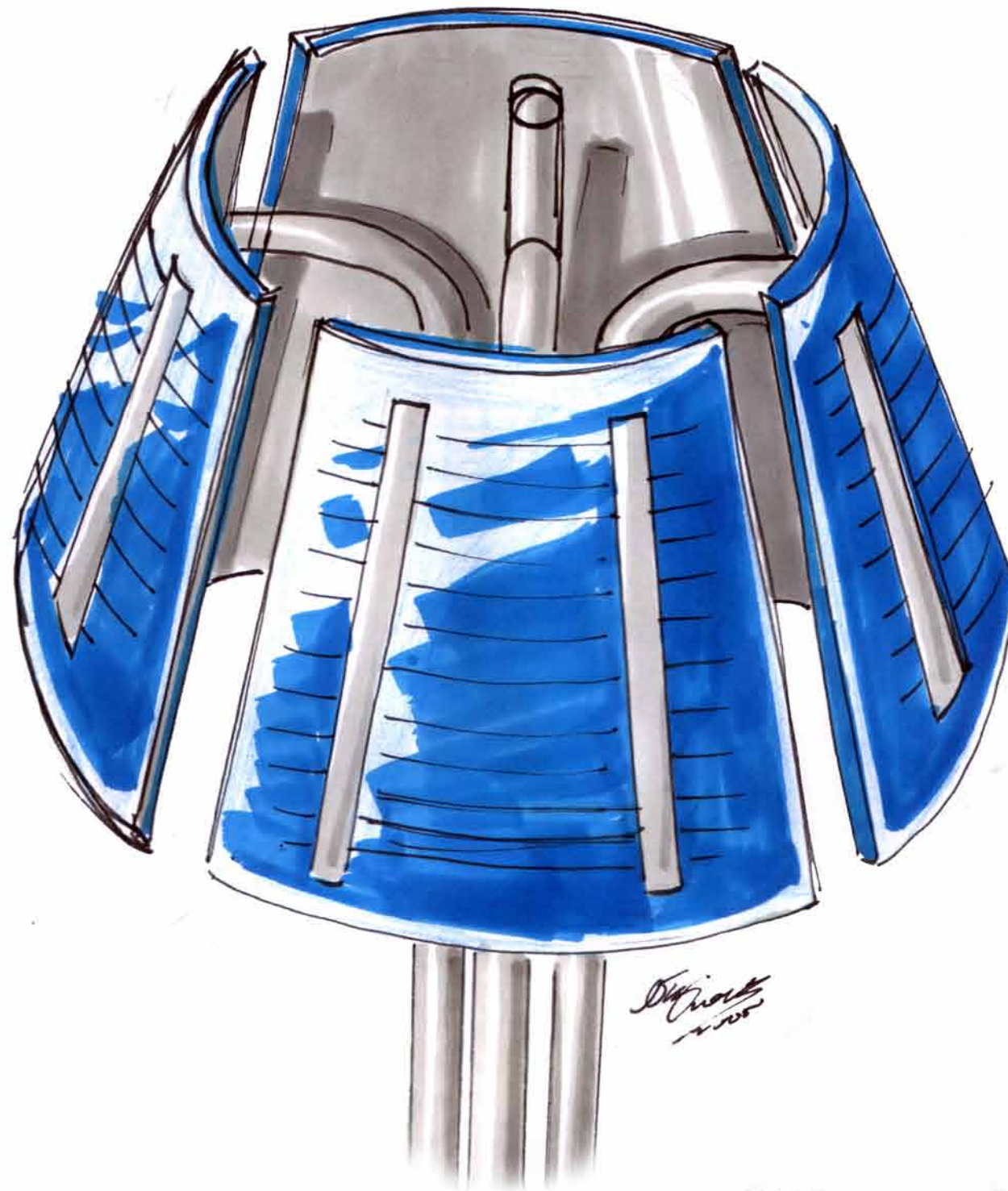


Industrieel Ontwerpen

Bacheloropdracht

Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting



Vincent Geraedts

2004
2005

Titelpagina

Volledige titel en ondertitel:

Bachelor eindopdracht 2005
Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Auteur:

V.P.J. Geraedts
s0039683

Datum publicatie: maandag 18 juli 2005
Begeleider: Mevr. Angèle Reinders

Stageverlener: Techmar BV te Haaksbergen
Stagebegeleider: Ralph Wijnands, Erik Hoog Antink

Aantal bladzijdes: 50
Aantal bijlagen: 2
Aantal bladzijdes bijlage: 92

Inclusief Data DVD

**Dit rapport is geschreven in het kader van de Bacheloropdracht voor
Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente te Enschede.**

Vooraf

In het begin van mijn opdracht ben ik veel bezig geweest met onderzoek. Tijdens het onderzoeken heb ik alles gelijk gedocumenteerd. Vervolgens ben ik in de conceptfase weinig bezig geweest met de computer, maar heb ik voor-namelijk gebruik gemaakt van markers, pennen en potloden. Uiteindelijk ben ik naast het ontwerpproces en het schrijven van het verslag ook een tijd bezig geweest met de opmaak en vormgeving van het verslag. Graag wilde ik een professioneel en kwalitatief verslag neerzetten, een goede lay-out is daarbij erg belangrijk. Omwille van deze redenen heb ik het verslag dus ook grafisch uitgewerkt om het resultaat in mijn ogen compleet te maken. Toch zou de inhoud van dit bachelorverslag nooit in deze vorm tot stand gekomen zijn als ik niet (hier en daar) hulp gehad zou hebben. Graag wil ik een groot aantal mensen hartelijk bedanken die tijd en energie hebben gestoken in het tot stand komen van dit resultaat.

Op de eerste plaats Techmar B.V., vertegenwoordigd door Roy Middelbos en Arie Douwes, voor het bieden van een stageplaats en het bieden van begeleiding. Daarnaast wil ik mijn directe stagebegeleiders Ralph Wijnands en Erik Hoog Antink bedanken voor alle feedback, hulp, het meerijden en andere begeleiding die ik gedurende mijn stageperiode heb ontvangen. Ik heb daar veel aan gehad en van geleerd. Ook wil ik collega's Rob Veldkamp, Isabella Kunst en Inge Wassink en de eerder genoemde collega's bedanken voor de plezierige werksfeer en de goede stagetijd.

Ten tweede de Universiteit Twente. Er zijn een groot aantal mensen op die Universiteit die mij tijdens de bachelor-opdracht geholpen hebben. Mijn dank gaat uit naar: Mevrouw de Kogel voor het toekennen van de opdracht en de begeleiding in de beginfase. Angèle Reinders voor de begeleiding van mijn bacheloropdracht, het verschaffen van informatie en het te alle tijden geven van feedback op het (voorlopige) resultaat. Daarnaast wil ik de volgende mensen bedanken die met de universiteit verbonden zijn: Arthur Eger, Mascha van der Voort, Maarten Bonnema, Mark Tempelman, Claartje Terhoeven en Trygrone Klaver.

Ook wil ik graag het Industrial Design Centre in de persoon van Tonny Grimberg bedanken voor de bacheloropdracht. Ten slotte gaat mijn dank nog uit naar de volgende mensen of instanties: Edward Geluk, Peter Geraedts, Ilse Geurts, TNO Bouw, Phillips Lighting, Erik Hoogma en Carola Top.

Enschede, juli 2005
Vincent Geraedts

Inhoudsopgave

Inleiding 6

2 Onderzoeksc Conclusies

- 2.1 Zonnecellen
- 2.2 Meteorologische gegevens
- 2.3 Light Emitting Diode
- 2.4 Batterijen
- 2.5 Enquete: Lichtbeleving & Productuitstraling

8-12

1 De markt

- 1.1 Marktverkenning
- 1.2 Doelgroep

7

3 Programma van Eisen en Wensen 13

4 Moodboards 14

5 Conceptfase

16-42

- 5.1 Opzet
- 5.2 Conceptgroepen
- 5.3 Conceptkeuze
- 5.4 Concepten
- 5.5 Definitieve keuze

6 Technische uitwerking

43-47

- 6.1 Wetgeving
- 6.2 Productuitstraling
- 6.3 Materiaal
- 6.4 Componenten
- 6.5 Berekeningen
- 6.6 Elektronica
- 6.7 Vormgeving
- 6.8 Productie en kosten

7 Eindresultaat

48-51

8 Evaluatie

Laatste pagina's

Inleiding

Hier voor u ligt mijn bachelorverslag voor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Dit project is gehouden als eindopdracht voor het afsluiten van de bachelorfase. Het bedrijf Techmar is erg geïnteresseerd in het bekijken van de mogelijkheden voor het ontwerpen en produceren van een standalone tuinverlichting, en schreef daarom de volgende opdracht uit:

Opdrachtgever is een bedrijf voor de fabricage van en handel in tuinverlichting. Van ontwerp tot aan verkoop hebben zij het hele proces in handen. Het ontwerpen, het logistieke proces, de keuring van de lampen en het ontwikkelen van de verpakking alsook de verkoop vindt op locatie plaats. Een groot gamma aan tuinverlichting is inmiddels in productie. De afzet vindt hoofdzakelijk plaats via bouwmarkten en tuinentra.

De opdrachtgever is op zoek naar een productconcept voor een buitenverlichting die solitair kan functioneren, op afstand bestuurbaar is, een prettige lichtbeleving geeft en een fraaie uitstraling heeft. Daarbij moeten nieuwe technologieën toegepast worden zoals LED's, solar panelen en wireless control. Tevens moeten er passende materialen gezocht worden.

Op dit moment is het zo dat de producten op zonne-energie (redelijk) in opkomst zijn. De kwaliteit van zonnepanelen en de stand van de techniek zijn dusdanig verbeterd dat het ook rendabel is om op de consumentenmarkt toe te passen. In tuinverlichting is het fenomeen zonne-energie ook niet onopgemerkt gebleven. Wanneer men door een willekeurige bouw- of tuinmarkt loopt staan er een aantal 'solar lampen' in de schappen. Vaak zijn dit goedkope en eenvoudige lampen met op de bovenkant een kleine zonnecel verwerkt. Het product is niet duur en dit straalt het ook uit. De lampen hebben weinig uitstraling en zijn gemaakt van een goedkope kunststof. Daarnaast is de zonnecel niet eens een onderdeel van het ontwerp. De cel is gewoon boven op de armatuur geplakt. Het product heeft geen kwalitatieve uitstraling, weinig beleving en door de lage prijs kan er ook niet veel van verwacht worden. Door de lage opbrengst van de kleine zonnecel is het ook niet mogelijk om met de vooruitstrevende LED techniek een goede armatuur te maken.

Dat de huidige solar armaturen goedkoop, slecht en lelijk zijn ligt niet aan de stand van de techniek. Op het gebied van zonnecellen, LED's, batterijen en productiemethode is er voldoende mogelijk. Dit bacheloronderzoek zal zich hier dan ook op gaan richten. Het onderzoek is opgezet aan de hand van de volgende hoofd- en deelvragen:

Wat voor armatuur kan er ontwikkeld worden met nieuwe technieken als solar en LED?

- 1 Welk verlichtingen zijn er op het moment al op de markt?
- 2 Welke informatie is relevant voor het toepassen van zonne-energie in een buitenverlichting?
- 3 Welke informatie is relevant voor het toepassen van LED's gecombineerd met zonnecellen?
- 4 Welke informatie is relevant voor het combineren van zonnecellen met oplaadbare batterijen?
- 5 Welke andere innovatieve technieken kunnen toegepast worden in een buitenverlichting?
- 6 Wat is belangrijk voor de (licht)beleving van de consument?
- 7 Welke componenten moeten er worden toegepast in het product?

De reden dat dit onderzoek nodig is ten eerste dat er vanuit de Techmar BV behoefte is aan deze informatie en het opdoen van extra kennis die later binnen het bedrijf weer kan worden toegepast. Met de opgedane kennis kan het bedrijf later een nieuwe serie producten ontwikkelen op zonne-energie. Ten tweede is het belangrijk dat dit onderzoek uitgevoerd wordt om de mogelijkheden te bekijken van zonne-energie en LED. Beide technieken zijn ver ontwikkeld en kunnen ook als zodanig worden toegepast in een tuinverlichting. Aangezien er nog geen 'volwassen' solar armaturen zijn, kan dit onderzoek een uitkomst bieden om deze markt ver te doen groeien in het voordeel van het bedrijf.

In dit ontwerpverslag zal het proces worden weergegeven van de bacheloropdracht van begin tot eindresultaat. De verantwoording begint een kort overzicht van de markt in tuinverlichting. Vervolgens zullen de onderzoeksresultaten van de daarop volgende deelvragen worden gepresenteerd. In dit verslag zullen alleen de conclusies leesbaar zijn, het volledige (ruim negentig pagina's tellende) bureauonderzoek is inclusief het plan van aanpak opgenomen in de bijlage. Het hoofdstuk onderzoeksresultaten bevat informatie over het onderzoek naar achter-eenvolgens zonnecellen, meteorologische gegevens, LED's, batterijen en de consument.

Na de resultaten van de enquête is het programma van eisen en wensen te lezen dat deels is voortgekomen uit de resultaten van de enquête. Naar aanleiding van de uitkomsten de enquête: productuitstraling en lichtbeleving zijn er een vier moodboards gemaakt. Deze moodboards vatten de sfeer en het gevoel van de consument in een beeld. De moodboards zijn het uitgangspunt geweest voor de schetsfase.

De conceptfase is beschreven in het gelijknamige hoofdstuk. Van schetsen naar concept-groepen, van concept-groepen naar drie concepten. Deze concepten zijn vervolgens dieper uitgewerkt om een gegronde keuze te kunnen maken: het definitieve concept. De uitwerking van dit concept wordt in hoofdstuk zes uiteengezet. Het bachelorverslag zal worden afgesloten door de presentatie van het Solidworksmodel.

Tevens zal bij dit verslag een DVD gevoegd zitten met daarop alle bestanden van de bacheloropdracht. Dit ontwerpverslag biedt namelijk een overzicht, maar lang niet alle illustraties, informatie of gegevens. Vlugge schetsen, foto's, extra renders van het eindresultaat, doorsneden en dat soort dingen staan extra op deze DVD. Graag zou ik u van harte uitnodigen om dit ontwerpverslag, de bijlage en de DVD eens rustig te bekijken.

1 De markt

1.1 Marktonderzoek

Wanneer men zo eens door een willekeurige bouwmarkt of tuincentrum heen loopt is er een enorm scala aan tuinverlichting te vinden. Een groot deel van deze tuinverlichting werkt gewoon via aansluiting op het lichtnet. Een relatief klein deel van de verlichting werkt op de zogenaamde laagspanning van 12V. Naast deze twee categorieën zijn er ook nog armaturen die werken op zonne-energie.

Opvallend aan de meeste tuinverlichting is dat er 'weinig' variatie is. Verschillende merken bieden ongeveer dezelfde lampen aan. De overeenkomsten zitten zowel in vorm, materiaal als uitstraling. De meeste armaturen zijn uitgevoerd in kunststof, roestvast staal of een ander metaal. In sommige gevallen zelfs hout of 'steen'. Het uiterlijk van de verlichting is veelal strak en zakelijk. Ook zijn de meeste tuinlampen onderhoudsvrij. Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van cilinders en balken, geometrische vormen. Grofweg zijn de lampen ook in te delen in twee groepen. De eerste groep is te plaatsen op de grond. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het terras of tussen de planten. De tweede groep is meestal op te hangen aan de muur.

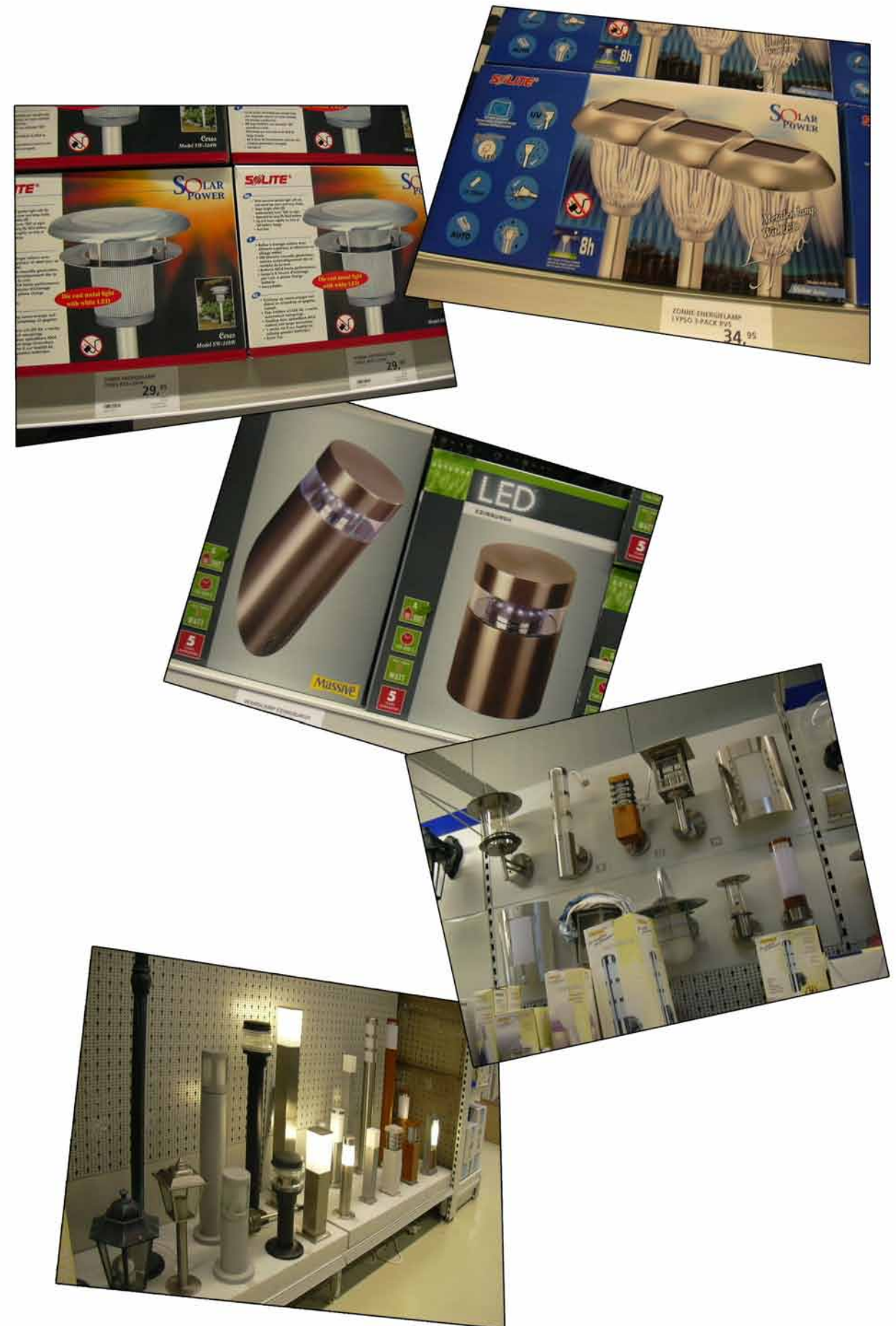
De serie armaturen werkend op zonne-energie zijn vrij beperkt. Daarnaast is het hoogst opvallend te noemen dat er geen fatsoenlijk ontwerp bij staat. Alle solarverlichtingen mogen nauwelijks iets kosten en zijn bijna altijd uitgevoerd in goedkoop kunststof. De combinatie van de enorme kleine zonnecel, de lage prijs, het goedkope materiaal en de vorm zorgen ervoor dat de lamp ook een kwalitatief lage uitstraling krijgt. Ook is vaak goed zichtbaar dat de zonnecel domweg boven op de 'armatuur' is geplakt. Zonnecellen zijn in de huidige armaturen nog niet geïntegreerd en vormen een geheel met de verlichting.

Naast verlichting op zonne-energie is ook de LED technologie in opkomst. Het aantal LED lampen in de huidige schappen valt nog wat tegen, maar zal in de komende jaren zeker verder ontwikkelen. Verder zijn er in willekeurige gamma of intratuin veel armaturen te koop die aangeschaft kunnen worden voor de veiligheid. Armaturen die werken op 220V en gebruik maken van bijvoorbeeld een gloei- of halogeenlamp om vooral veel licht te geven.

1.2 Doelgroep

Naar de doelgroep is eigenlijk in het verleden geen onderzoek gedaan door het bedrijf. Het bedrijf heeft een doelgroep voor ogen vanuit hun eigen marktvisie en ervaringen van de afgelopen jaren. De producten die door het bedrijf worden ontworpen sluiten hier dan ook bij aan. Het resultaat van de opdracht moet dan ook passen in hun assortiment en visie. De uiteindelijke armatuur moet geschikt zijn om verkocht te worden in tuincentra en/of bouwmarkten zoals de intratuin.

De doelgroep is dus te specificeren als vrij groot en bestaat uit mensen met die komen winkelen bij bouwmarkten en tuincentra. Hierbij wordt aangenomen dat het grootste gedeelte van deze personen beschikt over een (eigen) tuin. Ook is de leeftijd van de doelgroep wordt vrij ruim geschat: tussen de 20 en 65 jaar. Exacte gegevens zijn helaas niet bekend, maar zijn ook niet direct van belang.



2.1 Zonnecellen

Sinds 1839 is de zonnecel flink ontwikkeld. Al een aantal jaren is men technisch in staat goede cellen te maken met een redelijk rendement. De werking van de zonnecel is echter nooit veranderd.

Een zonnecel werkt op basis van het fotonvoltaïsch effect, kortweg PV effect genoemd. Dit houdt het volgende in: een zonnecel is gemaakt van de bewerkte halfgeleider silicium en heeft daardoor een P-laag en een N-laag. Hiertussen zit een ondoordringbare barrière, de verarmingslaag. Door het potentiaal verschil tussen beide lagen ontstaat er een elektrisch veld en kan er een stroom gaan lopen mits de beide lagen met elkaar verbonden worden. Het PV effect wil zeggen dat wanneer er licht in de vorm van fotonen op de cel valt, in het materiaal een elektron wordt vrij gemaakt. Dit vrije elektron is in staat elektriciteit te geleiden en heet daarom ook wel een vrije ladingsdrager.

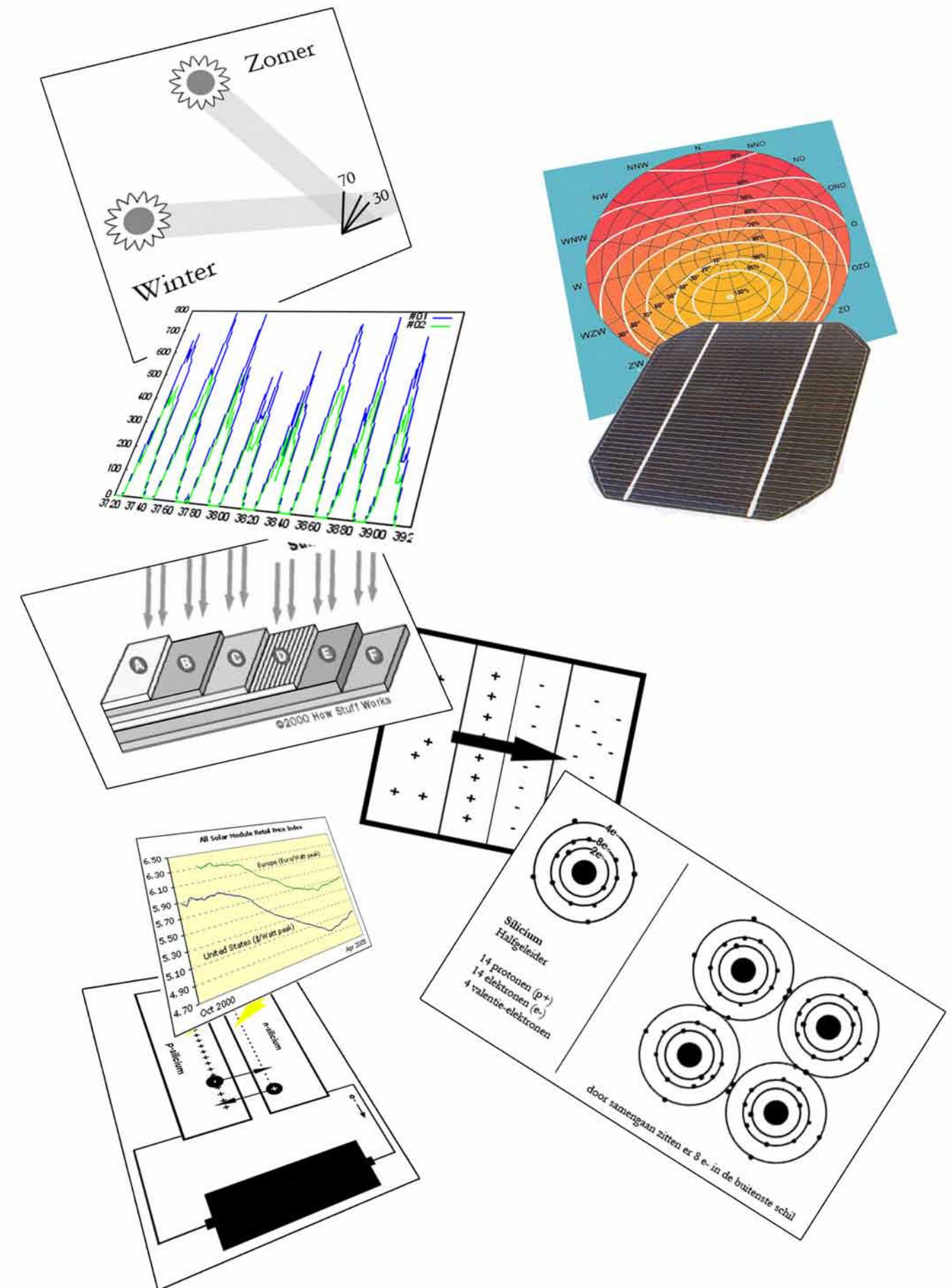
Zonnecellen zijn beschikbaar in verschillende materialen. Niet alle materialen zijn toepasbaar voor de consumentenmarkt. In deze sector worden alleen de siliciumcellen gebruikt in drie varianten: monokristallijne, multi-kristallijn en amorf silicium. Andere materialen zijn simpelweg te duur, hebben te weinig rendement of zijn niet goed voor het milieu.

De opbrengst van zonnecellen is niet altijd even groot. Het gaat om een combinatie van drie aspecten die belangrijk zijn voor een goede opbrengst: de hellingshoek, de richting en het jaargetijde. De hoogste opbrengst krijgt men in de zomer als de cel onder een hoek van ongeveer 37 graden in zuidelijke richting wordt geplaatst.

Naast opbrengst zitten erin een silicium zonnecel ook veel verliezen. Deze verliezen zitten vooral in het silicium zelf. Silicium is namelijk een glimmende stof en reflecteert veel licht. Het toevoegen van een antireflecterende coating is daarvoor de oplossing. Daarnaast kunnen niet alle fotonen nuttig gebruikt worden, alleen de fotonen met hetzelfde energieniveau als het elektron dat moet worden vrijgemaakt worden werkelijk nuttig gebruikt. Als laatste heeft silicium een hoge interne weerstand en wordt het rendement van de zonnecel ongeveer 8% minder als het materiaal warm wordt door de zon.

Een belangrijke kanttekening bij de technische specificaties van zonnecellen is dat deze altijd beter zijn dan de cel werkelijk presenteert. Dit komt doordat een zonnecel getest worden onder ideale omstandigheden in een laboratorium. Omstandigheden zoals een hoge zoninstraling die bijvoorbeeld in Nederland nooit gehaald kunnen worden. Wanneer men de markt voor zonnecellen bekijkt ziet men veel aanbod in kristallijn silicium. De aangeboden cellen zijn nagenoeg gelijk. De afmeting, diktes en het rendement variëren licht per cel.

Uit computersimulaties bleek dat het merk zonnecel er niet zoveel toe doet, alleen het type. Voor een buitenverlichting is de beste optie om te kiezen voor een monokristallijne (silicium) zonnecel. De opbrengst van het silicium is nagenoeg gelijk voor iedere cel en is afhankelijk van de instraling en de periode in het jaar.



2.2 Meteorologische gegevens

Wanneer er in de praktijk met zonnecellen gewerkt gaat worden is het belangrijk om de juiste meteorologische gegevens te hebben alvorens de overige componenten van de armatuur kunnen worden bepaald. De data die hier noodzakelijk voor zijn, zijn allemaal op te vragen bij het Koninklijk Nederland Meteorologisch Instituut oftewel het KNMI.

Voor dit onderzoek zijn uitsluitend de gegevens van het KNMI voor Nederland gebruikt. Het onderzoek is namelijk afgebakend voor het Nederlandse klimaat. Het gaat om de volgende gegevens:

Gemiddeld aantal zonuren

Om te weten wat een zonnecel kan opleveren en wanneer de cel het beste gebruikt kan worden zijn het aantal zonuren per maand en jaar van belang.

Verdeling van de zonuren

Niet overal in Nederland schijnt de zon even veel. Het is handig om te weten waar in Nederland het meeste en het minste zonneschijn per jaar is. Bij het ontwerpen van de verlichting kan hiermee rekening gehouden worden.

Instalatie van de zonnepanelen

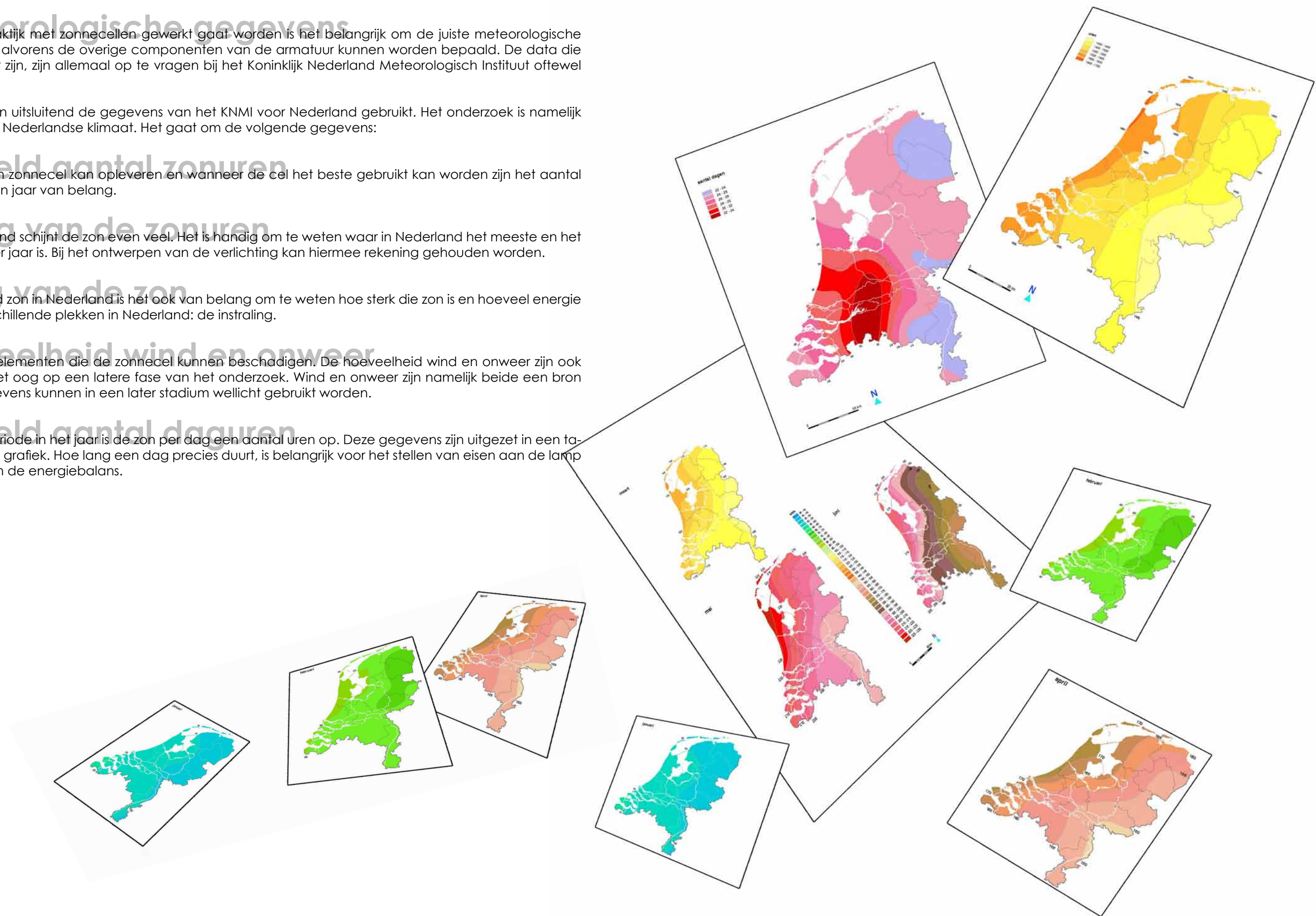
Naast de hoeveelheid zon in Nederland is het ook van belang om te weten hoe sterk die zon is en hoeveel energie de zon levert op verschillende plekken in Nederland: de instraling.

