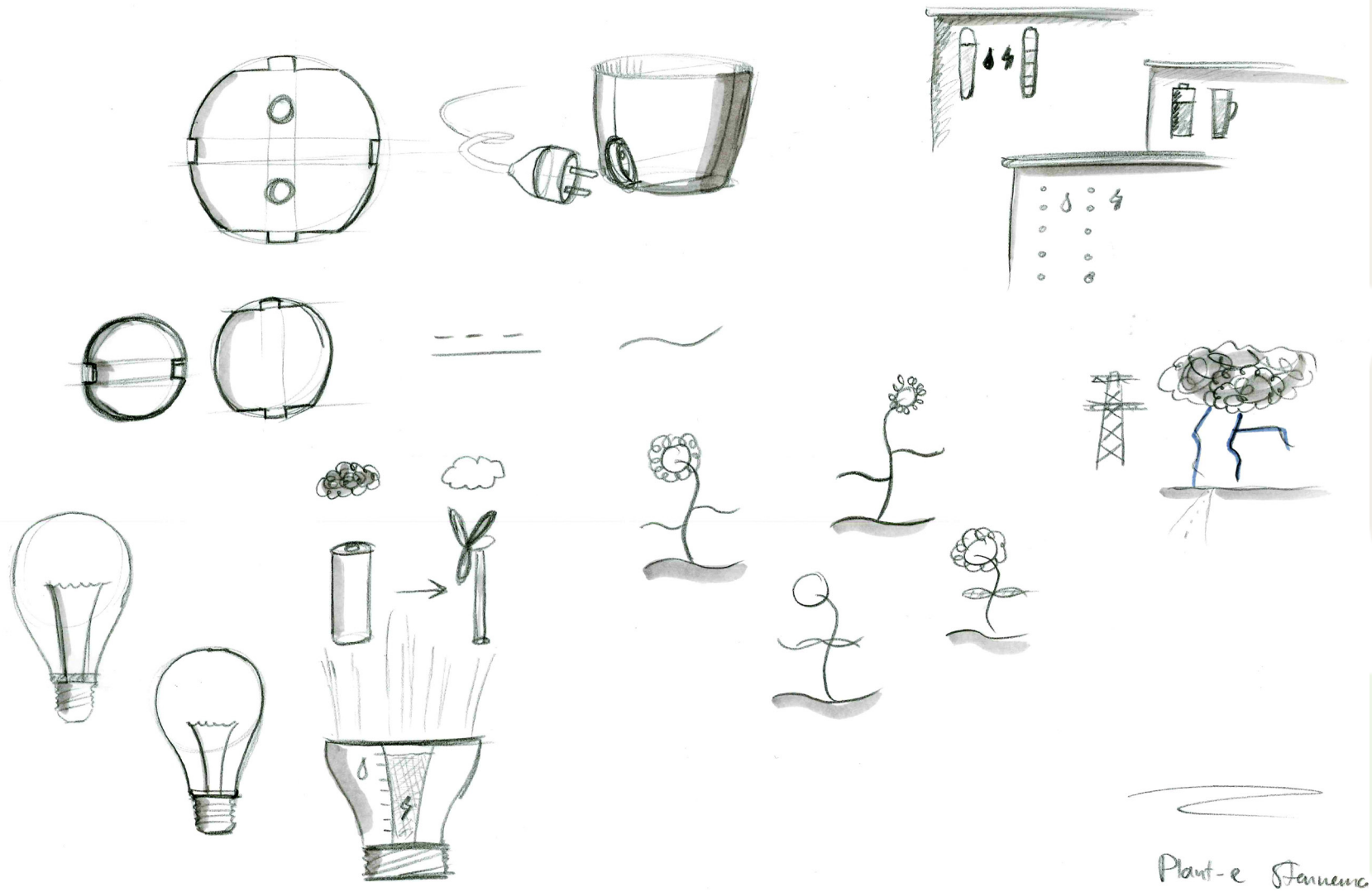
Vanuit deze scope zijn er drie richtingen gekozen; de plant, stroom en duurzaamheid (Figuur 2.7a, b & c). Per richting zijn er schetsen gemaakt die gebaseerd zijn op associaties met het onderwerp en die vormen en ideeën bevatten die later gebruikt kunnen worden in de realisatie van het product.



Figuur 2.7a

2. Voorfase

Stroom

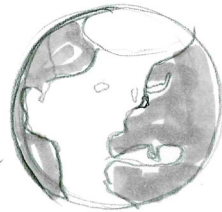


Figuur 2.7b

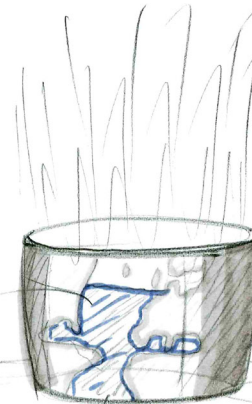
2. Voorfase

Duurzaam

Wereld

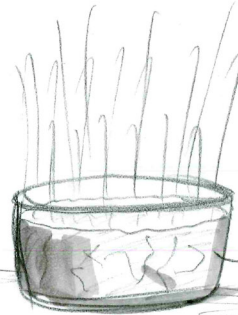


Waterpeil

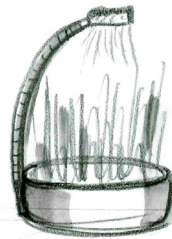


donker
(nacht)

verlicht
(dag)

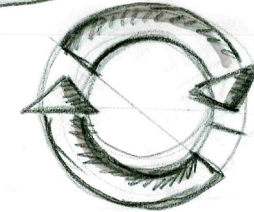


transparant



teruggeven
/recycle/reuse

groen



Plant-e

Stemmen

C2C

Weerld

natuur

Verantwoordelijk

vaag

blauw

teruggeven

groen

eerlijk

Vraagstuk

modern

uitdaging

energie

Planten

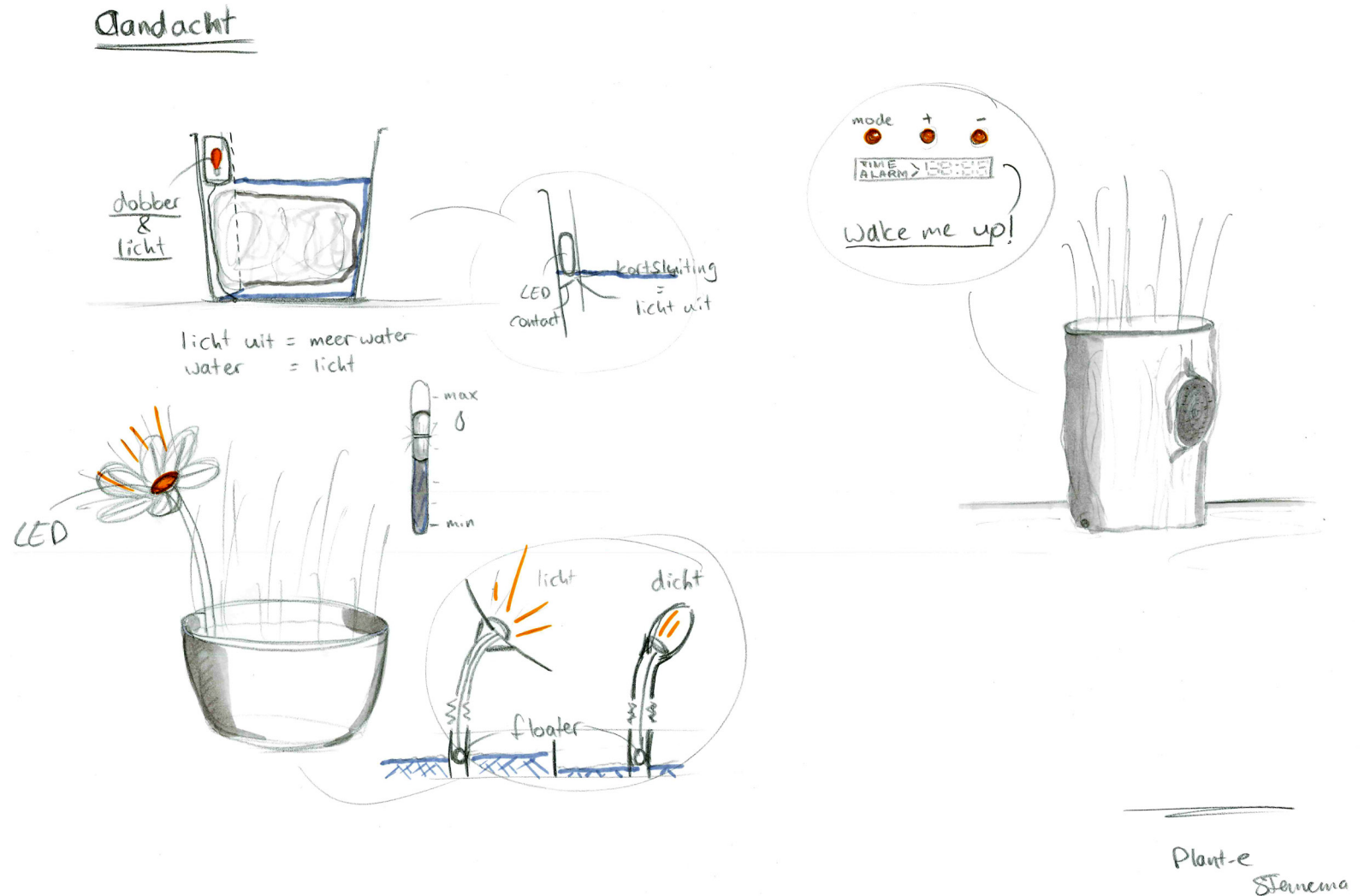
Figuur 2.7c

2. Voorfase

Naar aanleiding van deze drie punten kwamen er meer interessante vlakken bij. Op welke manieren is het bijvoorbeeld mogelijk om aandacht te trekken met een plant (figuur 2.7d)?

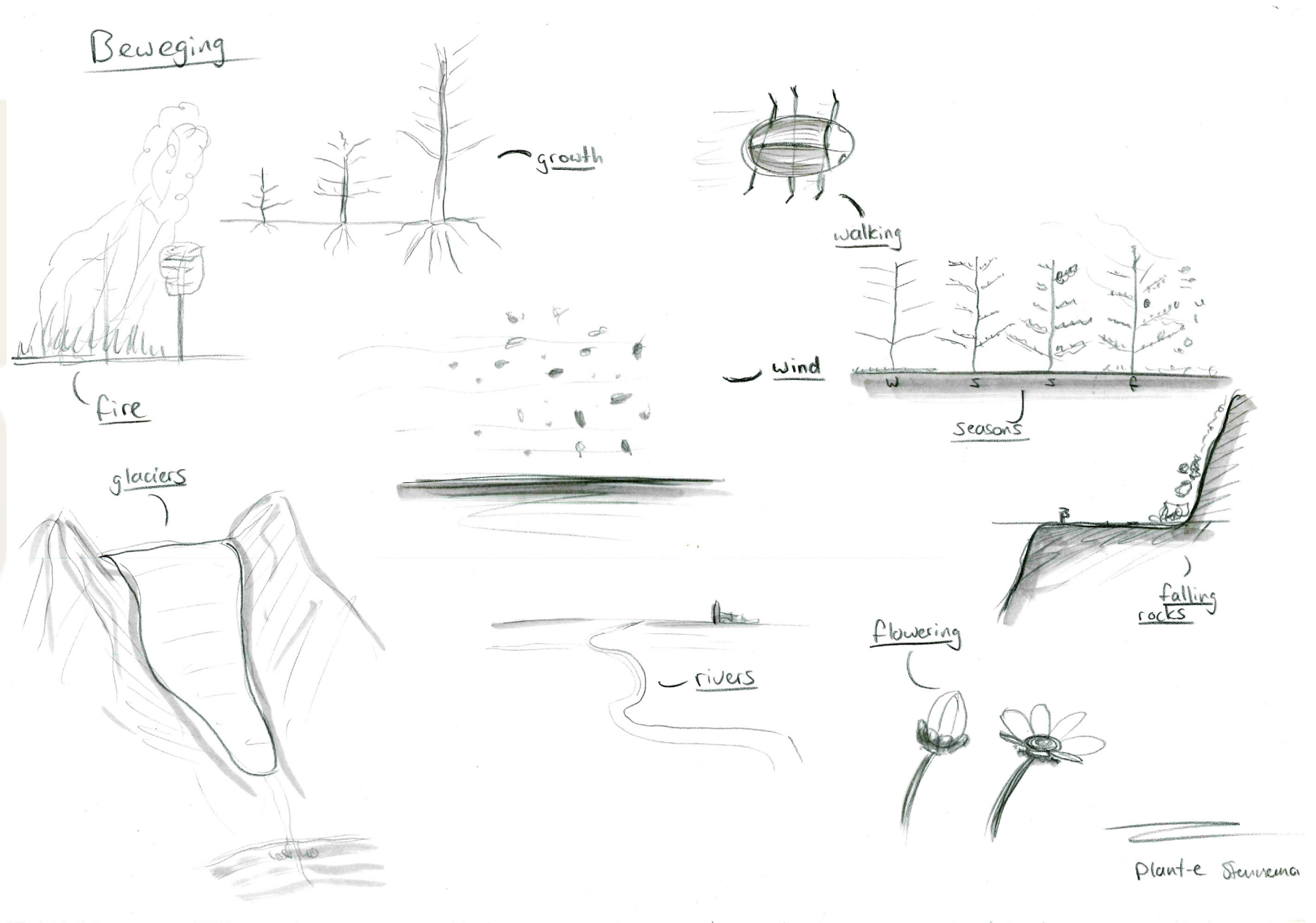
Uit de schetsen blijkt dat met zowel licht als geluid interessante opties mogelijk zijn.

Vanuit de natuur is beweging een effectieve manier om aandacht te trekken, vandaar dat er voor dit onderdeel ook een aantal schetsen zijn gemaakt (figuur 2.7e).



Figuur 2.7d

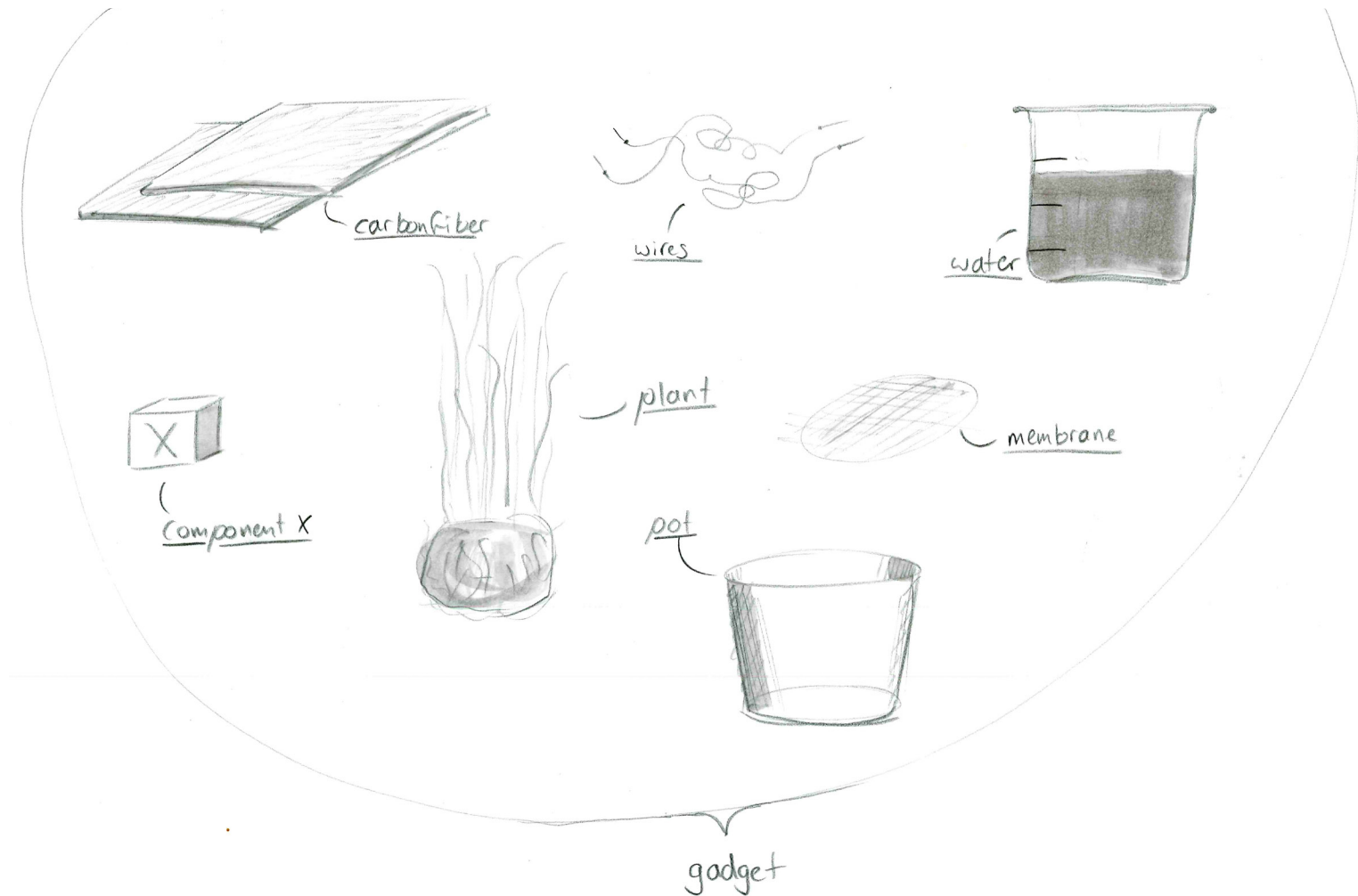
2. Voorfase



Figuur 2.7e

2. Voorfase

In de volgende slag schetsen zijn deze ideeën uitgebreid met de eisen vanuit het Plan van Aanpak. Hierin staat gesteld dat het product uit vier verschillende onderdelen zal bestaan; de plant, een component waar de plant in groeit, de onderdelen die de technologie mogelijk maken en een elektrisch component dat gebruik maakt van de technologie. Deze onderdelen vormen de vier pijlers waaraan het ontwerp opgehangen dient te worden.

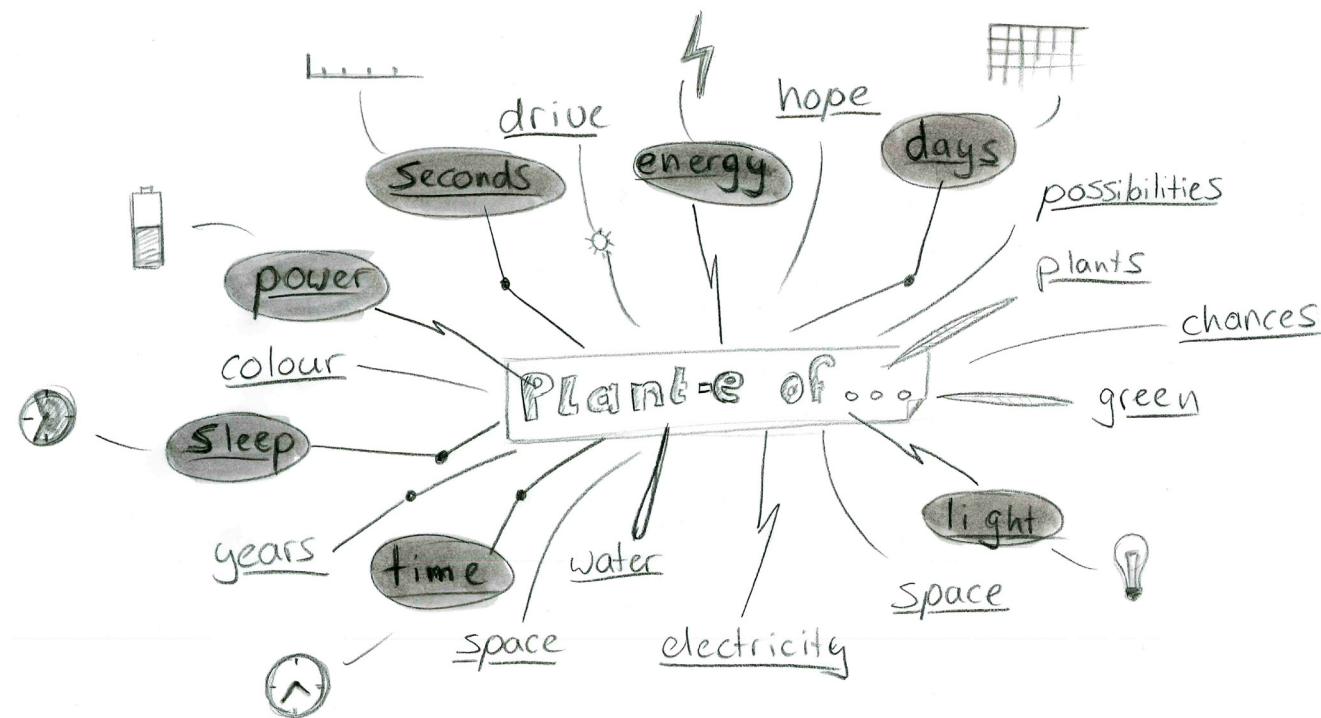


Plant-e Stemma

Figuur 2.7f

2. Voorfase

Gedurende het schetsen kwam er een idee op om de woordspeling van de bedrijfsnaam te gebruiken; Plant-e (spreek uit; plenty). Deze naam is ook met opzet zo gekozen, dus het gebruik van deze woordspeling zou goed bij de uitstraling van het bedrijf passen. Verschillende woorden en eigenschappen zijn gelinkt met de naam, waarvan er een aantal gekozen zijn om verder te onderzoeken. Bij de keuze van deze woorden is er vooral rekening gehouden met de relevantie van het woord en de toepasbaarheid.



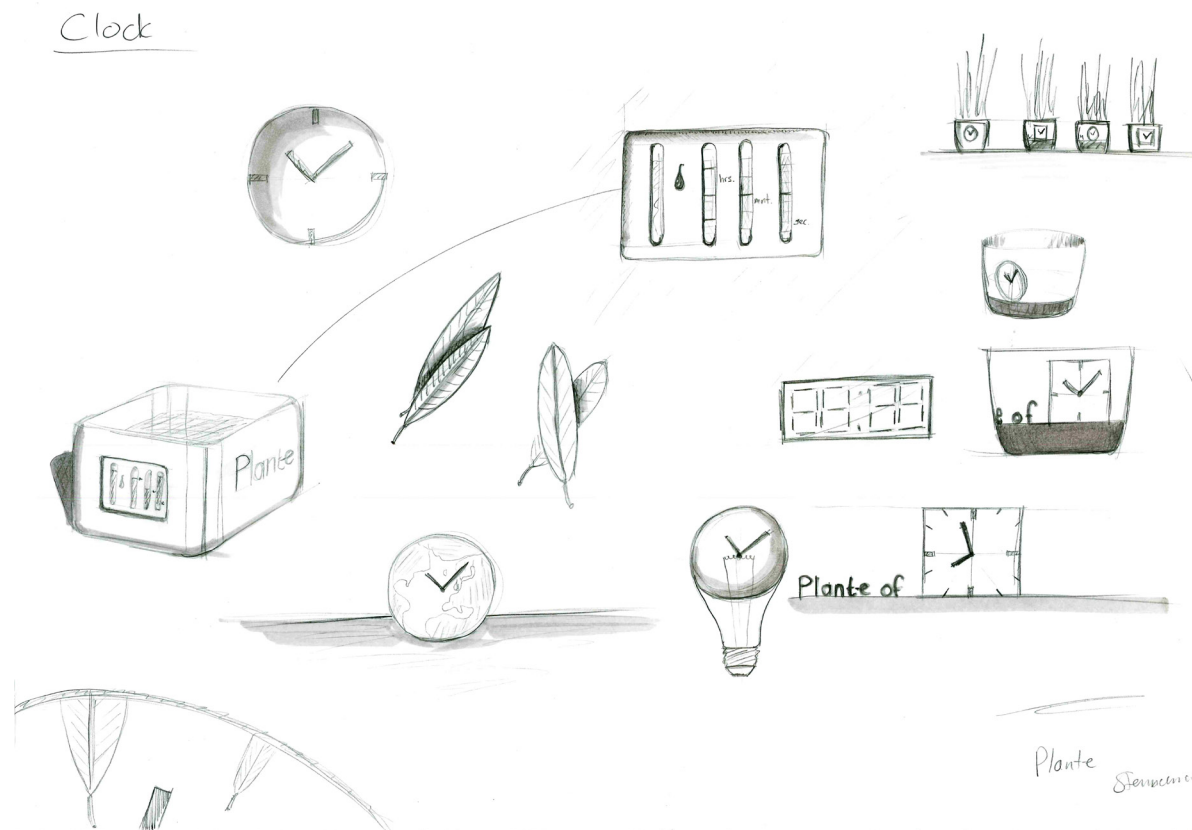
Plant-e
Jannema

Figuur 2.7g

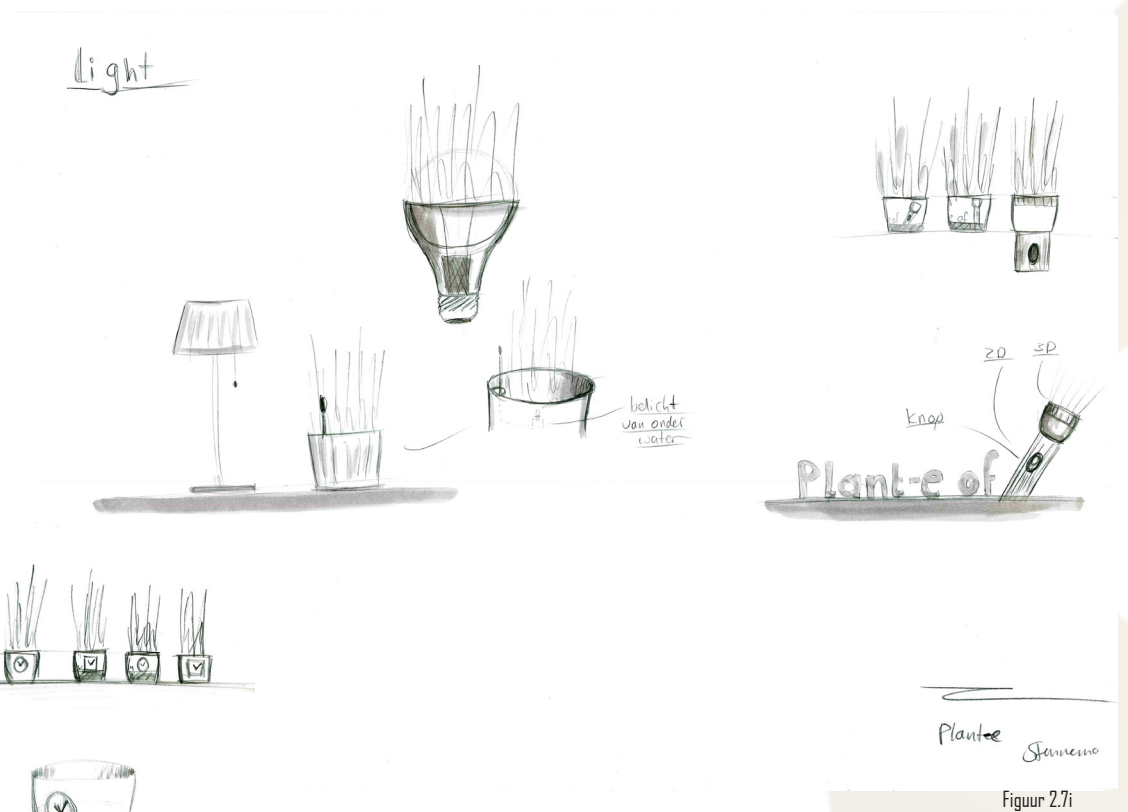
2. Voorfase

Aansluitend zijn er schetsen gemaakt voor het weergeven van tijd, het gebruik van licht (figuur 2.7h & i) en een kleine vormstudie voor de pot (figuur 2.7j & k). Bij dit laatste onderdeel is er niet alleen onderzocht in welke vorm de pot gegoten kan worden, maar ook waar en hoe er een oppervlakte gerealiseerd kan worden voor een elektrisch component.

Bij de vormstudie zijn verschillende iteraties te zien. Een aantal vormen zijn geïnspireerd op vormen die terugkomen in elektrische apparaten, zoals bijvoorbeeld stekkers. Ook zijn er diverse iteraties gemaakt op de 'standaard' bloempot.

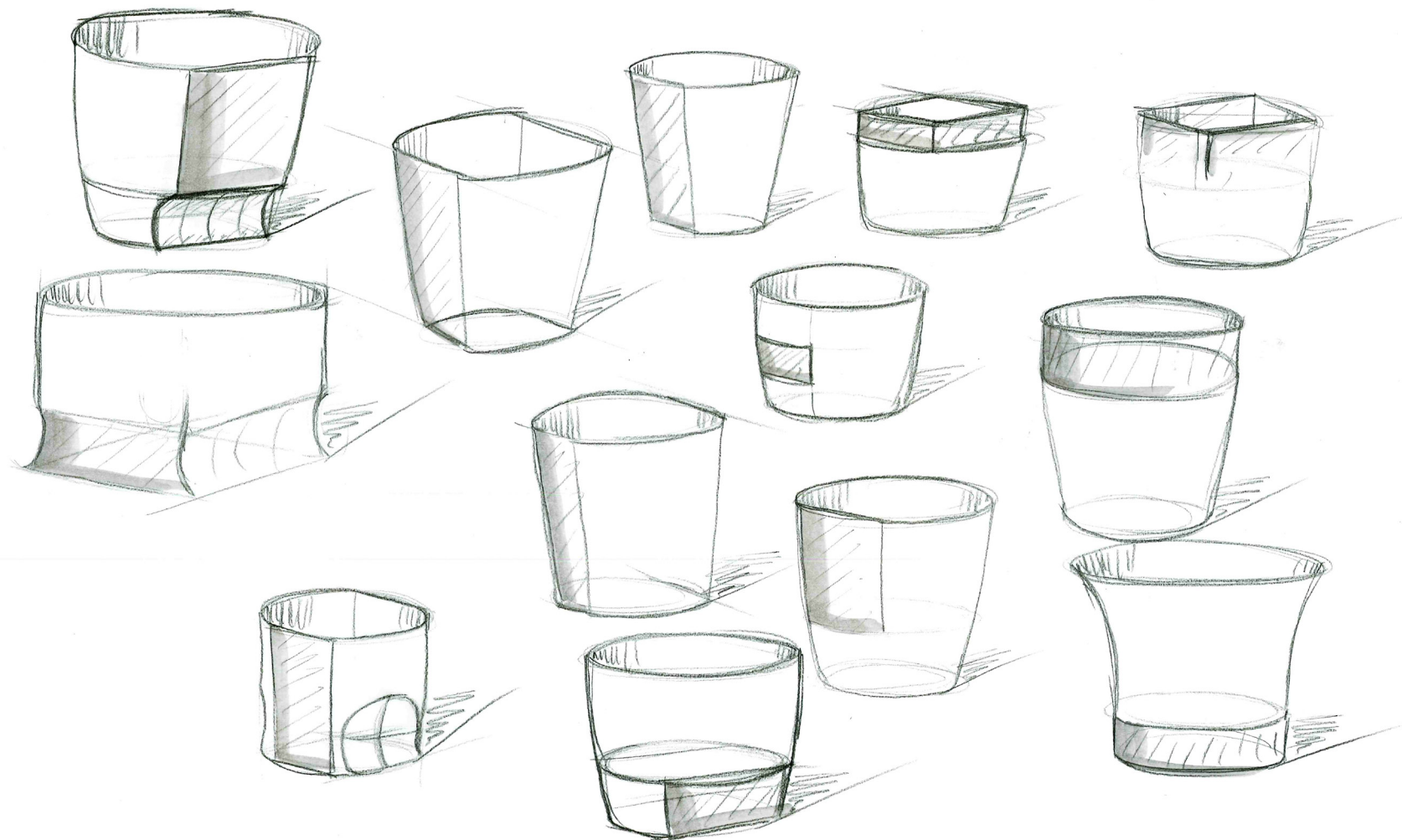


Figuur 2.7h



Figuur 2.7i

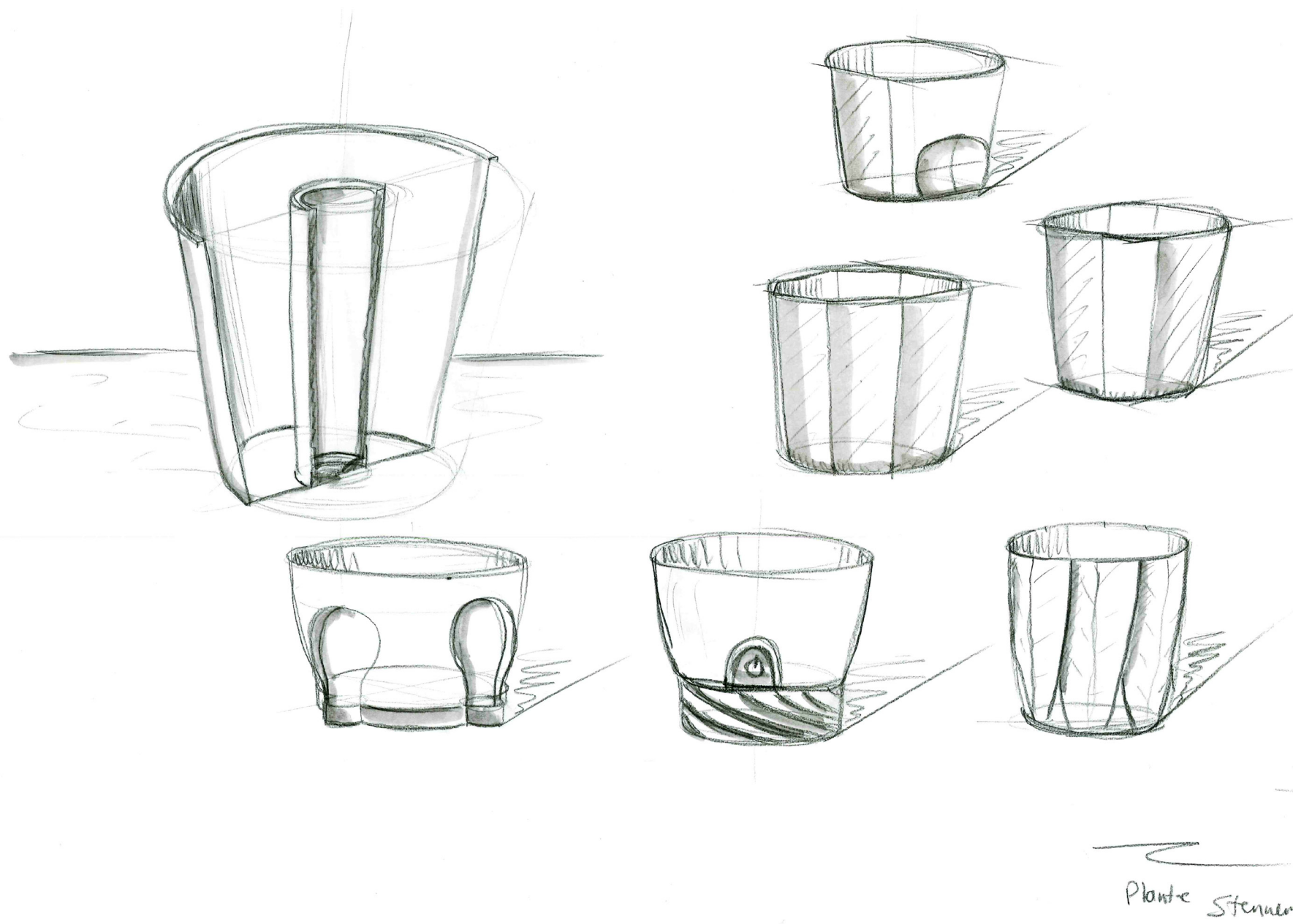
2. Voorfase



Plante
Stamens

Figuur 2.7j

2. Voorfase



Figuur 2.7k

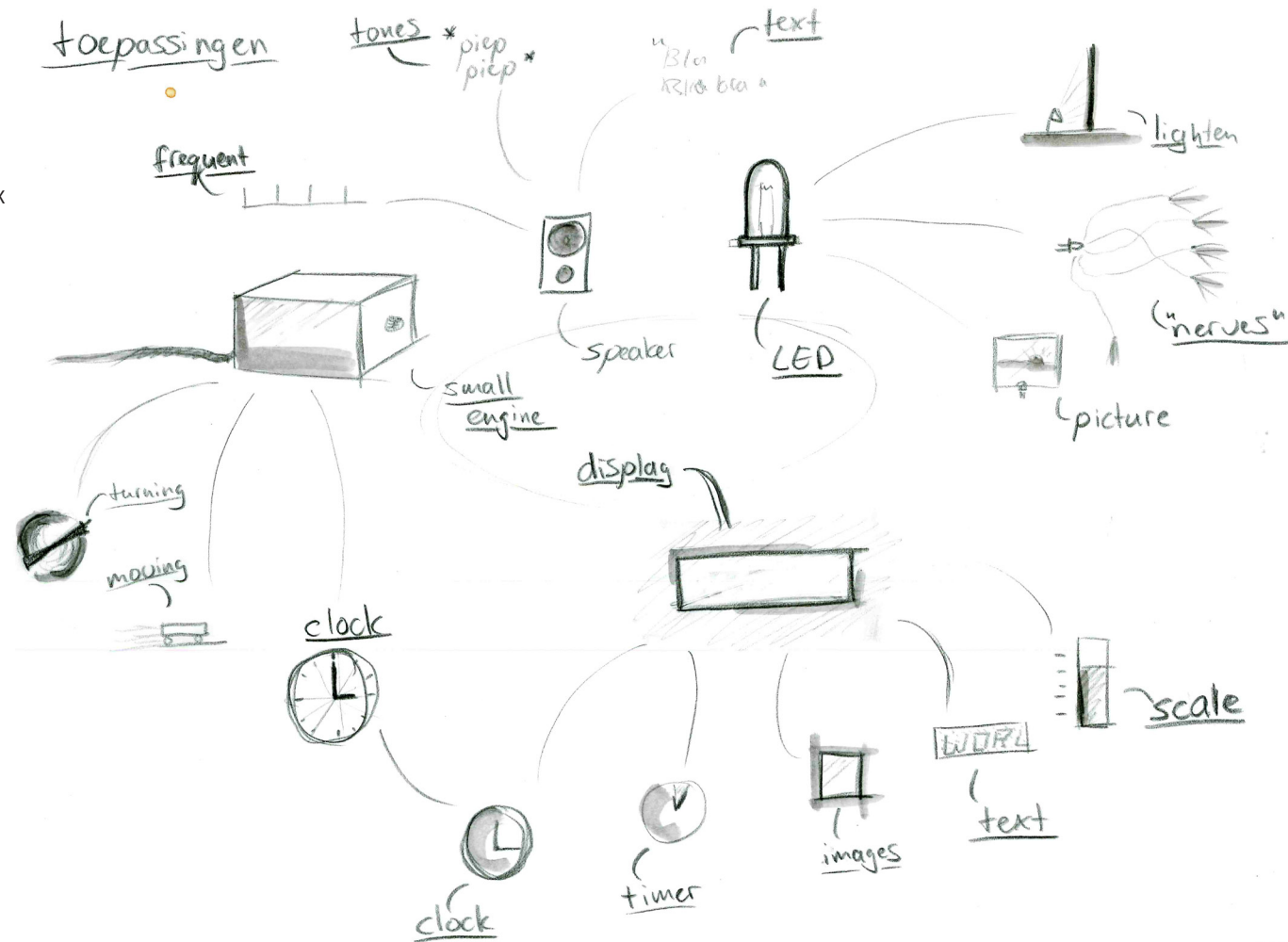
2. Voorfase

Componenten

Elektrische componenten zijn in honderden verschillende vormen en maten verkrijgbaar. Elektromotoren, LED's, weerstanden, enzovoorts. Wat betreft de toepassing in het product is er gekeken naar vier richtingen; kleine elektromotor; licht; tijd en geluid (figuur 2.71).