De hoeveelheid wind en onweer

Wind en onweer zijn elementen die de zonnecel kunnen beschadigen. De hoeveelheid wind en onweer zijn ook meegenomen met het oog op een latere fase van het onderzoek. Wind en onweer zijn namelijk beide een bron van energie. De gegevens kunnen in een later stadium wellicht gebruikt worden.

Afhankelijk van de periode in het jaar is de zon per dag een aantal uur

Afhankelijk van de periode in het jaar is de zon per dag een aantal uren op. Deze gegevens zijn uitgezet in een tabel met bijbehorende grafiek. Hoe lang een dag precies duurt, is belangrijk voor het stellen van eisen aan de lamp en het berekenen van de energiebalans.



2.3 Light Emitting Diode

Een andere component die wordt toegepast in de standalone verlichting is de LED. De eerste LED werd in 1962 uitgevonden. De LED is net als een zonnecel een halfgeleider, maar werkt omgekeerde. Een zonnecel zet namelijk licht om in elektrische energie, de led doet dit precies andersom.

De LED technologie is nog steeds vol in ontwikkeling en wordt ook wel de lichtbron van de toekomst genoemd. LED's zijn er in verschillende soorten, maten en kleuren. Zo zijn er knipperLED's, twee-kleurenLED's, monochromatische LED's, hoge-helderheidsLED's en tegenwoordig ook krachtige powerLED's. Het materiaal waar de LED van gemaakt is bepaald veelal de kleur.

De LED of Light Emitting Diode heeft grote voordelen ten opzichte van de conventionele lichtbronnen zoals de gloeilamp, de TL-buis en de halogeenlamp. Enkele voordelen zijn de hoge efficiëntie, energiezuinigheid en een goede lichtopbrengst. Een nadeel van een LED is de spanningsval die de component veroorzaakt. In de technische specificaties wordt altijd een groot aantal branduren gegarandeerd. Enkele kanttekeningen bij deze specificatie is dat de lichtopbrengst van de LED zichtbaar minder is na 30% van zijn levensduur, terwijl het aantal branduren tot het einde van de levensduur wordt gemeten.



2.4 Batterijen

Een zonnecel gecombineerd met een LED's biedt goede mogelijkheden, maar het wordt pas echt interessant wanneer de energie van de cel opgeslagen kan worden in een batterij. Ook batterijen zijn er in alle soorten en maten. Logischerwijs zijn ze in te delen in twee categorieën: oplaadbare batterij en niet-oplaadbare batterijen, waarbij de laatste categorie nader bekijken is.

In de categorie oplaadbare batterijen is een grote diversiteit aan producten te vinden. De meeste gebruikte batterij was de Nikkel-Cadmium batterij. De batterij beschikt over een goede capaciteit, maar bevat het zware metaal Cadmium. Omwille van het milieu zal deze batterij daarom ook niet meer gebruikt worden. Een goede vervanger is de Nikkel-Metaalhydride batterij. Deze batterij is veelvuldig herlaadbaar, heeft geen geheugeneffect en is milieuvriendelijk. Een nieuwe generatie krachtige oplaadbare batterijen worden gemaakt met Lithium. De lithium-ion batterij heeft een enorme opslagcapaciteit door de hoge energiedichtheid van de batterij. De batterij is daarnaast milieuvriendelijk en vaak te herladen. De verbeterde versie van de ionbatterij is de Lithium-polymeer. Het nadeel van beide batterijen is de relatief hoge prijs en het gebruik van een speciale lader.

De werking van oplaadbare batterij is eigenlijk universeel. Ongeveer alle batterijen werken volgens het principe van een elektrochemische cel. In een cel zijn twee vloeistoffen van elkaar gescheiden door een poreuze wand. In elke kamer die daardoor ontstaan hangt een elektrode: de anode en kathode. Wanneer beide kathodes met elkaar verbonden worden ontstaat in de batterij elektrische energie door de redox-reacties. Opladen gebeurt door de een omgekeerde redox-reactie in de cel.

Handige elektronica die nog wel eens wordt gebruikt in combinatie met batterijen en zonnecellen zijn de dc/dc converters en charge controllers. Een dc/dc converter heb je in de variant step-up of step-down. Dit houdt in dat de chip een inputspanning omhoog of omlaag transformeert tot een andere uitgangsspanning. Hierdoor is het mogelijk met een batterij van een te laag voltage toch een goede schakeling te bouwen. Een andere component is de zogenaamde charge controller. Een charge controller zorgt ervoor dat een batterij zichzelf niet stuk kan laden wanneer de batterij vol zit. Dit gebeurt door het omkeren van de stroomrichting. Tevens zorgt de charge controller er ook voor dat de batterij niet leeg kan lopen. Een onderdeel van de charge controller is de Maximum Power Point Tacker. De MPP Tracker zorgt ervoor de een zonnecel altijd in zijn optimale werkpunt werkt door het uitlezen van verschillende vermogens. Deze elektronica wordt echter niet vaak toegepast bij kleine systemen.

Voor het kiezen van een batterij voor een standalone tuinverlichting is het belangrijk om de juiste criteria te stellen. Zo is het bijvoorbeeld belangrijk dat de batterij binnen een bepaalde tijd opladen is en geen last heeft van een geheugeneffect. Aan de hand van deze eisen kan de juiste batterij vastgesteld worden.



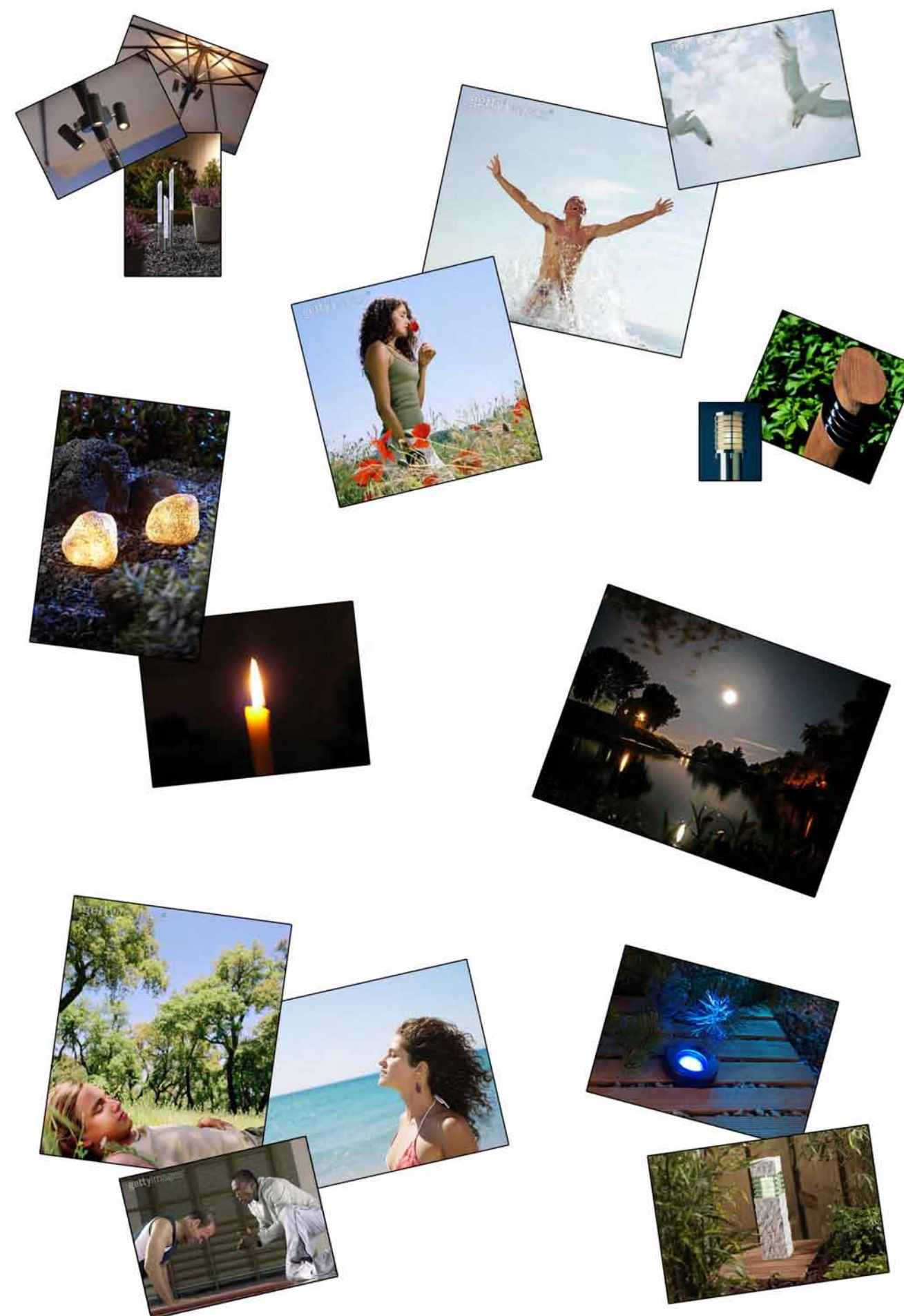
2.5 Enquête: Lichtbeleving & Productuitstraling

Voor dat het daadwerkelijke ontwerpen kan beginnen is het noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van wat de consument belangrijk vindt bij het kopen van een tuinverlichting. Om een duidelijk beeld te krijgen van de consument is er een enquête opgesteld met vragen met betrekking tot productuitstraling en lichtbeleving.

Uit de enquête bleek dat mensen graag in de tuin zitten, met name 's middag of 's avond in de periode lente en zomer. Het merendeel van de ondervraagde maakt gebruik van tuinverlichting. Een tuinverlichting moet middelmatig tot weinig licht geven en mag zichtbaar aanwezig zijn. Kwaliteit, onderhoudsvrij en functionaliteit zijn de belangrijkste aspecten voor een tuinverlichting.

Daarnaast voelen mensen zich ontspannen en genieten van de natuur en de gezelligheid. De sfeer in de tuin wordt beschreven door gezelligheid en romantiek. Het soort licht dat mensen kiezen bij de verschillende vragen sluit hierbij aan. Zo wordt sfeervol beschreven als warm, rustig en gezellig. LED-licht, maanlicht, kaarslicht, een kampvuur en de ondergaande zon komen hierbij het meest naar voren. Grofweg kan men de keuzes indelen in twee categorieën: koud licht (blauw) en warm licht (rood).

Qua productuitstraling komen de natuurlijke verlichtingen sterk naar voren. Uit de enquête blijkt ook dat het grootste gedeelte van de ondervraagden vertrouwen heeft in een tuinverlichting op zonne-energie en geeft ook aan er een te zullen kopen. De verwachtingen met betrekking tot zonne-energie zijn niet anders dan voor een normale verlichting. Een zonneverlichting mag meer kosten dan normale verlichting. Vervolgens zijn de resultaten met het softwarepakket SPSS geanalyseerd. Er zijn een aantal verbanden naar voren gekomen. De meeste essentiële verbanden liggen bij de parameters opleiding en leeftijd.



3 Programma van eisen en wensen

1. Prestatie

De armatuur moet minimaal vier uur kunnen functioneren.

De batterij moet tussen zonsopgang en zonsopgang opgeladen zijn.

Het is wenselijk dat de lamp is voorzien van een dimmer en op afstand bedienbaar is.

Het is wenselijk dat de batterij gekoeld moet kunnen worden.

De armatuur kan alleen maar in de lente en zomermaanden gebruikt worden.

2. Levensduur

De armatuur moet een minimale levensduur hebben van 3 jaar.

3. Omgevingsinvloeden

Voor het gebruik moet uitgegaan worden van een slechte dag in de lente.

Alle elektronische componenten moeten in staat zijn tijdens normale weeromstandigheden goed te functioneren.

4. Ergonomie

De lamp mag niet zwaarder zijn dan 10 kilo.

5. Gebruik

Het is wenselijk dat de armatuur ook gebruikt kan worden voor verlichting van objecten en/of planten, het lezen in de tuin of dergelijke doeleinde.

De armatuur moet kunnen functioneren zonder snoer en aansluiting op het lichtnet.

Het is wenselijk dat de armatuur 'bijgeladen kan worden'.

6. Gebruiksomgeving

Het is wenselijk dat de armatuur op elke plek in de tuin of terras te plaatsen is.

Het is wenselijk dat de armatuur op elke ondergrond te plaatsen is.

7. Onderhoud

De batterij en LED moeten eenvoudig vervangbaar zijn.

Het is wenselijk dat de componenten vervangbaar zijn zonder gereedschap.

8. Productiekosten

De kosten voor de totale armatuur mogen niet hoger komen dan €25,-

9. Installatie

De gebruiker moet met zo min mogelijk handelingen de armatuur kunnen installeren.

De gebruiker moet de lamp zelf kunnen plaatsen, zo nodig met gebruiksaanwijzing.

10. Materiaal

De armatuur moeten verschillende weersomstandigheden kunnen weerstaan.

De behuizing moet voldoen aan IP44 wetgeving.

11. Uitstraling

Het is wenselijk dat de armatuur een natuurlijke uitstraling krijgt.

De armatuur wordt ontworpen als sfeerverlichting.

4 Moodboards

Dit is een 'samenvatting' van de antwoorden die gegeven zijn in de enquête. De antwoorden en keuzes van foto's zijn vertaald naar één beeld. Een collage van beelden die gevoelens, uitstraling of sfeer weergeven die normaal moeilijk in woorden te vatten zijn. Het beeld moet meteen de juiste sfeer of gevoel oproepen zonder daarbij uitleg te geven. Deze moodboards zijn de basis het aankomende creatieve proces.

Vanwege het feit dat voor de moodboards en enquête hele specifieke foto's nodig zijn kunnen niet alle plaatjes zomaar gebruikt worden. De meeste foto's die de juiste uitstraling of het juiste gevoel geven zijn helaas qua resolutie erg slecht. Het resultaat is dus dat de moodboards goed en duidelijk zijn maar wat tegenvallen als je naar de kwaliteit van het beeld zelf kijkt. Helaas is dit niet anders.

Productuitstraling

Mensen gaven aan de ze van een strak, mooi en simpel uiterlijk houden. Vaak werd hiervoor materialen als roestvast staal of aluminium gekozen. Ook kwamen de wat meer natuurlijker modellen goed uit de 'test'. Het bleek dat mensen de natuurlijke uitstraling als mooi ervaren. Het moodboard geeft de natuurlijke en strakke uitstraling van de toekomstige armatuur weer. Tevens geeft het een beeld van de materialen die eventueel gebruikt zouden kunnen worden voor de standalone verlichting.



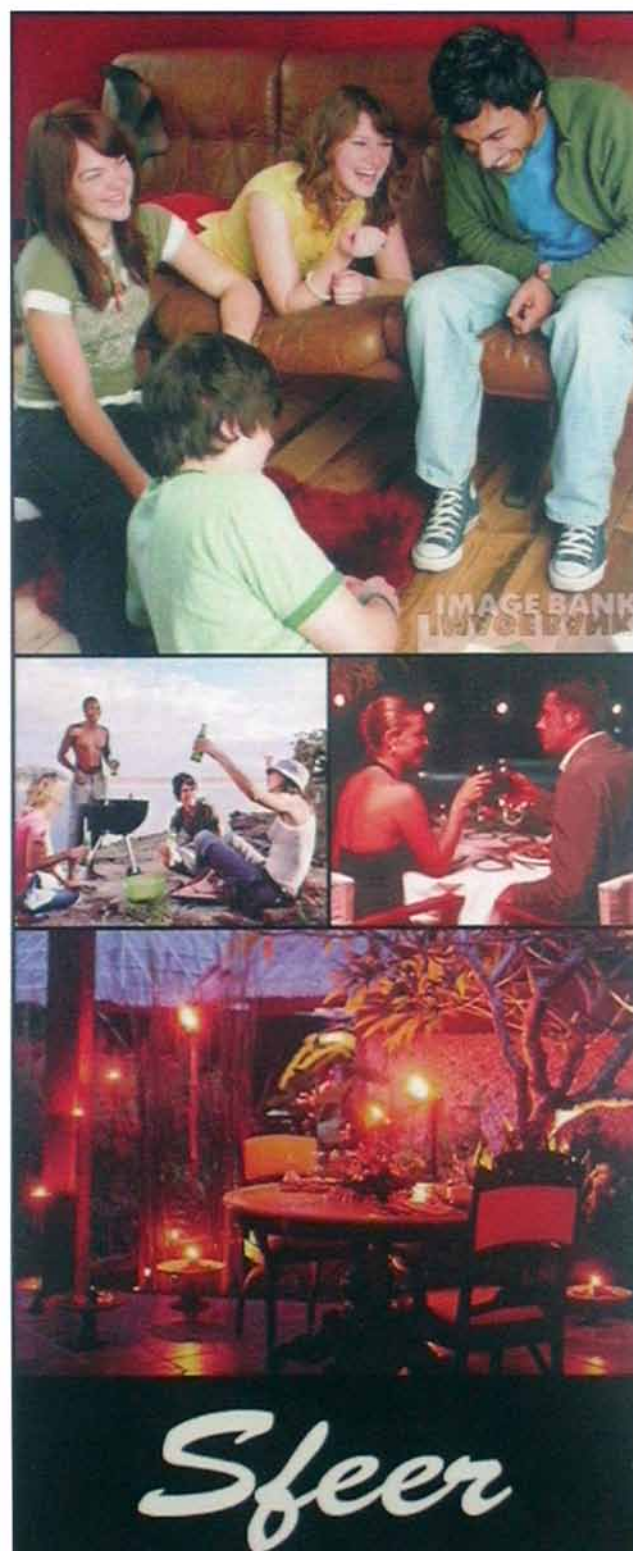
Tuingevoel

Het gevoel in de tuin moet niet verward worden met de sfeer in de tuin. Het is de manier hoe mensen zich voelen als ze in de tuin zitten. Zichtbaar is dat mensen genieten, rustig en ontspannen zijn, ze voelen zich goed en genieten met volle teugen van de (natuurlijke)omgeving.



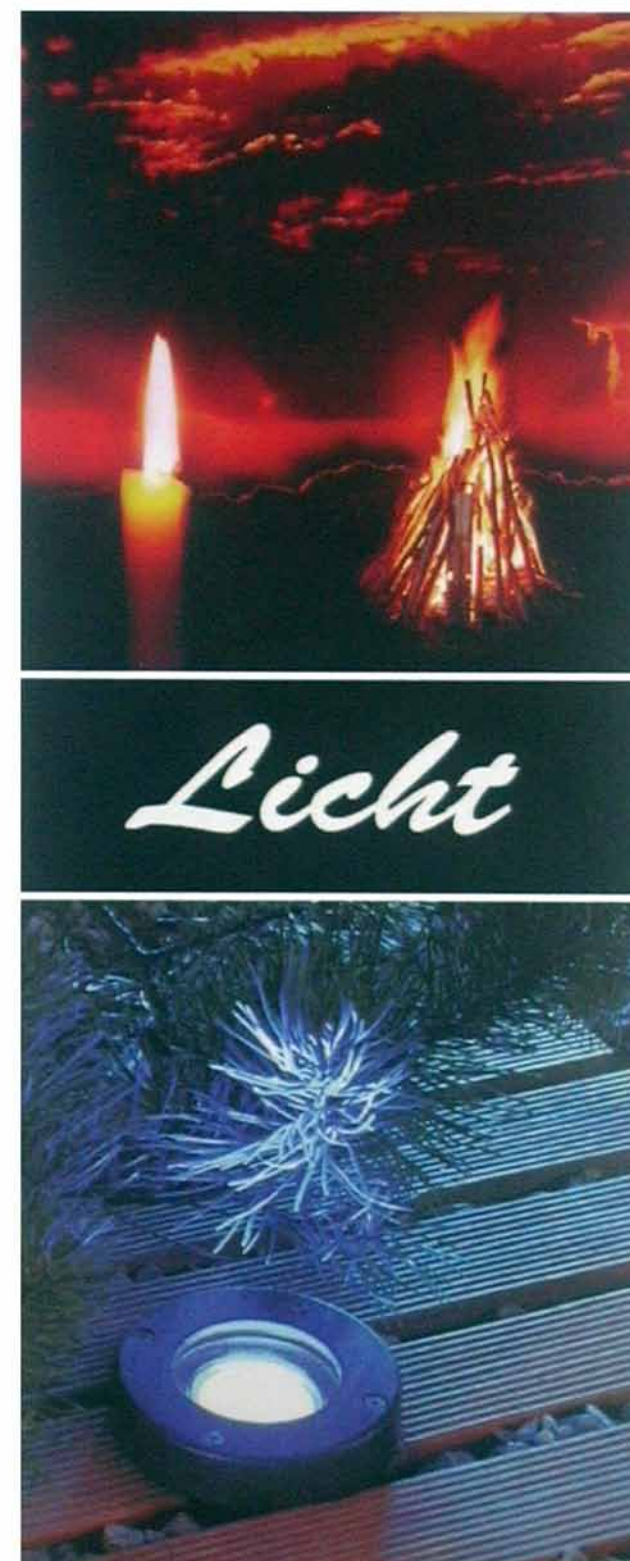
Sfeer

Een beeldend overzicht van de sfeer die tijdens een mooie zomer- of lentedag in de tuin aanwezig is wanneer mensen met elkaar in de tuin zitten. Het symboliseert de gezelligheid van het bij elkaar zijn, de eenheid, en het goede, plezierige en rustige gevoel door de tuin en de activiteiten in de tuin.



Licht

Dit moodboard geeft de kleur en de sfeer van het licht weer wat de armatuur moet gaan geven. Het rode en blauwe licht wordt vaak als sfeervol en gezellig betiteld. Beide kleuren worden graag gezien. De beelden behoeven weinig extra uitleg.



5 Conceptfase

5.1 Opzet

Vanaf hier begint het eigenlijke ontwerpen pas echt. Alle theorie is afgehandeld en met de opgedane kennis en informatie kan de schetsfase beginnen. Het beginnen van de conceptfase was even wennen. Vanaf het begin van de opdracht had ik natuurlijk theoretisch onderzoek gedaan aan de hand van onderzoeksvragen. Voor mezelf heb ik altijd een duidelijk beeld gehad wat het doel is. Voordat ik dus begon met het ontwerpen van de armaturen heb ik eerst voor mezelf een aantal dingen op een rij gezet, het doel moest duidelijk zijn.

Ten eerste een overzicht van de componenten die eerder in het proces onderzocht zijn. Het visueel maken van deze componenten door middel van een tekening kan af en toe een handige gedachtesteun zijn. Een andere steun tijdens het ontwerpen zijn de moodboards (daar zijn ze ook voor gemaakt). Ik heb de moodboards uitgeprint en vervolgens op foambord geplakt. Hierdoor heb ik het moodboard voor mezelf tot een 'object' gemaakt en was het geen velletje papier meer. Ik was nu dan ook in staat het moodboard voor me op mijn bureau te zetten en er regelmatig een blik op te werpen. Door het bekijken van mijn moodboards was ik beter in staat vanuit die bepaalde sfeer te denken en daar naar te ontwerpen. Regelmatig kon ik de sfeer van het moodboard gewoon voelen of proeven door er alleen maar naar te kijken. Ik ging op in het moodboard. Iets wat mij veel geholpen in de schetsfase.

Tijdens het verwerken van de resultaten van de enquête en het maken van de moodboard kreeg ik een goed beeld van de consument. Dit gecombineerd met mijn eigen visie op de 'tuinmarkt' zorgde voor een hele serie ideeën, beter gezegd ideegroepen, die daarbij in me op kwamen. De lijst met deze ideegroepen staan hieronder beschreven met daarbij een korte uitleg.

Modern en strak

Een lamp die goed aansluit bij het huidige assortiment van Techmar en de producten die momenteel in de schappen van de winkels liggen. Een serie waarbij gebruikt gemaakt wordt van geometrische vormen voor een strakke, moderne en zakelijke verlichting.

Natuurlijk

Het tegenovergestelde van een strakke serie is een natuurlijke serie. Een serie waarbij gedacht kan worden aan het gebruik van organische vormen. Een organisch uiterlijk of het gebruik van materialen die lijken op bijvoorbeeld steen of hout zouden hier ook mogelijkheden zijn.

Euturistisch

Een concept dat is opgebouwd uit één of meerdere zonnecellen en een hypermoderne uitstraling heeft. Een bijna sciene-fictionachtig idee.

Water

Voor mensen die water horen of zien stromen geeft dat vaak een rustgevend gevoel. Daarnaast geeft licht dat op of door water schijnt vaak een mooi effect. Het idee 'water' is dan ook een idee voor een zonne-verlichting waar water over de armatuur heen stroomt of waar licht door water heen schijnt.

Object waar men omheen zit

Het benadrukken van de gezellig gebeurt snel als mensen ergens om heen kunnen gaan zitten met z'n allen. Een dergelijke activiteit brengt altijd eenheid en sfeer. Een goed voorbeeld hiervan is een kampvuur. Een tuinverlichting zou ook tot een object gemaakt kunnen worden waar mensen omheen zitten.

Oplaadstation met losse armatuur

Men heeft een armatuur in totaal drie onderdelen. Een oplaadstation met zonnecellen. Dit oplaadstation kan ergens in de zon gehangen worden gedurende de dag. In het oplaadstation kan men een accupack klikken. Wanneer het donker wordt, verwijdt men de accu van het oplaadstation en stopt het in de armatuur die zodoende kan branden.

Zonnecel als object

Een idee waarbij de zonnecellen niet langer op het concept geplakt zitten, maar echt onderdeel van het ontwerp zijn. Ze zijn er in opgenomen, geïntegreerd.

Bijladen

Concepten die naast de energie die ze halen van de zonnecellen ook nog bijgeladen zouden kunnen worden.

Apart

Apart of kunstig. Een idee voor een tuinverlichting die iets weg heeft van kunst die men in de tuin zet. Een beeld, kunstwerk of een object op een sokkel zijn voorbeelden die voor dit idee uitgewerkt kunnen worden

Object uit de tuin

Objecten die veelvuldig in een tuin staan op een mooie en esthetische manier vorm te geven tot een tuinverlichting. Waar bij dit idee voor gewaakt moet worden is dat het niet te cliché is en niet gaat behoren tot de categorie kitsch.

Windenergie

Naast zonne-energie kan een armatuur ook werken op elektrische energie van de wind. Zeker in Nederland is wind veelvuldig aanwezig en kan dus ook als bron gebruikt worden in combinatie met zonnecellen.

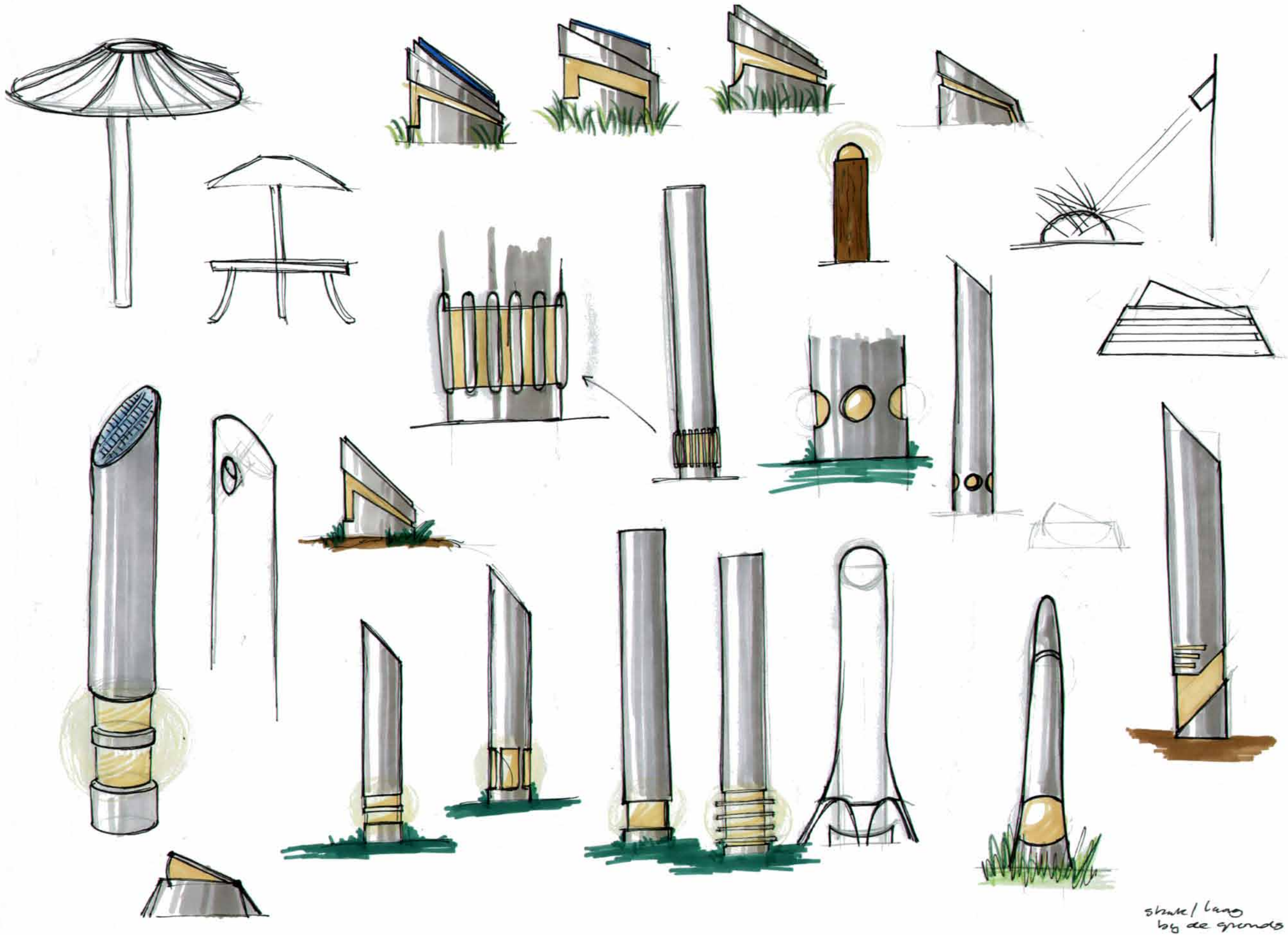
Humor

Humor is het laatste idee in het rijtje. Humor is een onverwachte serie armaturen, Bijvoorbeeld het uiterlijk van de schemerlamp met een mooie lampenkap. Normaal gesproken bevindt het licht zich in of onder de lampenkap. Alleen in dit geval is het licht ergens anders geplaatst. De humorserie moet de draak steken met de huidige generatie verlichtingen.