Deze toepassingsrichtingen zijn gekozen omdat er met weinig elektrische energie iets te bereiken is. Als voorbeeld; met een kleine proefopstelling van Plant-e was het al mogelijk om een kleine elektromotor te laten draaien. Ook voor licht-, tijd- en geluidtoepassingen ligt de drempel wat betreft voltage vaak vrij laag. Bovendien zijn het toepassingen die waarschijnlijk eenvoudig in een product te verwerken zijn en hiermee aandacht kunnen trekken.

Een lijst met bruikbare componenten en hun eigenschappen is te vinden in Bijlage XX.

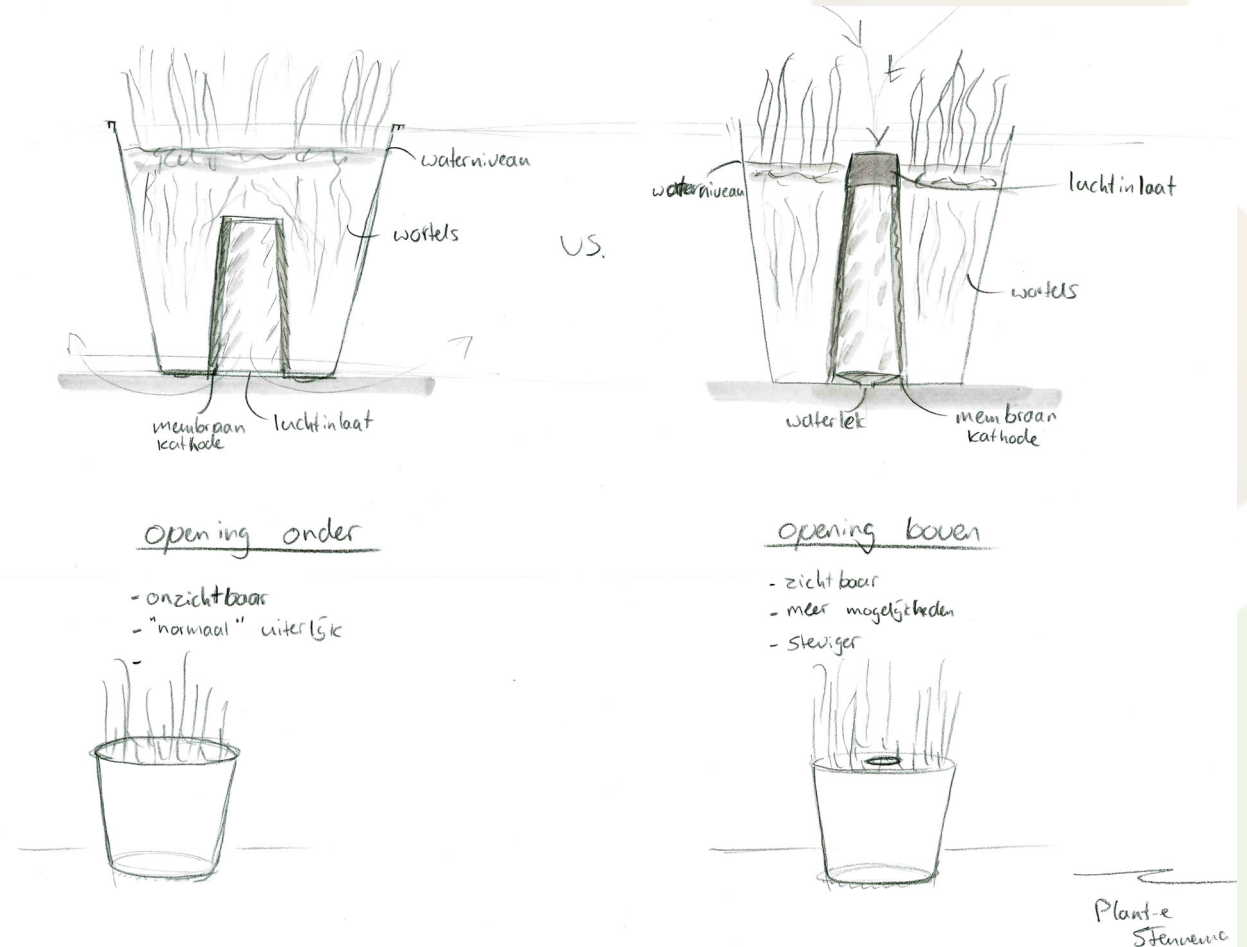


Figuur 2.71

2. Voorfase

2.8 Conclusie Voorfase

Vanuit het Plan van Aanpak is er gestart met de opzet van dit project. Welke mensen moeten er worden bediend, wat is er al op de markt en wat zijn de sterke en zwakke punten van Plant-e? Dit zijn vragen die nu beantwoord zijn en waarmee er in de volgende fase een start kan worden gemaakt het creëren van een product.



Figuur 3.1a

3. Ontwerpfase

Waar er aan het einde van de Voorfase al gestart is met het vastleggen van algemene ideeën, wordt er tijdens de Ontwerpfase de stap gemaakt naar het zoeken van oplossingen. Allereerst is het hoofdstuk van de technologie uitgebreid, vervolgens is er begonnen met het ontwerpen van vormen, potten en systemen.

3.1 Technologie

Ook bij deze technologie zijn er uiteraard beperkingen. Afgezien van de plantsoort zijn er een aantal afmetingen en voorwaarden waaraan het product moet voldoen wil de technologie succesvol worden geïmplementeerd. Na overleg met David en Marjolein zijn de volgende punten naar voren gekomen waar rekening mee gehouden dient te worden.

Eén van die beperkingen heeft te maken met de afstand van de anode tot de kathode. Hoe korter die afstand is, hoe minder interne weerstand de stroom ondervindt door de bodem heen. Plant-e heeft aangegeven dat een afstand van 2,5 cm optimaal zou zijn. Deze voorwaarde is niet verwerkt in het Programma van Eisen, omdat dit nog niet bekend was toen deze geformuleerd werd. Deze afstand is erg klein, helemaal omdat er in die ruimte plantenwortels moeten groeien. Een grotere afstand is in principe geen probleem, het heeft alleen wel tot gevolg dat het spanningsverschil kleiner wordt.

Het gevolg van deze beperking is dat het met een reguliere pot moeilijk is om de technologie te implementeren; omdat de kathode in verbinding moet staan met de lucht zal de afstand van het wateroppervlak tot de bodem van de betreffende pot zo klein mogelijk moeten zijn. Er is weinig inbeeldingsvermogen voor nodig om te begrijpen dat dit niet praktisch is.

Aansluitend op de eerste schetsfase is hiervoor een mogelijke oplossing gevonden. Door middel van het verwerken van een holle pilaar in een pot is het mogelijk om de afstand kleind te houden, zie figuur 3.1a (vorige pagina). Hierbij kan er zowel worden gekozen voor een opening aan de onderkant als een opening aan de bovenkant.

Voor de kathode zal er gebruikt gemaakt worden van een configuratie waarbij het membraan en de kathode in één verwerkt zijn. Deze bestaat uit vier lagen, van buiten naar binnen (figuur 3.1b);

- Membraan
- Titanium plaatgaas
- Koolstoflaag
- Gas diffusie laag

Hierbij is het membraan de scheiding tussen de anode en kathode. De andere drie lagen moeten in contact staan met de lucht om zo de laatste reactie in het proces te laten voltrekken.

Een ander aspect waar rekening mee gehouden moet worden is dat de plantwortels volledig onder water moeten staan. Dit lijkt misschien niet zozeer een probleem, maar qua behuizing en gewicht is dit zeker een belangrijke aspect, omdat er elektrische componenten gebruikt gaan worden ligt het gevaar van kortsluiting voor de hand.

De verhouding oppervlakte water/oppervlakte kathode is ook van belang. De kathode moet in verbinding staan met de lucht, omdat er zuurstof nodig is voor de reactie. In zekere mate betekent dat dus dat een grotere oppervlakte altijd beter is. De oppervlakte van het water is echter ook belangrijk, want een groot oppervlak betekent dat er meer zuurstof oplost in het water. Dit zorgt ervoor dat de reactie waaruit de elektronen voorkomen minder efficiënt verloopt, wat dus een lagere opbrengst tot gevolg heeft.

Bovendien is er vanuit Plant-e een richtlijn meegegeven wat betreft de opbrengst van de plant; 50 mW/m² en een spanning van 2 Volt. Dit is bedoeld als houvast, omdat het nog niet duidelijk is hoeveel energie en voltage de planten kunnen leveren. Deze informatie is zeer belangrijk, aangezien dit de mogelijkheden wat betreft de toepassingen zeer beperkt.



Figuur 3.1b

3.2 Elektrische componenten

In de Voorfase is er al kort gesproken over de elektrische componenten. Welke soorten zouden een optie zijn en waarom? Voor deze fase is er een klein overzicht gemaakt van de opties die in een vorig stadium zijn gekozen. De criteria waarmee rekening is gehouden hadden vooral te maken met de opbrengst van de plant en de kosten.

Voor het onderdeel licht is er gezocht naar LED's. Deze kunnen vaak met een laag voltage al overweg en geven relatief veel licht af. Bovendien kosten de lampjes weinig geld, al helemaal als ze in grote aantallen gekocht worden.

Met een proefopstelling van Plant-e is het al eens gelukt om een kleine elektromotor te laten draaien, vandaar dat daar ook naar gezocht is. Door de lage opbrengst van de planten is het echter wel nodig om een motor te vinden met een heel hoge efficiëntie, omdat het anders al snel niet werkt. Hierdoor zijn deze motortjes nogal duur.

Voor het creëren van geluid is een heel scala aan componentjes te vinden. Enkele van deze componentjes kunnen met lage spanningen overweg en bovendien zijn ze niet al te prijzig.

Er is ook een kleine selectie gemaakt van displays, maar dit lijkt om meerdere redenen een moeilijk verhaal. Niet alleen werken de displays vaak vanaf 5 Volt, maar ze zijn ook nog behoorlijk aan de dure kant.

De laatste producten in het overzicht zijn geen elektrische componenten, maar onderdelen die gebruikt kunnen worden om het effect van het licht te versterken. In een aantal schetsen over het onderdeel licht werd geopperd om transparant plastic of glasvezelkabels te gebruiken. Ook hiervan is relevante informatie, zoals afmetingen en prijsniveau, opgezocht.

De volledige lijst van componenten is in Bijlage 6.1 te vinden.

3. Ontwerpfase

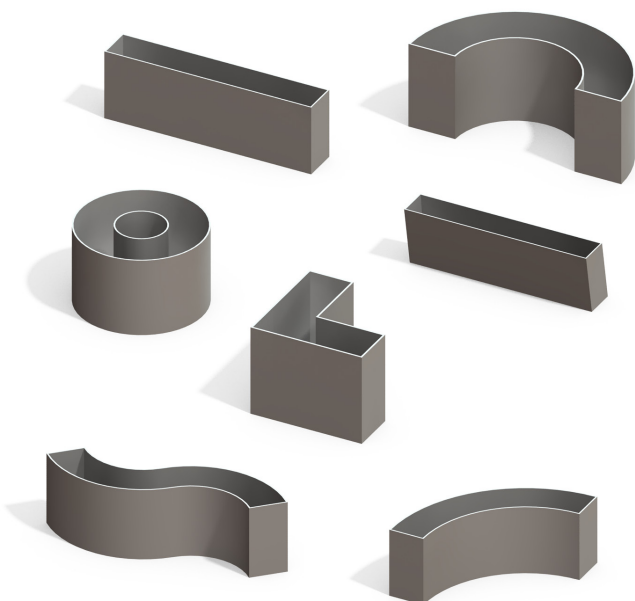
3.3 Solidworksmodellen

Op basis van het feit dat de wanden van het product zo mogelijk dicht bij elkaar liggen en geïnspireerd door ideeën uit de eerste schetsen is er een drietal generaties gemaakt van Solidworksmodellen. Hierbij is er allereerst rekening mee gehouden dat de wanden zo dicht mogelijk bij elkaar moeten liggen en ten tweede is er gekeken in welke vorm het geheel gegoten kon worden.

Met meer beperkingen is er geen rekening gehouden. Dit om ervoor te zorgen dat er zoveel mogelijk ideeën gegenereerd konden worden om later mee verder te werken. In essentie zijn dit een aantal digitale schetsen als aanvulling op de 'normale' schetsen.

Eerste generatie

Deze generatie is heel simpel gehouden; veelal dunne producten met een verscheidenheid aan vormen (figuur 3.3a). De enige vorm die er echt uitspringt is de ronde vorm, omdat hierbij een aardig oppervlak gemaakt kan worden, terwijl de wanden ook dicht bij elkaar liggen.



Figuur 3.3a

Tweede generatie

Voor de tweede generatie is er voortgeborduurd op de eerste met een aantal toevoegingen. Zo zijn er een aantal 'gespleten' potten, waarbij de pot in tweeën is gedeeld. Ook dit is een manier om de wanden dicht bij elkaar te houden, maar wel een aardig oppervlak over te houden.

Het ronde ontwerp komt ook een aantal keer terug in verschillende vormen. Tot slot zijn er een aantal vormen uit de eerste generatie te vinden die verder uitgewerkt zijn. (Figuur 3.3b)



Figuur 3.3b



Figuur 3.3c

Derde generatie

De laatste generatie beslaat vooral het idee dat in de eerste twee generaties ook al naar voren kwam; een ronde of ovale vorm met een uitsparing in het midden. Er zijn verschillende afmetingen en vormen geprobeerd, waarbij elke pot ongeveer op dezelfde grote uitkwam. Een ander idee was om een soort perpetuum mobile te maken. De plant produceert energie waarmee een lampje kan branden. Met dat licht groeit de plant weer beter en zo is de cirkel weer rond. (Figuur 3.3c)

Op basis van deze vormstudie is besloten om verder te gaan met de configuratie waarbij de pot bestaat uit een ronde pot met in het midden een holle 'pilaar'. Hierbij is het waarschijnlijk het best mogelijk om op een eenvoudige manier de technologie toe te passen, terwijl er ook ruimte overblijft om later iteraties op de vorm te maken.

3. Ontwerpfase

3.4 Planten

De spreekwoordelijke motor van de Plant-MFC is de plant. Omdat het een aanzienlijke hoeveelheid tijd zou kosten om zelf te onderzoeken welke planten het meest geschikt zouden zijn voor de kleine Plant-MFC, zijn er vanuit Plant-e een aantal opties gegeven. Van links naar rechts in figuur 3.4a: de bananenplant (Musa Bananarama), leliegras (Chlorophytum Bonnie) en de lepelplant (Spathiphyllum).



Figuur 3.4a

Deze drie planten zijn gekozen op grond van een aantal redenen. Allereerst kunnen alle planten gedurende een lange periode met de wortels onder water staan. Dit is belangrijk omdat de technologie dit vereist. Waar wel rekening mee gehouden dient te worden is dat de planten in (bijvoorbeeld) tuincentra geleverd worden in aarde. Wil men de plant gebruiken in een Plant-MFC, dan moet hij eerst wel acclimatiseren. De wortels zullen veranderen om nog genoeg zuurstof op te kunnen doen, omdat dit in water lastiger is geworden dan in aarde.

Verder zijn de drie planten qua grote ook geschikt. Allen zijn te verkrijgen als kamerplant, meestal in verschillende afmetingen.

Gezien het feit dat de grote van het product in de buurt moet liggen van een kamerplant is dit een goed punt.

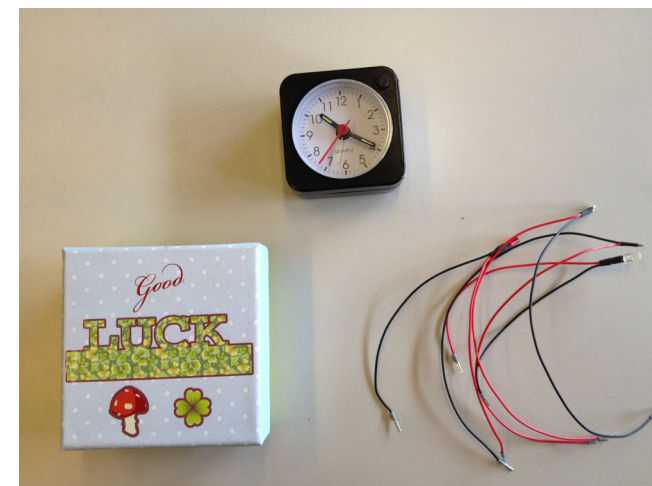
Tot slot hebben zijn deze planten in het voordeel omdat geen van alle bloemvorming heeft. De hoeveelheid organische materiaal dat de plant afscheid in via zijn wortels zal meer worden wanneer een plant geen bloemen groeit. Hier is veel organisch materiaal en energie

voor nodig, wat de energieopwekking niet ten goede komt.

Een factor die ook van invloed is op de keuze is de wortelstructuur. Vooral bij de bananenplant is er sprake van een stevige kluit wortels, aangezien de plant uit één grote steel bestaat. Gezien het systeemontwerp dat reeds is gemaakt zou dit niet goed uitkomen. De andere planten hebben echter meerdere stelen en ook een meer flexibele kluit aan wortels. Deze planten zijn dus geschikter om te gebruiken in het product.

3.5 Conceptrichtingen

Nu het systeem qua indeling al redelijk een richting heeft gekregen kan er gekeken worden naar de applicatie. Dit is een belangrijk onderdeel van het product, omdat hiermee het onderscheid wordt gemaakt ten opzichte van de reguliere kamerplanten. In een eerder stadium is er al gekeken naar diverse elektrische componenten die de gegenereerde stroom zouden kunnen gebruiken. Binnen deze groep componenten zijn vier verschillende groepen te onderscheiden; LED, display, een kleine elektromotor en een speaker.



Figuur 3.5a

Om een beter onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende applicaties is ervoor gekozen om drie richtingen te kiezen die algemener beschreven kunnen worden; licht, tijd en geluid. Deze drie categorieën laten aan de ene kant voor ruimte over voor diverse invullingen, terwijl ze aan de andere kant voldoende te onderscheiden zijn.

Per conceptrichting is er gebruik gemaakt van één van de categorieën en is er allereerst geprobeerd om met eenvoudige middelen (figuur 3.5a) een simpel model te maken. Zodoende wordt er snel duidelijk wat de mogelijkheden en moeilijkheden zijn, wat lastiger te bepalen is wanneer er enkel getekend wordt.

3. Ontwerpfase

Als het mogelijk blijkt om de drie conceptrichtingen uit te werken tot volledige concepten is dat mooi meegenomen, maar als blijkt dat een conceptrichting weinig toekomst heeft, dan kan ook besloten worden om het daar bij te laten.

Voor elke richting zijn dezelfde grote potten gebruikt. De afmetingen hiervan komen in de buurt van de afmetingen van het uiteindelijke product, dus op die manier zijn de opties goed in perspectief te zien.



Figuur 3.5b

Omdat het voor een klok handig is dat hij direct te zien is, is er geprobeerd om deze in te bouwen in een losse pot. Alhoewel dit een interessant model oplevert, zou dit wel betekenen dat de pot een duur onderdeel gaat worden of dat de pot een rechte zijde zal moeten krijgen. Bovendien is een klok niet eenvoudig te integreren in het bestaande systeemontwerp.



Figuur 3.5c

Tijd

Om de mogelijkheden te onderzoeken wat betreft het toepassen van de optie tijd is er gebruik gemaakt van een simpel reisklokje. Door deze uit elkaar te halen blijft er een compacte klok over waarmee geknutseld is.



Figuur 3.5d

Licht

Ook voor deze richting is er gebruik gemaakt van losse onderdelen, om de mogelijkheden en moeilijkheden van ervan uit te lichten. Gezien het gecreëerde systeemontwerp is het mogelijk om componenten 'in' het product te verwerken, er is daar namelijk genoeg ruimte om bijvoorbeeld een LED in te bouwen.