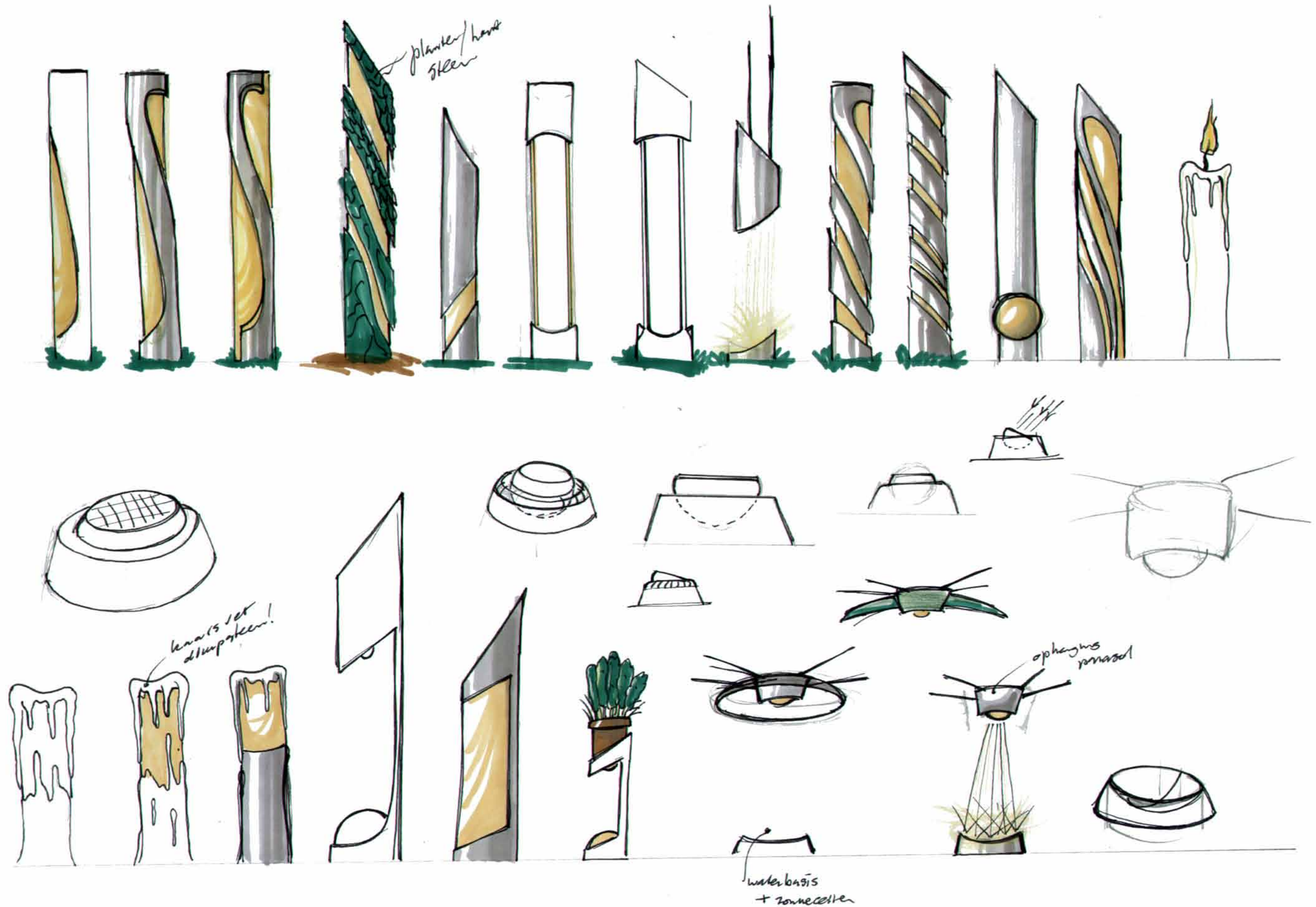
Ondanks het feit dat ik houvast had aan een mijn moodboards was het begin nog steeds moeilijk. Turend naar het papier met een potlood in mijn hand zat ik te denken. Ik wilde beginnen met een natuurlijke organische serie. Dit bleek uiteindelijk iets te hoog gegrepen als begin. Ik ben dan ook begonnen met de een moderne strakke serie armaturen. Dit is het begin geweest van de serie A3 vellen die ik vol getekend heb met de moodboards en de resultaten van de enquête als uitgangspunt. Het resultaat is hoofdzakelijk sfeerverlichting.

Naarmate het ontwerpproces vorderde vulde het papier zich niet alleen meer, ook die lijst met ideegroepen werd alleen maar groter. Er ontstonden nieuwe ideeën door ideeën. Uiteindelijk had ik een lijst van ruim tien ideeën waarin ik een serie lampen in zou kunnen ontwerpen. De ideeën zijn in de vorige alineas besproken. Uiteindelijk zijn een groot aantal van deze groepen 'behandeld'. Het resultaat hiervan is te zien in de volgende pagina's met schetsen.

Schetsen

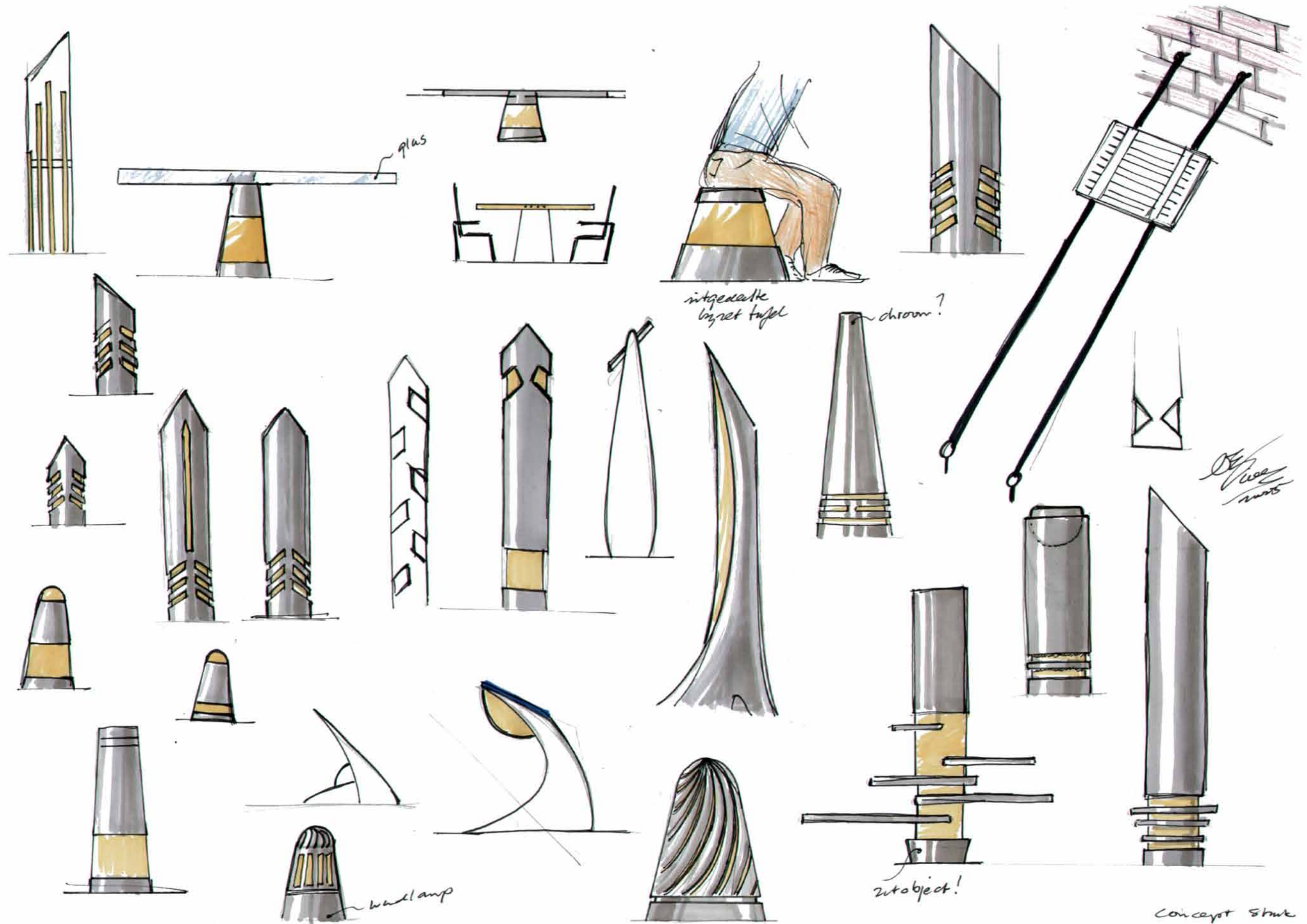


Schetsen



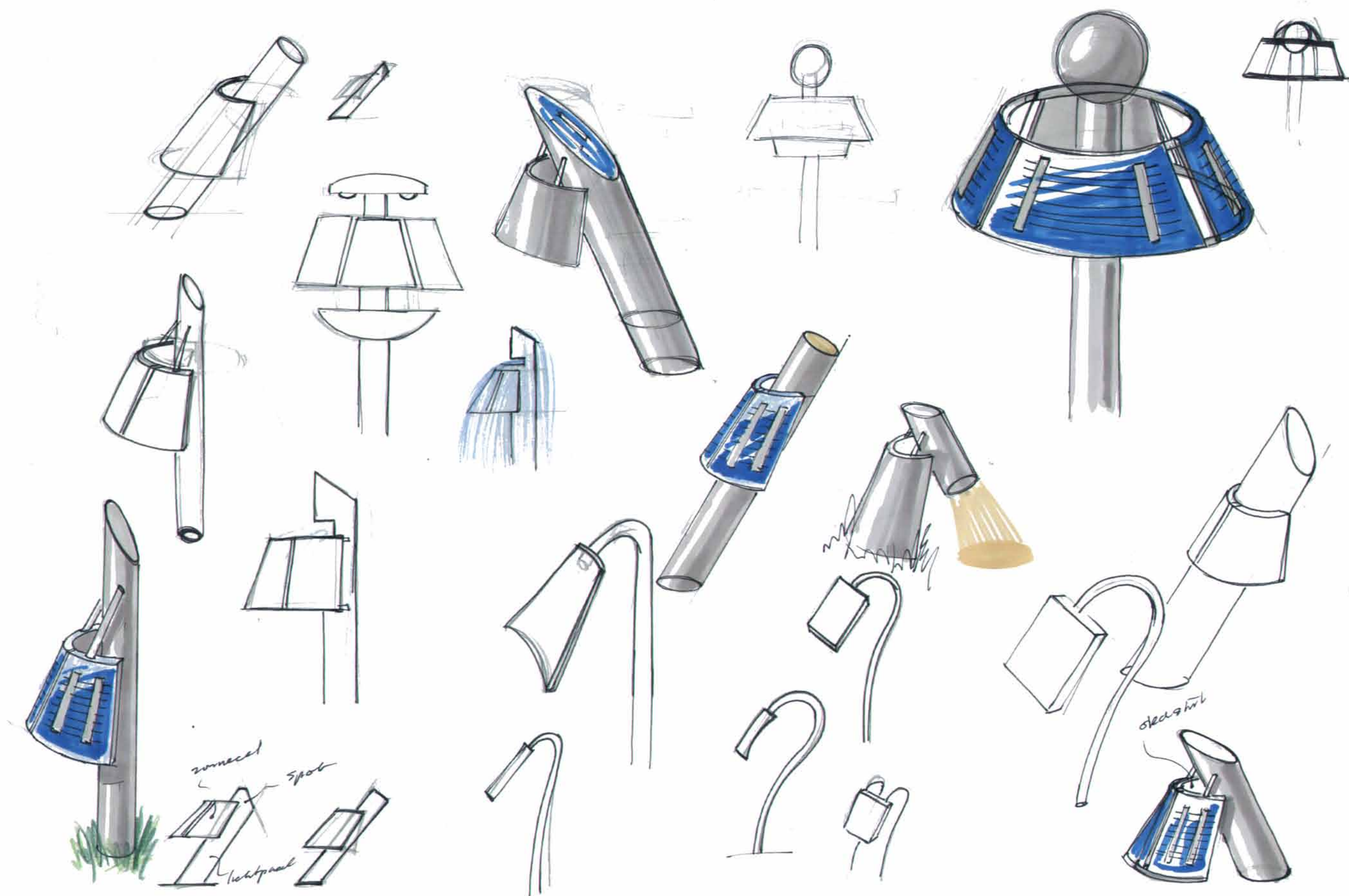


Schetsen

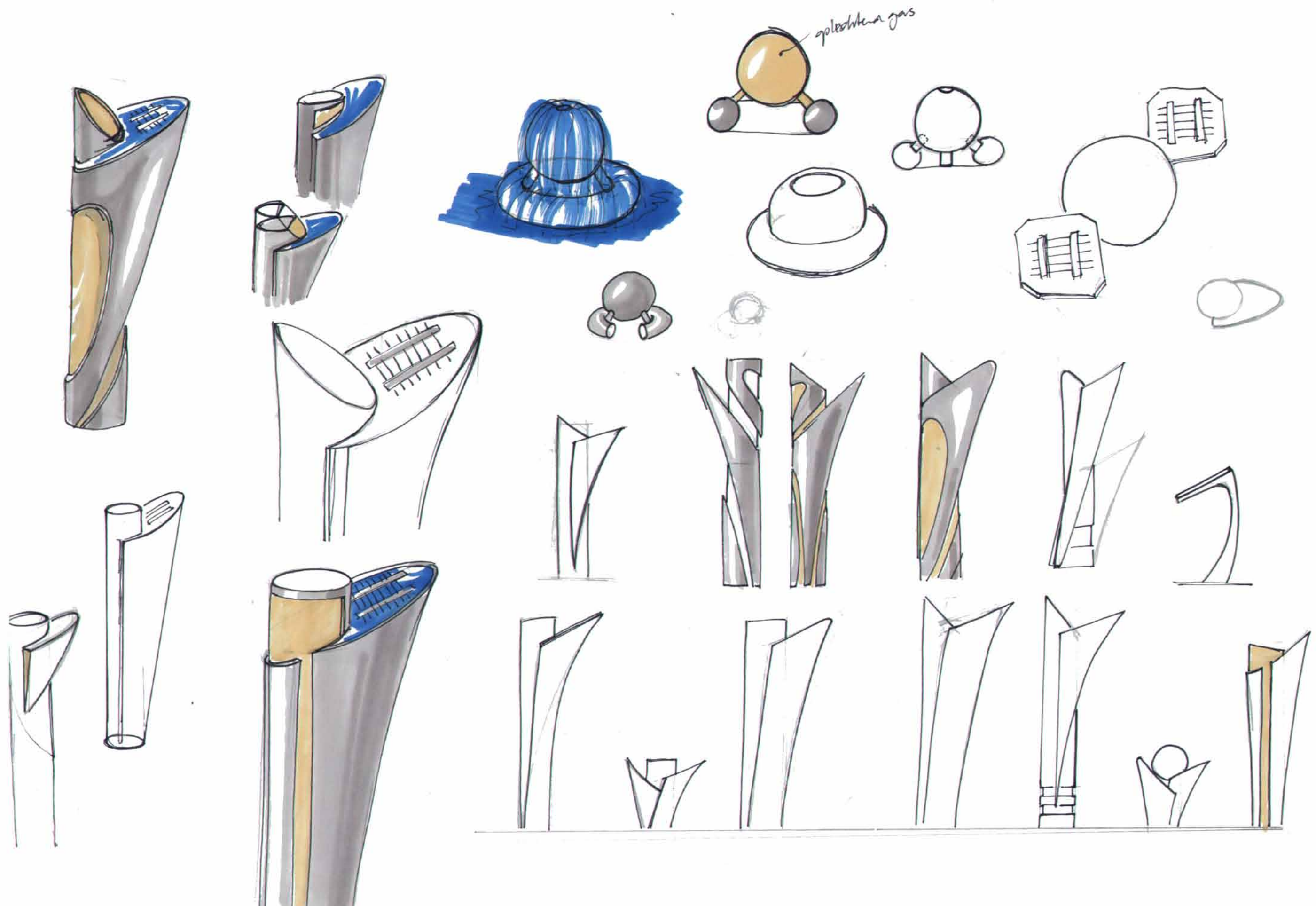


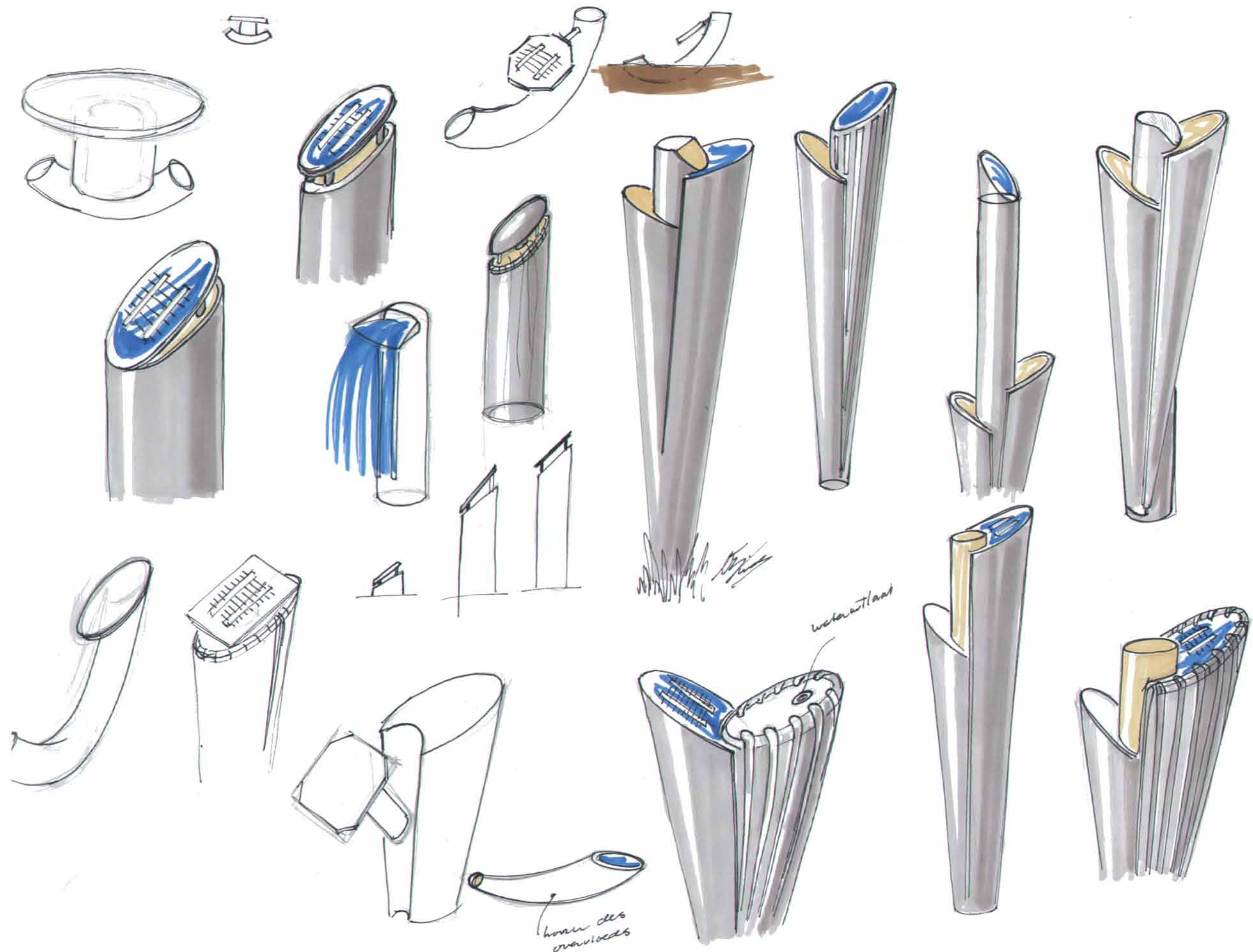
Schetsen



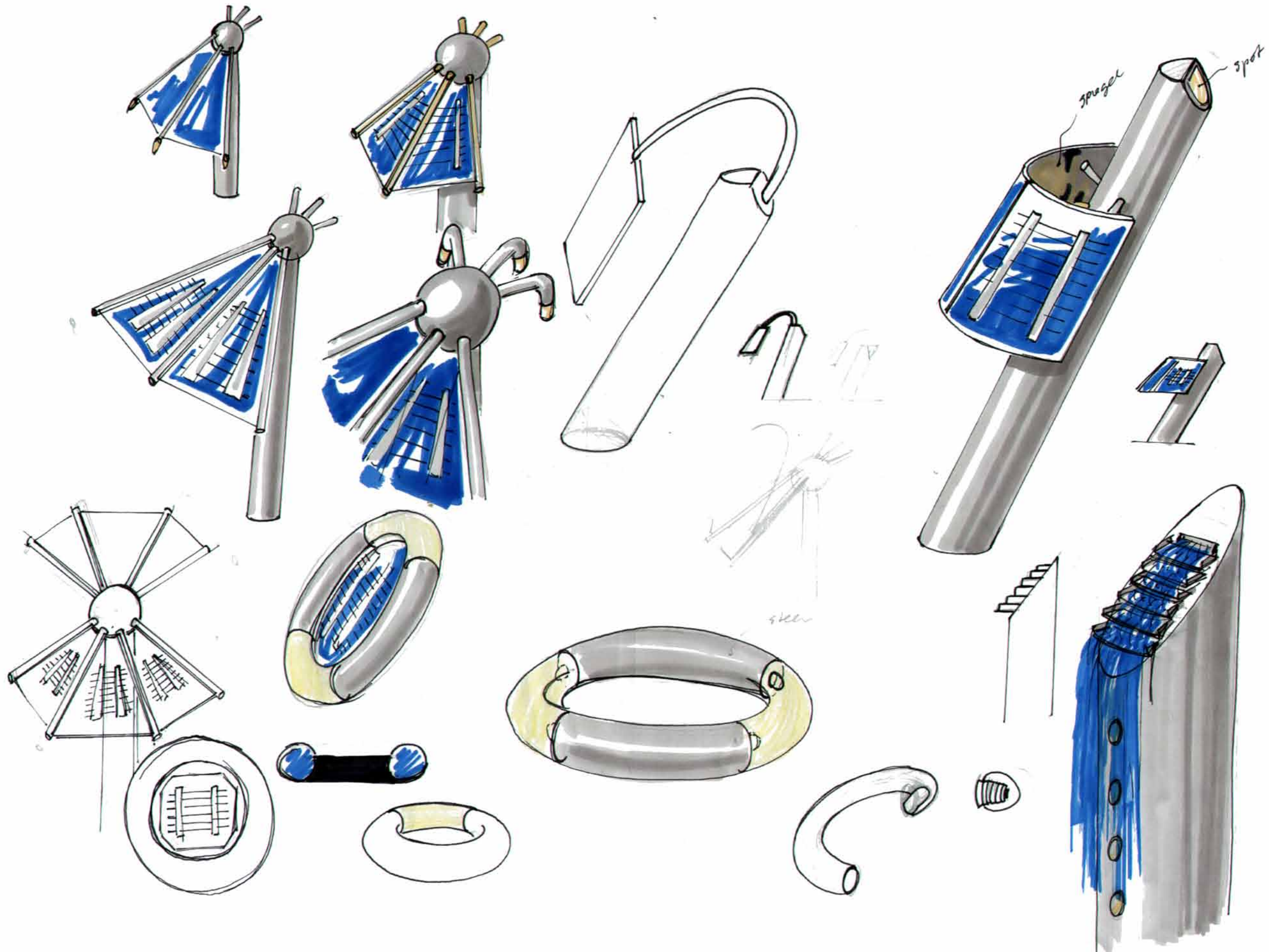


Schetsen

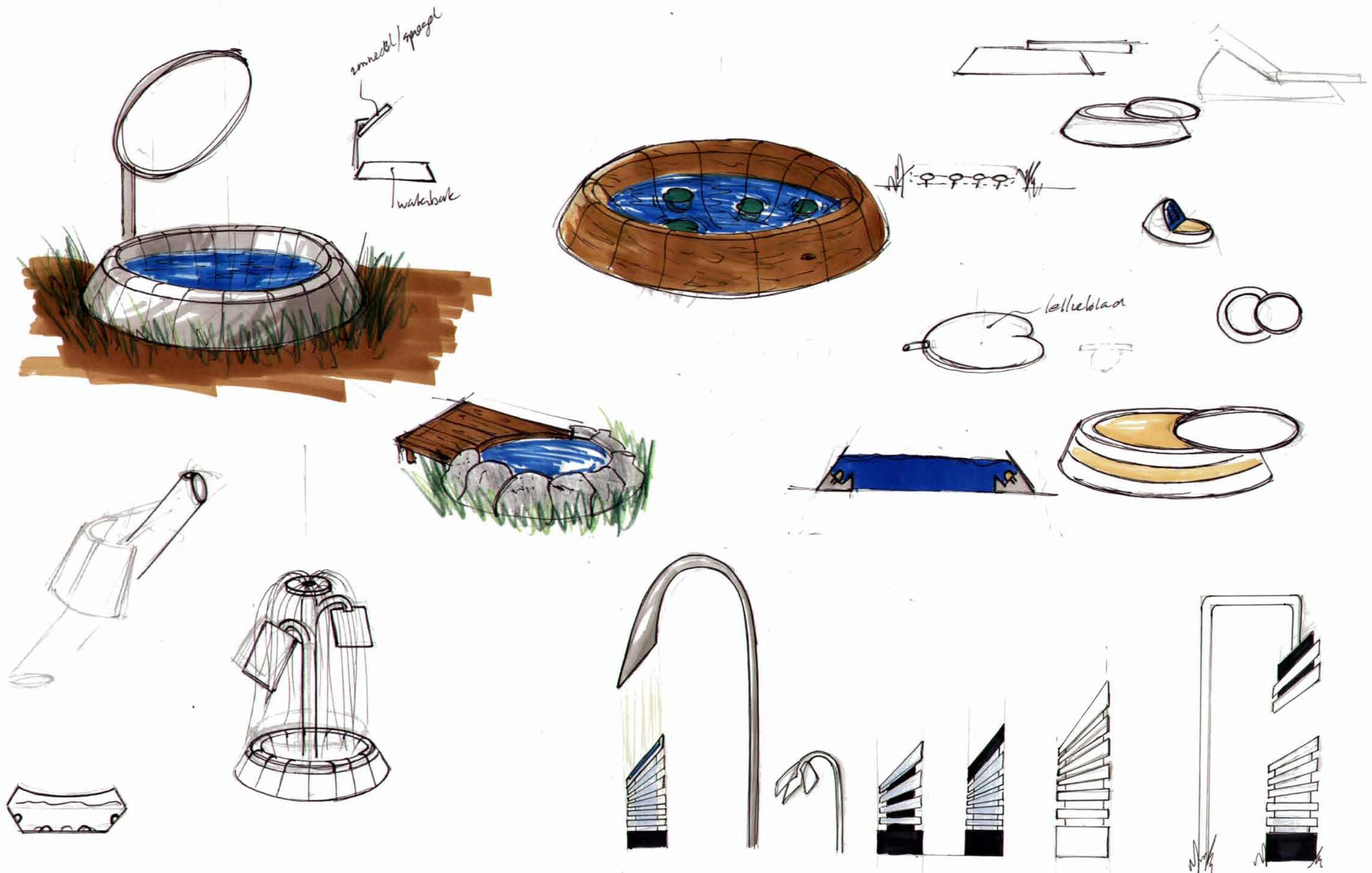




Schetsen



Schetsen



5.2 Conceptgroepen

Na het afronden van de schetsfase zijn alle tekeningen intern in het bedrijf bekeken. Een groot aantal van de ontwerpen werden als bruikbaar betiteld en op de resultaten werd de nodige feedback gegeven. Voor het maken van een gegronde conceptkeuze binnen het bedrijf zijn een groot deel van de schetsen gegroepeerd. Schetsen die in dezelfde serie hoorde of vanuit hetzelfde basisidee zijn ontworpen werden in een groep geplaatst. Zo ontstonden er in totaal tien conceptgroepen waaruit gekozen kon worden.

1. Licht-bij-de-gronds: grondserie

Een serie verlichting waar de lichtbron laag bij de grond zit. Het licht schijnt laag over de grond en zorgt voor een lichtgloed. Doordat het licht op een dergelijke hoogte is gepositioneerd zorgt het voor een gezellige sfeer. De armatuur is hoofdzakelijk ontworpen als sfeerverlichting. De zonnecel bevindt zich boven op de armatuur. De schuine hoek aan de bovenkant van de lamp zorgt ervoor dat er meer oppervlakte voor de cel wordt gecreëerd. De serie zou eventueel ook uitgevoerd kunnen worden als normale armatuur zonder zonnecel.

2. Licht-bij-de-gronds: strak

Een concept dat qua idee, uitstraling en functionaliteit aansluit op de eerste groep. Tevens lijkt de verlichting op de armaturen die op het moment al in de schappen staan. Het onderscheidende van deze armatuur is dat het lichtgedeelte onderin zit in plaats van bovenin. Ook deze verlichting werpt zijn licht laag over de grond en roept daardoor een gezellige sfeer op.

3. Solar-only: zonnecel als lampenkap

Dit is het conceptvoorstel voor een volwassen generatie solarverlichting. Voor dit ontwerp is het zonnepaneel tot een object gemaakt en niet er zo maar opgeplakt. Deze armatuur is ontworpen vanuit de zonnecel. Het zonnepaneel dient in dit concept direct als lampenkap. De voordelen van dit concept zijn het gemak, de mobiliteit en het uiterlijk. Het uiterlijk van de lamp sluit totaal niet aan bij de huidige generatie solar- en tuinverlichting. De armatuur is hoofdzakelijk ontworpen voor gebruiksgemak en als object om gezellig omheen te gaan zitten. In principe kan je dit product overdag in de zon zetten en 's avonds neerzetten als sfeerverlichting. Gezellig op tafel of handig voor gebruik op de camping. Daarnaast is het ook mogelijk het product tussen de planten te plaatsen.

4. Solar-only: futuristisch

Ook dit is een solarconcept waar het paneel verwerkt zit in het ontwerp. Dit ontwerp is modern, bijna futuristisch en organisch van vorm. De zonnepanelen bevinden zich tussen de buizen en doen denken aan vleugels van bijvoorbeeld wespen of een vleermuis. Er zijn verschillende opties voor het plaatsen van de lichtbron. De volledige buis of het einde van de buis kan dienst doen als plek voor de LED's. In tegenstelling tot de vorige conceptgroep is de futuristische serie bedoeld om echt in de tuin te plaatsen.

5. Solar-only: strak

Een strak concept met gebruik van zonnecellen wat met tussen de planten zou kunnen plaatsen. Het product oogt fris en modern en is bedoeld om de tuin sfeervol te verlichten. De zonnecellen kunnen ook in dit concept dienst doen als lampenkap of plaat om het licht te weerkaatsen. De armatuur kan uitgevoerd worden als sfeerverlichting, spot of een combinatie daarvan. Daarnaast zijn in de groepen nog twee varianten in het model zelf. Het statische model staat rechtop en het schuine model oogt een stuk dynamischer en maakt daardoor de armatuur apart.

6. Solar-only: van onderen!

Een helder concept waar de tekeningen voor zich spreken. De armatuur kan zowel tussen de planten als standalone op een terras geplaatst worden. Deze armatuur dient voor verlichten van de omgeving. Ook hier gaat het om sfeerverlichting. De verlichting kan ook worden uitgevoerd als grondserie of als idee in de categorie water. De meeste rechte tekening is daar een voorbeeld van. Hierbij stroom het water door middel van een pomp over het licht naar beneden. Het licht schijnt dus door het water heen. Dit zorgt voor een rustig en mooi effect.

7. Glas

Dit concept bestaat eigenlijk uit twee ontwerpen. Het rechter ontwerp is een cilinder met daarop glazen schijf die oplicht als het donker is. De plek van de zonnecel moet hier echter nog worden vastgesteld. Een optie zou de schuine zijde van de cilinder kunnen zijn of het verwerken van de zonnecellen in het glas. Het tweede ontwerp heeft wat weg van stenen kolom met het glas uit het huidige Techmar assortiment te vinden op de data-cd. Ook hier gaat het om een opstapeling van verschillende lagen glas. In de bovenste laag glas zit de zonnecel verwerkt. De lichtbron is een spot die van bovenaf op het glas deel schijnt. Het glas gedeelte wordt dus beschenen voor een mooi effect. Een andere optie voor de armatuur is een kunststof in combinatie met metaal. De verlichting dient tussen de planten geplaatst te worden.

8. Natuurlijk schuin

Tekeningen in deze conceptgroep spreken voor zich. De armatuur kan op verschillende plekken geplaatst worden en zorgt voor een redelijke hoeveelheid licht. In de schetsserie van de vorige paragraaf is zichtbaar dat de oorspronkelijke serie een stuk uitgebreider is. Het concept is daarbij meer organisch van vorm gemaakt. Enkele opties bevatten ook een pomp waardoor er water over de verlichting loopt. Vanwege de beperking met elektriciteit en productie zijn deze concepten niet meegenomen.