Met behulp van een divers scala aan knutselpullen is in de pot de holte nagemaakt, waarin een simpel LED-unit in verwerkt is. Door de pot iets van de grond te bouwen is het mogelijk gemaakt om een mooie hoeveelheid licht van onder de pot te laten schijnen (figuur 3.5d).



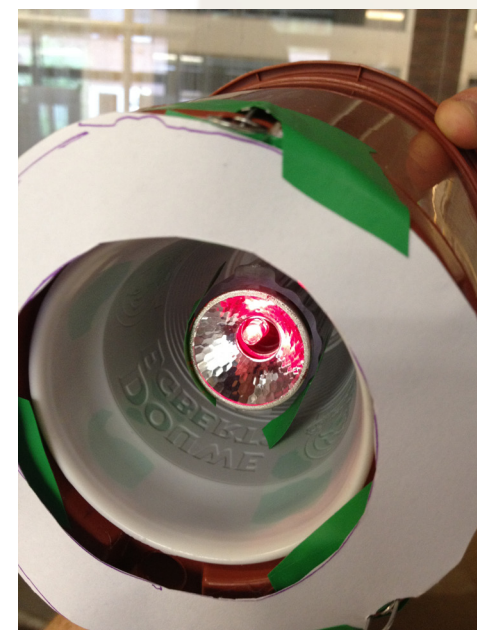
Figuur 3.5e

Het praktische aspect van deze optie is dat de holte die sowieso aanwezig is in het product gebruikt kan worden voor de applicatie. Dit houdt wel in dat er heel goed gekeken moet worden naar de manier waarop het membraan waterdicht verwerkt wordt in het product. Een lek kan vanzelfsprekend funest zijn voor de elektrische componenten in de holte.

Omdat dit een vruchtbaar idee leek is zijn er meer generaties gemaakt binnen dit concept. Zo is er eerst een reflector onder de lichtbron gemaakt, zodat het licht beter onder de pot vandaan schijnt.

Ook met de afstand van de lichtbron tot de grond is gevarieerd om te kijken wanneer het licht goed onder de pot te zien was. Alhoewel de LED vooral goed te zien was in het donker, geeft het wel een gaaf effect wanneer het er onderuit straalt.

Vervolgens is de reflector weggehaald en vervangen door een parabolische reflector om de LED heen. Zo wordt het licht effectiever benut, omdat er geen licht ongezien binnenin het product ronddraait maar alles in een rechte straal naar beneden komt (figuur 3.5f).



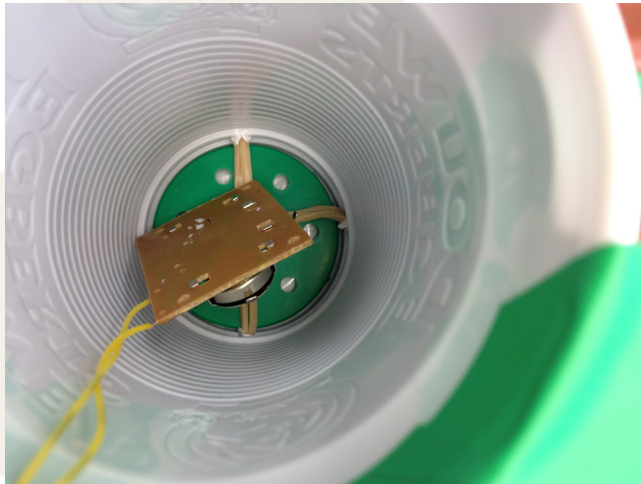
Figuur 3.5f

3. Ontwerpfase

Geluid

Deze richting is gevoelsmatig het minst te verwachten in combinatie met een plant. Toch heeft het interessante uitwerkingen opgeleverd.

Voor deze richting zijn de elektrische componenten gebruikt uit een 'wensdoosje', een vergelijkbaar product als de wenskaarten met een liedje/deuntje erin. Evenals de conceptrichting 'Licht' is hier gebruikt gemaakt van de holte in het product. Het piëzo-element is gefixeerd aan de bovenkant van de beker, met de aan/uitknop aan de buitenkant van de pot (figuur 3.5g).



Figuur 3.5g

Alhoewel het volume van het piëzo-element al aanzienlijk was, was het effect van de holte duidelijk te horen. Om een beter beeld te krijgen van de verandering in het geluid is de pot gevuld met een plastic zak vol met water en actieve kool (figuur 3.5h). Dit, omdat deze situatie vrij vergelijkbaar is met de uiteindelijke samenstelling van het product. Het effect hiervan is ook duidelijk te horen, het geluid had meer 'body' dan het had als los element.

In het product zal geen vergelijkbaar element komen dat in staat is een sample voort te brengen, omdat dit eenvoudigweg te veel voltage eist. Toch is het een mooie manier om te onderzoeken wat het effect van de behuizing op het geluid zou zijn.

Er is gekozen om de laatste twee richtingen, licht en geluid, verder te gebruiken als richting. Beide zijn goed te combineren met het systeemontwerp en met beide is het verrassingseffect het grootst.

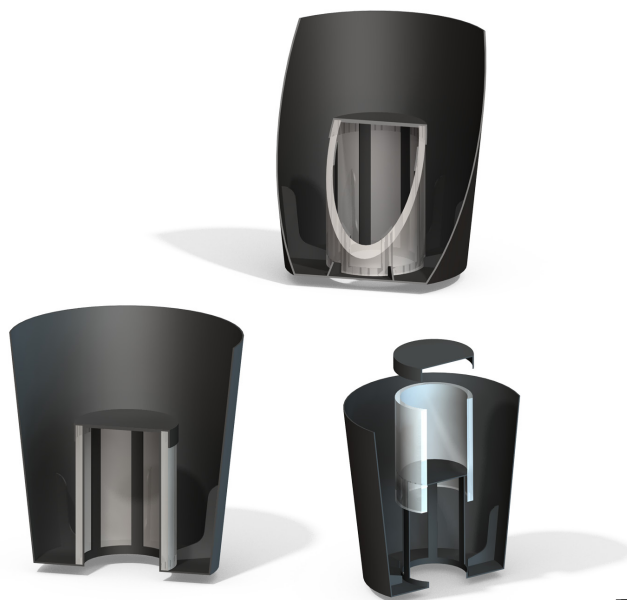


Figuur 3.5h

3. Ontwerpfase

3.6 Systeemontwerp

Het ontwerpen van de pot met de elektrische toepassing gaat het mooiste door middel van knippen, plakken en knutselen. Het is een flexibele manier van werken waarbij het gelijk duidelijk is wat bepaalde keuzes en probeersels voor uitwerking hebben. Naast deze kant van het ontwerp is het echter ook nodig om te kijken naar het systeemontwerp; hoe is het mogelijk om de technologie in het product te stoppen en hiermee uiteindelijk de elektrische toepassing te voeden?



Figuur 3.6a

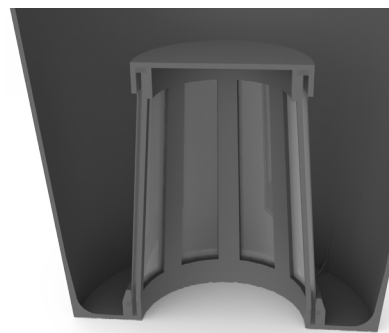
Voor dit aspect van het ontwerp is er gebruik gemaakt van Solidworks. Omdat men hier bijvoorbeeld te maken heeft met het waterdicht maken van onderdelen, het maken van lastige iteraties en visualiseren van complexe onderdelen is deze manier van werken makkelijker.

Het algemene systeem is al bekend; een pot met een holte waarvan de opening zich aan de onderkant bevindt. Deze pilaar, waarin de holte zit, wordt gebruikt om de kathode een plek te bieden.

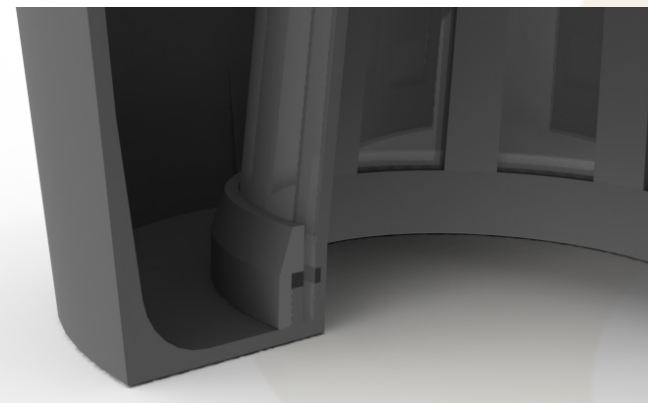
Zoals hier (figuur 3.6a) op een eerste visualisatie te zien is wordt de kathode ondersteund door een aantal plastic staanders. Omdat de kathode waterdicht is kan deze zelf zorgen dat het systeem waterdicht is. Het geheel wordt afgesloten door een soort dop die bovenop de kathode geplaatst wordt.

Deze oplossing biedt een goede oplossing voor de kathode, maar er blijven uiteraard nog veel vragen over. Waar komt de current collector in de anode? Hoe worden de elektrische componenten verwerkt? En hoe zorg je ervoor dat het geheel waterdicht blijft?

Een aantal van deze vragen zijn beantwoord in het volgende model. Het geheel is in detail een stuk verder uitgewerkt. Vooral aan het waterdicht maken van de pilaar is veel aandacht besteed. Met behulp van een paar schetsen is er nagedacht over een eenvoudige maar toch effectieve manier van waterdicht maken. Zowel bovenin de pilaar als beneden wordt er gebruik gemaakt van rubber ringen om het water in de pot te houden. Bovenin is deze ring op de kopse kant van het membraan geplaatst. Door middel van de dop zorgt dit voor een sluitend geheel. Onderin is er eenzelfde principe ontworpen met een sluitring.

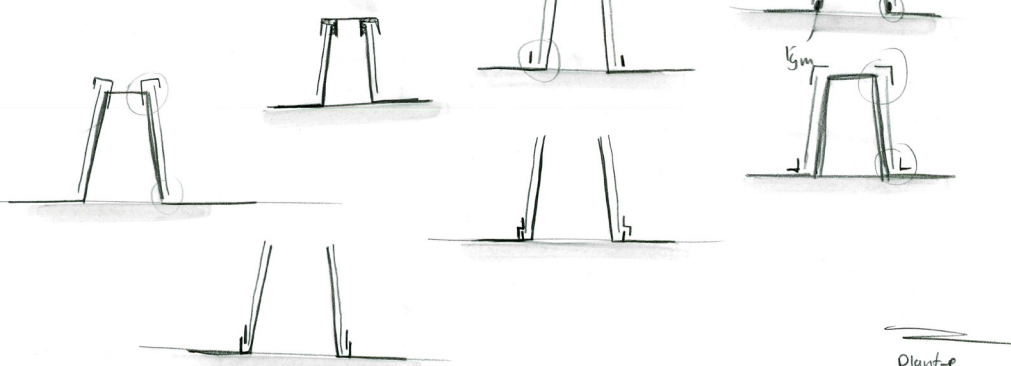
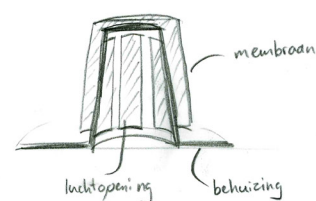


Figuur 3.6b



Figuur 3.6c

Probleem

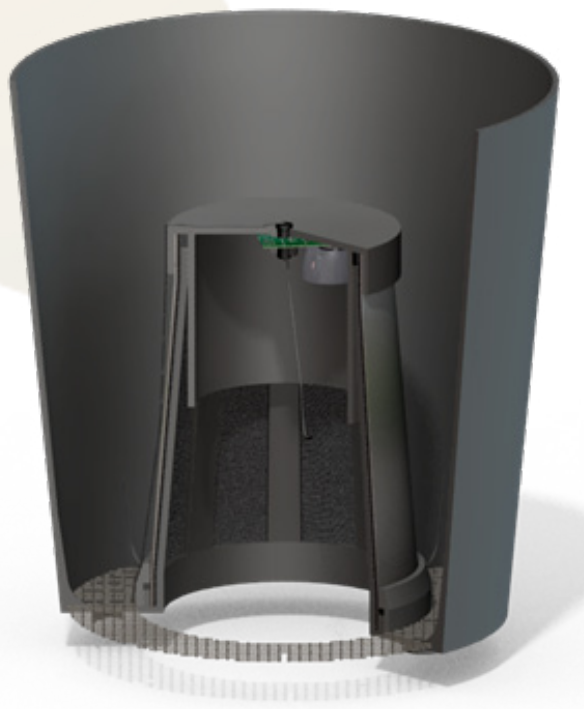


Figuur 3.6d

3. Ontwerpfase

De één na laatste ontwerpfase van het systeem heeft nog meer detail toegevoegd aan het product. Zo zijn er schroefdraden verwerkt in de dop en de sluitring. De dop is verlengd zodat er een ruimte ontstaat om elektronica gegarandeerd waterdicht te herbergen. Bovenin de dop is een gat gemaakt waar de stroomdraad van de current collector doorheen loopt. Dit gat is gedicht met een rubberen plug, wat in laboratoria een vaakgebruikte manier is om draden in een opstelling met water te verwerken. (Figuur 3.6e)

Verder is er een current collector gemaakt voor in het product. In deze versie is deze nog te vinden op de bodem van de pot, zodat er geen gevaar is dat hij gaat 'lopen'. Hierdoor zou er spanning kunnen komen te staan op de stroomdraad, wat natuurlijk voorkomen moet worden.

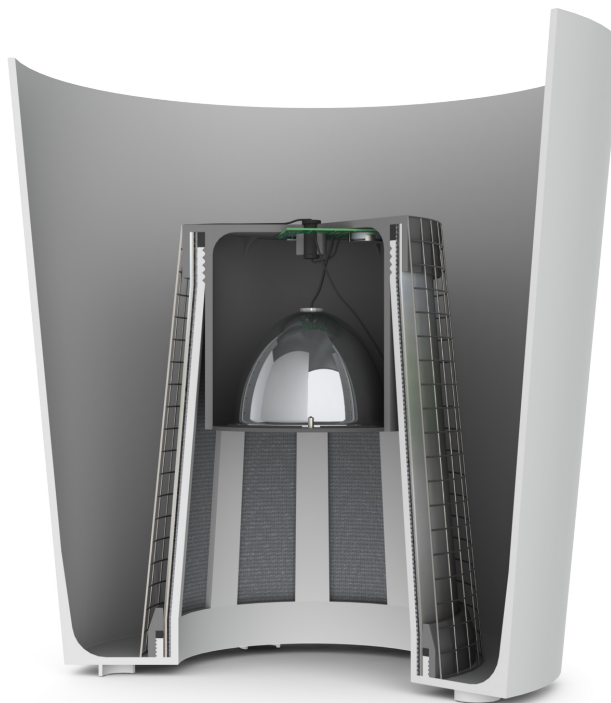


Figuur 3.6e

Om het systeem nog verder te optimaliseren is de current collector om de pilaar heen gevouwen. Dit heeft twee voordelen; ten eerste verlies je hier minder materiaal mee en ten tweede is het eenvoudiger om hem vast te zetten (figuur 3.6f).

Verder is er een verbetering doorgevoerd die gevonden werd tijdens het zoeken naar mogelijkheden van de conceptring licht; de reflector. Samen met een extra onderdeel sluit dit de onderkant van de verlengde dop af door middel van een tweetal schroefjes. Op deze manier is de printplaat niet van onder te zien en zullen consumenten minder snel aan het binnenwerk van het product zitten.

Ook de printplaat heeft dus een plekje gekregen, bovenin de dop. Deze is bevestigd op het punt waar de rubberen plug de bovenkant van de dop sluit. Doordat het materiaal van de dop een stuk meeloopt met de rubberen plug zal vocht, als het al binnenkomt, in ieder geval nooit op de printplaat terecht komen.



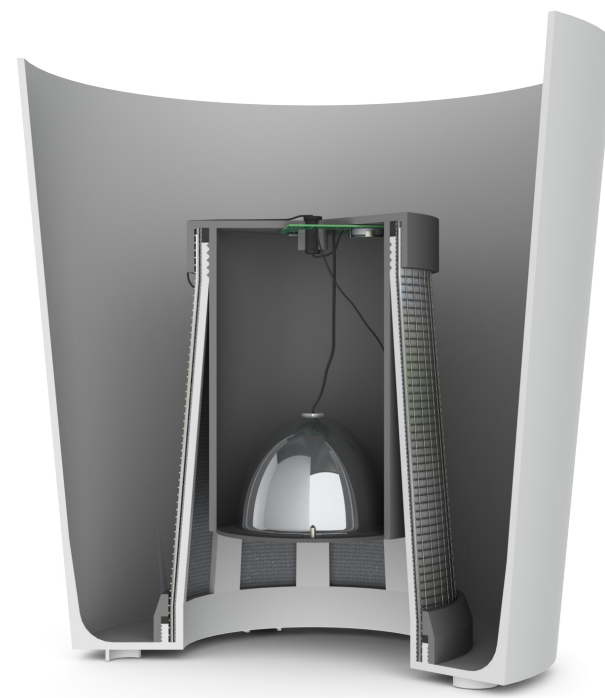
Figuur 3.6f

De plaatsing van de rubber ringen is ook veranderd. Bovenin ligt de ring naast het membraan, in plaats van erop. Hier is voor gekozen, omdat het rubber zal uitzetten als de dop op het product geschroefd wordt en daarmee het membraan klem houdt. Ook onderin is voor een dergelijke oplossing gekozen.

Tot slot de laatste versie van het conceptontwerp. De verbeteringen ten opzichte van de vorige configuratie zijn te vinden op twee gebieden.

De current collector is hierbij verwerkt om de kathode heen, waardoor deze samen klemgezet zijn om de pilaar heen. Nu zijn beide gefixeerd en is bovendien de afstand van de anode tot de kathode gereduceerd tot de dikte van het membraan.

Daarbij is de dop verder verlengd, zodat de lichtbron lager komt en het licht beter onder de pot vandaan kan komen. (Figuur 3.6g)



Figuur 3.6g

4. Eindfase

Hoewel er sprake is van drie conceptringingen, zal er geen definitieve keuze worden gemaakt uit één richting. Het was in eerste instantie wel de bedoeling om een dergelijk traject te volgen, maar het systeemontwerp naast het ontwerpen van de toepassing heeft voor een ander beeld gezorgd.

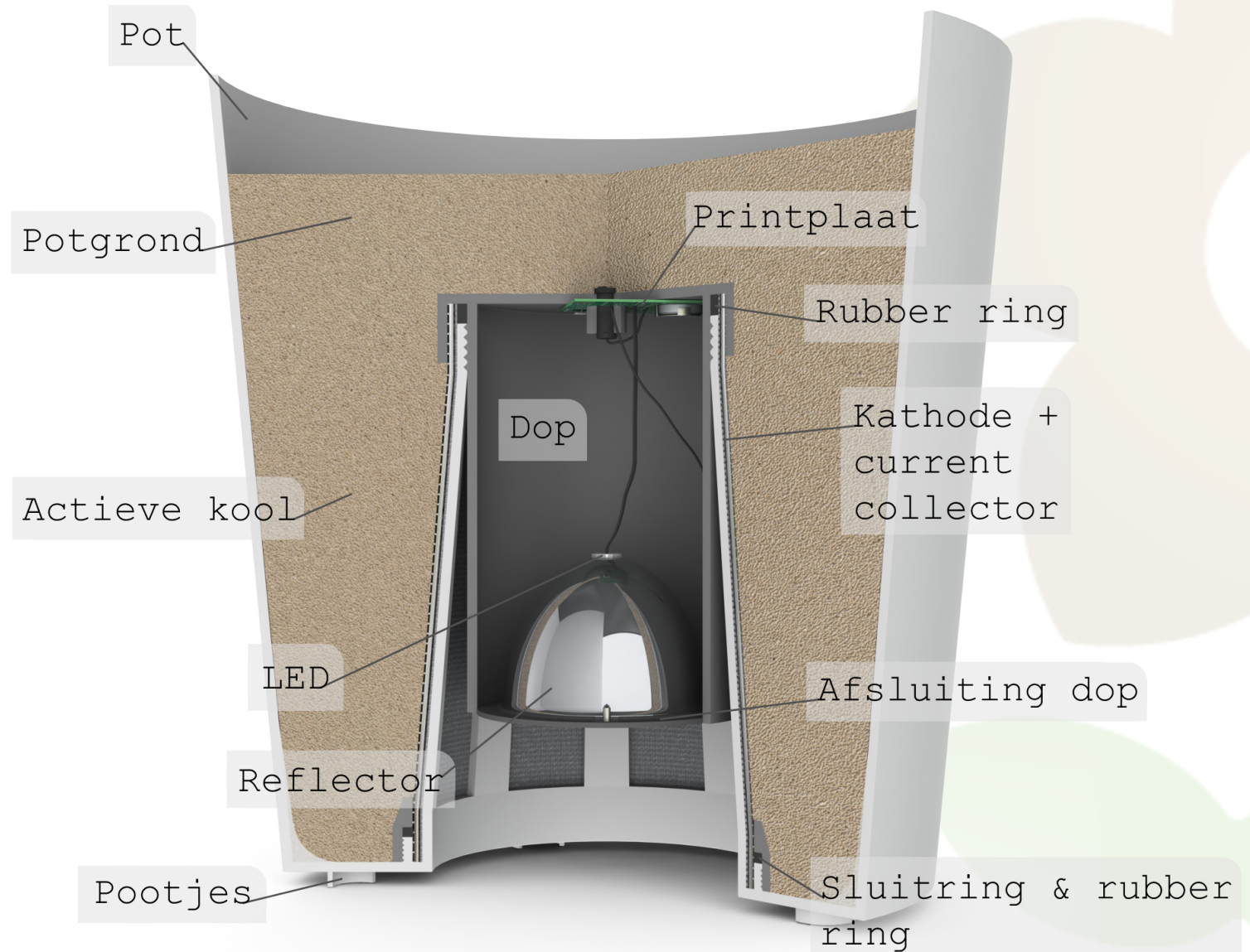
Voor zowel de toepassing van het licht als het geluid is het systeemontwerp goed te gebruiken. Wel is ervoor gekozen over vanaf nu te focussen op het detailleren van de optie licht. Deze keuze heeft vooral te maken met de bredere toepasbaarheid, als ook met het feit dat het praktischer bleek om met licht te experimenteren.

4.1 Concept

Nu het systeemontwerp samen met het ontwerpen van de toepassing op een gelijk niveau liggen is het tijd om een aantal zaken vast te leggen.

Onderdelen

In figuur 4.1a zijn alle onderdelen te zien waaruit het huidige concept bestaat. In principe is van alle onderdelen al besproken waarom en hoe ze in het concept verwerkt zijn.



Figuur 4.1a

4. Eindfase

Afmetingen

De afmetingen van het ontworpen concept zijn ook vastgelegd, al kunnen die na het evalueren van het eerste model nog aangepast worden. Er is gekozen voor een hoogte en een maximale diameter van 16 centimeter. Op deze manier is het product handzaam, maar aan andere kant heeft de plant ook genoeg ruimte om de wortels goed te kunnen laten groeien.

De afmetingen van de pilaar en de behuizing kunnen eenvoudig worden aangepast, wat zowel vanuit kosten oogpunt als plant technisch oogpunt nog wat op kan leveren.

In de begeleidende afbeelding zijn de grove afmetingen van het concept te zien (figuur 4.1b). De gedetailleerde afmetingen van alle onderdelen zijn te vinden in Bijlage 6.5.

Materiaal

Vanuit Plant-e werd aangegeven dat de duurzaamheid van het product (na een goede technische werking) een belangrijk punt is, zal het duidelijk zijn dat de materiaalkeuze hierbij van belang is. Zoals eerder gesteld is er per onderdeel qua materiaalkeuze een diverse verscheidenheid aan speelruimte.

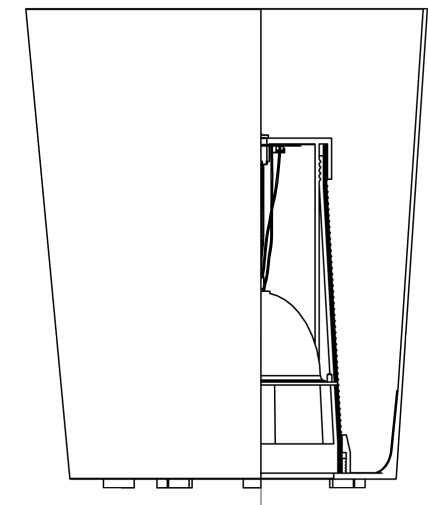
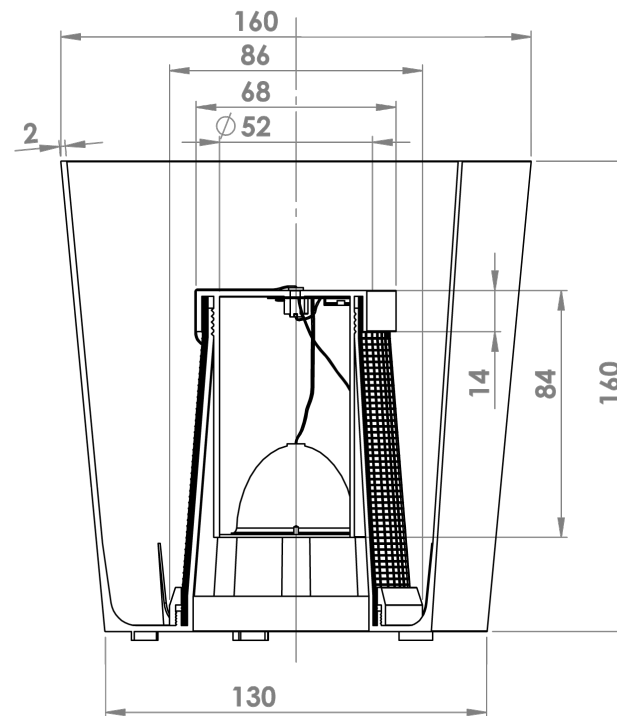
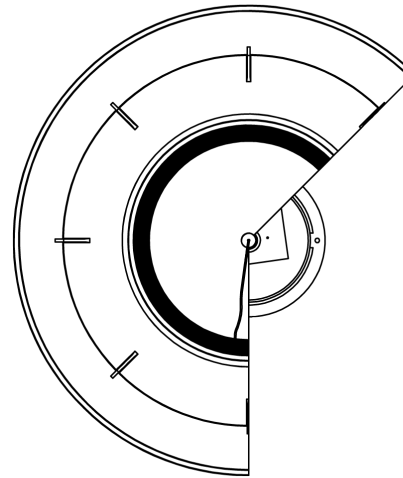
Zo zal de elektronica uit standaardonderdelen bestaan, waardoor er minder keuze is qua duurzaamheid.

Voor de gehele behuizing is er meer keuze uit materialen. Vanaf een bepaald aantal producten zal spuitgieten de goedkoopste optie zijn, maar hier gaan we het volgende stuk meer op in. Uit onderzoek blijkt dat Polypropyleen spuitgieten een relatief duurzame manier van produceren is (referentie). Bovendien kan er bij de keuze voor een granulaat worden gekozen voor gerecycled materiaal, wat de duurzaamheid nog verder ten goede komt.

Een voordeel van een dergelijke behuizing is uiteraard ook dat deze na gebruik op zijn beurt weer gerecycled kan worden.

Ook de rubber ringen en de rubberen plug liggen redelijk vast, omdat er voor deze onderdelen geen alternatief te bedenken is.

Een volledig overzicht van materialen is te vinden in Bijlage 6.3.



Figuur 4.1b

4. Eindfase

4.2 Kosten

In het Programma van Eisen is gesteld dat het product niet meer dan €50 aan productiekosten mag zijn. Daarom is er onderzocht waar de productiekosten op dit moment (aan het einde van het ontwerpproces) op uit zouden komen. Per onderdeel is gekeken naar de eenheid en de eenheidsprijs. Vermenigvuldigd en gesommeerd levert dit uiteraard de prijs op die betaald moet worden om het product te produceren.

Er is onderscheid gemaakt tussen de prijs die het product gaat kosten als het in een stuksgrote van meer dan duizend geproduceerd wordt en de prijs die het kost om nu een los exemplaar te fabriceren. Het grote verschil tussen deze twee prijzen ligt verscholen in het feit dat bij de grote productie de pot spuitgegoten wordt en bij de losse exemplaren gebruik gemaakt wordt van 3D-printen.

Kostprijs massaproductie

De kostprijs van de behuizing is berekend aan de hand van Solidworks. Hiermee kan eenvoudig de massa berekend worden. De eenheidsprijs is bepaald aan de hand van actuele kunststofprijzen.

Verder was van een aantal onderdelen de prijs al bekend, omdat die al eens waren opgezocht of omdat deze onderdelen al gebruikt worden door Plant-e.

Bij dit kostenplaatje zijn er nog een aantal vraagtekens te plaatsen. Zo is de prijs van het printplaatje (nog) niet accuraat te bepalen, omdat de definitieve indeling hiervan nog niet bekend is. Ook van de kathode is niet precies te achterhalen wat het per vierkante meter kost, maar de prijs zal niet veel verschillen met die van de current collector.

Tot slot is het benodigde aantal manuren voor de productie een lastig punt. Gebaseerd op de productiestappen en de bijbehorende acties is wel een inschatting gemaakt van de tijd die nodig zal zijn.

Totaal komt de productieprijs nu uit op €40. Vergeleken met het Programma van Eisen is dit een mooi bedrag, maar gezien de kostenverdeling zal het vrij eenvoudig zijn om deze prijs naar

beneden te brengen. Zoals in het overzicht te zien is, komt meer dan de helft van de kosten voor de rekening van de current collector en de kathode. Als het bij het ontwerpen van een nieuwe versie lukt om het benodigde oppervlak met de helft te verminderen zal dit al een behoorlijke kostenbesparing opleveren. Omdat de rest van de onderdelen relatief standaard zijn zal hier niet veel besparing te behalen zijn.

Kostprijs enkel exemplaar

Zoals al gesteld zit het grootste verschil tussen beide productiekosten in de manier van het produceren van de pot. Bij het maken van losse exemplaren wordt er gebruikt gemaakt van 3D-printen, wat uiteraard een stuk duurder is dan spuitgieten. Ook de hoeveelheid manuren die nodig zijn om het product te assembleren is anders, dit omdat de eerste exemplaren binnen Plant-e gefabriceerd zullen worden en deze uren in principe niets kosten.

Meer informatie over het 3D-printen is te vinden onder het hoofdstuk 'Model'.

Het gehele kostenoverzicht is te vinden in Bijlage 6.2.

4. Eindfase

4.3 Productie

Voor de productie is er gekeken naar twee zaken; allereerst de verschillende stappen van de assemblage en er is een overzicht gemaakt van bedrijven die de pot kunnen spuitgieten.

De assemblage kan bij dit concept een overzichtelijk proces blijven (figuur 4.3a). De pot, de dop, de sluitring en de afsluiting van de dop worden door een extern bedrijf spuitgegoten. Vervolgens wordt als eerst het membraan geplaatst, die onderaan wordt vastgezet met behulp van de rubber ring en de sluitring.

Voor de tweede stap wordt eerst een deel van het elektrische circuit geïnstalleerd in de dop. Dit geheel kan dan tezamen met een rubber ring in de pilaar worden geschroefd. Hierna kunnen de draden van zowel de kathode als de anode worden aangesloten op de printplaat.

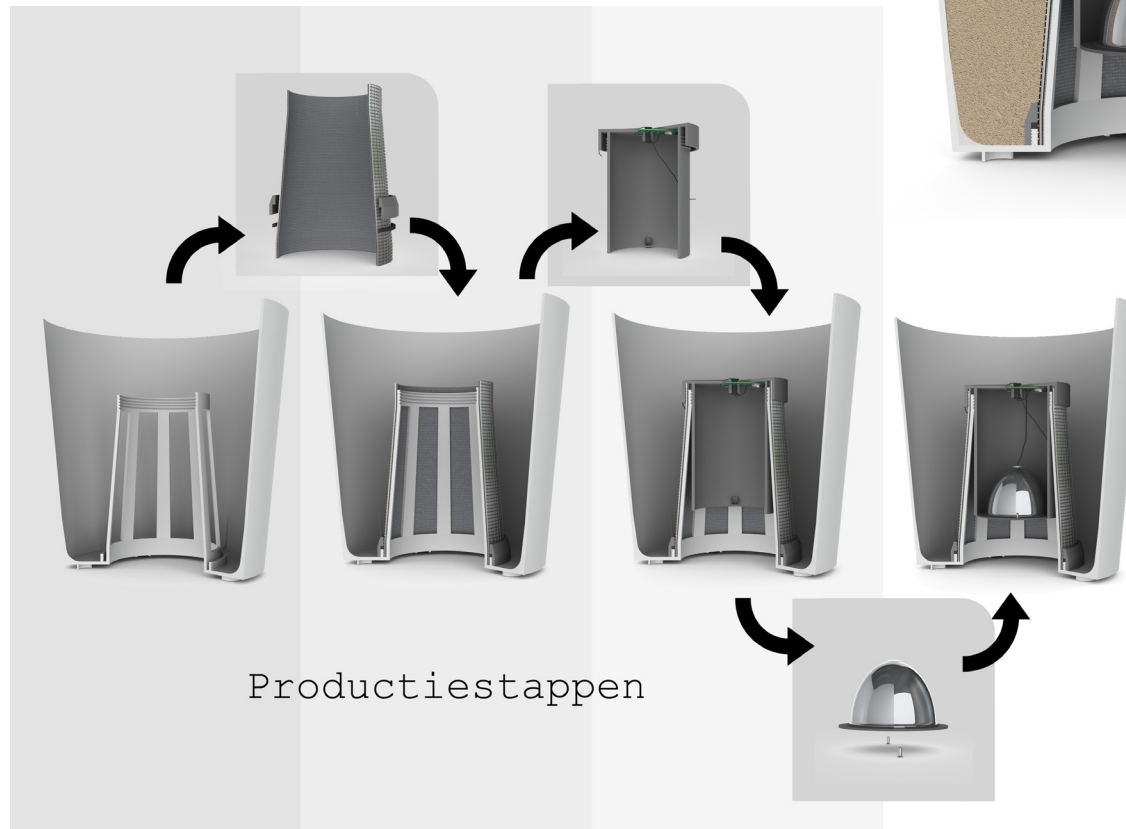
De laatste stap bestaat uit het afdichten van de onderkant van de dop. Hiervoor wordt eerst de LED aangesloten op de printplaat, waarna het geheel wordt afgedicht door middel van de afsluiting van de dop.

Wat rest is het toevoegen van de plant. Deze wordt samen met het actieve kool in de pot gezet. De bovenste laag zal bestaan uit een laag potgrond, om twee redenen. Ten eerste zal de gadget weggegeven/verkocht worden zonder water, omdat het product hier onnodig en onhandig zwaar van wordt. Zonder water zal het actieve kool echter eenvoudig beginnen met stuiven en het inademen van deze stof is niet voordelig voor de gezondheid. Het toevoegen van de laag potgrond zal dit voorkomen.

Bovendien heeft de plant waarschijnlijk een korte opstarttijd nodig, zoals te zien is in de grafiek van het experiment over het voltage van de plant. Door het toevoegen van de potgrond blijkt het voltage eerder een hogere waarde aan te nemen. Dit

wordt waarschijnlijk verklaard doordat er al een zekere hoeveelheid organisch materiaal en bacteriën in de potgrond zit, waarmee de reactie al kan beginnen.

Voor het fabriceren van de pot en de andere onderdelen die spuitgegoten moeten worden is er in de omgeving gezocht naar bedrijven die dit kunnen. Als het mogelijk is om hiermee bedrijven in de regio te stimuleren, dan heeft Plant-e dat namelijk graag. In het kader van duurzaamheid is er ook gezocht naar bedrijven die duurzaam spuitgieten. Deze zijn zeker te vinden, alleen blijkt dat vaak uit te monden in spuitgieten met bio-afbreekbare grondstoffen. Dit is uiteraard geen optie voor een product waar veel water en biologisch materiaal in verwerkt zit.



Figuur 4.3a



Figuur 4.3b

4. Eindfase

4.4 Model

Plant-e zou per 2013 graag haar eerste product op de markt zetten. Om dit te bereiken is er natuurlijk een hoop fine-tuning nodig aan dit concept. Zoals het bij het zoeken naar concepttrichtingen bleek is het veel eenvoudiger om opties te proberen en fouten te vinden als je iets in je handen hebt.

In overleg is er besloten om het concept te laten 3D-printen, zodat het mogelijk zou zijn om te kijken in hoeverre het te realiseren is. In samenwerking met Innovatiemakelaar Wicha Benus van Stichting RCT 'de Vallei' en 3D Worknet uit Ede is er een model gerealiseerd.

De onderdelen die door 3D Worknet geprint zijn, waren de onderdelen die voor de grotere oplages spuitgegoten zouden worden; de pot, de dop, de sluitring en de afsluiting van de dop.

De plant in dit model zal lang niet genoeg spanning genereren om een LED te laten schijnen, daarom zijn er converters besteld die normaal gesproken gebruikt worden bij kleine zonnepanelen. Deze converters kunnen een laag voltage (20mV - 400mV) converteren naar een voltage van tussen de 2.3 V en 5.0 V. In de korte tijd die er aan het einde van het project nog over was zijn deze getest met dezelfde demo die is gebruikt voor het voltage experiment, maar het is toen niet gelukt om de LED aan te krijgen. Hier is dus nog meer onderzoek voor nodig.

De afmetingen voor het model zijn ten opzichte van het concept ook aangepast. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de converters bestonden uit een printplaat van 80x80mm. Voor het concept zullen deze converters afgeslankt moeten worden tot een kleine printplaat waar alle elektronica op gemonteerd kan worden. De converters bevatten nu nog teveel overbodige componenten die verwijderd kunnen worden. Zo zijn er drie aansluitpunten voor een output, terwijl er maar één nodig is.

Verder zijn er een aantal (onnodige) fouten ontdekt die verholpen moeten worden in een volgende prototype/model. Zo ontbraken er uitsparingen in de pilaar, de pootjes onder de pot en was de aansluiting van de verschillende onderdelen vaak vrij krap

(figuur 4.4a). Ook de schroefdraden zullen de voor de volgende generatie aangepast worden met een grotere spoed en een dubbele schroefdraad, in plaats van een enkele.



Figuur 4.4a

4. Eindfase

4.5 Visie

Nu het concept op verschillende vlakken is vastgelegd is er kort teruggekeken op het proces en het resultaat. Wat er vooral opviel was dat het uiteindelijke concept wel goed is uitgedacht, maar dan vooral op het technische vlak. Het streven van dit product is echter niet alleen het verwerken van de technologie van Plant-e, maar de uitwerking hiervan ook duidelijk uitstralen naar de gebruikers.

Dit deel van het project is niet ondergeschoven, maar is op het eerste gezicht waarschijnlijk wel minder opvallend aanwezig in het product. Daarom is er besloten om voor de twee gekozen richtingen een visie te geven. Wat zou er met deze richtingen na dat dit project gereed is te realiseren zijn met deze gegeven concepten? Dit onderdeel vormt gelijk een mooie brug naar het volgende hoofdstuk: Conclusie en aanbevelingen.

Licht

De richting licht heeft tijdens dit project meer aandacht gehad dan de richting geluid. De redenering daarachter is eerder in dit verslag te vinden. Wat is er nog mogelijk met als aanvulling en verbetering op het bestaande concept?

Een aantal ideeën welke interessant kunnen zijn voor verdere ontwikkeling zijn te zien in de schetsen. Eén categorie schetsen focust op het idee om een soort transparante stam onder de pot te plaatsen. Hierdoor krijgt het licht een oppervlakte om op te schijnen, waarmee het beter zichtbaar is. Bovendien kan er een knop worden verwerkt in de stam (figuur 4.5b & c).