9. Hangplant

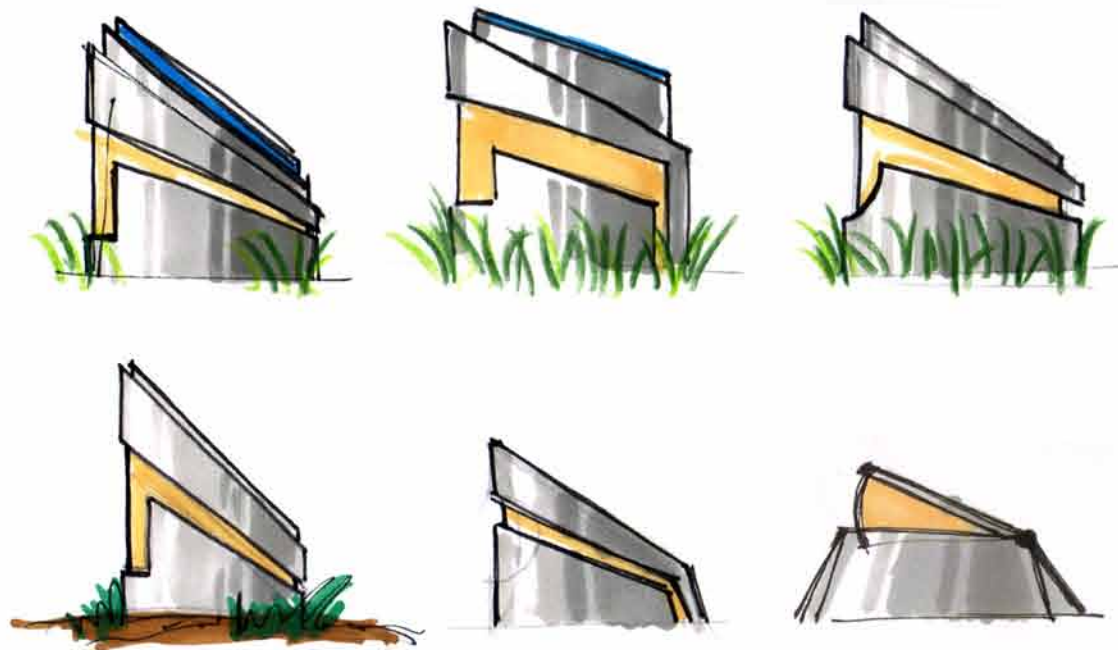
Een sierlijke en iel uitgevoerde armatuur die lijkt op een hangende bloem of plant. De zonnecel is zichtbaar als het rechthoekige plaatje. De LED's zitten aan de achterkant van het plaatje. De verlichting is bedoeld om tussen de planten te staan en moet eveneens een sfeervolle hoeveelheid licht uitzenden.

10. Overige

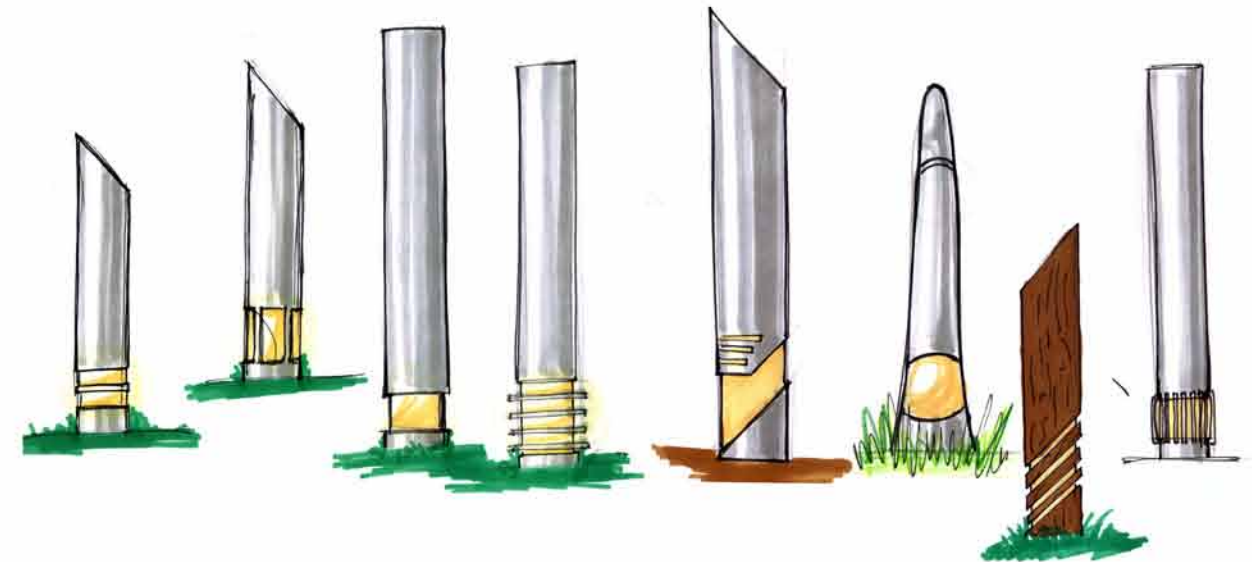
Overige ideeën die niet in een bepaalde groep vallen. De stoel en het kabelontwerp spreken voor zich. Daarnaast is de 'stoel' ook uitvoerbaar als onderstel van een tafel. De schetsen hiervan zijn terug te vinden in de vorige paragraaf. De andere twee ontwerpen zijn eerder door het bedrijf aangegeven vanwege de aparte vorm, maar zijn niet uitgebreid uitgewerkt.

Conceptgroepen

1 Licht-bij-de-gronds: grondserie



2 Licht-bij-de-gronds: strak



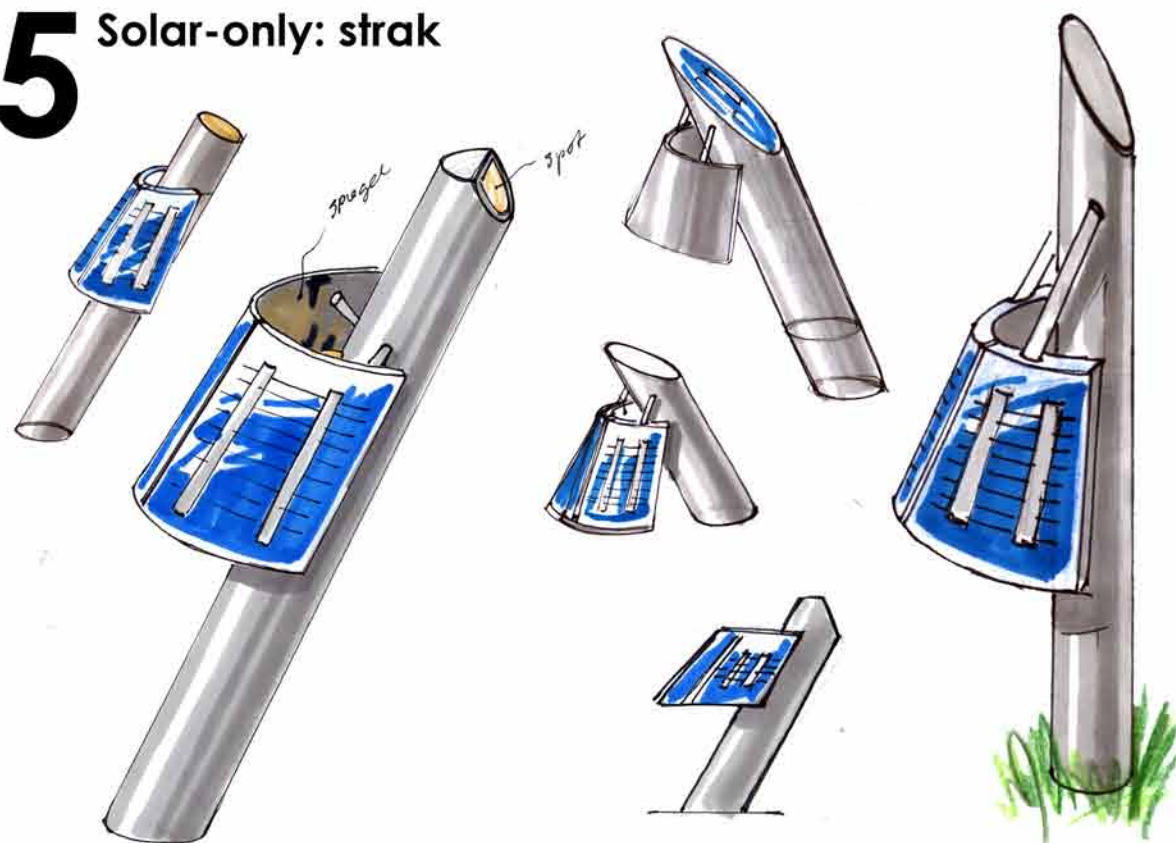
3 Solar-only: zonnecel als lampenkap



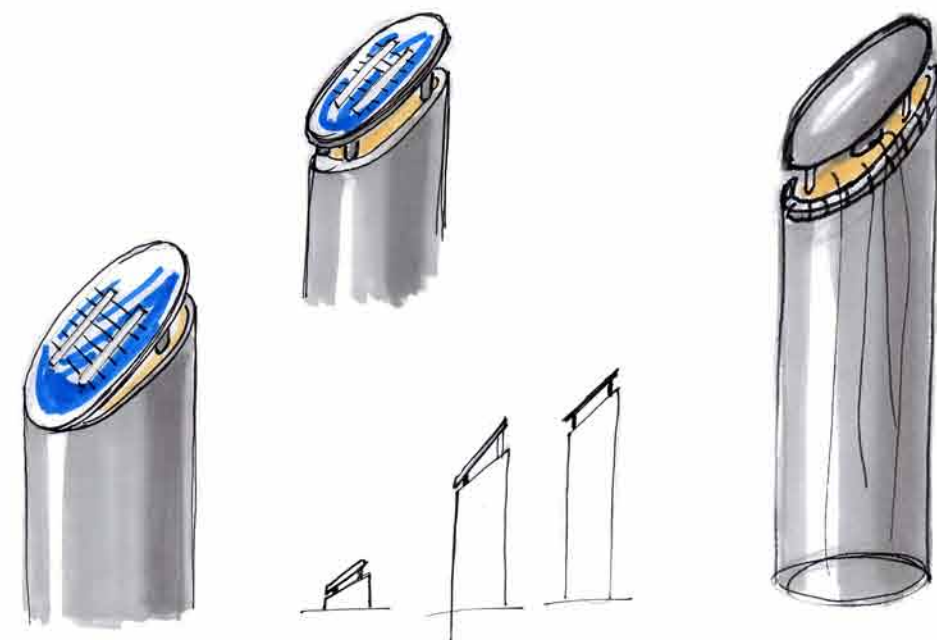
4 Solar-only: natuurlijk futuristisch



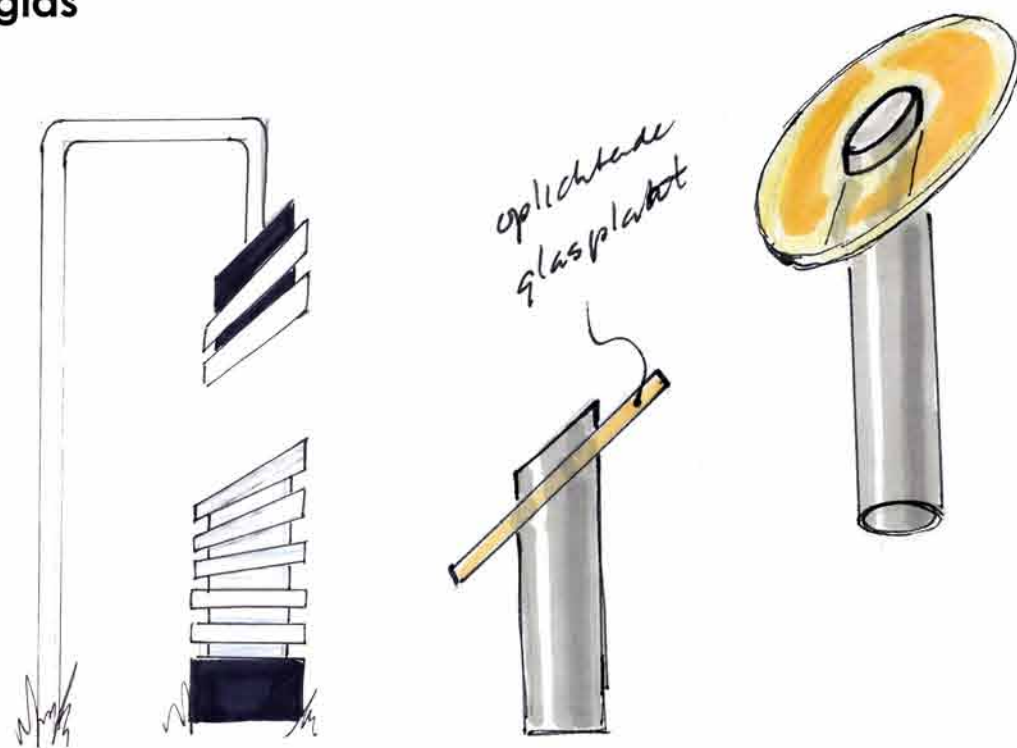
5 Solar-only: strak



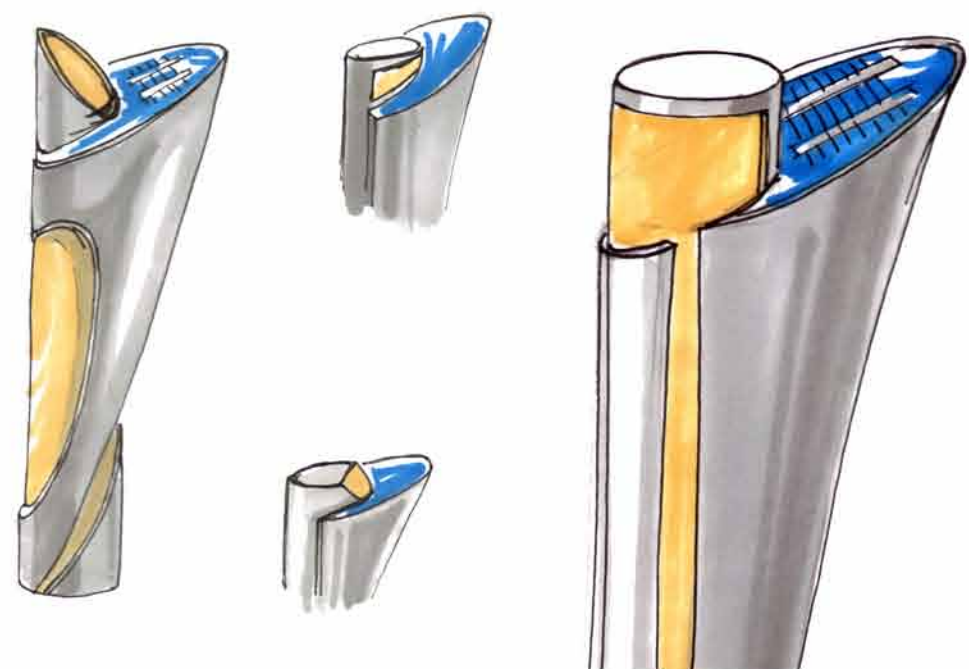
6 Solar-only: van onderen



7 glas

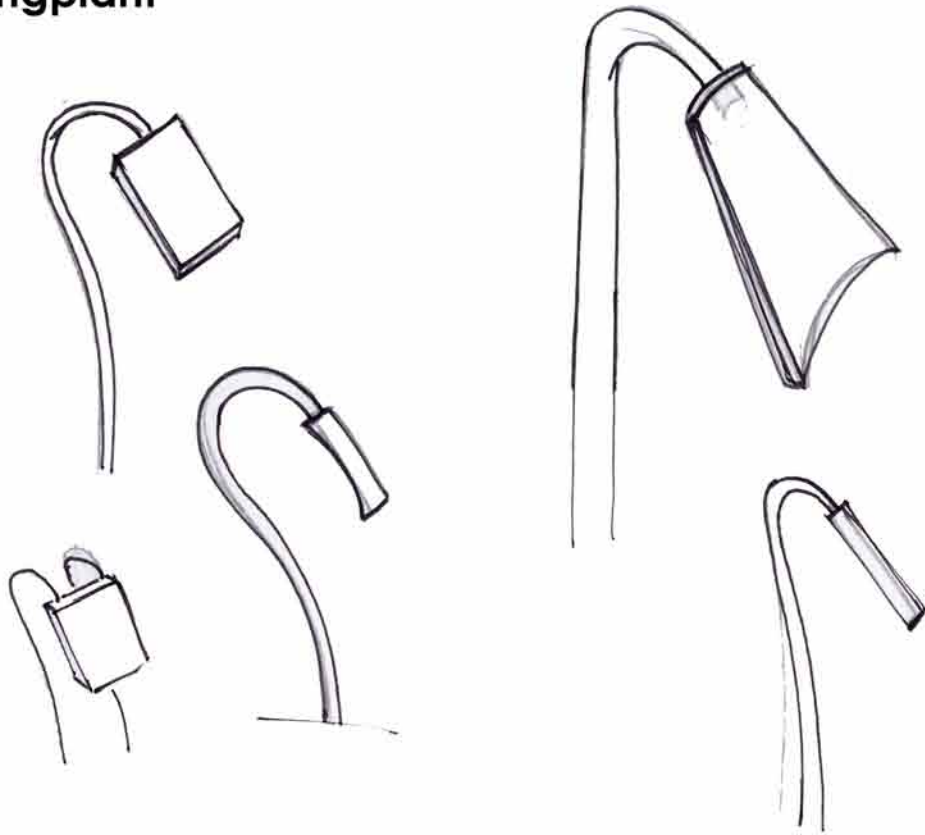


8 natuurlijk schuin

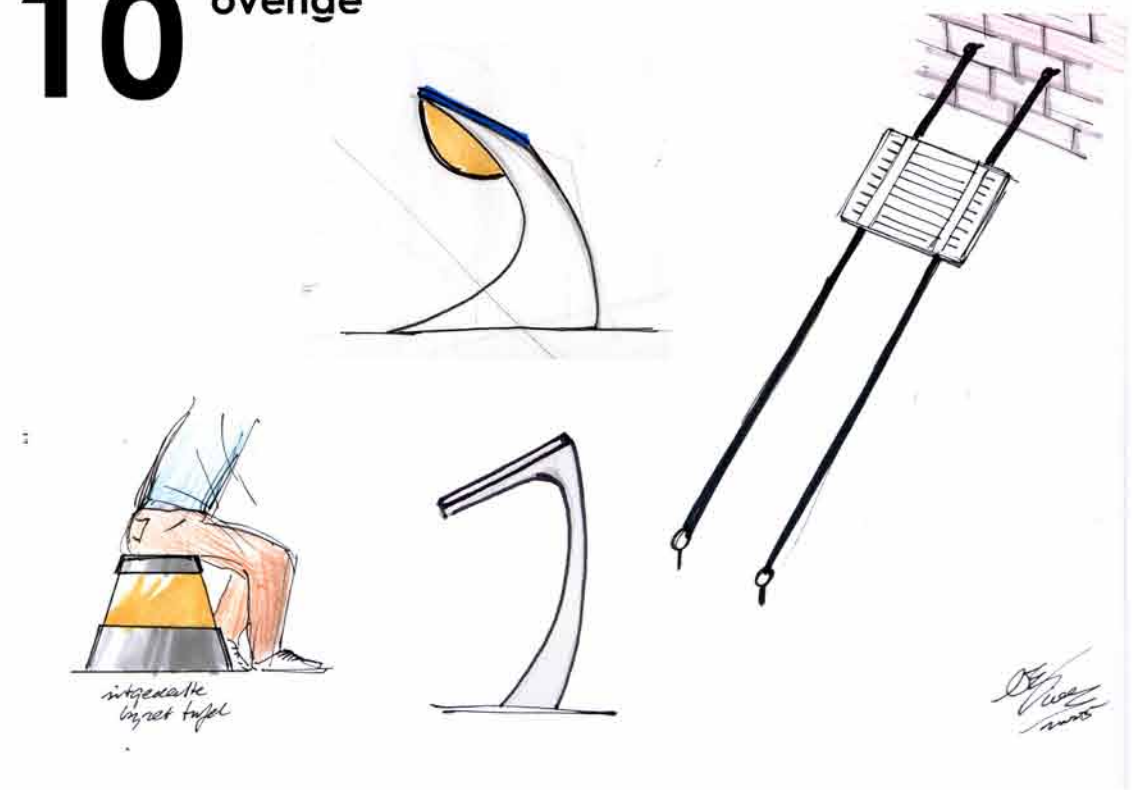


Conceptgroepen

9 hangplant



10 overige



5.3 Conceptkeuze

Aan de hand van deze conceptgroepen hebben verschillende werknemers van Techmar en ik gestemd. De stemmen zijn bij elkaar opgeteld en vervolgens zijn er drie concepten uitgekozen waarmee het traject vervolgens kan worden. Gelukkig kwamen de keuzes van het bedrijf en ikzelf goed overeen en zaten we op een lijn. Uiteindelijk is besloten om met de conceptgroepen één, twee, drie en vijf verder gegaan waarbij groep één en twee in elkaars verlengde liggen.

Voor de duidelijkheid heb ik mijn eigen conceptkeuze visueel gemaakt. De conceptkeuze van het bedrijf is in de vorige alinea al aan de orde gekomen. Opvallend is dat de gekozen concepten door iedereen zijn gekozen. De stemming is in dat opzicht unaniem, de overige concepten werden door allemaal verschillende personen gekozen en kwamen dan ook niet verder dan een of twee stemmen.

Wat tijdens het bespreken van de concepten naar voren kwam is dat de manier waarop de ontwerpen beoordeeld worden verschillend is. Techmar kijkt (uiteraard) naar de lampen die in hun ogen het meeste op gaan leveren of het beste zijn voor het assortiment. Mijn insteek voor het kiezen van een concept is iets anders.

Persoonlijk heb ik gekozen voor de lampen met het meeste gevoel, in mijn ogen de meeste beleving. Mijn conceptkeuze bevat de lampen die het beste passen bij de beide marktvisies (zie bijlage) gecombineerd met de moodboards. Aangezien uit mijn onderzoek gebleken is dat de consument daar waarde aan hecht is dat voor mij de beste optie voor het assortiment van het bedrijf. Daarnaast heb ik de concepten ook nog beoordeeld vanuit mijn eigen standpunt als ontwerper: op uitdaging, vernieuwend uiterlijk en het meest interessante eindresultaat.



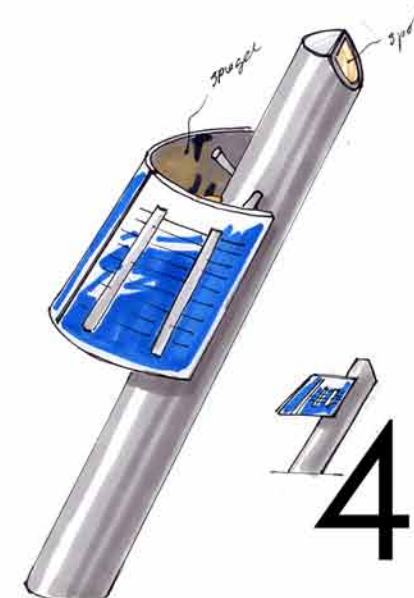
1



3



2



4

5.4 Concepten

Om een goede keuze te maken voor het eindconcept moeten alle drie de concepten verder uitgewerkt worden dan slechts één enkele schets. Het bedrijf moet zich namelijk een beeld kunnen vormen van het volledige product op het gebied van uitstraling, product, materiaal, lichtopbrengst en kosten. In deze paragraaf al drie de concepten uitgebreider worden besproken.

1. Licht-bij-de-gronds: grondserie

Om te beginnen zijn de maten van het product vastgesteld. In eerste instantie moest de grondserie een stevige lamp worden met een diameter van ongeveer 30 centimeter. Niet veel later is geconcludeerd dat een dergelijke diameter veel te groot is. Ten eerste wordt de lamp hierdoor heel zwaar, rond en log en ten tweede moet een dergelijke armatuur ook voldoende lichtopbrengst hebben. Met name dit laatste levert bij een grotere diameter meer problemen op. De grondserie zal worden uitgevoerd met een diameter van 15 tot 20 centimeter en een hoogte van ongeveer 30 centimeter.

Zoals ook zichtbaar is op de tekening van pagina 34 heeft de serie een schuine kant. Deze schuine kant zorgt ten eerste voor een wat minder massieve cilinder, maar biedt vooral extra oppervlakte. Oppervlakte die gebruikt kan worden voor de zonnecellen. Met de bovenstaande afmetingen zijn verschillende berekeningen gemaakt met verschillende hoeken. Het huidige ontwerp biedt op de schuine kant ongeveer ruimte voor vier zonnecellen met een afmeting van vier inch (ongeveer tien bij tien centimeter).

In paragraaf 1.11 van de bijlage is te lezen dat een zonnecel het grootste rendement heeft onder een hoek van 37 graden. In de ontwerptekeningen valt te zien dat er gekozen is voor een grotere hoek. De reden hiervoor is dat een grotere hoek mooier is dan de ideale instalingshoek en toch nog steeds een rendement heeft van 90%. De manier waarop de zonnecel in de armatuur wordt ingelegd is nog niet vastgesteld, hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. Deze mogelijkheden zijn linksboven in de tekening van de volgende pagina toonbaar gemaakt.

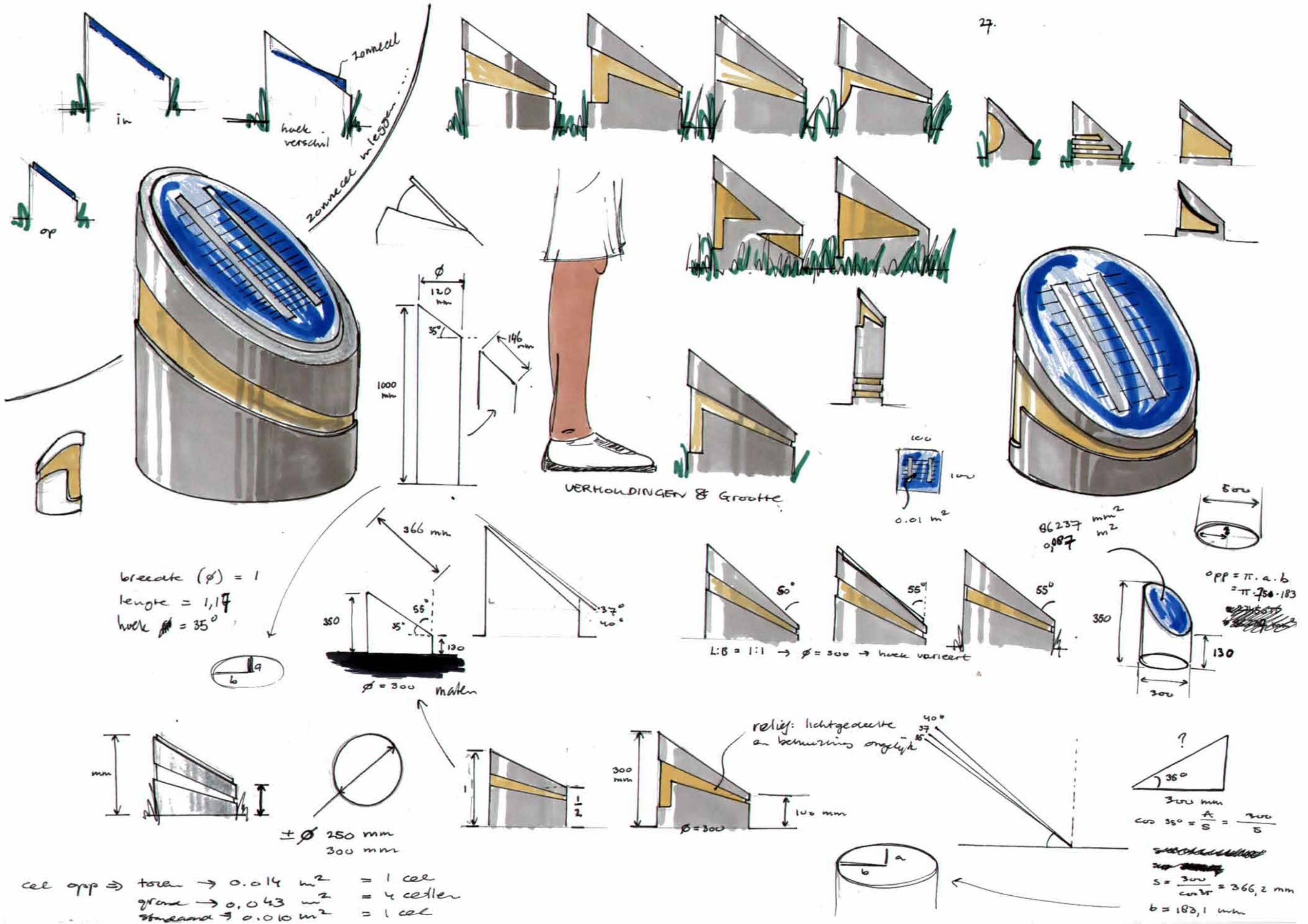
Ook de vormgeving is nog niet volledig af. Vooral met het lichtgedeelte kan nog een hoop gedaan worden. De basisvormgeving staat vast, de details zullen eventueel in een later stadium worden uitgewerkt. Qua lichtopbrengst moet de grondserie een mooie en gezellige gloed uitstralen over de grond. Het product is niet bedoeld om objecten uit te lichten, maar als sfeerverlichting (dit is ook opgenomen in het programma van eisen en wensen). Hiervoor zullen naar alle waarschijnlijkheid vier LED's gebruikt worden. Het product komt het beste tot zijn recht op een terras of echt in de tuin tussen de planten.

Wat betreft de productie zal er voornamelijk gebruik gemaakt gaan worden van spuitgieten. Zoals zichtbaar op de tekening gaat het hier om een relatief eenvoudig product. Productietechnische levert dit dan ook geen problemen op. Uiteindelijk is er gekozen om het de armatuur in kunststof en aluminium te produceren in een aantal gietdelen. Onderaan bevindt zich de bajonet. De bajonet kan worden bevestigd aan of in de grond door middel van schroeven of strekkers. Tevens is er op de bajonet een verhoging gemaakt waar de cilinder met elektronica in geplaatst kan worden. Om de boel waterdicht te houden is tussen de bak en de bajonet een rubber ring geplaatst. De volledige armatuur kan vervolgens op de bajonet worden gedraaid.

Alvorens de armatuur op de bajonet gedraaid kan worden, moet de verschillende onderdelen ervan in elkaar gezet worden. Zoals zichtbaar op de tekening heeft met de onderste bak. In deze bak kan het transparante lichtgedeelte worden geplaatst. Door de cilindervormige uitsteekingen is het lichtgedeelte automatisch goed gepositioneerd in de onderste bak. Beide delen kunnen aan elkaar bevestigd worden door schroeven. Het kunststof binnengedeelte is iets groter dan het buitengedeelte. Hierdoor moeten beide delen in elkaar geduwd worden. Na het schroeven zitten beide delen nagenoeg naadloos op elkaar en kan er geen water tussen komen.

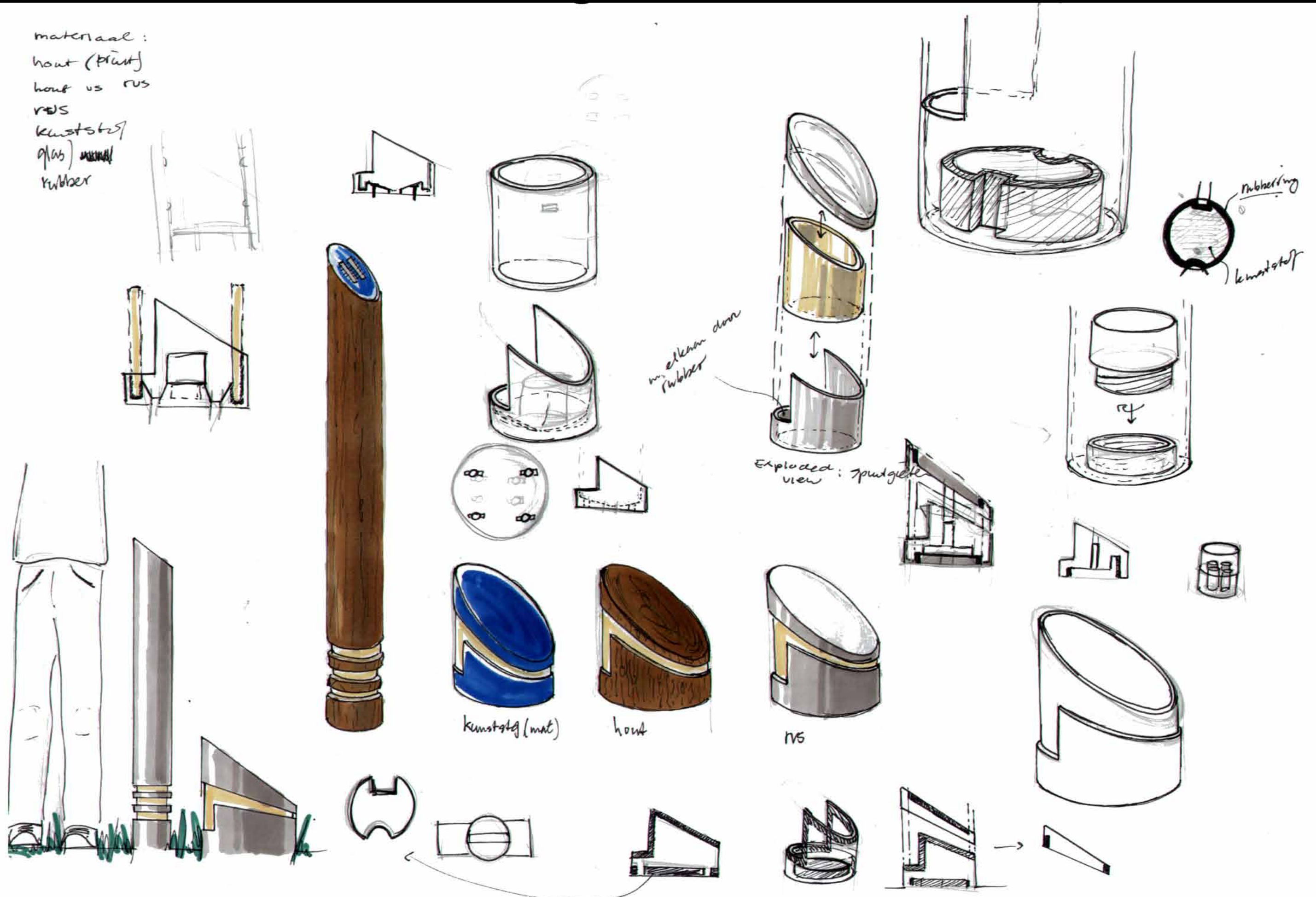
Boven op het lichtgedeelte hoort vervolgens de bovenkant geklikt te worden. Opnieuw zitten er vormen in de beide onderdelen zodat het gemakkelijk in elkaar past en op de juiste plek zit. Door een klikverbinding zit de volledige armatuur vast en kan vervolgens op de bajonet gedraaid worden.

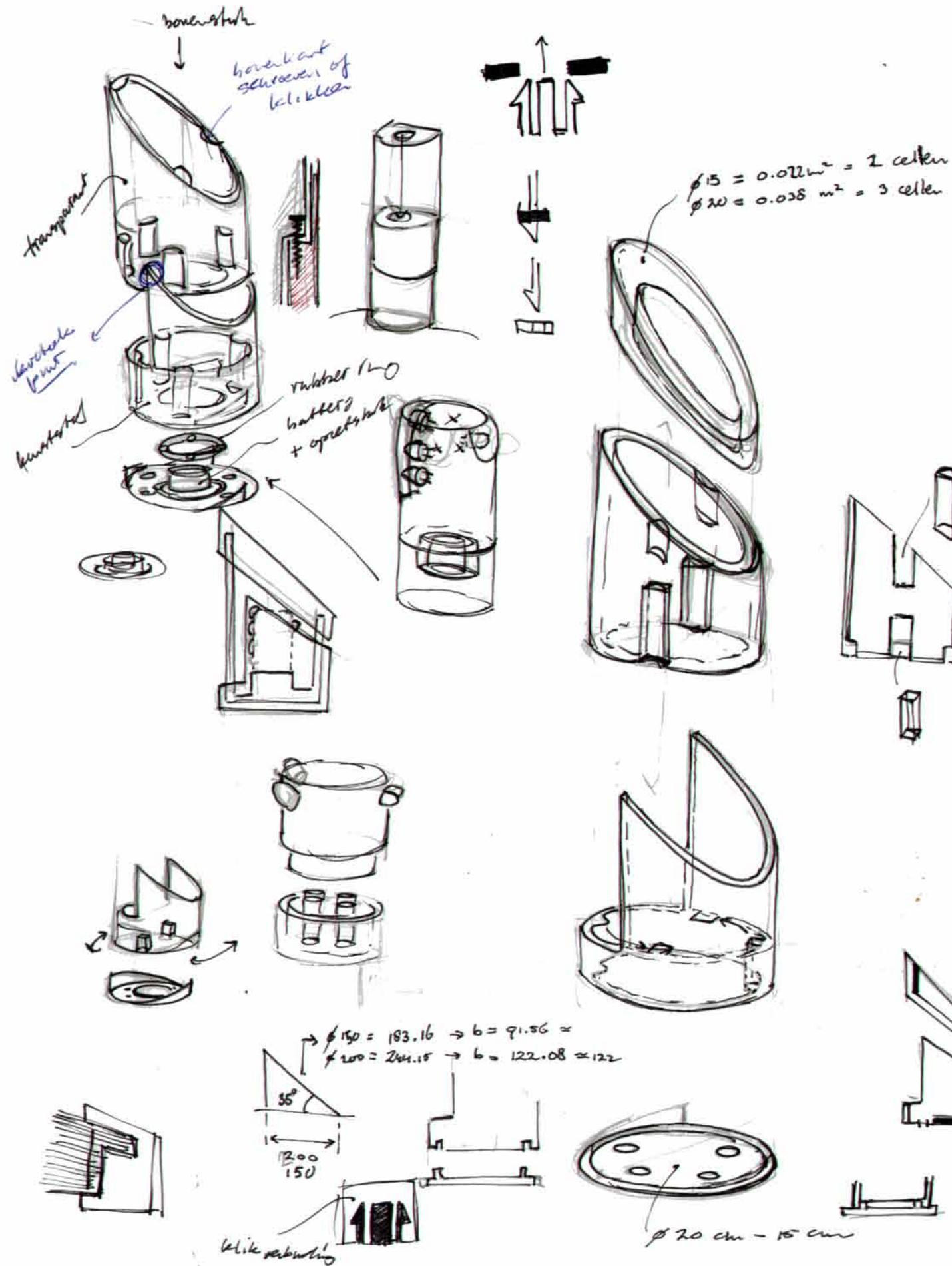
Technische tekeningen



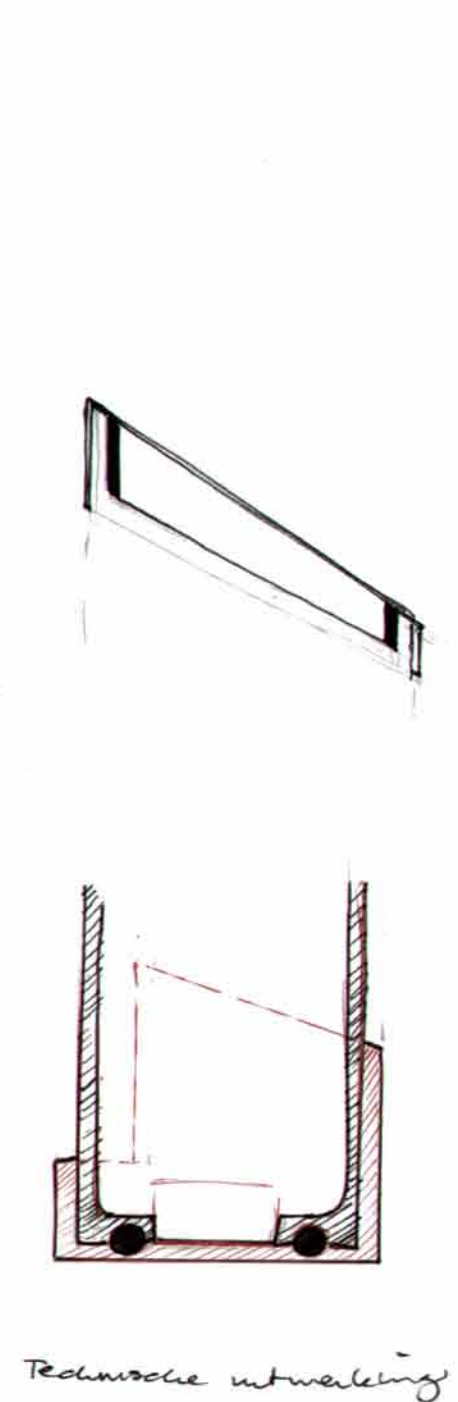
Technische tekeningen

materiaal:
 hout (print)
 hout vs. rvs
 rvs
 kunststof
 glas) ~~metaal~~
 rubber





gieten in aluminium
kunststof



2 Solar-only: zonnecel als lampenkap

Opnieuw zijn voor dit product als eerste de maten vastgesteld. De totale hoogte van de armatuur zal 30 centimeter bedragen. Deze 30 centimeter zijn gemeten van de onderkant van de voet tot de bovenkant van de lampenkap. De lampenkap zelf zal zo dun mogelijk gehouden moeten worden. Een hele dikke lampenkap doet afbreuk de dunne vormen van de armatuur. De voet van de lamp zal een diameter krijgen van 10 tot 12 centimeter. De dikte zal afhangen de eventuele elektronica die daarin geplaatst moet worden. De lichtbron en de zonnecellen zullen door middel van een draad door de buizen aan de batterij in de voet worden verbonden.

Op de tekeningen is ook te zien dat er geëxperimenteerd is met de hoek van de zonnecel (lampenkap). Ook hier geldt weer dat er een midden weg gevonden moet worden tussen esthetica en de ideale situatie. Omwille van de uitstraling van het product is de lampenkap iets schuiner geplaatst. De exacte hoek is niet nog bepaald, maar zal komen te liggen tussen de 50 en 70 graden. Maximale breedte van de lampenkap is vastgesteld op 20 centimeter. Dit houdt dus in dat de hoek gevarieerd kan worden en de 'lengte' van de lampenkap daarmee kan veranderen. Ook is zichtbaar dat de lampenkap niet volledig rond is. In de lampenkap zijn uitsparingen gemaakt waardoor de lampenkap uit vier delen bestaat. Het opdelen van de lampenkap onderscheidt de lampenkap van de normale 'schemerlamp'. Tevens zorgt het ervoor dat er licht naar de zijkant gestraald kan worden en dat de lamp sierlijker en minder massief oogt.

Deze armatuur is bedoeld als functionele en gezellige lamp. Het product kan tussen de planten in de tuin geplaatst worden, maar hoofdzakelijk zal deze lamp gebruikt worden om op de tuintafel te zetten. Een voordeel van deze lamp is namelijk dat hij mobiel is en over is neer te zetten. De verlichting zou ook gebruik kunnen worden op bijvoorbeeld camping's. De verlichting zal worden uitgerust om ongeveer vier LED's voor het produceren van sfeerlicht.

Ook deze armatuur zal worden uitgevoerd in aluminium of kunststof. Dit is afhankelijk van de uiteindelijke uitstraling die het product moet krijgen. Het grootste gedeelte van de lamp kan worden gegoten. Toch is deze lamp iets minder definieerbaar als deze vorige. Een mogelijkheid is dat het product vier slanke buizen krijgt die de lampenkap verbindt met de voet. Een andere mogelijkheid is dat de vier slanke buizen vervangen worden door een grote buis. Ook is het nog niet helemaal duidelijk waar alle elektronica zal worden gepositioneerd. De meeste handige en voor de hand liggende oplossing is de voet van het product.

Een groot voordeel van de armatuur is dat het product veel ruimte biedt voor zonnecellen. Hierdoor kan er een grote opbrengst worden gehaald en moet de verlichting goed werken. Ondanks het feit dat de vormgeving nog niet af is kan met redelijk grote zekerheid worden gesteld dat het grootste gedeelte van de armatuur technisch haalbaar is en de dit tot een succesvol eindresultaat gebracht kan worden. Het enige probleem zit hem in de gebogen zonnecellen.

De uitwerking van dit concept is iets beperkter dan het vorige. Ten eerste heeft het te maken met het feit dat de vormgeving nog niet vaststaat. Zoals in de vorige paragraaf al duidelijk werd zijn er meerdere mogelijkheden voor de uitwerking van de lamp. Ten tweede staat of valt dit ontwerp met de technische haalbaarheid van de lampenkap, de rest is vrij eenvoudig te produceren. De lampenkap is namelijk rond. Een silicium zonnecel gaat gemakkelijk kapot en is nauwelijks te buigen. Alleen wanneer men het materiaal gaat lamineren kan de cel enigszins gebogen worden. Deze buiging is echter niet voldoende voor de lampenkap. Er rest dus niets anders dan het zoeken van een andere oplossing.

Een oplossing waardoor het concept volledig technisch haalbaar is, is het opdelen van de zonnecel in dunne strookjes. De een aantal dunne strookjes naast elkaar te zetten kan de ronde vorm van de lampenkap worden benaderd. Vervolgens kunnen deze strookjes aan elkaar worden gesoldeerd en kan het geheel ingegoten worden in glas waardoor er alsnog een mooie ronde en strakke lampenkap ontstaat. De belangrijkste hindernis voor dit product is daarmee overwonnen.

3 Solar-only: strak

Dit schuine concept is bedoeld om tussen de planten te plaatsen en hoort (in tegenstelling tot het vorige concept) niet thuis op een tafel. De schuine armatuur kan dienst doen als sfeerverlichting, maar zou ook uitgevoerd kunnen worden als variant met een spot op de bovenkant. In beide uitvoeringen is het mogelijk om hem op een tegel of in aarde te bevestigen.

De bevestiging vindt plaats aan de onderkant van het product. De behuizing staat onder een hoek van ongeveer 60 graden en heeft een lengte van 30 centimeter. De wanddikte van de cilindervormige behuizing zal gekozen worden tussen een half en twee millimeter. Dit is afhankelijk van het materiaal. De doorsnede van de behuizing is ongeveer vijf centimeter. Ook dit product zal worden voorzien van vier LED's en heeft een gebogen zonnecel. Bij het vorige concept is de oplossing hiervoor al aangegeven. Daarnaast is het mogelijk de verlichting ook nog als spot of combinatie tussen spot en sfeerverlichting uit te voeren. De spot wordt verkregen door een (extra) lichtbron aan de bovenkant te positioneren.

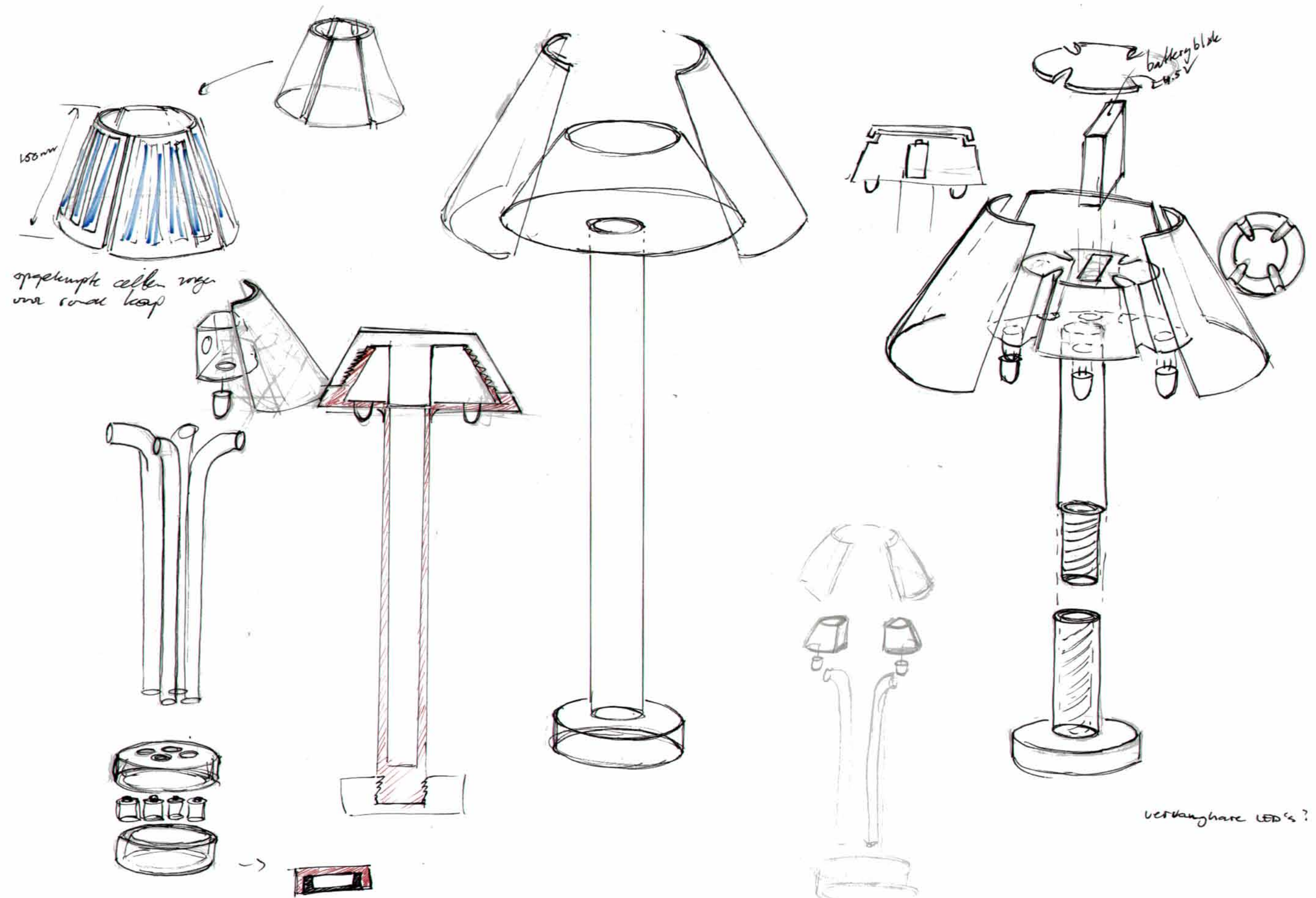
Wanneer men echter verder naar de productiemogelijkheden gaat kijken, kan er geconcludeerd worden dat dit de moeilijkst produceerbare armatuur is van de drie. De basis van de armatuur bestaat uit een geëxtrudeerde cilinder van bijvoorbeeld aluminium of roestvast staal. De boven- en onderkant zijn daarbij schuin afgesneden. Door middel van een soort van dop wordt de armatuur bevestigd aan de aarde. Eventuele schroeven kunnen ervoor zorgen dat de behuizing niet van zijn onderkant af kan vallen.

In de cilinder komt het binnenwerk. Het binnenwerk bestaat uit een kunststof plaatje met de LED's en bijbehorende elektronica. Dit plaatje wordt in de buis geschoven en door de daarvoor bestemde gaatjes steken de LED's door de behuizing. Vervolgens kan via de onderkant de rest van het kunststof binnenwerk erin worden gestopt. Het binnenwerk zorgt ervoor dat het plaatje met de LED's op zijn plaats blijft en dat de cilinder opgevuld wordt. In dit gedeelte van het binnenwerk kunnen de batterijen worden geplaatst. Tevens zit de overige elektronica verwerkt in deze koker. Door middel van contacten kunnen de zonnecellen en de LED's werken met de batterijen. Als het volledige binnenwerk op zijn plek zit kan de behuizing op de onderkant geplaatst worden. Vervolgens kan de dop die de bovenkant afsluit erop gedaan worden. De dop sluit de armatuur af en beschermt het binnenwerk tegen vocht. De doppen zal gemaakt worden van kunststof en/of rubber.

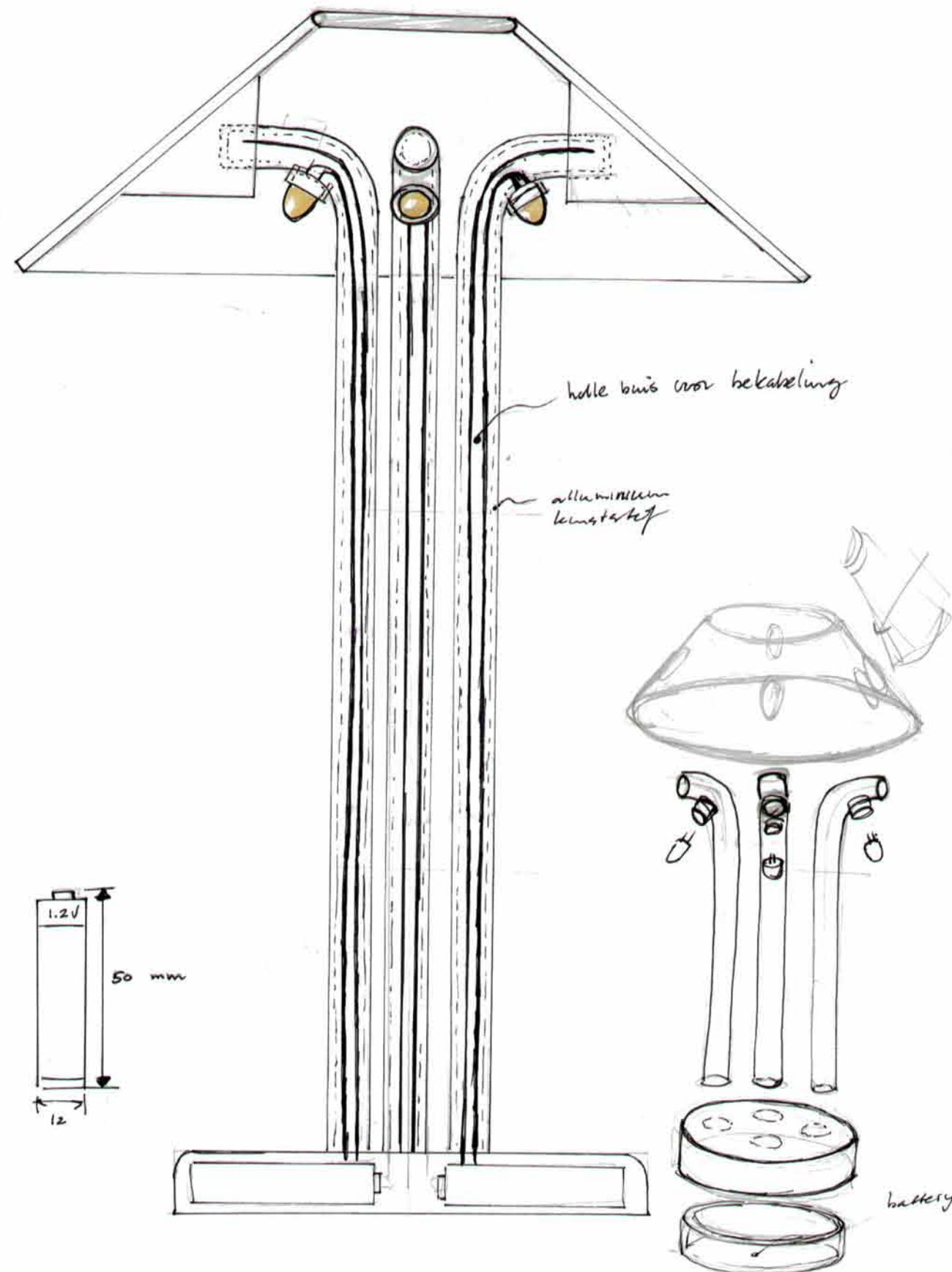
Het materiaal van de zonnecel is bij het vorige concept ook al besproken en is hier niet anders. De bevestiging van de zonnecel daarentegen wordt gedaan door een busje. Dit busje zit verwerkt in de behuizing. Aan de kap van de zonnecel zit een buisje dat bevestigd kan worden in het busje aan de behuizing.

Bij dit concept heeft in veel aspecten die overeenkomen met de vorige concepten. Zo is het verhaal met betrekking tot de instalingshoek het zelfde. Het voordeel van deze armatuur alleen is dat de armatuur zelf al scheef staat. De zonnecel staat, zoals zichtbaar op tekening 35, onder een hoek van 50 graden met de horizontaal. Een belangrijk punt van aandacht bij deze armatuur is de schuine positie. Doordat de verlichting schuin staat is het mogelijk dat de boel opvalt en dus beschadigd. Een goede bevestiging moet dit voorkomen.

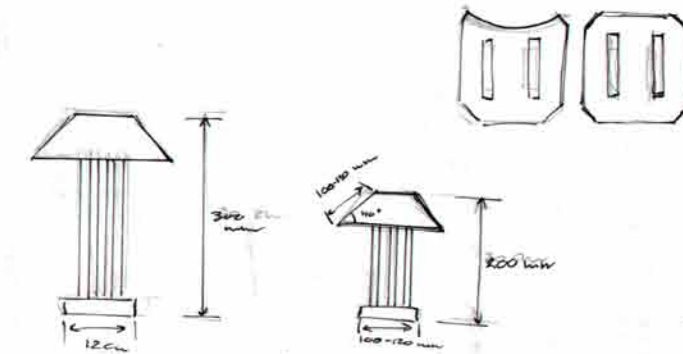
Technische tekeningen



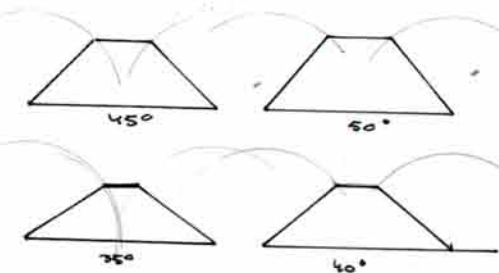
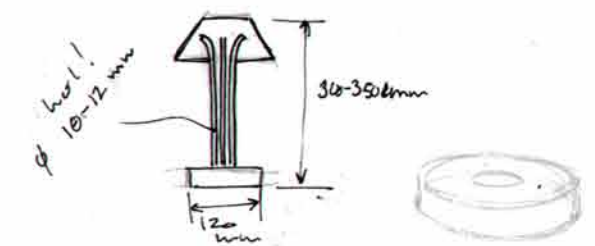
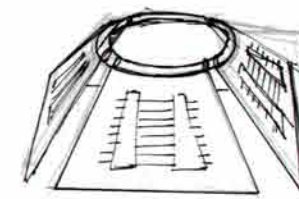
Technische tekeningen



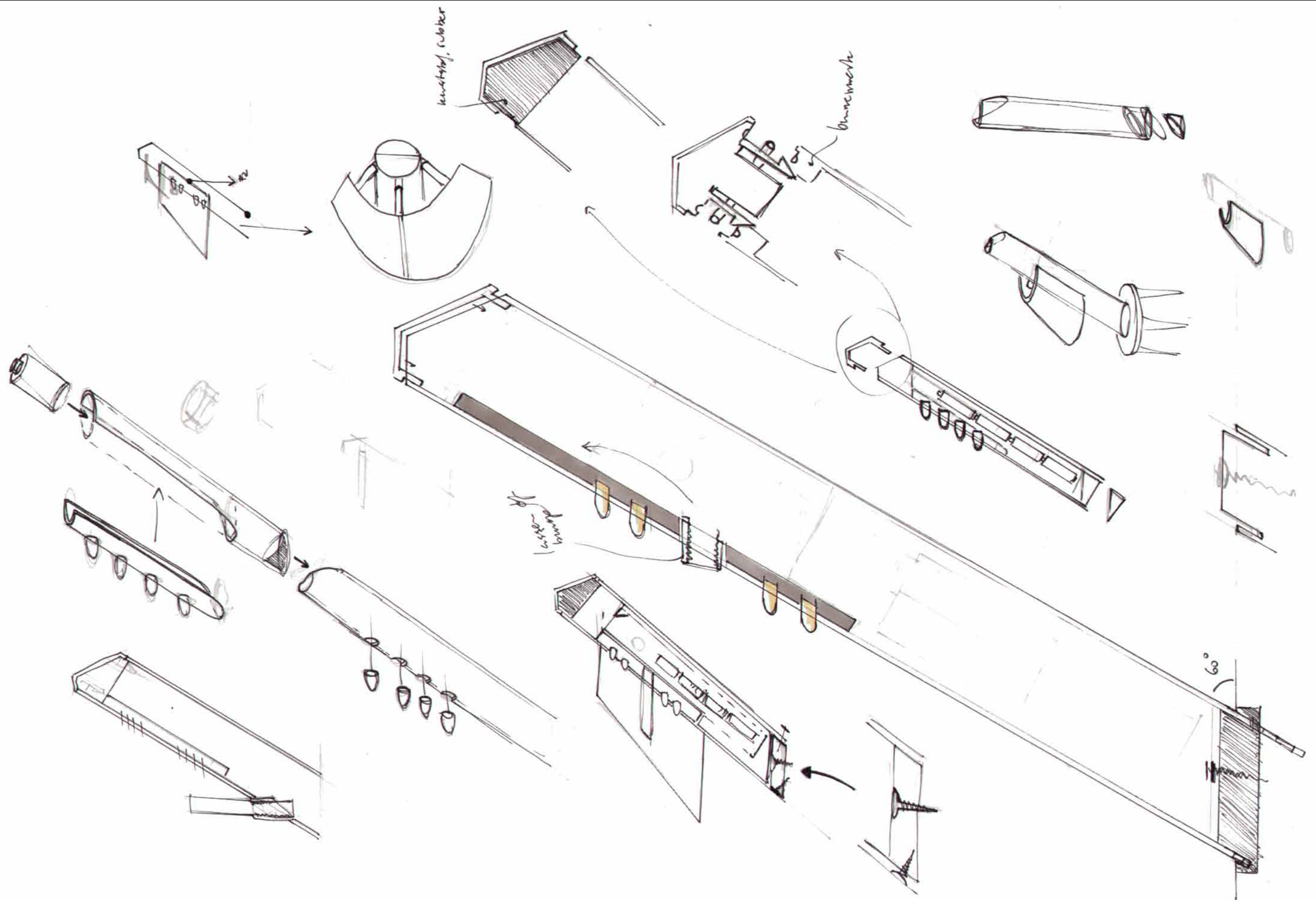
mogelijkheden:
 ① rechte cellen
 ② 'verlengde cellen'



moet te veranderen!
 de hoofd buis voor meerdere buizen
 lantaarn in een
 battery & test in lamp.