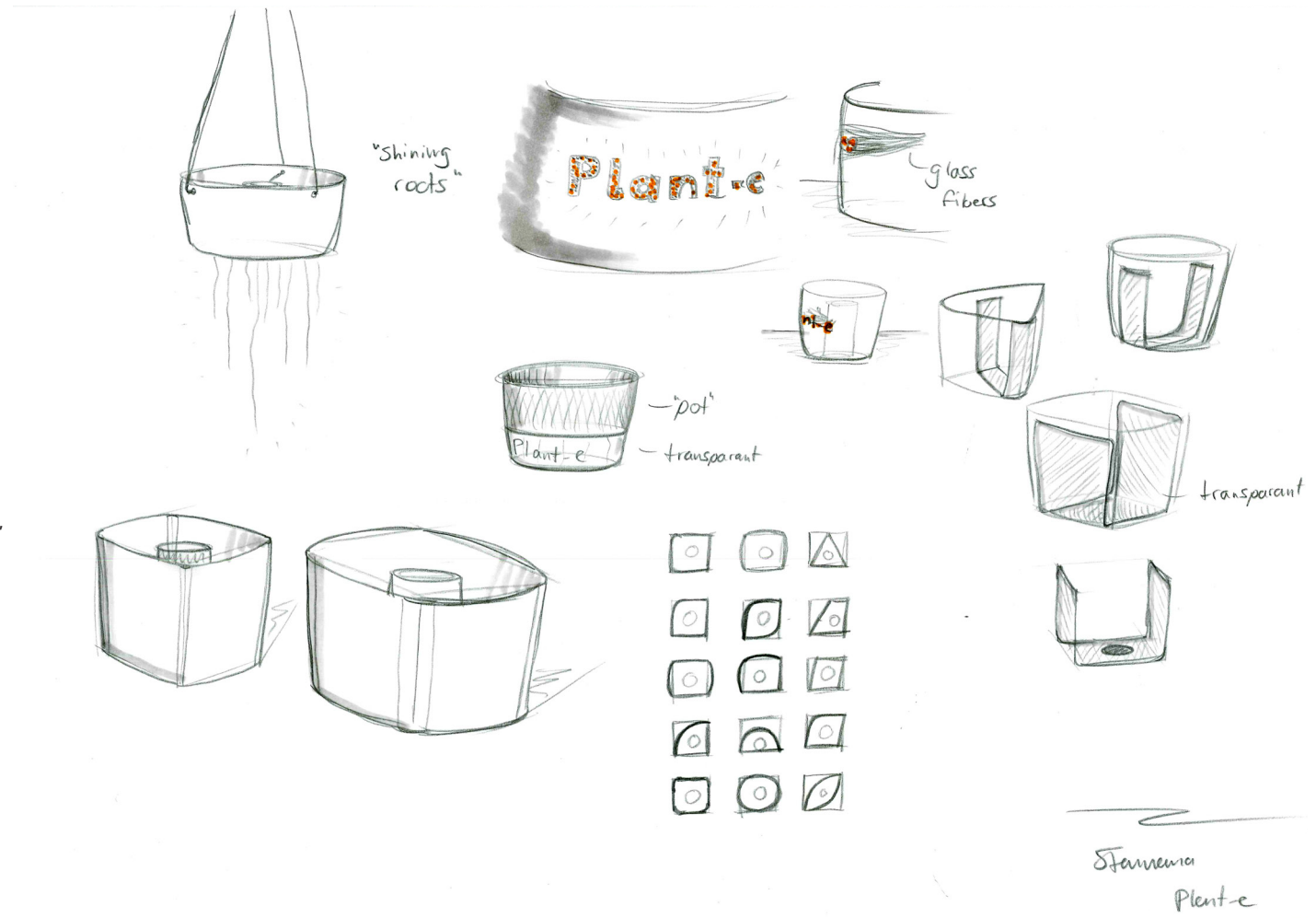
Een ander idee verwekt het concept als een hangplant. Op deze manier is het licht sneller te zien omdat het hoger hangt. Ook kan er glasvezel in dit idee worden gebruikt om een soort 'lichtgevende wortels' te vormen (figuur 4.5a).

De transparante kunststof (PP) dat tijdens de ideeënfase ook al genoemd is kan ook wat toevoegen aan dit concept. Door het in te bouwen in de pot is het bijvoorbeeld mogelijk om het Plant-e logo te verlichten. Het verlichten van de gehele pot zou zelfs ook nog een optie zijn (figuur 4.5a).

Tot slot is er nog een optie waarbij er een hoge lamp ontstaat door een poot onder het product te plaatsen. Hoewel dit een origineel beeld zou opleveren is het productietechnisch en qua grootte niet praktisch (figuur 4.5b & c).

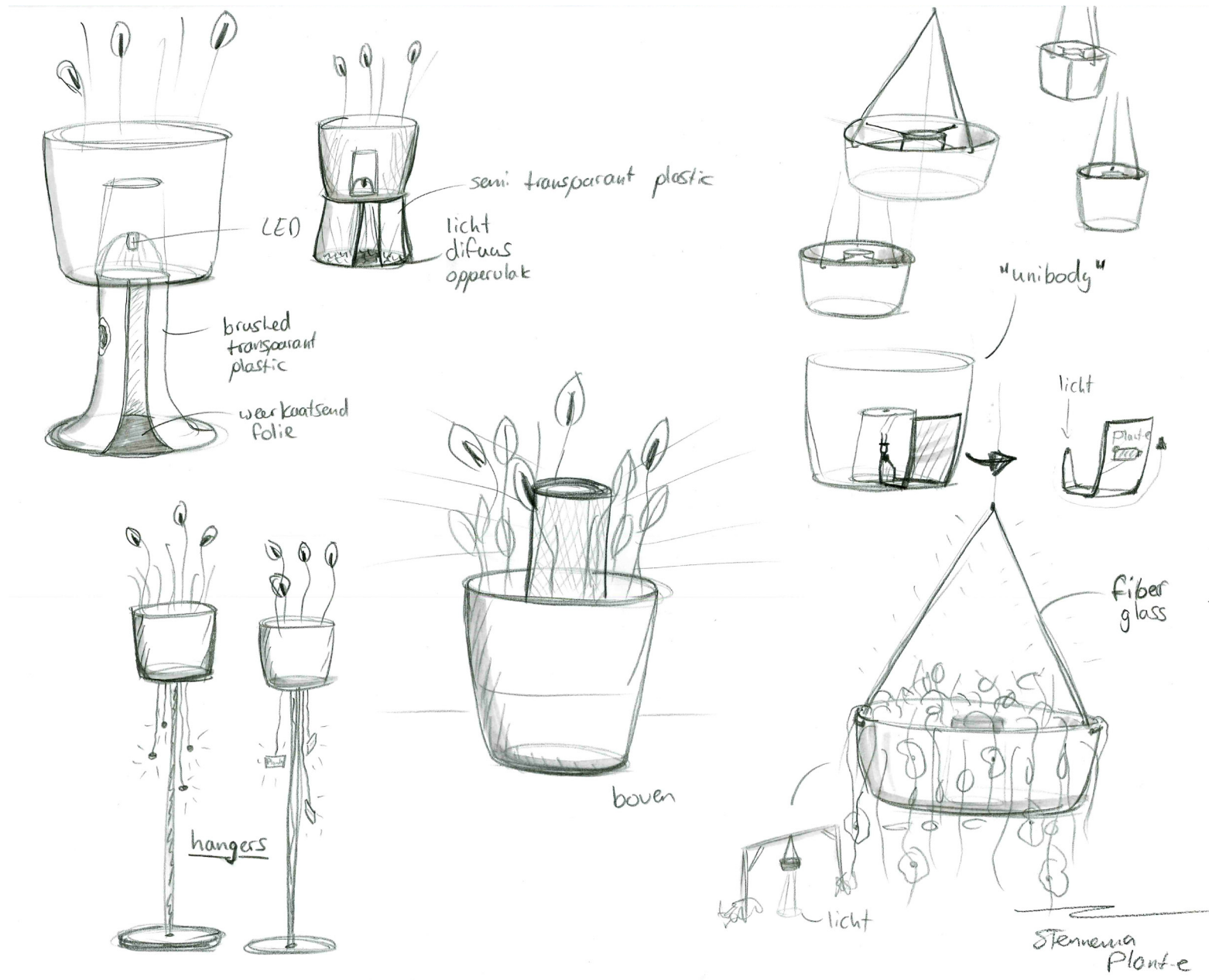
zichtbaar zal maken.

Een poster met het product met de lichtgevende stam is te vinden op figuur 4.5g. Deze optie is gekozen als meest haalbare visie in de categorie 'Licht'. Het is een eenvoudige uitbreiding die het licht beter



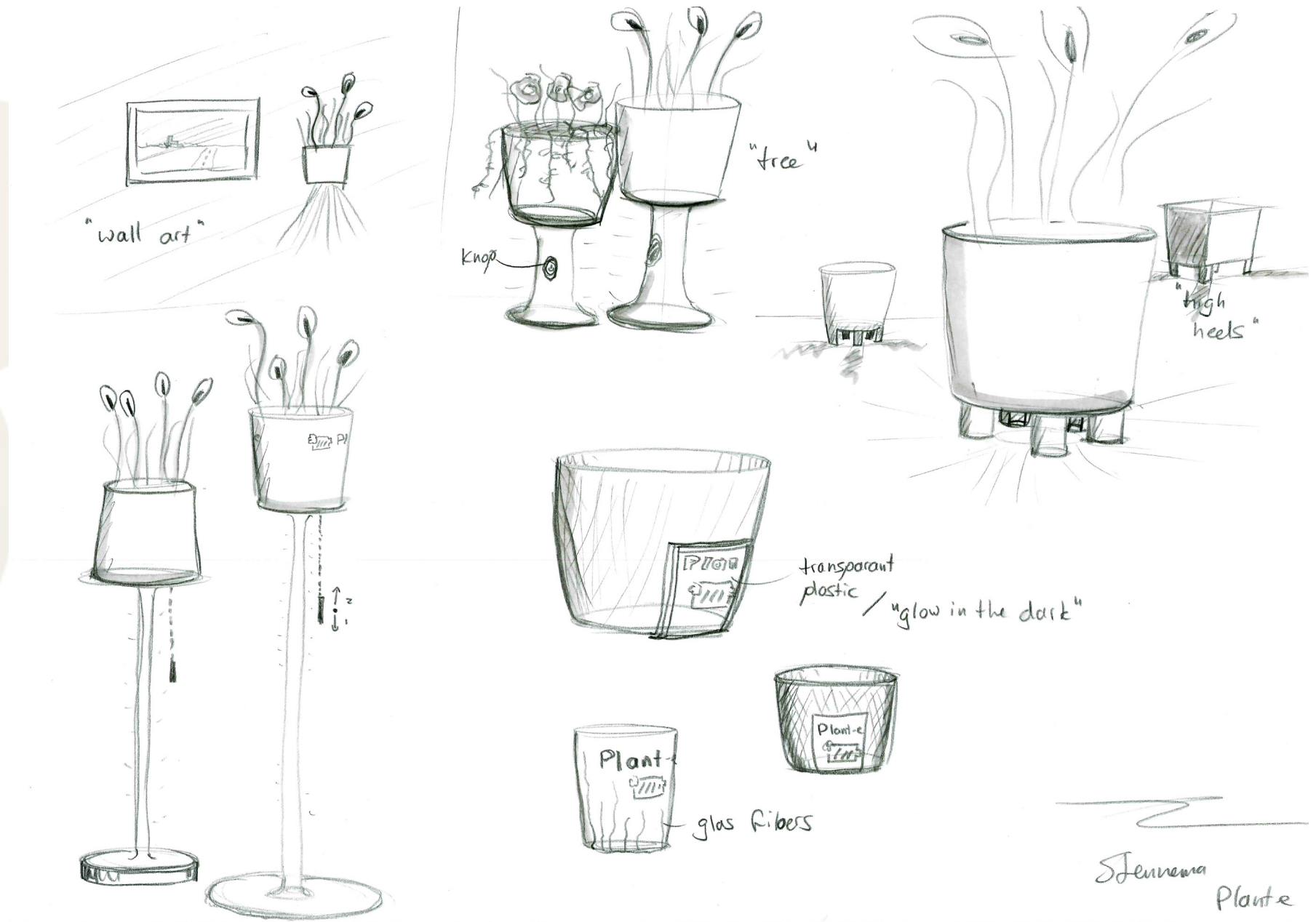
Figuur 4.5a

4. Eindfase



Figuur 4.5b

4. Eindfase



Figuur 4.5c

4. Eindfase

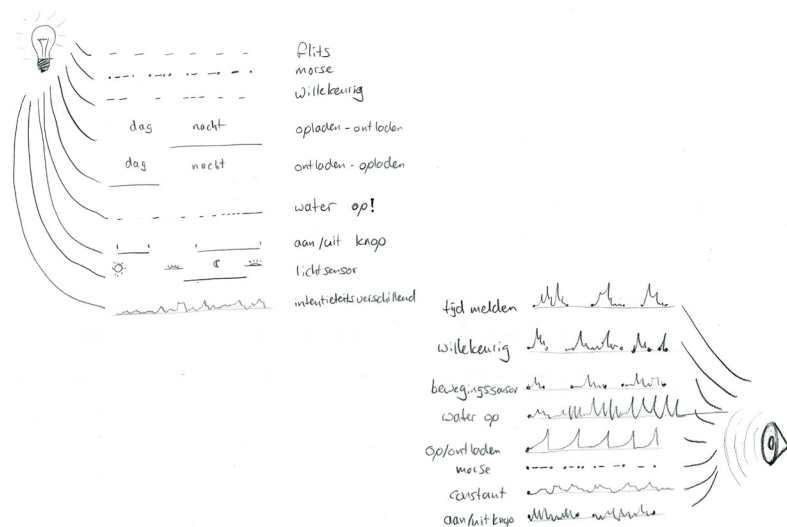
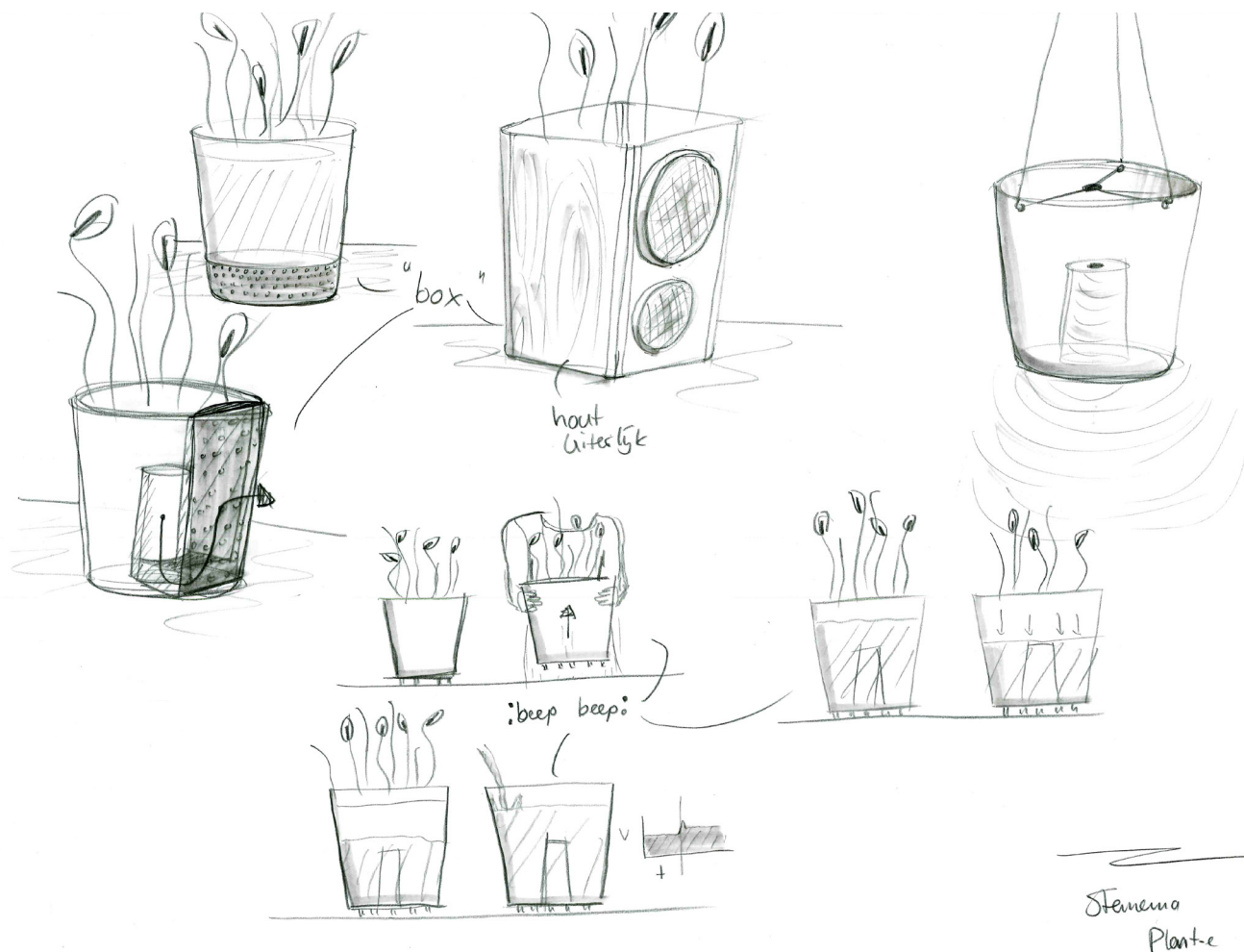
Geluid

Bij de zoektocht naar mogelijkheden voor het geluid is onder andere gezocht naar situaties waarbij het verrassend of geestig zou zijn als de plant een geluid produceerde. Dit kan bijvoorbeeld zijn bij het optillen van de plant, of als de pot wordt bijgevuld met water (figuur 4.5e).

Bij de aankoop van meerdere planten zou het een mooie situatie opleveren als de planten tegelijk geluid zouden produceren, of op elkaar zouden kunnen reageren. In plaats van het reageren op elkaar is reageren op omgevingsgeluid ook een optie (figuur 4.5f).

Waar kinderen vroeger stukjes gesproken tekst opnamen op bandjes, kan dit met het huidige concept nieuw leven ingeblazen worden. Een simpele opneem- en speelknop is al genoeg om een middag plezier te hebben met een plant (figuur 4.5f).