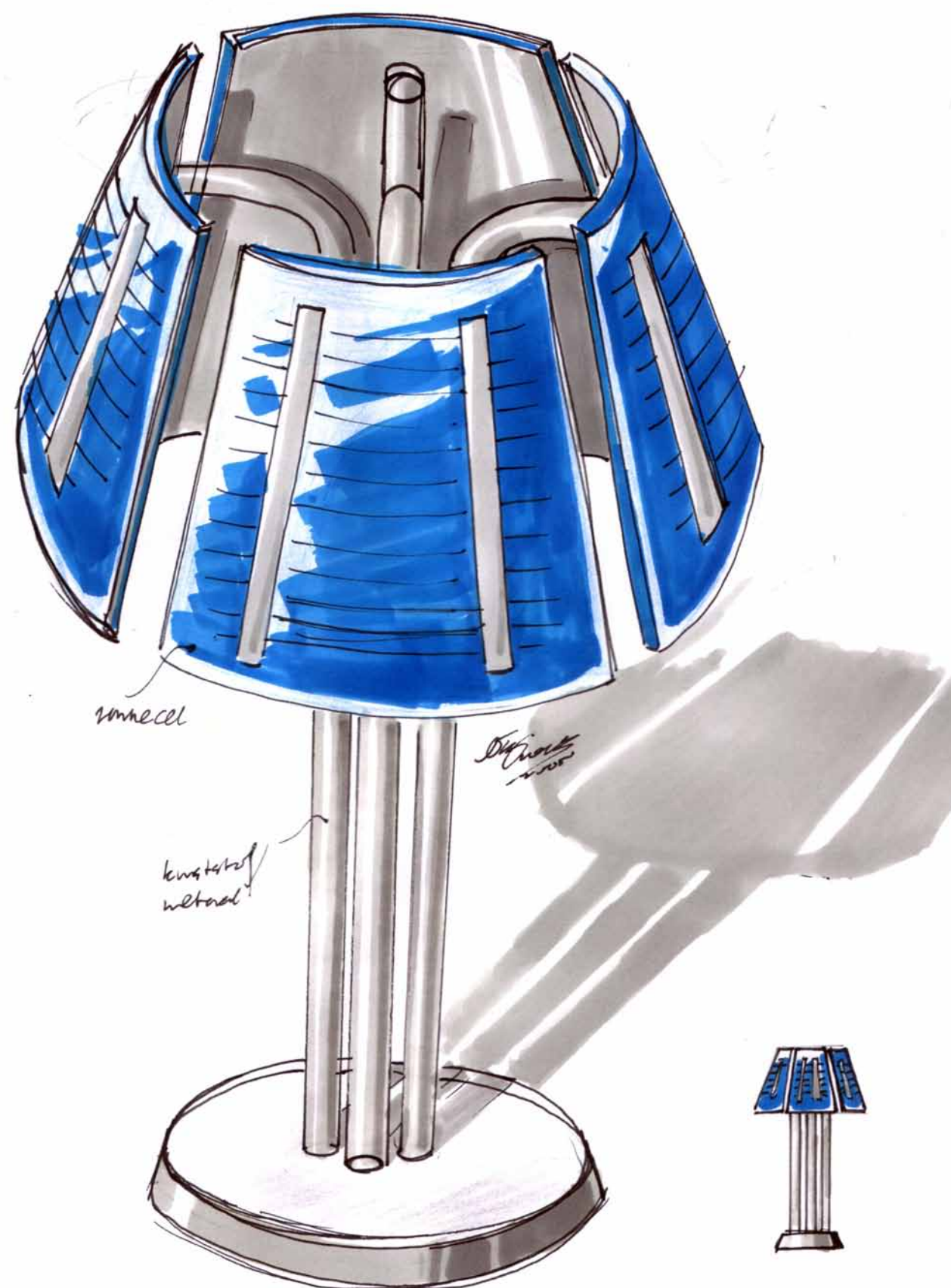
lampen keep verhouding



5.5 Definitieve keuze

Door het dieper uitwerken van de drie gekozen concepten kon er een goed beeld gevormd worden van de bedoeling van het product. Zo kon het bedrijf de kosten schatten en daarnaast kijken of de eventuele armatuur produceerbaar is via hun kanalen. Vervolgens is de verlichting opnieuw beoordeeld op technische haalbaarheid, uitstraling, mogelijkheden voor het bedrijf en de klant.

Door een combinatie van verschillende afwegingen is er uiteindelijk gekozen voor conceptgroep drie, een tuinverlichting met de zonnecellen als lampenkap. Een reden hiervoor is het vernieuwende uiterlijk van het concept. Op het gebied van vormgeving en de uitwerking van het product is dit concept het meest interessant. Daarnaast is de verlichting zowel op het gebied van de techniek als de productie volledig haalbaar en heeft de armatuur een hoop voordelen.



6 Technische uitwerking

6.1 Wetgeving

De armatuur in de sectorlaagspanning valt vanwege het lage voltage van 12 Volt buiten de CE-wetgeving. Het CE-merk is noodzakelijk is voor elektrische apparatuur, maar het laag-spanningssegment valt hier echter buiten en moet dus alleen voldoen aan de IP-classificatie.

De IP-classificatie, International Protection, die internationaal wordt toegepast, is een nauwkeurige methode waarmee de beschermingsgraden van omhulsels wordt aangegeven. De IP-classificatie geeft aan in hoeverre het materieel en materiaal bestendig is tegen water, voorwerpen, stof en in hoeverre het mechanisch bestendig is. Afhankelijk van de situatie waarin materieel en materialen worden gebruikt moet men de IP klasse kiezen die een afdoende bescherming geeft.

Deze informatie is terug te vinden in IEC 60529: "Beschermingsgraden van omhulsels van elektrisch materieel" (IP-codering). De IP beschermingsgraad wordt aangegeven door twee cijfers. Het eerste cijfer geeft de bescherming tegen binnendringen van voorwerpen en stof weer. Het tweede cijfer geeft aan in welke mate de armatuur beschermt is tegen water. Een eventueel derde cijfer geeft de mechanische bestendigheid weer. Alle getallen lopen op een schaal van nul tot negen.

Enkele voorbeelden van IP classificaties zijn: IP21 Druipwaterdicht, IP23 Regenwaterdicht, IP4 Spatwaterdicht, IP55 Spuitwaterdicht, IP67 Waterdicht, IP68 Drukwaterdicht, IP22 Aanrakings-veilig en IP54 Stofvrij. De meeste belangrijke classificaties voor tuinverlichting zijn de IP44 en IP67. Zoals ook in het programma van eisen staat moet de standalone tuinverlichting voldoen aan de IP44 classificatie.

Elektro Magnetische Compatibiliteit

De afkorting EMC staat voor Elektro Magnetische Compatibiliteit, een term voor de wijze waarop elektrische en/of elektronische apparatuur zich in haar elektromagnetische omgeving gedraagt. EMC staat dus niet voor goed of slecht, maar is een maatstaf voor de mate waarin het apparaat andere apparaten in haar onmiddellijke nabijheid tolereert. Een Elektro Magnetisch Compatibel-apparaat heeft een acceptabel niveau voor wat betreft het storen en gestoord worden.

De EMC-richtlijn is van toepassing op alle producten die elektrische of elektronische componenten bevatten; uitgezonderd zijn die apparaten waarvoor een bijzondere richtlijn volgens artikel 2(2) bestaat, zoals medische apparatuur, niet-automatische weegwerktuigen, telecommunicatie-eindapparatuur, enzovoorts. Echter, als zo'n bijzondere richtlijn niet voor alle EMC-fenomenen het regime van de EMC-richtlijn overneemt, dan blijft de EMC-richtlijn voor de overige EMC-aspecten gelden. Daarnaast is radio-apparatuur voor radio-zendamateurs ook uitgesloten, tenzij deze vrijelijk op de markt verkrijgbaar is. De EMC-richtlijn is in principe van toepassing op gerede producten die een eigen intrinsieke functie hebben voor de eindgebruiker.

Apparaten vallen alleen onder de richtlijn indien er sprake is van een zeker stoorpotentieel en/of een potentiële gevoeligheid voor elektromagnetische energie. Wel bestaan er apparaten die weliswaar elektrisch zijn maar toch niet onder de richtlijn vallen omdat er, normaal gesproken, geen storing van verwacht kan worden of omdat dergelijke apparaten niet gevoelig zijn voor verstoringen van het elektromagnetische milieu waarin ze zich bevinden. In dergelijke apparaten zijn dan ook geen voorzieningen getroffen om hun EMC te bevorderen.

Enkele voorbeelden: verlichtingsarmaturen met uitsluitend gloeilampen, apparaten met uitsluitend kooiankermotoren. Ook horloges, die een nauwelijks te detecteren hoeveelheid energie uitstralen en slechts met veel moeite door een externe bron gestoord kunnen worden, vallen normaal gesproken niet onder de richtlijn.

Het kan voorkomen dat een apparaat alleen emissie veroorzaakt en normaal gesproken niet gestoord kan worden. Bijvoorbeeld apparaten met uitsluiten collectormotoren, bimetalen schakelaars enzovoorts. Ook het omgekeerde kan voorkomen: apparaten die geen emissie veroorzaken maar wel gevoelig zijn. Bijvoorbeeld apparaten zonder schakelende halfgeleiders of andere signaalbronnen. Voor deze apparaten kan men volstaan met het toepassen van alleen de emissienormen of het toepassen van alleen immuniteitsnormen.

6.2 Productuitstraling

Alvorens de definitieve vormgeving van het product kan worden afgemaakt moeten eerst de gewenste productuitstraling en precieze ontwerpcriteria worden vastgesteld. Belangrijke vragen hiervoor zijn bijvoorbeeld: wat voor doel moet het product dienen? Moet de armatuur bijgeladen kunnen worden? Wat is de meerwaarde van dit product ten opzichte van de andere concepten en huidige solarverlichtingen? Kortom, welke uitstraling moet het product krijgen en welke keuzes worden daarbij gemaakt?

De uitstraling die het product moet krijgen is eerder al in een moodboard verbeeldt. Toch kan er nog het nodige over gezegd worden. Het product dat voor deze opdracht is ontworpen moet volledig werken op zonne-energie. De verlichting die momenteel op zonne-energie werkt is erg goedkoop, werkt niet en heeft geen goede uitstraling. Door de huidige generatie zonne-verlichting is de consument sceptisch over de werking van zonne-energie. Om het vertrouwen van de klant te winnen moet de verlichting in ieder geval een kwalitatief hoogstaande uitstraling krijgen. Het product moet niet alleen goed werken, het moet er ook als dusdanig uitzien. Het product moet zijn geld waard zijn en dit ook uitstralen. Een goede werking en uitstraling zijn dus noodzakelijk. Het moet namelijk niet zo zijn dat mensen het product na een zomer gebruik weggooien en weer een aantal nieuwe lampen kopen omdat ze zo slecht zijn (zoals bij de huidige solarverlichtingen het geval is).

Dit resultaat kan worden bereikt door het gebruikt van hoogwaardige materialen als kunststof, roestvast staal of aluminium. Ook door het gebruik van goede elektronica, sterke LED's en daarmee een mooie lichtuitstraling wordt de lamp kwalitatief beter. De armatuur moet dus een kwalitatieve, moderne, frisse en gezellige uitstraling krijgen.

Productuitstraling is iets dat nauw samenhangt met de lichtbeleving. Vanwege het feit dat de zonnecellen een blauwe kleur hebben is er ook gekozen voor een blauw licht. Door het gebruik van blauw licht past het licht bij de kleuren van de lamp. Uit de enquête kwam eerder ook al naar voren dat blauw licht als gezellig en sfeervol worden ervaren. Dit sluit goed aan bij de gedachte van een sfeerverlichting.

Om deze sfeer nog meer op te roepen zal er gebruik gemaakt worden van diffuus licht zodat er een lichtgloed ontstaat in plaats van een bundel. Het licht wordt verdoezeld door gebruikt te maken van een zogenaamd 'frosted' lensje. Dit lensje zorgt er ten eerste voor dat het licht van de LED goed uit elkaar getrokken wordt tot een hoek van 140 graden en zorgt vervolgens voor diffuus licht. Na het vaststellen van de lichtbeleving en de productuitstraling is het ook belangrijk dat de juiste ontwerpcriteria worden beschreven.

Van te voren is in het programma van eisen en wensen al vastgesteld, voor de zonnecellen wordt als basis de simulatie van een slechte dag in de lente genomen. Dit betekent dus dat de armatuur ontworpen wordt voor de lente- en zomerperiode en dus ook in die maanden optimaal moet werken. Het ontwerpen van een verlichting op zonne-energie voor de herfst en winter levert in Nederland nauwelijks rendement op. Daarnaast zitten mensen niet in de tuin in deze jaargetijden en zullen ze dus ook geen gebruik maken van sfeerverlichting. Meestal is het zo dat een zonne-verlichting afgeschaft wordt naast de normale tuinverlichting die werkt op het lichtnet en dient als verlichting voor de veiligheid.

Iets wat ook belangrijk is voor de uitstraling en vormgeving van het uiteindelijke product is de vraag of de armatuur moet worden bijgeladen voor bijvoorbeeld de winterperiode. Na discussie en overleg is besloten de armatuur *niet* te voorzien van een mogelijkheid bij te laden.

Het feit dat de armatuur op zonne-energie werkt geeft de verlichting op zichzelf al een duidelijke meerwaarde. Tevens is het concept 'solar' de basis voor de opdracht. De armatuur is namelijk ontworpen om op alleen zonne-energie goed te werken: het hoofddoel van deze armatuur. Deze verlichting is ontworpen als 'volwassen' generatie zonne-verlichting en als bewijs dat zonne-energie kan werken. Een optie tot bijladen zou het hele concept 'solar' tegenspreken en daarmee de das om doen. Het toevoegen van een snoer zou de waarde van de zonnecellen te niet doen en onderscheidt de armatuur niet langer van een 'normale' schemerlamp.

De uitstraling en het imago van deze armatuur spelen dus een grote rol. De lamp wordt namelijk niet direct gekocht om het tussen de planten te zetten. De armatuur zou wel in die regio kunnen staan, maar daar zal hij niet voorbaat zijn hele 'leven' zal slijten. De verlichting zal voornamelijk gebruikt worden waar hij voor bedoeld is: meenemen om ergens neer te zetten waar hij gebruikt kan worden als sfeerverlichting. Daarnaast biedt de verlichting extra meerwaarde door de grote lichtopbrengst van de G4 LED's, het grote oppervlak aan zonnecellen, de kwalitatieve materialen en uitstraling, het vernieuwende uiterlijk en de functionaliteit. Al deze aspecten gecombineerd met het aspect solar hebben een over duidelijke meerwaarde ten opzichte van de huidige solarverlichtingen. Kortom, de meerwaarde en de uitstraling die met het uiterlijk van de lamp bereikt moet worden zorgen ervoor dat de lamp niet bijgeladen hoeft te worden.

6.3 Materiaal

Vanwege de hoogwaardige uitstraling zijn er een aantal materialen mogelijk. In de vorige paragraaf werden aluminium, roestvast staal en kunststof al genoemd. De uiteindelijke keuze voor het materiaal is gevallen op aluminium.

Aluminium is namelijk een materiaal dat voldoet aan de uitstraling die met de armatuur bereikt moet worden. Het materiaal heeft een kwalitatief hoogwaardige uitstraling en is in vergelijking met roestvast staal een stuk mooier. Ook oogt aluminium luxer en is het erg decoratief. Mensen krijgen door het gebruik van aluminium het waar voor hun geld. De uitstraling kan in mindere mate bereikt worden door roestvast staal en kunststof. Naast de uitstraling van het materiaal heeft aluminium nog andere voordelen ten opzichte van de andere materialen.

Aluminium heeft voordelen op verschillende gebieden. Zo is het gebruik van aluminium goed voor de kostprijs, aluminium is namelijk vergelijking met roestvast staal een stuk lichter en goedkoper. Daarnaast is het metaal niet giftig, volledig recyclebaar en dampvrij. Allemaal voordelen die ook vanuit de toenemende milieubewustheid sterk meewegen. Wanneer de armatuur blootgesteld wordt aan weersomstandigheden biedt aluminium uitkomst. Aluminium vormt namelijk van nature een ondoordringbare oxidelaag aan de oppervlakte van het product, het materiaal beschermt zichzelf. Het nadeel hiervan is alleen wel dat het materiaal er niet mooier op wordt. Het toevoegen van een coating of blanke lak zorgt ervoor dat het aluminium beschermt is en ook nog mooi blijft. Ook productietechnisch voldoet aluminium aan de eisen. Aluminium is namelijk een legering die net als kunststof gietbaar en kan daarom in vele vormen worden toegepast.

Een nadeel van aluminium in vergelijking met roestvast staal is de stijfheid van het materiaal. Roestvast staal is ongeveer drie keer zo stijf als aluminium. Toch weegt dit nadeel niet heel erg zwaar. De verlichting is namelijk niet aan grote krachten onderhevig. De stijfheid van aluminium moet voldoende zijn voor het produceren van een goede armatuur. Het nadeel van het gebruik van aluminium of eventueel roestvast staal is het feit dat beide materiaal moeilijk lasbaar zijn.

Een ander 'nadeel' is dat aluminium een metaal is en daarom een grote warmtegeleiding heeft. Theoretisch is het dus mogelijk dat de armatuur door de volle zon dusdanig opwarmt dat het product niet meer vast te pakken is. Tijdens een zonnige en onbewolkte dag met een buitentemperatuur van 25 graden is de proef op de som genomen. Een zwarte en een zilverkleurige aluminium armatuur zijn ongeveer vijf uren op het warmst van de dag in de zon gelegd. In de praktijk blijkt dan dat de armaturen niet tot nauwelijks opwarmen. De mate van opwarmen bleek samen te hangen met de (kleur van de) coating. Het mooie was dat de armatuur met een reflecterende coating zelfs koel bleef. Dit zou dus betekenen dat het materiaal geschikt is om de elektronica die eronder zit koel te houden mits er een goede reflecterende coating wordt gekozen.

De armatuur zal grotendeels gemaakt worden van aluminium. Toch zullen sommige delen worden gemaakt van kunststof. Het gaat hierbij vooral om stukken van het binnenwerk en delen van de kap die niet direct zichtbaar zijn. Voor deze optie is gekozen, omdat kunststof goedkoper is dan aluminium en meer mogelijkheden biedt. Het drukt mogelijk de kosten van de verlichting en kan eenvoudiger worden gegoten. Belangrijk hierbij is wel dat het gebruik van kunststof niet ten kosten gaat van de uitstraling en de kwaliteit van de verlichting.

De lampenkap zal worden gemaakt van aan elkaar gesoldeerde mono-kristallijne silicium zonnecellen ingelegd in kunststof. De bewerkte zonnecellen worden vervolgens voorzien van glas voor de bescherming van de bovenkant van de cel. De cellen zijn aan weerskanten beschermd. De ene kant wordt beschermd door het glas, de andere kant door het kunststof. De precieze uitwerking komt aan bod in de paragraaf 'vormgeving' bij het onderdeel materiaal.

6.4 Componenten

Naast het uiterlijk van de lamp zijn de goede componenten natuurlijk essentieel voor de werking van het product. Deze paragraaf zal dan ook gewijd worden aan de toelichting van de onderdelen die gebruikt gaan worden in de standalone tuinverlichting.

Het eerste onderdeel van de verlichting is de zonnecel. Voor dit product zal gebruikt gemaakt gaan worden een monokristallijne silicium zonnecel. Monokristallijnen zonnecellen komen het meeste voor en hebben daarnaast ook het meeste rendement in vergelijking multikristallijnen of amorf cellen. Het merk zonnecel is niet van belang. In de laatste paragraaf van het hoofdstuk 'alles over zonnecellen' (bijlage) staat geschreven dat het merk zonnecel niet zo veel uitmaakt. De opbrengst is bij elk merk nagenoeg gelijk, mits het gaat om hetzelfde type. In deze wetenschap kan dus bijna elke monokristallijnen zonnecel dienst doen en gecombineerd worden met een batterij en LED.

De lichtbron is eigenlijk het zwaartepunt van de elektronica. De lichtbron bepaald namelijk een aantal aspecten. Zo hangt de capaciteit van de batterij samen met de energie die de LED's verbruiken tijdens het branden. Tevens moeten de zonnecellen genoeg energie kunnen leveren om de LED's aan het branden te houden. Ook is de spanning van de LED bepalend voor het voltage van de batterij en de zonnecel. Het kiezen van een goede LED is essentieel voor een goede werking.

In het definitieve concept zal de G4 LED gebruikt worden. Deze LED is door het bedrijf zelf ontwikkeld en vervolgens via eigen kanalen geproduceerd. Dit houdt dus in dat het bedrijf geen LED hoeft in te kopen via andere kanalen. Een grote onafhankelijkheid voor het bedrijf en een lage kostprijs zijn gunstige 'bijeffecten' van deze LED. Toch zijn dit niet de belangrijkste redenen voor het toepassen van de G4 LED.

Het grote voordeel van deze LED is namelijk dat de volledige LED eenvoudig vervangbaar is. De LED is hiervoor verwerkt in een behuizing die rechtstreeks in een halogeenfitting gestoken kan worden en werkt via het principe van stekker in een stopcontact. Dit is weergegeven in figuur 12. Andere voordelen zijn de hoge lichtopbrengst van de G4 LED gecombineerd met de lage stroomsterkte. De lichtopbrengst is vergelijkbaar met die van een powerLED, het stroomverbruik daarentegen niet en ligt vele malen lager.

Net als in het onderzoek is het laatste onderdeel van de verlichting de batterij. Voor de batterijen is uitgebreid onderzoek gedaan. Uiteindelijk is de keuze gevallen op de Nikkel-Metaalhydride batterij. De voordelen van deze batterij zijn namelijk dat hij milieuvriendelijk is, geen geheugeneffect heeft en te koop zijn met een grote opslagcapaciteit. Ook is de batterij goedkoop, veelvuldig herlaadbaar en hoeft er geen speciale lader gebruikt te worden om de batterijen te laden. Een ander voordeel is dat de spanning van NiMH batterijen lang constant blijft en pas laat inzakt naar mate de batterij verder leeg loopt. Al deze voordelen wegen plus de nadelen van de oplaadbare Lithium batterijen hebben tot deze keuze geleid.

6.5 Berekeningen

Voor de berekening is de LED als uitgangspunt genomen. De energiebalans is opgesteld aan de hand van de berekening die in paragraaf 7.2 van de bijlage te vinden is. In het onderstaande figuur zijn de uitkomsten van deze berekening zichtbaar gemaakt door middel van een excelsheet. Nogmaals moet er benadrukt worden dat het gaat om een theoretische waarde.

Naast de berekeningen van de elektronica is het handig om te weten of er voldoende ruimte op de lampenkap beschikbaar is voor het plaatsen van de nodige zonnecellen. De conclusie is dat er meer dan voldoende ruimte voor het inleggen van de zonnecellen. Wanneer de volledige lampenkap van zonnecel is gemaakt is er ruimte voor bijna acht cellen, meer dan genoeg voor de drie cellen die nodig zijn. In theorie kan er dus meer dan genoeg stroom worden opgewekt voor het branden van de LED's als drie zonnecellen te weinig blijkt.

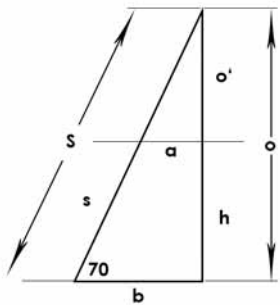
$$\begin{aligned}\cosinus 70^\circ &= (A / S) \\ \cosinus 70^\circ &= (90 \text{ mm} / S) \\ S &= (90 \text{ mm} / \cosinus 70^\circ) = 263.14 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{verkleiningsfactor} &= (S / S - s) \\ &= 1.84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{tangens } 70^\circ &= (O / A) \\ \text{tangens } 70^\circ &= (O / 90 \text{ mm}) \\ O &= (90 * \text{tangens } 70^\circ) = 247.47 \text{ mm} \\ O' &= (O / 1.84) = 134.39 \\ h &= (O - O') \\ h &= (247.47 \text{ mm} - 134.39 \text{ mm}) = 112.88 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= (90 \text{ mm} / 1.84) = 48.91 \text{ mm} \\ b &= 90 \text{ mm}, s = 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Oppervlakte afgeknotte kegel} &= (\pi(a + b) * \sqrt{((a + b)^2 * h^2)}) / 1000000 \\ \text{Oppervlakte afgeknotte kegel} &= 0.078 \text{ m}^2 \\ \text{Aantal zonnecellen (4")} &= 7.8\end{aligned}$$



Invullen	Resultaten
LED informatie Naam: G4 Aantal: 4 stuks Voltage: 3.2 V Amperage: 40 mA	Batterijen Totale capaciteit: 800 mAh Totale voltage: 5.5 V
Schakeling Serieel Parallel	Zonnecel Te leveren voltage: 6.0 V Te leveren amperege: 133 mA/h Benodigd vermogen: 0.9 W
Totaal Overige Componenten Voltage: 0.2 V Amperage: mA	Aantal cellen: 2.9 cellen Oppervlakte cellen: 0.03 m2
Tijden en periode Branduren: 5 uur Oplaadtijd: 8 uur	Vuistregels
Vermogen 0.2 W	Voltage verhoudingen Zonnecel voltage > Batterij voltage > LED voltage
Aantal batterijen 4	Seriele schakeling Optellen van de spanningen bij elkaar, stroom blijft gelijk
	Parallele schakeling Optellen van de amperege bij elkaar, spanning blijft gelijk

6.6 Elektronica

Naar aanleiding van de componenten uit de vorige paragrafen kan er nu bekeken worden op welke manier deze componenten geschakeld dienen te worden en welke elektronica er nog meer bij moet komen om de lamp naar behoren te laten functioneren. Een belangrijke vuistregel die vooraf in acht genomen moet worden is dat stroom pas gaat lopen als er een voltage verschil is. Dit houdt in dat de zonnecel een grotere spanning moet hebben dan de batterijen en de batterijen moeten op hun beurt weer een hoger voltage afgeven dan de LED. In deze paragraaf zal de schakeling zonnecel tot LED in detail worden besproken. Tevens zullen naast de bespreking van de schakeling nog aandachtspunten worden gegeven bij de LED en de batterij. Deze punten zijn aspecten die te diep gaan om uit te werken, maar wel belangrijk zijn om mee te nemen. Deze aandachtspunten zullen dan ook kort genoemd worden voor een correcte beeldvorming.

In paragraaf 5.3 van dit verslag is de definitieve conceptkeuze besproken. Aan de hand van de tekening is duidelijk zichtbaar dat de lampenkap bestaat uit vier delen. Elk van deze delen bevat een aantal stroken zonnecel die aan elkaar zijn gesoldeerd. Deze stroken zijn in serie geschakeld en zorgen er samen voor dat er een spanning van zes volt wordt opgebouwd. Vervolgens zijn de vier losse onderdelen van de lampenkap parallel aan elkaar gezet. Het parallel schakelen van de vier 'grote zonnecellen' zorgt voor voldoende stroom toevoer richting de batterij. Tevens is er gekozen voor een parallelle schakeling zodat de zonnecellen elkaar niet 'beïnvloeden'. Het zal namelijk zo zijn dat niet elke deel van de lampenkap even veel stroom oplevert. Een seriële schakeling zal zorgen dat de zonnecel met de meeste opbrengst zich gaat aanpassen aan die met de minste opbrengst. Een seriële schakeling betekent dus stroomverlies. Uiteindelijk beschikt de armatuur dus over een zes volt lampenkap die voldoende stroom oplevert om de batterijen te laden.

Tussen de zonnecel en de batterij in zal eerst een stuk elektronica moeten komen. Elektronica die ervoor zorgt dat de batterij niet kan ontladen en dat de energie niet terugstroomt naar de zonnecel. Tevens moet de elektronica ervoor zorgen dat de batterij ook niet kan overladen wanneer hij vol zit. Een hele simpele oplossing hiervoor zou een diode kunnen zijn. Ook is er bewust niet gekozen voor het toevoegen van een druppel-laad-systeem. Dit soort laders zijn over het algemeen erg duur en hebben in het geval van de tuinverlichting geen nut.

Na dit stuk elektronica volgt de batterij. Om wederom voldoende spanning op te bouwen voor de LED's zullen de batterijen serieel geschakeld worden. Een LED werkt ongeveer op een spanning 3.7 volt. Dit betekend dus dat er vier batterijen in serie gezet moeten worden om voldoende spanning op te bouwen en daarnaast eventuele elektronica te laten werken. De accu van de verlichting bestaat dus uit vier NiMH batterijen met elk een capaciteit van 1000 mAh en een totale spanning van 4.8 volt. Belangrijk bij het uitzoeken van de batterij is de spanning van de batterij wanneer de cel bijna leeg is. Een lage batterij heeft namelijk een lagere spanning dan een volle batterij. Het onverwacht lager worden van de spanning heeft vervelende gevolgen voor de LED.

Eerder werd vermeldt dat in deze paragraaf aandachtspunten zouden worden gegeven met betrekking tot batterijen en LED's. Batterijen zijn complexe producten en met een paar simpele berekeningen is dan ook niet alles gezegd. Zo is het handig om te bekijken met welke stroomsterkte batterijen geladen kunnen worden en wat voor effect dit heeft op de levensduur van de batterij. Snel laden zou kunnen betekenen dat de batterij minder lang mee gaat. Tevens moet deze laadstroom vergelijken worden met de stroom die de zonnecel levert. Aan de hand hiervan kan bekeken worden hoelang de batterij erover doet om op te laden. Wenselijk is dat dit gebeurt binnen de gestelde oplaadtijd (afhankelijk van de capaciteit). Ook is het belangrijk dat een batterij niet te warm wordt. Wanneer de temperatuur in de batterij hoger wordt zal de interne weerstand ook toenemen. Ook de toename in temperatuur heeft effect op de levensduur van de batterij. Een truc om de levensduur van de batterij te verlengen is de batterij niet volledig leeg te laten lopen. Wanneer er maar 80% van de capaciteit van de batterij wordt gebruikt zal het aantal laadcyclussen toenemen met 25%. Vanwege deze reden is de capaciteit van de batterij dan ook gekozen op 1000 mAh. Wanneer de batterij maar tot 20% van de capaciteit wordt gebruikt zal deze praktisch oneindig oplaadbaar zijn.

Om de levensduur en energiezuinigheid van de LED te vergroten zal tussen de batterij en de lichtbron nog een stuk elektronica worden geplaatst. In dit blok elektronica worden een aantal functies verwerkt. De eerste functie is een dimmer. Bekend is dat de lichtsterkte van een LED geregeld wordt door een combinatie van de spanning en stroom. Een eenvoudige schakeling kan ervoor zorgen dat de LED's gedimd kunnen worden. De meeste simpele oplossing hiervoor is een regelbare weerstand. Tegenwoordig zijn er echter betere en energiezuinigere schakeling mogelijk voor een dimmer. De elektronica van de dimmer kan goed gecombineerd worden met elektronica die zorgt voor het telkens aan- en uitzetten van de LED. Door dit met de juiste frequentie te doen is lijkt het voor het menselijke oog zo dat de LED constant brand. Het voordeel hiervan echter is de lichtbron maar een gedeelte van

de tijd daadwerkelijk aanstaat. De lichtbron wordt dus niet constant en volledig belast en verbruikt de LED ook minder elektriciteit.

De elektriciteit die via de zonnecel naar de batterijen loopt kan door de LED's gebruikt worden om te branden. Eerder werd al duidelijk dat een LED werkt op een spanning van 3.7 volt. Tevens is besproken dat de batterijen samen een spanning opbouwen van de 4.8 volt. Om deze reden zullen de LED's dan ook parallel geschakeld worden. Hierdoor blijft de spanning gelijk en bouwt alleen de stroom op. Dit laatste is geen probleem omdat de batterijen voldoende capaciteit bezitten om dit te kunnen opvangen. Door de keuze van de juiste batterijen kan de werking van de LED's qua voltage altijd worden gegarandeerd.

Belangrijk bij het gebruik van LED's is dat de wet van Ohm niet altijd op gaat. LED's hebben namelijk geen lineaire weerstand. Hierdoor is deze bekende wet niet altijd van toepassing. Rekenen met deze wet met betrekking tot LED's kan dan ook een 'verkeerd' resultaat geven. Een andere punt is dat LED's nooit onbelast mogen branden. Een weerstand voor een serie LED's werkt namelijk als een voltage regeling. Wanneer de stroom verandert, zal de spanning over de weerstand veranderen. Achter de weerstand zitten de LED's. Doordat de weerstand de elektrische veranderingen op zich neemt zal het voltage van de LED vrijwel constant blijven. Het voordeel hiervan is dat de LED langer meegaat en niet kapot kan gaan door de verandering van spanning. Voor het parallel schakelen van LED's wordt dit verhaal iets anders.

6.7 Vormgeving

In deze paragraaf komen de verschillende details en onderdelen van de lamp aan bod. Er zal verteld worden waarom bepaalde keuzes of afwegingen zijn gemaakt. Daarnaast zullen de verschillende details worden tekstueel worden toegelicht.

Maatgeving

De verlichting is ontworpen als handzame armatuur. De hoogte van de totale lamp bedraagt 300 millimeter. De lampenkap begint op 140 millimeter van de onderkant van de voet. De voet heeft een diameter van 100 millimeter en is 25 millimeter dik. Het breedste deel van de armatuur is de onderkant van de lampenkap. Deze heeft een diameter van 180 millimeter. De buisjes hebben een buitendiameter van 10 millimeter. De lampenkap bestaat uit de cel met daar achter een kunststof deel. De totale dikte van de beide onderdelen zal tussen de vijf en tien millimeter liggen. De lampenkap loopt onder een hoek van zeventig graden naar boven toe. De lengte van de zonnecellen is 120 millimeter.

Licht(opbrengst)

Het uitgangspunt is een prettige lichtbeleving. Een prettige lichtbeleving houdt in dat de armatuur een mooie gelijkmatige gloed werpt op de omgeving. Het moet geen bundel zijn, maar verstrooit licht. Om dit te bereiken zal de LED geen heldere lens krijgen, maar een zogenaamde frosted lens. Dit troebele glas zorgt voor een goede spreiding van het licht en levert het gewenste effect op.