Tot slot is er gekeken naar hoe het geluid optimaal benut kan worden. Enerzijds zou dit kunnen door de plant weer op een



Figuur 4.5d

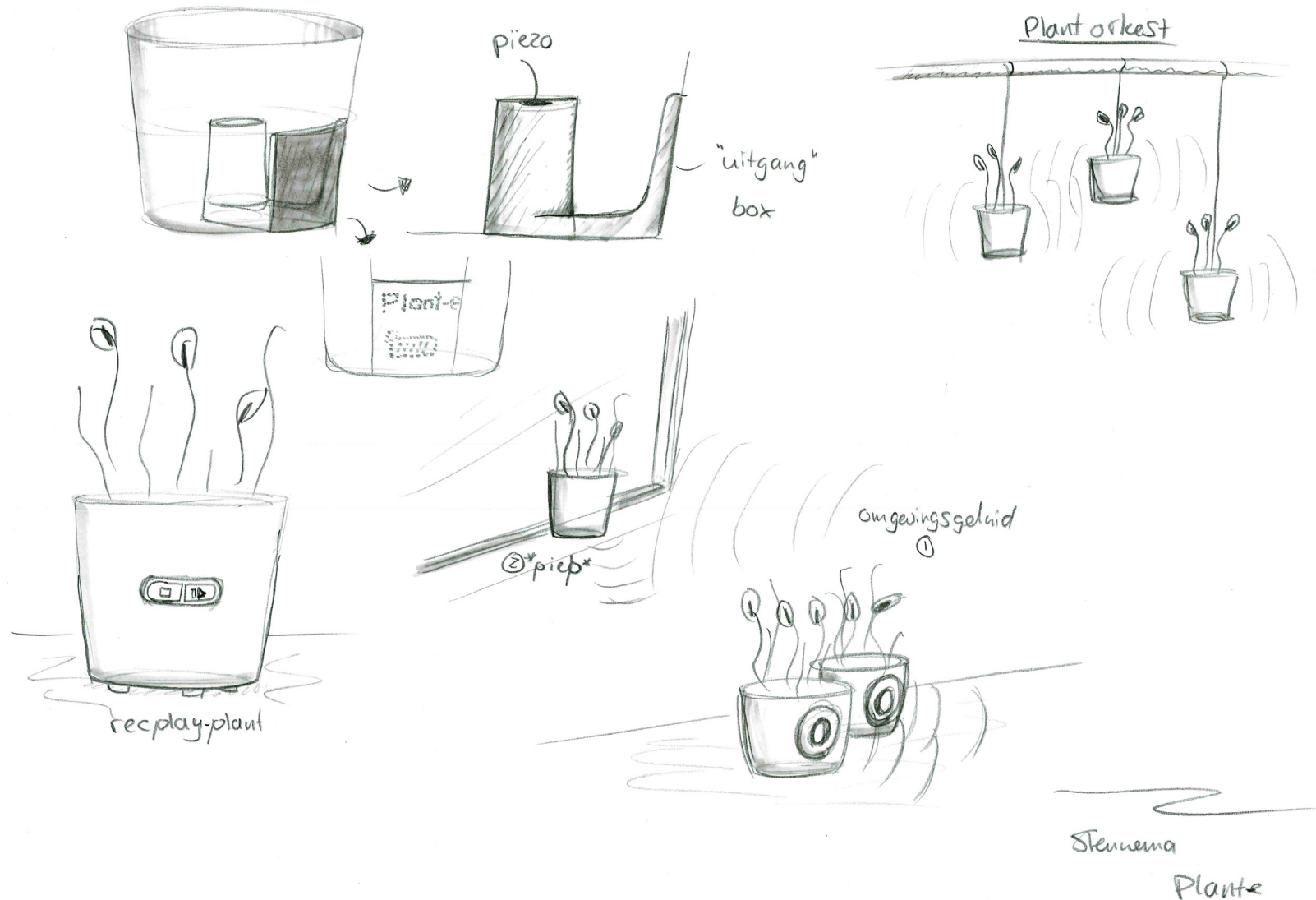
bepaalde hoogte te hangen. Een andere optie zou zijn om de pilaar als klankkast te gebruiken en een soort verbinding te maken van deze pilaar naar de buitenkant van de pot. Dit oppervlakte kan dan bijvoorbeeld worden geperforeerd met gaatjes in de vorm van het Plant-e logo. (Figuur 4.5e & f)

Een poster met daarop het product met de opneem- en afspeelknop is te vinden op figuur

4.5h. Dit idee is gekozen als beste idee van de visie 'Geluid', aangezien het eenvoudig toe te passen is en het een groot verrassingseffect teweegbrengt.

Figure 4.5e

4. Eindfase



Figuur 4.5f

4. Eindfase



Plant-e of light,
at night

Figuur 4.5g

4. Eindfase



Plant-e of sound

Figuur 4.5h

5. Conclusies en aanbevelingen

Aansluitend op het stuk visie de conclusies en aanbevelingen. Het is lastig om objectief te beoordelen als je er net mee klaar bent, maar er is zeker genoeg stof om over na te denken.

5.1 Conclusies

Op verschillende schalen kunnen er conclusies getrokken worden. Over het algemeen heerst er tevredenheid over de uitkomst van het project. De begeleiding vanuit de universiteit en vanuit Plant-e was nuttig en ondersteunend.

Het is goed te begrijpen waarom men graag ziet dat studenten de Bacheloropdracht extern uitvoeren. Het werken in een bedrijf heeft zeker een bijdrage geleverd aan de ervaringen als Industrieel Ontwerper. Constant kunnen overleggen met zowel andere stagiairs als met de begeleiders binnen het bedrijf houdt iedereen scherp en zorgt voor betere resultaten.

Inhoudelijk zijn er ook genoeg conclusies te trekken. Zo is er met de beschikbare middelen een product ontworpen dat in ieder geval aan praktisch alle punten van het Programma van Eisen voldoet. Ook kan er geconcludeerd worden dat er meer tijd heeft gezeten in het ontwerpen en detailleren van het systeemontwerp dan in de toepassing die het uiteindelijk moet dienen.

Wat betreft de planning die gemaakt is tijdens het Plan van Aanpak en de uiteindelijke tijdsbesteding is andermaal te concluderen dat het zeer moeilijk is om dit gelijk te krijgen. Wat er vooraf ook uitgedacht wordt; het is nooit te voorspellen of het een accurate planning is. Zo is er uiteindelijk minder tijd gestoken in het onderzoeken van de doelgroep en de concurrentie, simpelweg omdat dit minder relevant en nuttig bleek dan gedacht.

Concluderend kan worden gesteld dat de doelstelling uit het Plan van Aanpak op een enkel aspect na voltooid is.

5.2 Aanbevelingen

Een begin van de aanbevelingen is al gemaakt in met de Visie, maar er zijn uiteraard nog meer aanbevelingen te noteren.

De eerste aanbeveling is al deels in ogenschouw genomen, namelijk het produceren en evalueren van een eerste prototype. Hoeveel en hoe grondig er ook over het systeem nagedacht is; in de praktijk blijft het verreweg het eenvoudigst om fouten en problemen op te sporen.

Verdere aanbevelingen zijn om meer onderzoek te doen naar de diverse elementen van het product. Is het mogelijk om de kathode en de current collector kleiner te maken? Wat moet er allemaal op de printplaat komen en hoeveel gaat dat kosten? Op dat gebied is er waarschijnlijk nog een hoop winst te behalen.

Een verbeterpunt dat naar aanleiding van het model opdook heeft te maken met de stevigheid van de plant. Voor het model is een lepelplant gebruikt, maar het bleek lastig om deze overeind te laten staan. Hier kan in een volgend stadium ook meer aandacht aan worden besteed.

Ook het productieproces kan beter uitgedacht worden. Zowel op het gebied van fabricage, assemblage en het kostprijs berekening van het product is nog veel niet duidelijk.



6. Bijlagen

6.1 Electrische componenten

LED's

Afbeelding	Naam	Voltage	Stroomsterkte	Overig
	Rood 5mm	2.25 V	20 mA	Lichtsterkte: - 11 mcd Prijs: - €0,08 (€0,06)
	Groen 5mm	2.2 V	20 mA	Lichtsterkte: - 40 mcd Prijs: - €0,08 (€0,06)
	Geel 5mm	2.1 V	20 mA	Lichtsterkte: - 20 mcd Prijs: - €0,08 (€0,06)
	Wit 5mm	3.2 V	20 mA	Lichtsterkte: - 700 mcd Prijs: - €1,26 (€0,96)

Motortjes

Afbeelding	Naam	Voltage	Stroomsterkte	Overig
	IGARASHI 2025-22 DC-Motor	1.5 V (nominaal) 1.5 - 3.0 V (voedings- spanning)	0.18 A (nullast) 0.550 A (gemiddeld)	Gewicht: - 18 g Rendement: - 45% Prijs: - €3,99 (€3,83)
	1024 DC Macromotor	3 V (nominaal)	0.016 A (no load currency)	Gewicht: - n.a. Rendement: - 79% Prijs: - € 70
	Elektromotor X-slot 143 race	6 - 12 V (min - max)	0.1 - 0.32 A (min - max)	Gewicht: - n.a. Rendement: - n.a. Prijs: - €4,99
	Motor X-Slot Tuning 1:24	12 V (nominaal)	0.10 - 1.74 A (min - max)	Gewicht: - 38 g Rendement: - 65% Prijs: - €4,99

6. Bijlagen

Speakers

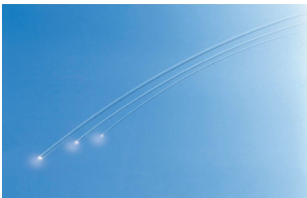
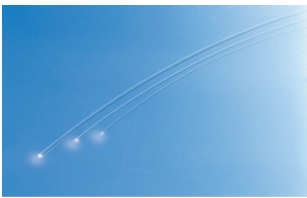
Afbeelding	Naam	Voltage	Stroomsterkte	Overig
	Piëzo-elektronische geluidsomvormer	3 - 24 V	5 mA	Prijs: - €3,63 (€3,07) Geluidsniveau: - 75 - 90 dB
	Magnetische signaalgenerator	3 V (AC)	90 mA	Prijs: - €0,35 (€0,27) Geluidsniveau: - 80 dB
	Signaalgever zonder elektronica AL-60 serie	1 - 2 V	< 30 mA	Prijs: - €0,97 (€0,74) Geluidsniveau: - 85 dB
	Signaalgever met elektronica AL-60S-serie	2 - 5 V	< 30mA	Prijs: - €2,26 (€1,61) Geluidsniveau: - 82 dB

Displays

Afbeelding	Naam	Voltage	Stroomsterkte	Overig
	LC-display puntmatrix module 8x2 tekens	5 V	1,5 mA	Prijs: - €16,18 (€12,13) Grootte: - 35x15 mm
	LC-display puntmatrix module 16x1 tekens	5 V	1,5 mA	Prijs: - €15,10 (€11,63) Grootte: - 65x14 mm
	LC-display SE 6904 4 cijferig	3 - 5 V	n.a.	Prijs: - €9,32 (€7,46) Grootte: - ±30x13mm
	LC-display puntmatrix module 40x2 tekens	5 V	1,5 mA	Prijs: - €20,60 (€19,78) Grootte: - 154x16,5mm

6. Bijlagen

Overig

Afbeelding	Naam	Eigenschappen	Prijs
	Kunststof lichtgeleiders	Diameter: - 1 mm Damping: - 0.18 dB	€1,12 p/m (€0,92 p/m)
	Kunststof lichtgeleiders	Diameter: - 0,5 mm Damping: - 0.18 dB	€0,72 p/m (€0,55 p/m)
	Kunststof lichtgeleiders	Diameter: - 0,5 mm Damping: - 0.18 dB	€0,61 p/m (€0,49 p/m)
	polyester plaat transparant	Afmetingen: - 1000x600x1 mm Gebruikstemperatuur: - -20 / 60 °C	€9,95
	pvc folie transparant	Afmetingen: - 1400x1000x0,15 mm	€3,95

6. Bijlagen

6.2 Kostenberekening

Kostprijs (>1000 stuks/jaar)

Onderdeel	Eenheid	Eenheidsprijs	Productprijs
Behuizing			
Pot	0.16851 kg	0.96 €/kg *	€ 0.16
Dop	0.03707 kg	0.96 €/kg *	€ 0.04 **
			€ 0.59
Current collector	0.025 m2	550 €/m2	€ 13.75
Kathode (membraan)	0.025 m2	550 €/m2	€ 13.75
Rubber onderdelen	3 stuks	0.2 €/stuk	€ 0.60
Schroefjes	2 stuks	0.05 €/stuk	€ 0.10
Draadmateriaal	0.5 m	0.69 €/m ****	€ 0.35
Elektrische componenten			
Printplaat	1 stuk	5 €/stuk	€ 5.00
LED	1 stuk	0.08 €/stuk	€ 0.08
Reflector	1 stuk	0.2 €/stuk	€ 0.20
Inhoud			
Actieve kool	0.0013 m3	843 €/m3	€ 1.10
Potgrond	0.55 liter	0.1375 €/liter	€ 0.08
Plant	1 stuk	0.5 €/stuk	€ 0.50
Overig			
Manuren	0.10 uur	40 €/uur	€ 4.00
			+
			€ 40.09

Per stuk

Onderdeel	Eenheid	Eenheidsprijs	Productprijs
Behuizing			
Geheel (3D-print)	1 stuks	300 €/stuk	€ 381.23
Current collector	0.025 m2	550 €/m2	€ 13.75
Kathode (membraan)	0.025 m2	550 €/m2	€ 13.75
Rubber onderdelen	3 stuks	0.2 €/stuk	€ 0.60
Schroefjes	2 stuks	0.05 €/stuk	€ 0.10
Draadmateriaal	0.5 m2	0.69 €/m	€ 0.35
Elektrische componenten			
Printplaat	1 stuks	5 €/stuk	€ 5.00
LED	1 stuks	0.08 €/stuk	€ 0.08
Reflector	1 stuks	0.2 €/stuk	€ 0.20
Inhoud			
Actieve kool	0.0013 m3	843 €/m3	€ 1.10
Potgrond	0.55 liter	0.1375 €/liter	€ 0.08
Plant	1 stuk	2.99 €/stuk	€ 2.99 ***
Overig			
Manuren	1 uur	0 €/uur	€ -
			+
			€ 419.22

* = productprijs per 3 juli. Bron; http://www.vraagenaanbod.nl/marktprijzen/id8058-Kunststofprijzen_week.html (9-7-12)

** = De prijs van een gemiddeld spuitgietproduct bestaat uit de grondstofkosten maal de benodigde grondstof maal 3. Bron; http://www.awamolding.nl/?pag_id=34202 (9-7-12)

*** = kostprijs Spathiphyllum bij 'De Oude Tol' te Wageningen (8-6-12)

**** = <http://nl.rs-online.com/web/c/?searchTerm=alpha+wire+5855&sra=oss> (12-7-12)

Kostprijs (>100.000 stuks/jaar)

Onderdeel	Eenheid	Eenheidsprijs	Productprijs
Behuizing			
Pot	0.16851 kg	0.96 €/kg *	€ 0.16
Dop	0.03707 kg	0.96 €/kg *	€ 0.04 **
			€ 0.59
Current collector	0.025 m2	350 €/m2	€ 8.75
Kathode (membraan)	0.025 m2	350 €/m2	€ 8.75
Rubber onderdelen	3 stuks	0.2 €/stuk	€ 0.60
Schroefjes	2 stuks	0.04 €/stuk	€ 0.08
Draadmateriaal	0.5 m	0.41 €/m ****	€ 0.21
Elektrische componenten			
Printplaat	1 stuk	4 €/stuk	€ 4.00
LED	1 stuk	0.08 €/stuk	€ 0.08
Reflector	1 stuk	0.2 €/stuk	€ 0.20
Inhoud			
Actieve kool	0.0013 m3	632.25 €/m3	€ 0.82
Potgrond	0.55 liter	0.1375 €/liter	€ 0.08
Plant	1 stuk	0.04 €/stuk	€ 0.04
Overig			
Manuren	0.05 uur	40 €/uur	€ 2.00
			+
			€ 26.19

6. Bijlagen

6.3 Materialen

Onderdeel	Materiaal (zo nodig)
Behuizing	
Pot	Gerecycled PP
Dop	Gerecycled PP
Afsluiting dop	Gerecycled PP
Sluistring	Gerecycled PP
Slutringen	Rubber
Vulling	Norit Activated Carbon
	Potgrond
Electronica	
Printplaat	Standaard materiaal
Elektriciteitsdraden	Standaard materiaal
LED	Standaard LED (1.9 V)
Reflector	Standaard materiaal
Electronisch systeem	
Kathode	Membraan
	Titanium plaatgaas
	Koolstof vilt
	Gas diffusie laag (koolstof)
Current collector	Titanium plaatgaas
Overig	
Schroeven	-