Om de juiste lichtopbrengst te krijgen moet de lichtbron zich ongeveer midden tussen de lampenkap en de buisjes bevinden. Wanneer de lichtbron te dicht tegen de lampenkap aan zit zal de grote stralingshoek van de lens (140 graden) niet goed gebruikt worden. Het andere uiterste is als de LED's bijna tegen de buisjes aanzitten. Dit zou een geconcentreerde spot geven rondom het midden geven. De beste optie is de 'middenweg' tussen beide keuzes: het plaatsen van de lichtbron tussen de lampenkap en het buisje.

Materiaal

Zoals eerder al beschreven is wordt de armatuur uitgevoerd in aluminium en kunststof. Het originele ontwerp bestaat uit kunststof en geborsteld aluminium. Geborsteld aluminium geeft een mooie en luxe uitstraling. Om te voorkomen dat dit aluminium gaat reageren met de buitenlucht moet het geheel afgewerkt worden met een blanke lak. Deze blanke lak zorgt tevens voor de nodige reflectie van het zonlicht en daardoor zal de armatuur niet te warm worden.

Daarnaast zullen verschillende delen uitgevoerd worden in kunststof. De lampenkap, de verbinding van de lampenkap naar het buisje en de dimmer worden allemaal gemaakt van blauw hoogwaardig kunststof. Ook de schakelaar zal worden uitgevoerd in blauw kunststof.

Componenten

Wie een blik werpt op het uiteindelijke ontwerp op de volgende pagina's zal concluderen dat er van alles vier is. Zo bevat de lamp vier zonnecellen, vier lichtbronnen, vier buisjes en vier batterijen. Zelfs de schroeven zijn per vier om te zorgen dat de verschillende onderdelen goed op elkaar zitten. De plaatsing en verwerking van alle componenten was geen probleem. Alleen de verwerking van de LED bleek op verschillende manier te kunnen. Hier zo later in deze paragraaf dieper op ingegaan worden.

Lampenkap

De lampenkap bestaat uit vier delen. Doordat de kap uit delen bestaat is hij minder massief. Het is zaak de lampenkap zo slank mogelijk te houden. Omwille van deze reden is heeft de cel aan de bovenkant een kleine afronding op de hoeken. De afronding aan de onderkant van de cel is groter. Ook zijn de afrondingen gemaakt om de lampenkap iets 'natuurlijker' te maken. Van bovenaf gezien heeft de lamp wat weg van een bloem.

Kunststof deel

Dit kunststof deel krijgt dezelfde kleur als de lampenkap en is bedoeld als bevestiging tussen het buisje en de zonnecel. Aan de binnenkant zit busje waar de buis invalt. Aan de achterkant zit een uitsparing waar de bedrading kan lopen van de buisje naar het lichtgedeelte. De functionaliteit en vorm van dit onderdeel hangen samen met de manier waarop de lichtbron wordt verwerkt.

Lichtgedeelte

Het lichtgedeelte is het meeste 'lastige' onderdeel van de armatuur. De LED's moeten namelijk verwerkt worden in het ontwerp. Een eerdere eis was dat de LED eenvoudig vervangbaar moet zijn. Dit betekend dat de LED met zijn fitting verwerkt moet worden. Het nadeel is dat men hierdoor gebonden is aan de maten van de LED en zijn fitting. In dit ontwerp is gekozen voor een optie die zowel produceerbaar als uitvoerbaar is.

De LED wordt met de fitting verwerkt in een buisje met een buitendiameter van 12 millimeter en hangt als het ware in de lampenkap. De gebogen buis wordt bevestigd aan het kunststofgedeelte (naast als het andere buisje) en de LED kan aan het uiteinde van deze buis er eenvoudig worden ingedrukt. Om de boel droog en werkend te houden wordt het lichtgedeelte gesloten met rubberen dopje. Later in deze paragraaf zullen voor dit onderdeel nog een aantal andere aanbevelingen worden gegeven.

Buisje

De vier buizen zijn zo dicht mogelijk bij elkaar geplaatst zodat de lamp slank blijft. Door de buizen loopt de bedrading van de zonnecel naar de batterij en van de batterij naar de LED. De betreffende buisjes zijn in het ontwerp-proces een lastig punt gebleken.

Voet

Een symmetrische cilindervormige voet. De grootte van de voet is dusdanig gekozen dat de armatuur stevig kan staan en er genoeg ruimte is voor de elektronica en batterijen. De voet is gemaakt van aluminium en heeft een grote afronding. Deze afronding is aangebracht om de voet minder massief te maken, het geheel wordt wat subtieler. De overgang van de afronding naar de cilinder wordt gekenmerkt door een rand. Deze rand is aangebracht ter 'versiering' van de voet.

Binnenwerk

Het binnenwerk is een kunststof deel waar ruimte is voor vier batterijen. Daar omheen is ruimte voor het plaatsen van de elektronica. Tevens zijn er gaten en delen gemaakt waren schroeven in gedraaid kunnen worden. Het binnenwerk wordt door middel van vier schroeven bevestigd aan de voet. Vervolgens kunnen de batterijen erin. Het batterijen compartiment wordt afgesloten met een rubber ring en een aluminium afsluitplaatje. Dit plaatje wordt vast geschroefd in het binnenwerk. De rubberen ring zorgt ervoor dat er geen vocht bij de batterijen komt.

Het afsluitplaatje schermt de batterijen af en zorgt dat ze op hun plek blijven. Het onderdeel wordt gemaakt van aluminium en wordt gestanst.

Schakelaar

De schakelaar loopt mee met de vorm van de voet. Hierdoor valt de knop niet te veel op in negatieve zin en blijven de voet en de knop een geheel. De knop wordt uitgevoerd in kunststof. Dit is gemakkelijk te produceren en sluit aan bij de dimmer en zonnecellen. De knop zal daarom de blauwe kleur krijgen. Hierdoor is het namelijk meteen duidelijk dat het om een knop gaat en valt de knop op bij de gebruiker. De lamp is immers volledig symmetrisch en daarom geeft de knop de lamp een voor- en achterkant.

Dimmer

Deze component is toegevoegd voor extra sfeer. Mensen kunnen zelf instellen hoe fel ze het licht willen hebben. De armatuur kan ingesteld worden naar eigen wens. Daarnaast bespaart een dimmer ook energie. Het dimmen van het licht brengt meer sfeer en bespaart energie. De dimmer krijgt in het ontwerp vorm door een eenvoudig draaischijfje onder de schakelaar.

Het eerste idee is was om de afronding op de bovenkant van de voet draaibaar te maken. Een ring op de bovenkant kan dan dienst doen als schakelaar en dimmer te gelijk. Dit op het eerste gezicht gemakkelijke onderdeel brengt echter te veel problemen met zich mee op het gebied van productie. Vandaar dat gekozen is voor de huidige oplossing.

Pootjes

Om de armatuur goed en stevig te kunnen neerzetten moet ervoor gezorgd worden dat de lamp stabiel staat. Hiervoor zijn op het binnenwerk drie kleine pootjes verwerkt om te zorgen dat de voet van de tafel komt. De lamp steunt niet op het volledige oppervlakte, maar op de drie pootjes. Hierdoor kan de lamp niet meer wankelen. Een ander voordeel is dat vocht en vuiligheid niet direct in contact komen met de armatuur. De keuze voor (drie) steunpootjes brengt dus stevigheid en bescherming met zich mee.

In eerste instantie was het de bedoeling dat er vier pootjes op zouden komen. Alle andere componenten zijn ook vertegenwoordigd met vier stuks. Vanwege het feit dat vier pootjes nog steeds kunnen wankelen is er voor één pootje minder gekozen. Deze pootjes zijn als driehoek geplaatst.

Bevestigingen

Vanwege het feit dat de lamp voor het grootste gedeelte uit aluminium bestaat is er niet gekozen voor het lassen van de onderdelen, aluminium lassen is namelijk een moeilijk proces. De onderdelen zullen door middel van (holle) schroeven aan elkaar worden gemaakt. Schroeven is een stevige manier en biedt veel mogelijkheden. Het voordeel van schroeven is ook dat alles weer los kan. Handig voor recycling en eventuele reparatie.

Vocht

Belangrijk voor de armatuur is dat hij voldoet aan de IP44 wetgeving. Dit houdt in dat de armatuur spatwaterdicht moet zijn. Om te zorgen dat de verschillende onderdelen inderdaad spatwaterdicht zijn is daarvoor gebruik gemaakt van twee oplossingen. De eerste oplossing is het verlijmen van verschillende onderdelen en behoeft geen verdere toelichting. Een andere oplossing die bij het afsluitplaatje en de buizen op de voet is toegepast, is de rubber ring. De rubber ring wordt tussen twee onderdelen in geplaatst en vervolgens vastgezet. Wanneer er water tussen de kieren door komt zal de rubber ring ervoor zorgen dat de boel droog blijft.

6.8 Productie en kosten

In de vorige paragraaf zijn de verschillende onderdelen beschreven waaruit de armatuur bestaat. De armatuur bestaat uit kunststof en aluminium. Beide materialen lenen zich prima om gegoten te worden. Heel kort door de bocht kan je stellen dat er twee mogelijkheden zijn: het onderdeel wordt gegoten of is een standaard onderdeel. Zo kunnen het binnenwerk, de voet, de schakelaar en het dimwielkje uitstekend worden gespuitsgiet. Standaard onderdelen van de armatuur zijn de batterijen, de LED's, rubber ringetjes, (holle) schroeven, bedrading, elektronica en de buizen die op de voet zijn gemonteerd. Deze standaardbuizen worden geëxtrudeerd. Deze buizen worden ook al toegepast bij armaturen in het huidige assortiment van Techmar en zijn dus gemakkelijk aan te schaffen. Eventuele andere (niet standaard) buismaten kunnen via de zelfde weg speciaal worden geproduceerd.

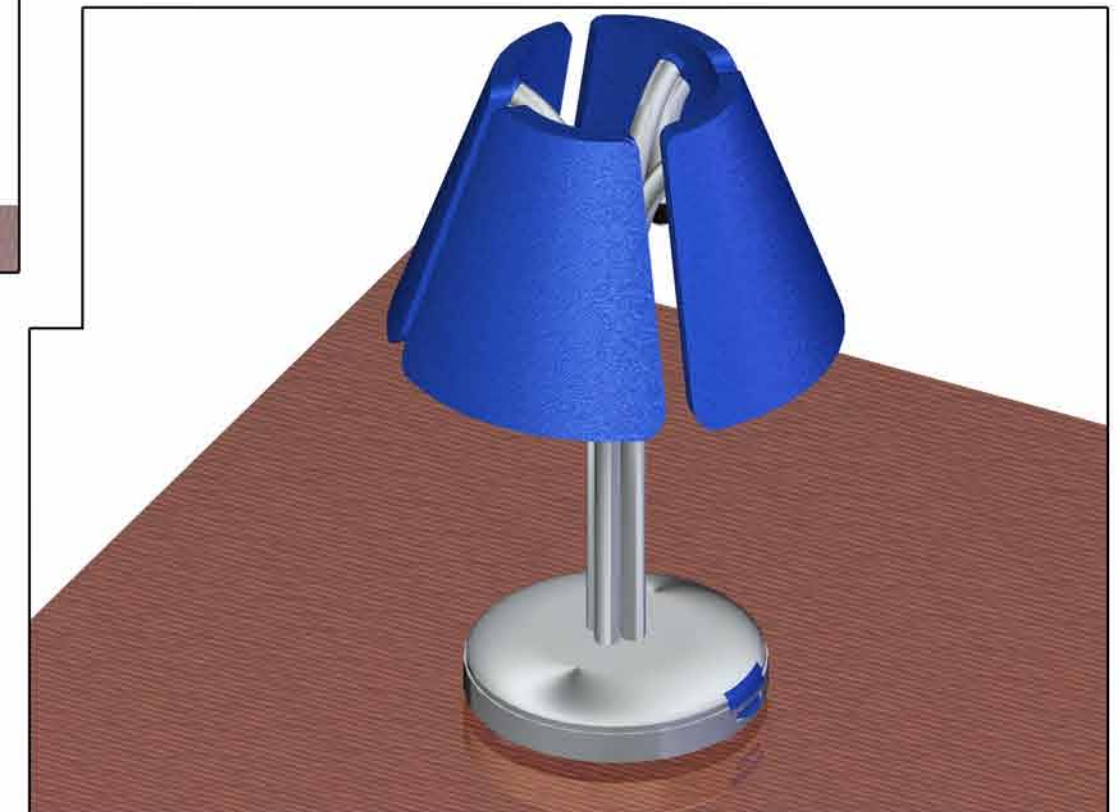
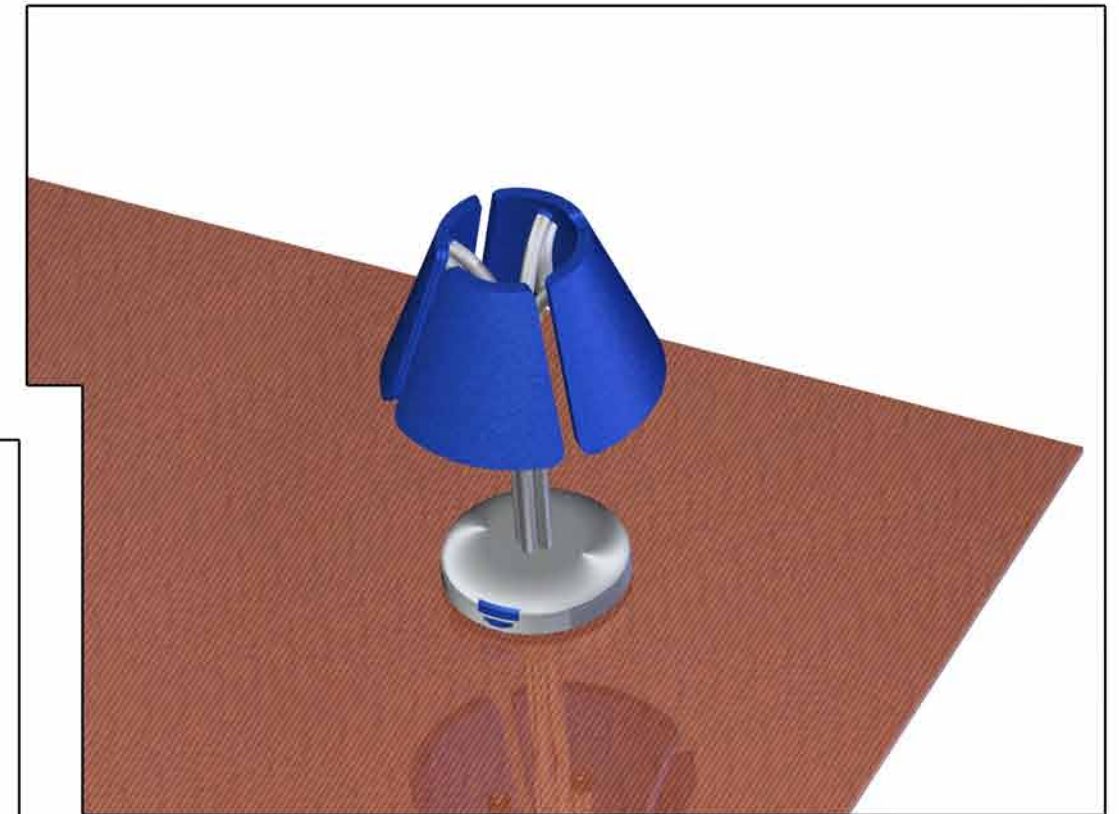
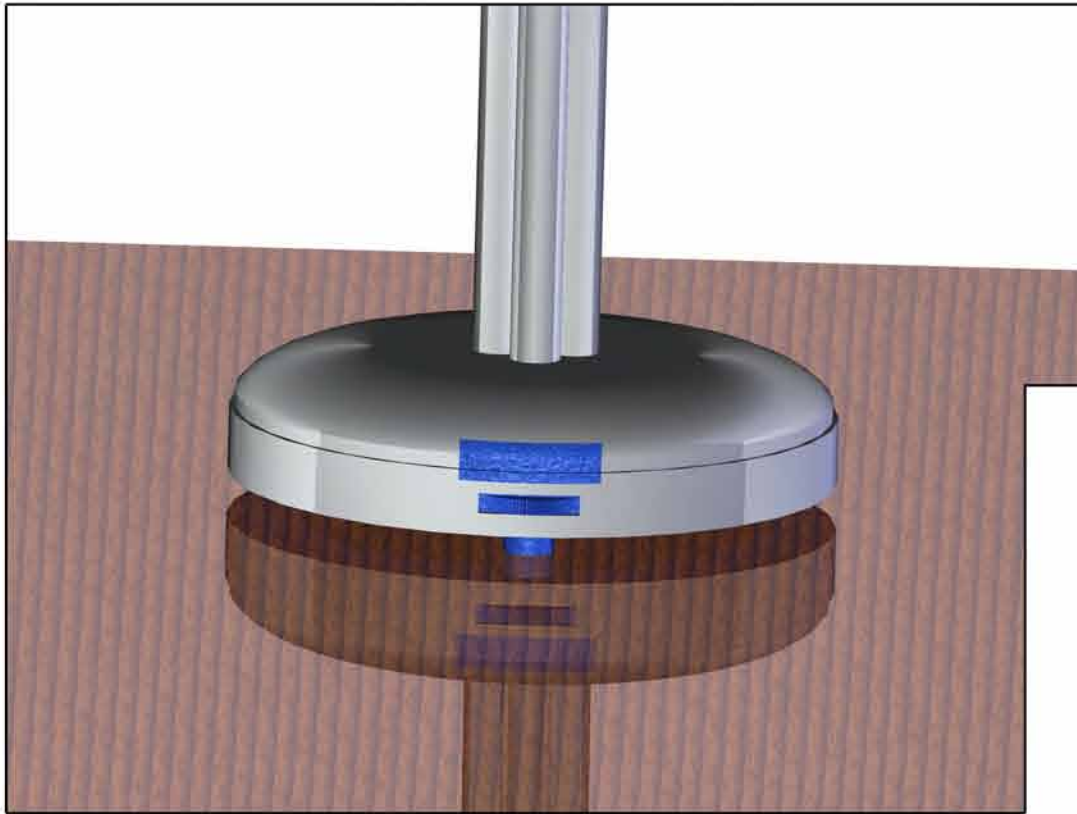
De productie van de zonnecel is iets ingewikkelder. De ronde zonnepaneel moet namelijk worden benaderd met strookjes zonnecel. Deze strookjes worden geknipt en vervolgens aan elkaar gesoldeerd en ingegoten in kunststof. Vervolgens kan de voorkant van de cel beschermd worden door een dunne glaslaag.

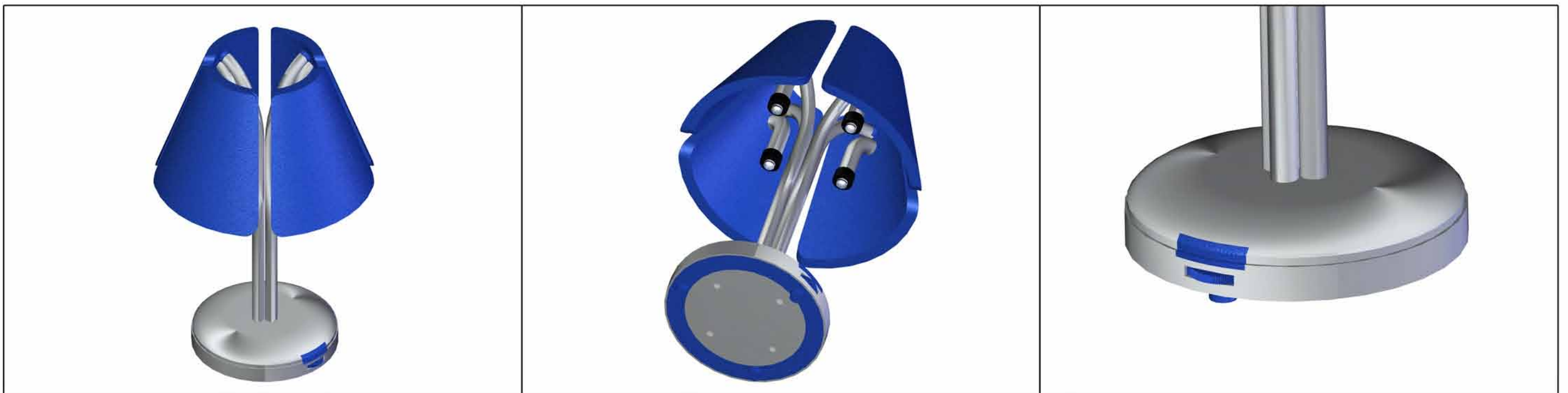
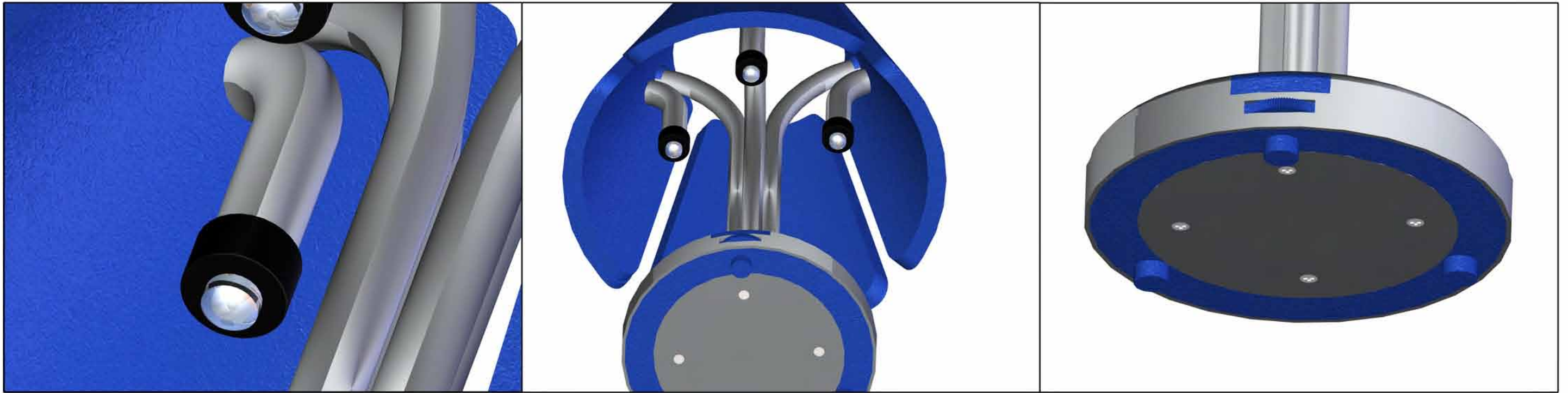
Aan de hand van de bovenstaande productiemethode en de componenten kan een berekening gemaakt worden van productiekosten van de armatuur. Afhankelijk hiervan kan de winkelprijs voor de consument worden bepaald. De winkelprijs ligt ongeveer vier tot vijf keer zo hoog als de inkoopprijs. In deze verhoging van het bedrag zitten de winstmarges van het bedrijf, de fabriek, de groothandel en bouwmarkt. Belangrijk is dat de prijs van de lamp onder het bedrag blijft dat gesteld is in het programma van eisen en wensen.

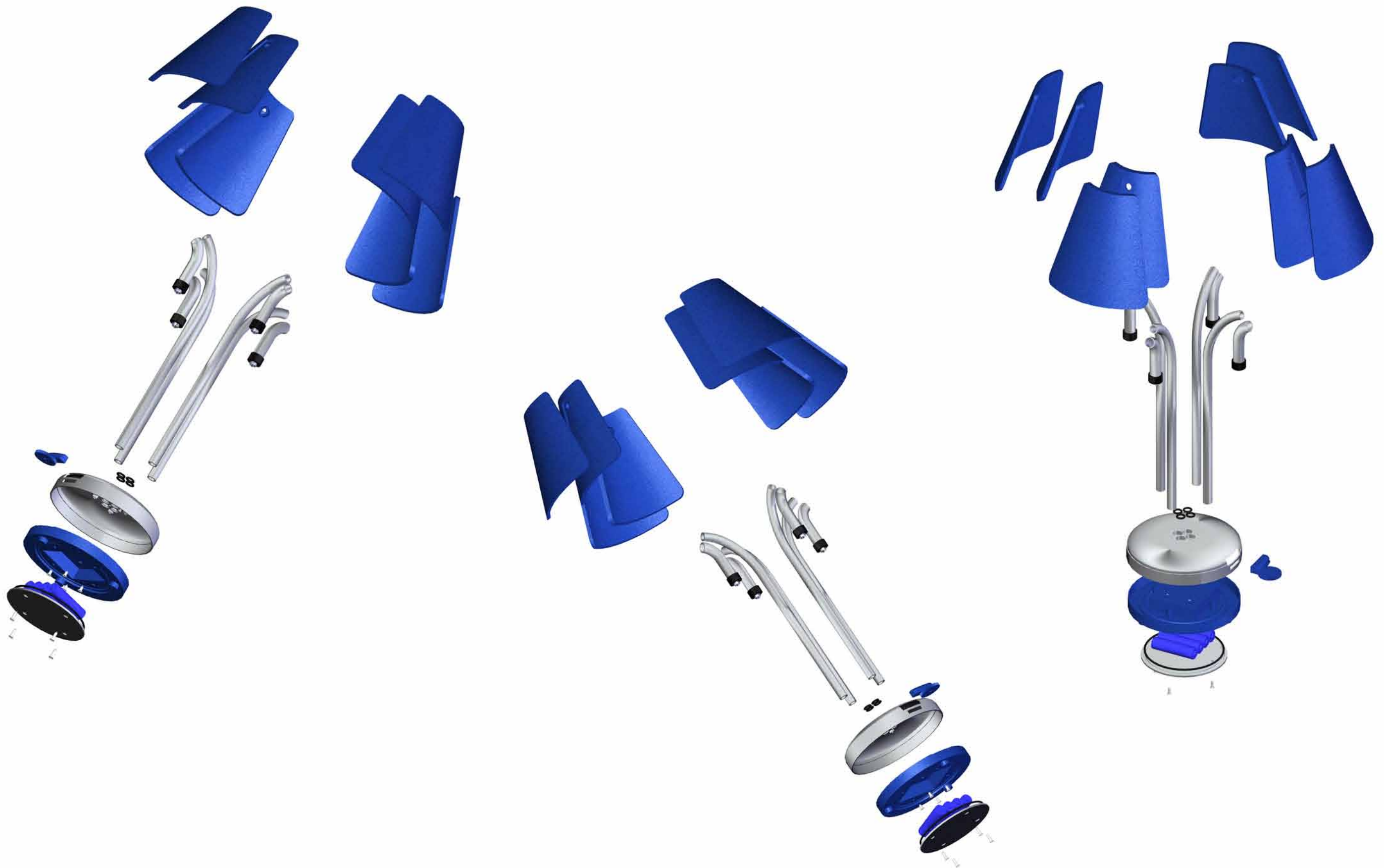
In de onderstaande tabel is een kostprijs berekening gemaakt. De meeste prijzen in deze tabel zijn richtlijnen. Bijna alle kosten, op die van de G4 LED na, zijn geschat en zijn moeilijk om precies te achterhalen. Goed om te weten is dat de volledige productie van de armatuur en diens onderdelen plaats vindt bij de fabrieken van het bedrijf in China. De eerste oplage van de armatuur zal ongeveer 500 stuks gaan beslaan.

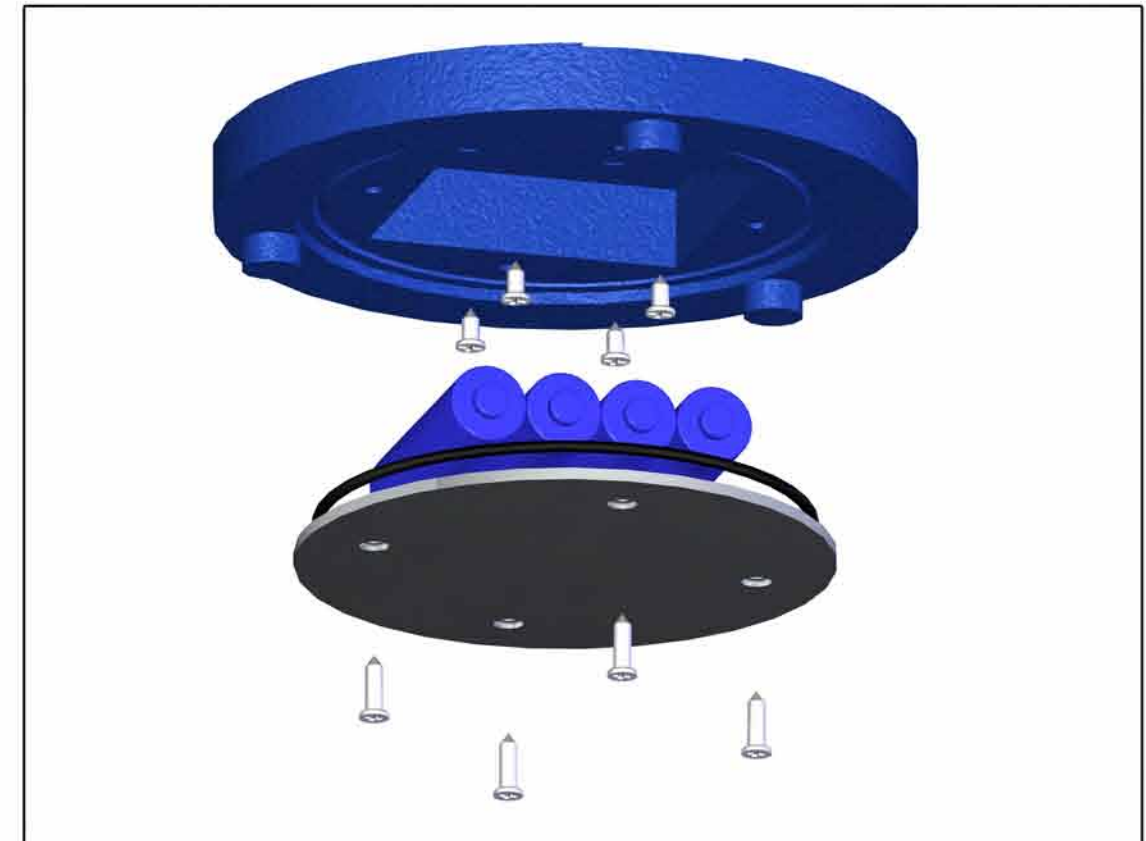
Aantal	Component	Prijs per stuk	Totaal prijs
4	G4 – 1 Watt - PowerLed	€ 1.40	€ 5.60
4	Philips - 1000 mAh - NiMH Batterij	€ 0.75	€ 3.00
9	Solar – 0.5 Watt - Zonnecellen (4 Inch)	€ 2.00 pWp	€ 9.00
	Ingieten van de lampenkap		€ 1.00
	Elektronica		€ 0.75
	Materiaal		€ 2.50
	Productie		€ 2.50
	Inkoopprijs		€ 24.35

7 Eindresultaat









8 Evaluatie

Nu de het ontwerpproces afgerond is en het eindresultaat klaar is kan het worden 'getoetst'. In dit hoofdstuk wordt het ontwerp geëvalueerd op verschillende punten, te beginnen met het programma van eisen en wensen. Vervolgens kunnen de moodboards vergeleken worden met het product of dit de gewenste uitstraling heeft. Ten slotte zal kort bekeken worden of het product (technisch) haalbaar is en worden de risico's geanalyseerd. Dit ontwerpverslag zal worden afgesloten met een samenvattende conclusie.

8.1 Programma van eisen en wensen

Vooraf is het programma van eisen en wensen opgesteld. In dit document staat beschreven waar de armatuur aan moet voldoen en wat wenselijk zou zijn. De vraag is welke eisen en wensen gehaald zijn en welke niet? De volgende vraag is waarom de eis of wens niet gehaald is en of dit 'erg' is.

1. Prestatie

Dit onderdeel bevat twee wensen en drie eisen. In theorie zijn de eisen gehaald. De armatuur is namelijk ontworpen voor de zomer en lenteperiode. Uit de berekeningen is gebleken dat de armatuur ruim vier uur kan branden met de energie die de cellen overdag opbrengen. Daarnaast is de verlichting voorzien van een dimmer en blijven de batterijen koel door de reflecterende lak op het aluminium. De armatuur is alleen niet op afstand bedienbaar, omdat de verlichting vaak binnen hand bereik staat.