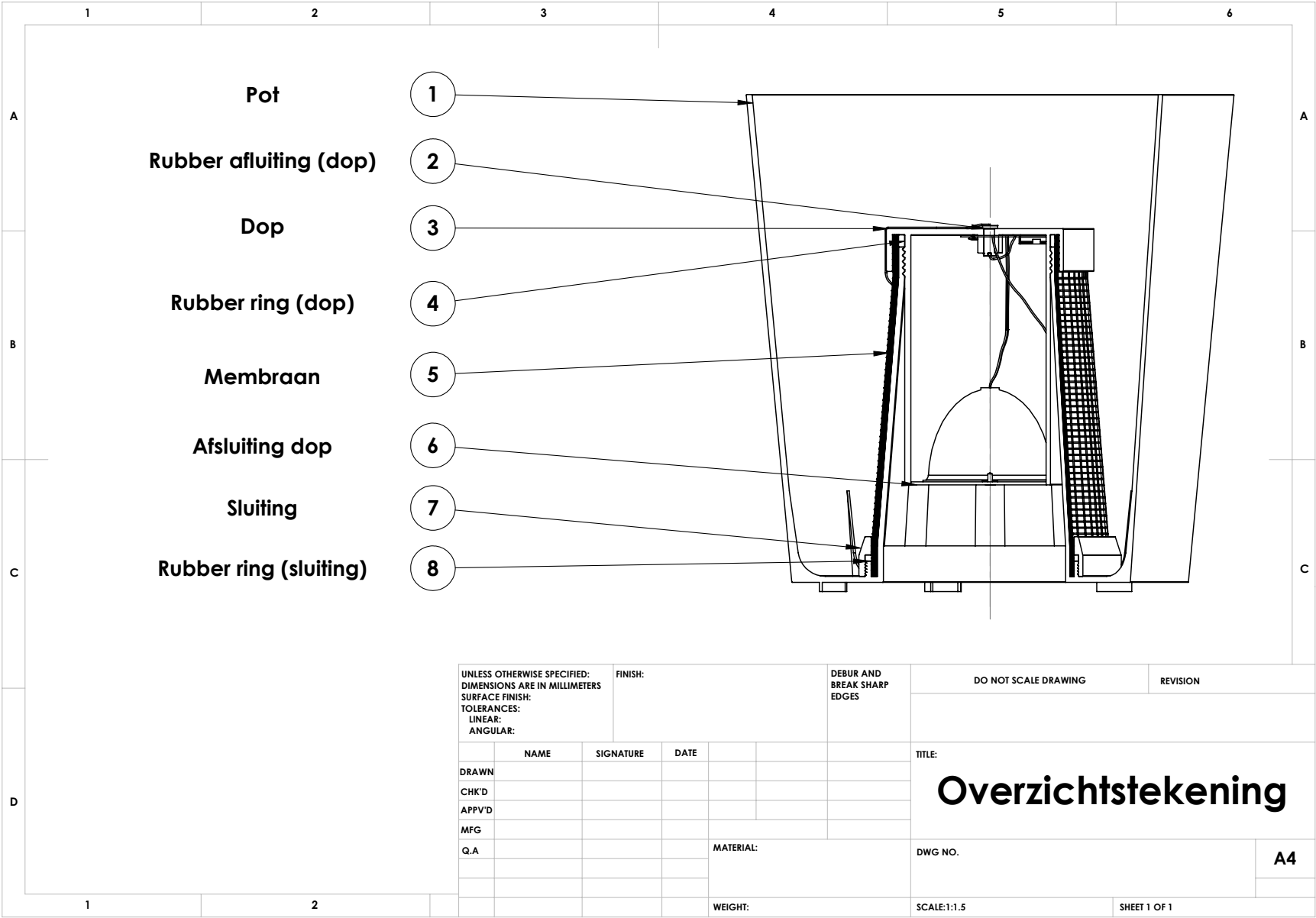
6.4 Productie

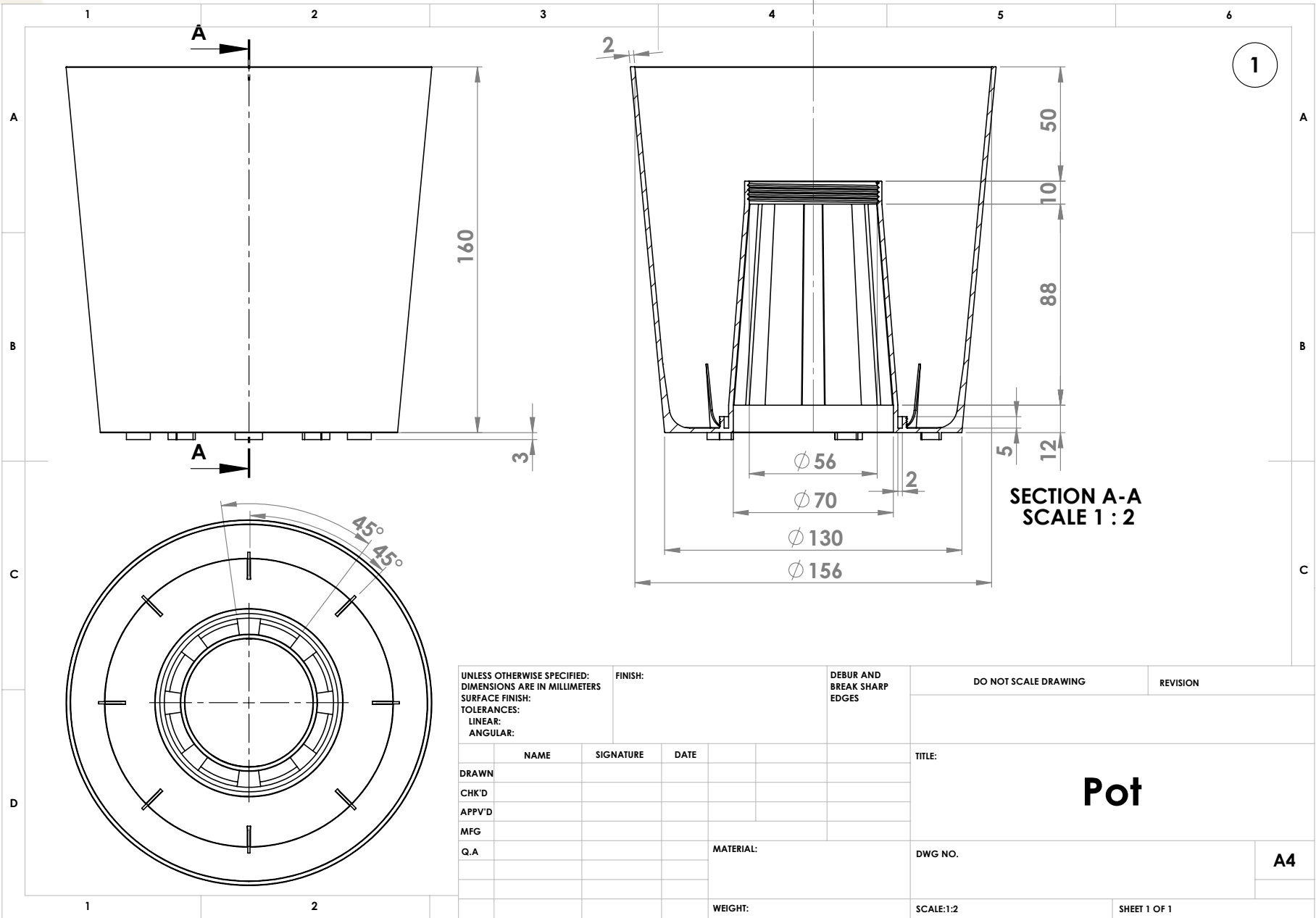
Naam	Adres
Herman Drent	Industrieweg 12A 6702 DR Wageningen
Kruijsbergen	Industrieweg 45 6651 KR Druten
Sell Kunststoffen B.V.	Gezellenstraat 18 3861 RD Nijkerk (Gld)
De Kat B.V.	Kerkallee 8a 6882 AT Velp
Bato Plastics B.V.	Munterij 2 4762 AH Zevenbergen
Bewet v.o.f.	Engelenburgstraat 6 7391 AM Twello
Betuwe Plastics	Bellstraat 8 B 4004 JN Tiel
AWA Molding	De Kletten 12-16 9206 BA Drachten



6. Bijlagen

6.5 Technische tekeningen

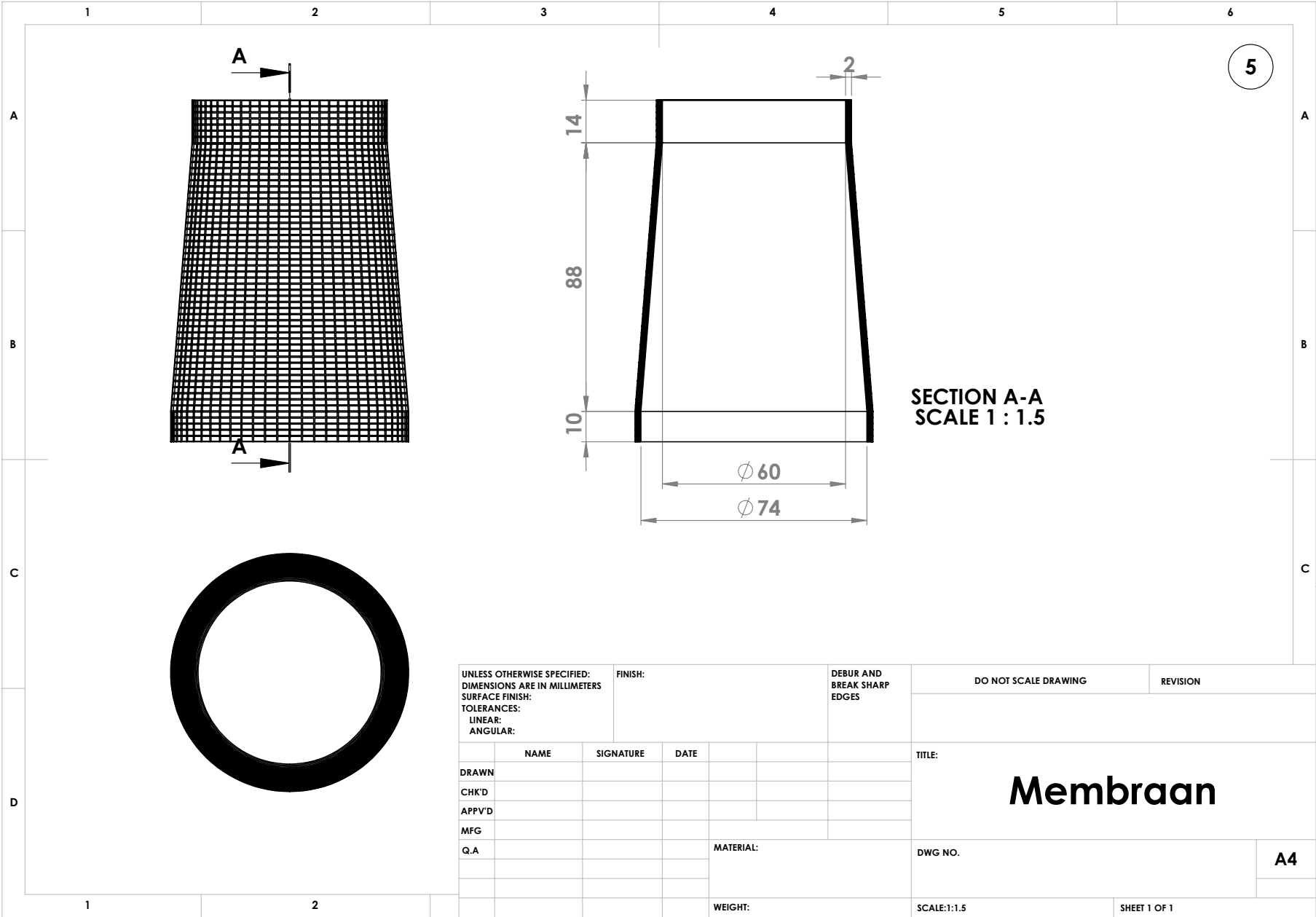


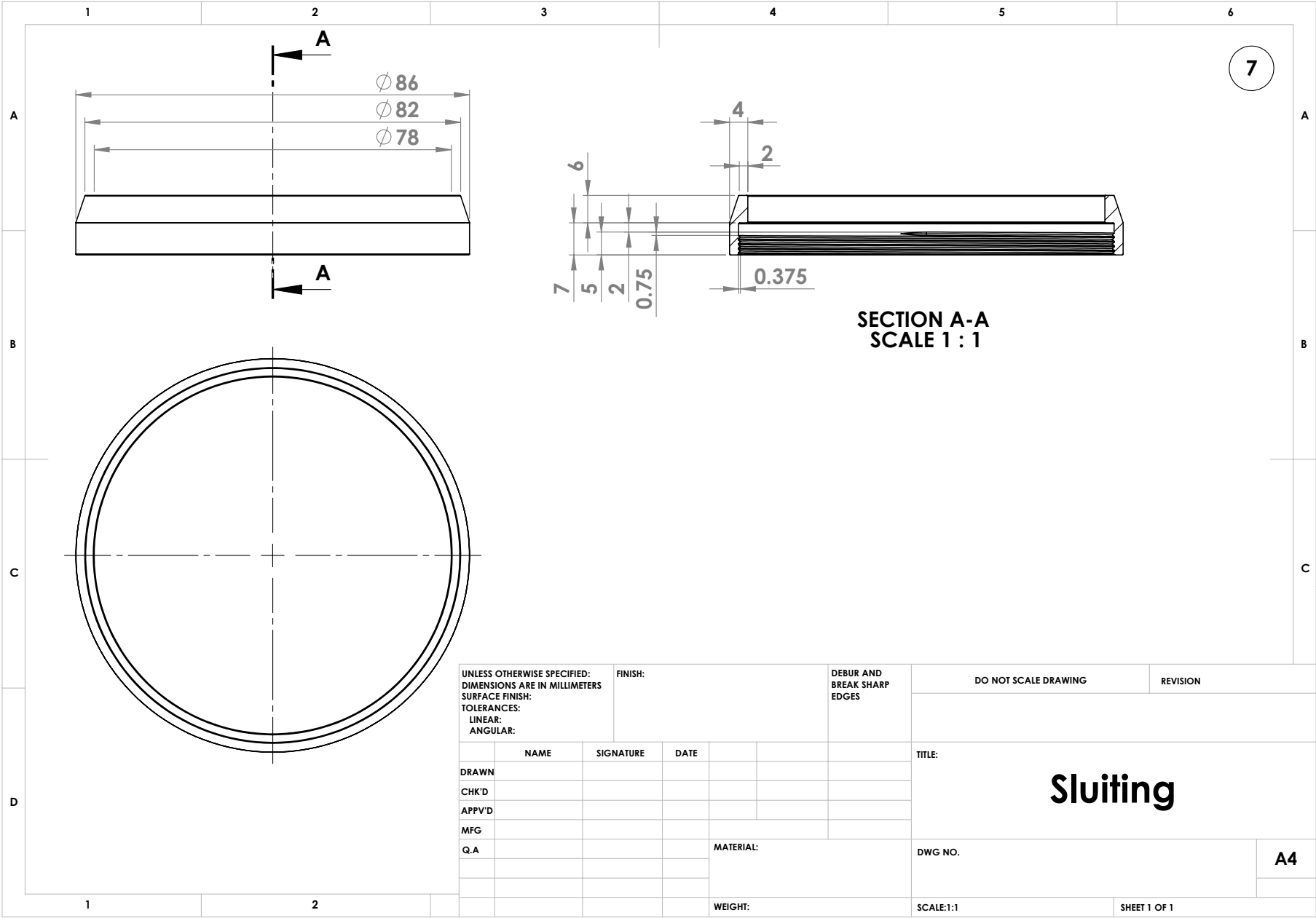


60

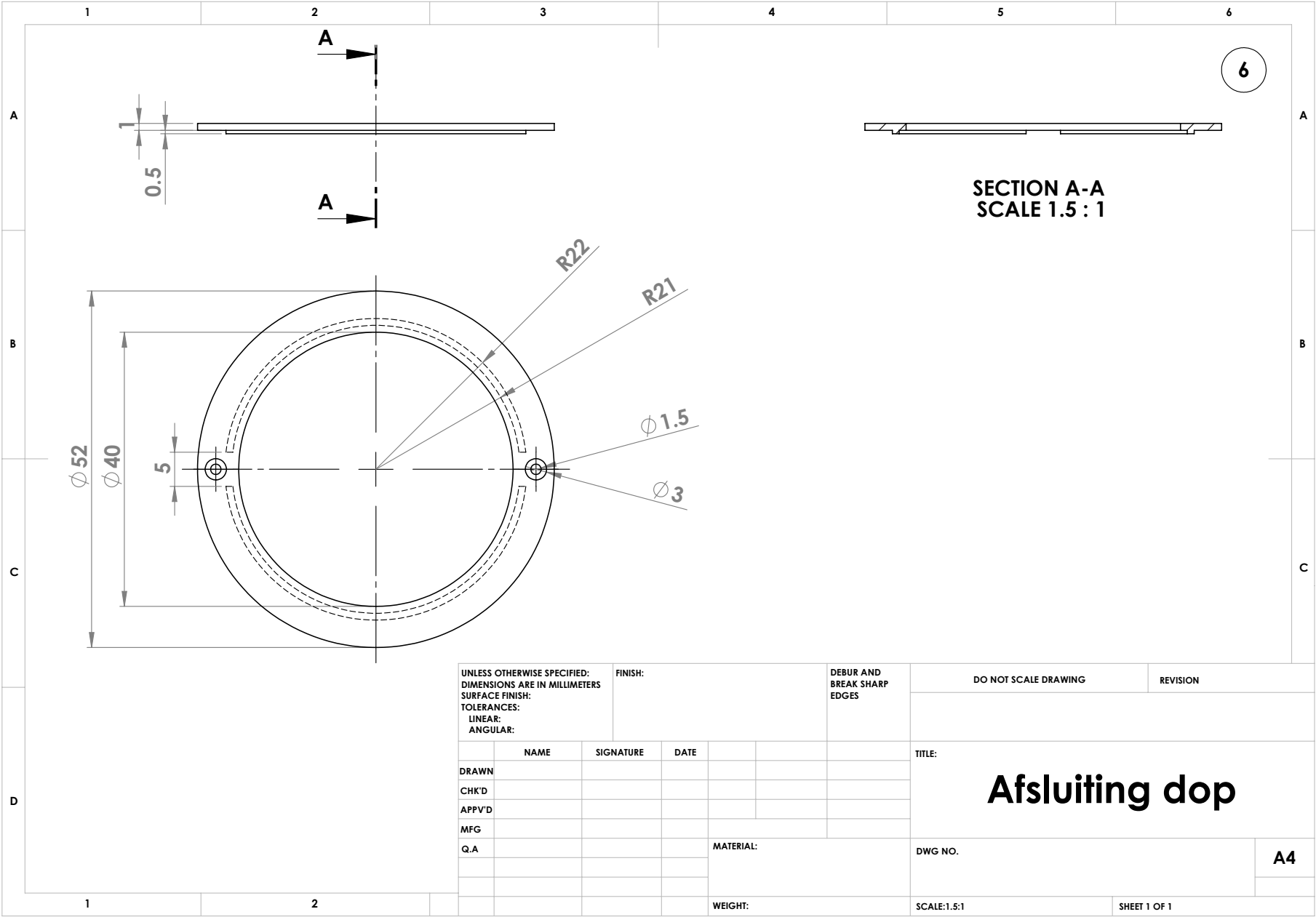


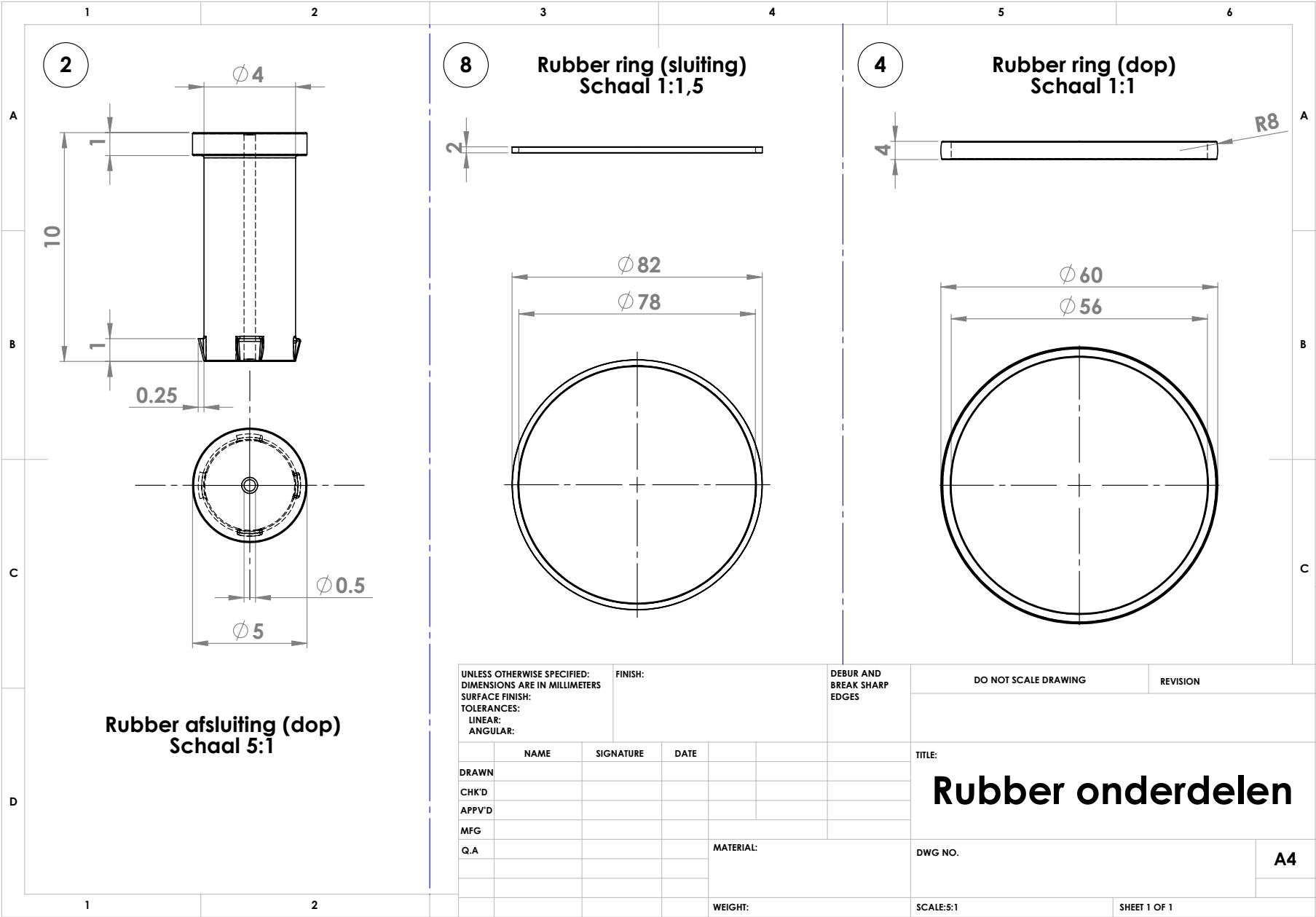
6. Bijlagen





6. Bijlagen





6. Bijlagen

6.6 Referenties

Item	Hoofdstuk	Referentie
Diverse afbeeldingen	2.2	http://www.sxc.hu/
Afbeelding	2.3 (figuur 2.3a)	Strik et al. (2008), Renewable sustainable biocatalyzed electricity production in a photosynthetic algal microbial fuel cell (PAMFC)
Tekst	2.3	Strik et al. (2008), Renewable sustainable biocatalyzed electricity production in a photosynthetic algal microbial fuel cell (PAMFC)
Afbeelding	2.3 (figuur 2.3c)	Ontworpen door Maaïke van den Ende
Tekst en afbeelding	2.6 (figuur 2.6a)	http://www.mariekestaps.nl/?/Design/Soil-Clock-1/
Tekst en afbeelding	2.6 (figuur 2.6b)	http://www.keegotech.com/ScienceKits/MudWatt
Tekst en afbeelding	2.6 (figuur 2.6c)	https://www.engineeringforchange.org/news/2010/09/20/dirt_batteries_microbial_fuel_cells_in_africa.html
Tekst en afbeelding	2.6 (figuur 2.6d)	http://shop.heavenlyheroes.com/58-h2o-bureauklok.html

6.7 Gebruikte software

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Solidworks 2010 x64 Edition
- Photoview 360 2010
- Adobe Photoshop CS5
- Adobe Indesign CS5