2. Levensduur

De armatuur moet een minimale levensduur hebben van 3 jaar. De levensduur wordt vooral bepaald door de LED en de batterij. Vastgesteld is dat de armatuur gedurende de lente en zomer moet werken. Dit houdt dus in dat de armatuur ongeveer 182 dagen per jaar moet functioneren, in totaal 546 dagen. 546 dagen staat gelijk aan ruim 13.000 uren. Aangezien een LED 50.000 branduren heeft en een batterij ruim 500 keer opgeladen kan worden is ook aan deze eis voldaan. Kanttekening hierbij is wel dat de armatuur goed gebruikt dient te worden.

3. Omgevingsinvloeden

De berekening die gemaakt is met de rekensheet heeft als instaltingswaarde een slechte dag in de lente. Verder is het product ontworpen naar de IP44 richtlijn. Er mag dus geconcludeerd worden dat het product in staat is normale weersomstandigheden te doorstaan.

4. Ergonomie

Met grote zekerheid kan gesteld worden dat de armatuur niet zwaarder zal zijn dan 10 kilo.

5. Gebruik

De wens dat de armatuur bijgeladen kan worden is vanwege de uitstraling van de lamp overboord gegooid. De verlichting werkt volledig autonoom en kan ook functioneren als sfeerverlichting tussen de planten. Door het verstrooide licht zal de armatuur minder geschikt zijn als spot of het uitlichten van objecten.

6. Gebruiksomgeving

In feite is de armatuur op elke ondergrond te plaatsen. Sowieso staat de armatuur stabiel op bijvoorbeeld een terrasgrond of tafel door de drie pootjes. In het gras of de aarde kan het zijn dat de armatuur minder stabiel is.

7. Onderhoud

Een belangrijke eis is de gebruiksvriendelijkheid. De batterij en LED zijn eenvoudig vervangbaar door het verwijderen van een rubber dopje of een paar schroeven. Aan de wens dit zonder gereedschap te doen kon niet worden voldaan.

8. Productiekosten

De kosten voor de totale armatuur mogen niet hoger komen dan €25,-. Naar schatting zal de armatuur onder dit bedrag uitkomen.

9. Installatie

De gebruiker kan met een paar eenvoudige handeling de armatuur operationeel maken. Het enige dat de gebruiker zelf moet doen is de verpakking openen, de armatuur eruit halen en de batterijen te plaatsen. Het plaatsen van de lamp is geen enkel probleem.

10. Materiaal

De behuizing en armatuur voldoen aan IP44 wetgeving.

11. Uitstraling

De armatuur is ontworpen als sfeerverlichting, maar is een overwegend strakke armatuur geworden.

Wanneer men het originele programma van eisen en wensen vergelijkt met deze evaluatie is goed zichtbaar dat eigenlijk alle belangrijke eisen gehaald zijn. De armatuur is gemakkelijk te plaatsen en is gemakkelijk in onderhoud. De onderdelen van de verlichting zijn eenvoudig te vervangen en de armatuur werkt binnen de gestelde tijden en levert voldoende energie. Daarnaast is ook aan het grootste gedeelte van de wensen binnen gehaald. Slechts aan enkele wensen is (bewust) niet voldaan.

8.2 Vormgeving

De vormgeving is een van de belangrijkste aspecten die de uitstraling van de armatuur bepalen. Uit de enquête bleek dat mensen graag een natuurlijke of een simpele strakke lamp zien. Het eindresultaat is een simpele en strakke verlichting met weinig details en 'poes-pas'. Een simpel en helder uiterlijk met hier en daar wat organische invloeden. De lamp bevat geen overbodig knoppen en heeft een prettige en sfeervolle lichtuitstraling. Terugkijkend kan geconcludeerd worden dat ook de vormgeving van de armatuur klopt met de uitstraling van de moodboards.

8.3 Technische haalbaarheid

In de paragraaf 'concepten' werd bij het uiteindelijke concept al een deel van de techniek besproken. Ook is aangegeven dat de ronde lampenkap het grootste probleem vormt van de armatuur. In dezelfde paragraaf is verteld hoe dit probleem opgelost kan worden. De lampenkap is technisch haalbaar en produceerbaar. Daarnaast vormt het spuitgieten van de verschillende aluminium en kunststof onderdelen ook geen probleem. Ook het inkopen van de standaardonderdelen is geen beperking voor de productie en assemblage van de armatuur. Tevens bevat de armatuur geen ingewikkelde elektronica. Kortom, het product levert geen problemen op en wordt daarom technische haalbaar geacht.

8.4 Aanbevelingen

Het huidige ontwerp heeft vier extra buisjes waarin de LED's zitten verwerkt. Gedurende de technische ontwikkeling van het concept zijn verschillende opties de revue gepasseerd. Enkele vielen af in verband met productie. De huidige oplossing is in principe een goede, stevige en mooie oplossing. Toch blijven zijn er ook nog andere oplossingen mogelijk.

Zo is het mogelijk om de buisjes waar de bedrading door heen loopt rond te buigen. Hierdoor heb je minder onderdelen nodig, oogt de lamp natuurlijker en sierlijker. Het uiteinde van het buisjes huisvest de LED en de fitting. Omdat de buisjes naast de bedrading ook de LED moeten herbergen zal de diameter van de buis iets dikker worden. Hierdoor wordt de 'steel' van de armatuur ook dikker. In het kunststof deel zit een uitsparing waar de ronding van de buis precies inloopt. Het verlijmen van beide onderdelen zorgt ervoor dat het waterdicht aan elkaar zit. Een andere oplossing zou kunnen zijn dat de LED plus de fitting in het kunststof deel zit verwerkt. Het kunststof deel is net zo groot als de zonnecel en zit aan de achterkant van de zonnecel geplakt. Tevens is het mogelijk om een klein kunststof deel te maken dat de buis verbindt met de LED en zonnecel. Belangrijk hierbij is dat positie van de LED en de vorm van het onderdeel goed in de gaten worden gehouden.

8.5 Risico's

Daarnaast is het bij de evaluatie van het ontwerp ook goed om te weten waar de 'risico's' van lamp zitten. Waar moet bij moet goed op gelet worden in het vervolgtraject? Wat kan er mis gaan en welke onderdelen zijn kwetsbaar?

Eerder werd al duidelijk dat veel van de armatuur bestaat uit standaard onderdelen. De lamp zal dan ook niet veel problemen met zich meenemen, maar toch heeft de armatuur een aantal risico's. Als eerste is het belangrijk om te zorgen dat de schakelaar en de dimmer dusdanig worden geproduceerd dat ook via die weg geen water bij de elektronica kan komen. Een ander punt van aandacht is de lampenkap. In feite is de lampenkap gemaakt van kwetsbaar en 'zwaar' materiaal. Het onderdeel zal dan ook zo gemaakt moeten worden dat het enigszins stevig is en niet gelijk kapot gaat bij de eerste beste windvlaag. Een risico is dat de lampenkap in verhouding tot de rest van de armatuur zwaar is en daarom ervoor kan zorgen dat de lamp omvalt. Als dit het geval is, is het zaak dat in de voet van de armatuur voldoende tegengewicht zit om dit te voorkomen.

8.6 Engineering

Natuurlijk is een product na een ontwerptraject van drie maanden niet volledig klaar. De basis van de lamp is gezet, maar er zijn nog een aantal dingen die gedaan moeten worden. Zo moet de volledig elektronica nog worden gemaakt en geschakeld. Dit kan worden gedaan door de elektronica-engineers in China. Ook de lampenkap is nog niet af. Er zal definitief bepaald moeten worden hoeveel oppervlakte erop de lampenkap wordt geplaatst en hoeveel stroom dit gaat opleveren. De oppervlakte hangt samen met het aantal stroken. Deze stroken moeten vervolgens gesoldeerd worden en verwerkt in kunststof. Daarna zal er nog een glazenkap over het deel heen moeten komen om de boel te beschermen. Het ook het gedeelte waar de LED zal komen is in basis af. Het LED-gedeelte zal nog verder uitgewerkt moeten worden.

8.7 Conclusie

Zo aan het einde van deze opdracht is de balans volledig opgemaakt. Verschillende aspecten zijn geëvalueerd. Wanneer het programma van eisen en wensen wordt bekeken blijkt dat in ieder geval alle eisen zijn gehaald. Slechts een aantal wensen zijn vanwege goede tegenargumenten aan de kant gezet. Verder komt de vormgeving overeen met de resultaten van de enquête en de moodboards. Ook op het gebied van de techniek wordt de armatuur haalbaar geacht, omdat er een oplossing is gevonden voor het grootste struikelblok (de lampenkap).

Toch heeft de armatuur een aantal risico's die goed in de gaten gehouden moeten worden. Deze risico's zijn echter niet dusdanig groot dat het problemen oplevert wanneer de armatuur in de markt komt de staan. Met de aanbeveling en de punten van aandacht in de paragraaf 'engineering' kan de lamp verder wordt uitgewerkt tot een definitief eindfabrikaat. Omdat bij evaluatie bij alle 'criteria' een positief oordeel naar voren is gekomen, is er ook geen reden om aan te nemen dat deze armatuur niet als een degelijk, kwalitatief en fatsoenlijk product in de schappen van de winkels staat volgend jaar.

Na ongeveer een week uitloop ben ik dan eindelijk toegekomen aan het schrijven van mijn nawoord, of wel mijn zelfreflectie. Terugkijkend op de bacheloropdracht heb ik er een goed gevoel over. In drie maanden tijd heb ik veel geleerd. De bacheloropdracht heeft mij voornamelijk kennis en inzicht bij gebracht ten aanzien van de volgende aspecten:

- o Werken in een bedrijf
- o Toepassing van de opleiding
- o Opdracht
- o Productie
- o Tijd is tijd

Werken in een bedrijf

Twee weken na het begin van de opdracht ben ik aan de slag gegaan bij het bedrijf en de laatste weken heb ik bijna fulltime op de zaak gewerkt. Het voordeel hiervan is dat het een stuk gezelliger is en dat ik gemakkelijk dingen kon overleggen met mijn begeleiders Ralph en Erik. Beide heren hebben me als het nodig was geholpen en zonodig commentaar gegeven. Veel dingen die ik tijdens mijn opdracht heb geleerd heb ik dan ook mede door hen geleerd.

In het begin was het wel even wennen. De relatie met een bedrijf is heel anders dan die met de Universiteit. Op de Universiteit heb je één keer in de zoveel tijd een gesprek met een docent, maar de rest doe je zelfstandig zonder sturing. Ik kwam erachter dat het in het bedrijfsleven belangrijk is, dat er zoveel mogelijk gecommuniceerd wordt. Dingen moeten overlegd worden en het bedrijf wil (logisch) altijd invloed houden. Vooral dit laatste was voor mij in het begin nieuw, maar heeft uiteindelijk geen problemen opgeleverd. Aanwezigheid en communicatie zijn hierbij belangrijk.

Toepassing van mijn studie

Veel verschillende aspecten van het ontwerpen heb ik zelf opnieuw ervaren, ontdekt en uitgevoerd. Normaal gesproken wordt er in een projectgroep gewerkt aan een opdracht. De bacheloropdracht moet je alleen doen. Deels heb ik kennis die ik tijdens de colleges heb opgedaan moeten toepassen. Elektronica, productiesystemen, solidworks en materiaalkunde zijn hier voorbeelden van. Wel merk je dat het grootste gedeelte van de kennis (alleen) is aangeleerd en daarom ook altijd direct paraat is. Iets waar ik zelf heel blij mee ben, is dat ik gedurende deze opdracht veel met markers en potloden heb gewerkt. Dit heeft geresulteerd in een groot aantal schetsen. Iets wat er tijdens 'projecten' nog wel eens bij in schiet. Het onderdeel wat ik persoonlijk het moeilijkste vond, was de productie van het concept en het eindresultaat. Al met al heb ik het idee dat ik binnen het tijdsbestek een volledig ontwerpproces heb kunnen doorlopen. Jammer was dat ik geen tijd meer had voor een prototype.

Opdracht

Ondank het feit dat Techmar geen ontwerpstudio is, heb ik toch veel geleerd op het gebied van ontwerpen en ben ik gedurende de hele stage constant met mijn vak(gebied) bezig geweest. Ik heb tijdens mijn periode in Haaksbergen ook ingezien dat niet alles te produceren is. Tijdens projecten lijkt alles bijna te produceren. In de praktijk hangt dat af van je bronnen en van fabrieken. Ook heb ik gemerkt dat het handig is om soms je activiteiten meer parallel te laten lopen. De eerste weken heb ik alleen maar theorie gedaan. Op een gegeven moment werd dat saai. Vervolgens heb ik alleen maar schetsen gemaakt. Vooral het creatieve proces is pittig. Een week lang van 9 tot 5 met weinig pauze intensief schetsen maken kost veel energie. Handiger was het geweest om het creatieve proces te combineren met wat onderzoekswerk. Daarnaast heb ik in de beginfase mijn bevindingen meteen gedocumenteerd. Zodoende groeide het onderzoeksrapport mee met de tijd. Voor mij is dit een goede manier van werken geweest.

Tijd is tijd

Tijd is tijd. Dit is iets waar ik in verschillende fases van het traject tegen aan ben gelopen. Maar ook hier leer je veel van. De eerste weken van de opdracht bestonden uit onderzoek. Op een gegeven moment is de tijd die voor het onderzoek bestemd is voorbij. Het resultaat was op dat moment voldoende, maar ik moest me er soms echt toe zetten om door te gaan. Ik ben namelijk niet snel tevreden. Op zich komt het vaak goed van pas, maar soms komt dit ook niet handig uit. Ik heb gemerkt dat ik mezelf gewoon een halt toe moet roepen en door moet gaan omwille van de tijd. Doorgaan met een bepaald onderdeel betekent uitloop en hierdoor komt de rest van de planning in het gedrang. In mijn bacheloropdracht heb ik eigenlijk weinig uitloop gehad. De enige echte tegenslag heb ik gehad bij mijn enquête. De enquête ging een halve week te laat online en ook het exporteren van de data leverde problemen op. Door de problemen met de enquête en mijn perfectionisme liep ik in totaal een week uit.

In het volledige traject heb ik mezelf tot vier keer toe moeten dwingen om verder te gaan. De eerste keer ging het om het onderzoek, de tweede keer om de conceptfase. De derde keer was het eindresultaat en de laatste keer was dit verslag. Dit verslag is namelijk de verantwoording van mijn opdracht en moet er daarom ook grafisch goed uitzien. Grafisch heb ik erover nagedacht, maar toch was ik uiteindelijk niet helemaal tevreden met de lay-out. Vervolgens heb ik hem aangepast tot de huidige. Als ik het verslag gewoon simpele had opgemaakt was het mischien een dag of twee na de officiële deadline ingeleverd, maar ik ben zolang bezig geweest met deze opdracht dat dit rapport daar geen afbreuk aan moet doen en het dus ook grafisch in orde moet zijn. Conclusie, zoals ik in het begin al beschreef: ik ben terugkijkend tevreden met het eindresultaat, maar had ik er nog een tijd(je) aan kunnen werken, dan had ik zowel het eindresultaat als de grafische vormgeving nog meer kunnen uitwerken.

Conclusie

In drie maanden tijd heb ik veel geleerd en veel aspecten van de opleiding toe kunnen passen tijdens mijn opdracht. Ook ben ik bezig geweest met tekenen, maken van moodboards en enquêtes. Daarnaast heb ik op het gebied van productie, werken in een bedrijf en planning veel opgestoken. De bacheloropdracht is voor mij een belangrijke, maar vooral leuke ervaring geweest.

Over het geheel gezien ben ik tevreden met mijn werkwijze en de manier waarop ik dingen aangepakt heb. Ik ben er erg blij mee dat ik weinig tegenslagen heb gehad en daardoor goed in mijn tijdplanning bleef. Over het onderzoek en uiteindelijke ontwerp ben ik tevreden. Gezien het aantal activiteiten en het tijdsbestek vind ik dit een goed resultaat. Hieraan moet ik toevoegen dat als ik meer tijd had gehad, ik ook meer had kunnen finetunen aan het uiteindelijke ontwerp en het verslag.

Industrieel Ontwerpen

Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Bijlage

Bacheloropdracht

Vincent Geraedts

**2004
2005**

Titelpagina

Volledige titel en ondertitel:

Bachelor eindopdracht 2005
Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Auteur:

V.P.J. Geraedts
S0039683

Datum publicatie: 4 juli 2005
Begeleider: Mevr. Angèle Reinders

Stageverlener: Techmar BV te Haaksbergen
Stagebegeleider: Ralph Wijnands, Erik Hoog Antink

Aantal bladzijdes bijlage: 96

**Dit rapport is geschreven in het kader van de Bacheloropdracht
Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente te Enschede.**

Inhoudsopgave

Bijlage 1: Plan van Aanpak	4
Bijlage 2: Onderzoeksfase	14

Industrieel Ontwerpen

Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Bijlage

Bacheloropdracht

1

Inhoudsopgave

1	Gespreksverslag	6
2	Actoranalyse	7
2.1	Techmar	7
2.2	Doelstelling	7
2.3	Wat is de positie in het netwerk?	7
2.4	Wat zijn de belangen?	7
2.5	Hoe kijkt men tegen het probleem aan?	7
3	Projectkader	8
3.1	Het probleem (opdrachtoomschrijving)	8
3.2	Welke problemen spelen er?	8
3.3	Wat is de achtergrond van de problemen?	8
3.4	In welke richting zoekt men oplossingen?	8
4	Doel- en probleemstelling	9
4.1	Typering van het onderzoek	9
4.2	Doelstelling	9
4.3	Probleemstelling	9
4.4	Begripsbepaling	9
4.5	Afbakening	9
5	Onderzoeksvragen	10
6	Plan van Aanpak	12
6.1	Onderzoeksstrategie	12
6.2	Bronnen en ontsluiting	12
6.3	Planning	12
6.4	Hoofddeling	12

1 Gespreksverslag

Achtergrond van het bedrijf

Het bedrijf is ongeveer twee jaar geleden opgericht door Roy Middelbos en Arie Douwes. Op het moment zijn er bij Techmar zes mensen werkzaam waarvan twee net afgestudeerde ontwerpers. Techmar heeft van begin tot eind de productie volledig in handen en laat dit vooral in China doen. Het bedrijf richt zich specifiek op (sfeervolle) 12 volt tuinverlichting voor de consumentenmarkt en heeft al verschillende lampen op de markt gebracht.

Opdracht

Het belangrijkste voor Techmar is het ontvangen van informatie en technische kennis over de toepassing van o.a. zonnecellen in tuinverlichting voor de retail. Voor het bedrijf is het niet geheel duidelijk welke cellen, LED's en batterijen gecombineerd kunnen worden en wat daarbij de beste oplossingen zijn. Uiteindelijk is het de bedoeling dat dit resulteert in (een concept voor) een buitenlamp.

De overeenkomst

Vanwege mijn bezoek aan de meubel- en verlichtingsbeurs in Milaan zal de bacheloropdracht starten op 18 april 2005 en vervolgens 12 weken lopen. Techmar hecht veel waarde aan zelfstandigheid en geeft de student dan ook volledig de ruimte zijn eigen werktijden in te delen. Ten alle tijden is de student welkom op het bedrijf, maar er is alleen geen pc met bijbehorende software beschikbaar.

Tijdens het werk aan de bacheloropdracht zal Dhr. Middelbos contactpersoon en begeleider zijn. Tevens zullen de medewerkers Ralph en Erik het proces (deels) volgen. Daarnaast zijn de medewerkers beschikbaar voor vragen, hulp en problemen. Ook is het bedrijf bereid om een normale vergoeding te betalen naar de maatstaf van het IDC (300,- p/m). Ook is er gesproken over geheimhouding en publicatie.

Een probleem dat al direct naar voren kwam in het gesprek is geheimhouding. Zowel Techmar als de UT begeleider mevr. Reinders volgen het proces van de student voor hun eigen onderzoek. Tevens voert mevrouw Reinders een onderzoek uit. In dit onderzoek wil ze de toepassing van zonne-energie in consumentenproducten laten zien. De conceptontwikkeling van de bacheloropdracht zou hiervoor gebruikt kunnen worden. Dit roept bezwaren op bij Techmar. In een later stadium is besloten dat het algemene onderzoek niet onder de geheimhoudingsplicht zal vallen, alleen de (detail)tekeningen van het uiteindelijke concept zullen geheim blijven. Tevens zullen in dat gesprek de volgende punten aan bod komen: het plan van aanpak, de planning en het contract.

Persoonlijke visie

Ik had het idee dat Techmar en ik qua ideeën goed op een lijn zitten. We hebben dezelfde ideeën en instelling m.b.t. de opdracht. Ook heb ik het idee dat ik goed uit de voeten kan met de buitenverlichting. Na de onderzoeksfase wil ik me bezig houden met de lichtbeleving van de consument. Dit resulteert in bijv. een moodboard. Daarna zal ik bezig gaan met de vormgeving en komen met een aantal functionele en mooie concepten. Afhankelijk van de tijd zal ik kijken hoever ik ze kan uitwerken. Het einddoel is het presenteren van een goed concept. Het liefste met een uitgewerkt prototype.

Nader gesprek

In een later gesprek zijn de UT, Techmar en de student nogmaals om de tafel gaan zitten voor een gesprek. In dit gesprek is het plan van aanpak goedgekeurd en het contract doorgenomen en getekend. Uiteindelijk bleken alle partijen op een lijn te zitten en hebben ze het zelfde beeld van de opdracht.

2 Actoranalyse

2.1 Techmar

Techmar is een kleine onderneming die gevestigd is in Haaksbergen. Het bedrijf, dat op het moment twee jaar bestaat, richt zich op het ontwerpen en produceren van (innovatieve) 12 volt verlichting voor in de tuin. Het bedrijf bestaat uit totaal zes werknemers. De producten die door Techmar worden ontworpen zijn terug te vinden in de schappen van bouwmarkten en tuincentra.

2.2 Doelstelling

De onderneming wil marktleider worden in een niche markt en voorop lopen bij de ontwikkeling van dergelijke producten. Het is een kleine en gemakkelijk begaanbare markt waarin het bedrijf zich wil onderscheiden door te innoveren.

2.3 Wat is de positie in het netwerk?

Techmar kan worden gezien als een groothandel. Het zet zijn producten af bij tuincentra en bouwmarkten in verschillende landen. Zo worden de lampen verkocht in onder andere Nederland, Engeland, Frankrijk, Duitsland, Polen en in de toekomst misschien de Verenigde Staten. Het bedrijf verkoopt niet rechtstreeks aan de klant zelf. In de 12V verlichtingsmarkt bevindt zich nog een andere concurrent: Luxform.

2.4 Wat zijn de belangen?

De belangen van het bedrijf liggen met name in ontwikkeling en verkoop. Graag willen ze meer en betere kennis, waardoor het mogelijk is hun assortiment te vergroten door het ontwikkelen van nieuwe innovatieve tuinverlichting. Het uitbreiden van het assortiment moet uiteindelijk zorgen dat de onderneming marktleider wordt in de Nederlandse niche markt.

2.5 Hoe kijkt men tegen het probleem aan?

Het probleem is dat het bedrijf te weinig technische kennis in huis heeft op het gebied van o.a. de toepassing van zonne-energie. Dit is de reden dat er een student van buiten af is aangetrokken. Het bedrijf zelf denkt dat er veel mogelijkheden zijn voor het produceren van een standalone buitenverlichting die werkt op basis van zonnecellen. Mede door het lage energieverbruik van de nieuwe LED's waar het bedrijf op het moment over beschikt ziet men mogelijkheden in een concreet product.

3 Projectkader

3.1 Het probleem (opdrachtschrijving)

Opdrachtgever is een bedrijf voor de fabricage van en handel in tuinverlichting. Van ontwerp tot aan verkoop hebben zij het hele proces in handen. Het ontwerpen, het logistieke proces, de keuring van de lampen en het ontwikkelen van de verpakking alsook de verkoop vindt op locatie plaats. Een groot gamma aan tuinverlichting is inmiddels in productie. De afzet vindt hoofdzakelijk plaats via bouwmarkten en tuincentra.

De opdrachtgever is op zoek naar een productconcept voor een buitenverlichting die solitair kan functioneren, op afstand bestuurbaar is, een prettige lichtbeleving geeft en een fraaie uitstraling heeft. Daarbij moeten nieuwe technologieën toegepast worden zoals LEDs, zonnecellen en remote control. Tevens moeten er passende materialen gezocht worden.

3.2 Welke problemen spelen er?

De huidige problemen met zonnepanelen hebben te maken met de opbrengst en het rendement. De stroomopbrengst van een zonnepaneel hangt af van de oppervlakte van het paneel. Meer oppervlakte betekent ook dat er meer stroom gaat lopen. Het gevolg is dat er veel zonnepanelen moeten worden gebruikt voor een kleine beetje stroomopbrengst. Daarnaast is het rendement van een zonnepaneel erg laag (maximaal 17%) en zijn de kosten erg hoog.

Het probleem bij het ontwikkelen van een standalone verlichting is de accu. Een accu moet opgeladen worden en voldoende capaciteit hebben om lang te kunnen branden. Daarbij is het belangrijk dat er gekeken wordt naar de stroomopbrengst van zonnepanelen gecombineerd met LED's of gloeilampen. Met name de laatste lichtbron zorgt ervoor dat de accu snel leeg raakt en de lamp dus niet meer brandt.

3.3 Wat is de achtergrond van de problemen?

Het bedrijf zet zijn lampen onder andere af op de Nederlandse markt. Vanwege het klimaat in Nederland zijn er relatief weinig zonuren en zonkracht waardoor het gebruik van zonne-energie niet (altijd) haalbaar is.

3.4 In welke richting zoekt men oplossingen?

Het ontwikkelen en toepassen van nieuwe energie zuinige LED's. Doordat de LED zuiniger is kan er met minder stroom een sfeervolle hoeveelheid licht worden geproduceerd met als gevolg dat het toepassen van zonne-energie eventueel mogelijk wordt.

4 Doel- en probleemstelling

4.1 Typering van het onderzoek

Uit het voorgaande kan worden vastgesteld dat het hier een diagnostisch en ontwerpend praktijkonderzoek betreft. Ten eerste dient er inzicht verkregen te worden in de toepassing van nieuwe technische mogelijkheden in buitenverlichting (zonnecellen gecombineerd met LED en batterijen). Ten tweede moet er uitgezocht worden wat de consument belangrijk vindt in een buitenverlichting: de lichtbeleving. Vervolgens dient er met de gevonden informatie een ontwerp gemaakt te worden voor een standalone verlichting.

4.2 Doelstelling

Het onderzoek richt zich op (innovatieve) toepassingsmogelijkheden op het gebied van nieuwe licht- en energietechnieken gecombineerd met de lichtbeleving van de consument. Het doel van het onderzoek is een geschikte mogelijkheid vinden om toe te passen in een ontwerp voor een buitenverlichting door gebruik te maken van literatuur en interviews.

De doelstelling is

- o ... nuttig, omdat het een bijdrage levert aan de ontwikkelingskennis van het bedrijf. De opgedane kennis kan het bedrijf toepassen in nieuwe producten.
- o ... eenduidig, omdat het duidelijk is wat het onderzoek oplevert: nieuwe toepassingsmogelijkheden die kunnen worden toegepast in het ontwerp van een nieuwe buitenverlichting.
- o ... informatief, omdat het duidelijk is wat er onderzocht wordt en op welke manier dat gebeurt.
- o ... haalbaar vanwege het feit dat alle facetten van het onderzoek kunnen worden uitgevoerd en gedocumenteerd binnen de gestelde tijd van vijf weken

4.3 Probleemstelling

Voor de opdrachtgever is het niet duidelijk op welke manier verschillende technieken zoals LED, zonnecellen en remote control kunnen worden toegepast.

4.4 Begripsbepaling

buitenverlichting	12V laagspanning tuinverlichting
tuinverlichting	zie buitenverlichting
niche markt	marktsegment 12V laagspanning buitenverlichting
technische kennis	kennis op het gebied van zonnecellen, LED en batterijen
Standalone (buiten)verlichting	Buitenverlichting die werkt zonder aansluiting op het lichtnet
technieken	Zonnecellen, LED's en batterijen

4.5 Afbakening

Vanwege het tijdsbestek van de bacheloropdracht zal het onderzoek zich beperken tot Nederland en het Nederlandse klimaat.

5 Onderzoeksvragen

1. Welk verlichtingen zijn er op het moment al op de markt?

2. Welke informatie is relevant voor het toepassen van zonne-energie in een buitenverlichting?

- a. Hoe werkt een zonnecel?
- b. Hoeveelheid zonuren zijn er gemiddeld per maand in Nederland?
- c. Wat is de zonnekracht gemiddeld per maand in Nederland?
- d. Welke soorten zonnecellen zijn er?
- e. Hoe worden zonnecellen geproduceerd?
- f. Welke types zijn er op het moment op de markt?
- g. Wat is de energieopbrengst van zonnecellen?
- h. Wat zijn de kosten van zonnecellen?
- i. Wat is de levensduur van zonnecellen?
- j. Welke zonnecellen zijn geschikt voor de retailmarkt?
- k. Welke overige informatie is van belang om te weten?
- l. Welke cel kan het beste worden toegepast in de standalone buitenverlichting?

3. Welke informatie is relevant voor het toepassen van LED's gecombineerd met zonnecellen in een buitenverlichting?

- a. Welke LED's zijn er op de markt?
- b. Wat is de lichtopbrengst van de verschillende LED's?
- c. Hoeveel energie verbruikt een LED?
- d. Wat zijn de mogelijkheden in combinatie met een zonnecel?
- e. Welke LED kan het beste worden toegepast in de standalone buitenverlichting?
- f. Zijn er nog andere lichtbronnen mogelijk?

4. Welke informatie is relevant voor het combineren van zonnecellen met oplaadbare batterijen in een buitenverlichting?

- a. Welke soorten batterijen zijn er?
- b. Hoe werken deze batterijen?
- c. Wat is de kwaliteit van deze batterijen?
- d. Wat is de belasting voor het milieu?
- e. Hoeveel energie gaat er verloren tijdens transport naar de batterij?
- f. Welke batterijen zijn er op het moment op de markt?
- g. Welke batterij kan het beste worden toegepast in de standalone buitenverlichting?

5. Welke andere innovatieve technieken kunnen toegepast worden in een buitenverlichting?

- a. Op welke manieren kan men energie opwekken?
- b. Op welke manieren kan men licht uitzenden?

6. Wat is belangrijk voor de (licht)beleving van de consument?

- a. Waarom maakt men gebruik van tuinverlichting?
- b. Wanneer maakt men gebruik van tuinverlichting?
- c. Hoe maakt men gebruik van tuinverlichting?
- d. Wat is sfeerlicht?
- e. Wat voor soort licht is belangrijk?
- f. Hoeveel licht mag een tuinverlichting uitstralen?
- g. Wat vindt men belangrijk aan tuinverlichting?
- h. Mag tuinverlichting aanwezig zijn?

7. Welke componenten moeten er worden toegepast in het product?

8. Samenvattende vraag: Welk product komt eruit?

6 Plan van Aanpak

6.1 Onderzoeksstrategie

Het eerste gedeelte van het onderzoek is een kleinschalig en kwalitatief bureauonderzoek waarbij gezocht wordt naar nieuwe mogelijkheden voor het toepassen van zonnecellen in een ontwerp voor standalone buitenverlichting. Daarnaast zal de lichtbeleving van de consument onderzocht worden. Het tweede gedeelte van het onderzoek bestaat uit het maken van een ontwerp voor een standalone buitenverlichting.

6.2 Bronnen en ontsluiting

Eerste onderzoeksvraag

Bron		Ontsluiting
Documenten	Internetartikelen Informatiesites Rapporten	Inhoudsanalyse
Literatuur		Inhoudsanalyse
Personen	Ondervraging	Individueel interview
		Inhoudsanalyse

Tweede onderzoeksvraag

Bron		Ontsluiting
Documenten	Internet Catalogussen Specificaties	Inhoudsanalyse
Literatuur		Inhoudsanalyse

Derde onderzoeksvraag

Bron		Ontsluiting
Documenten	Internet	Inhoudsanalyse
		Inhoudsanalyse

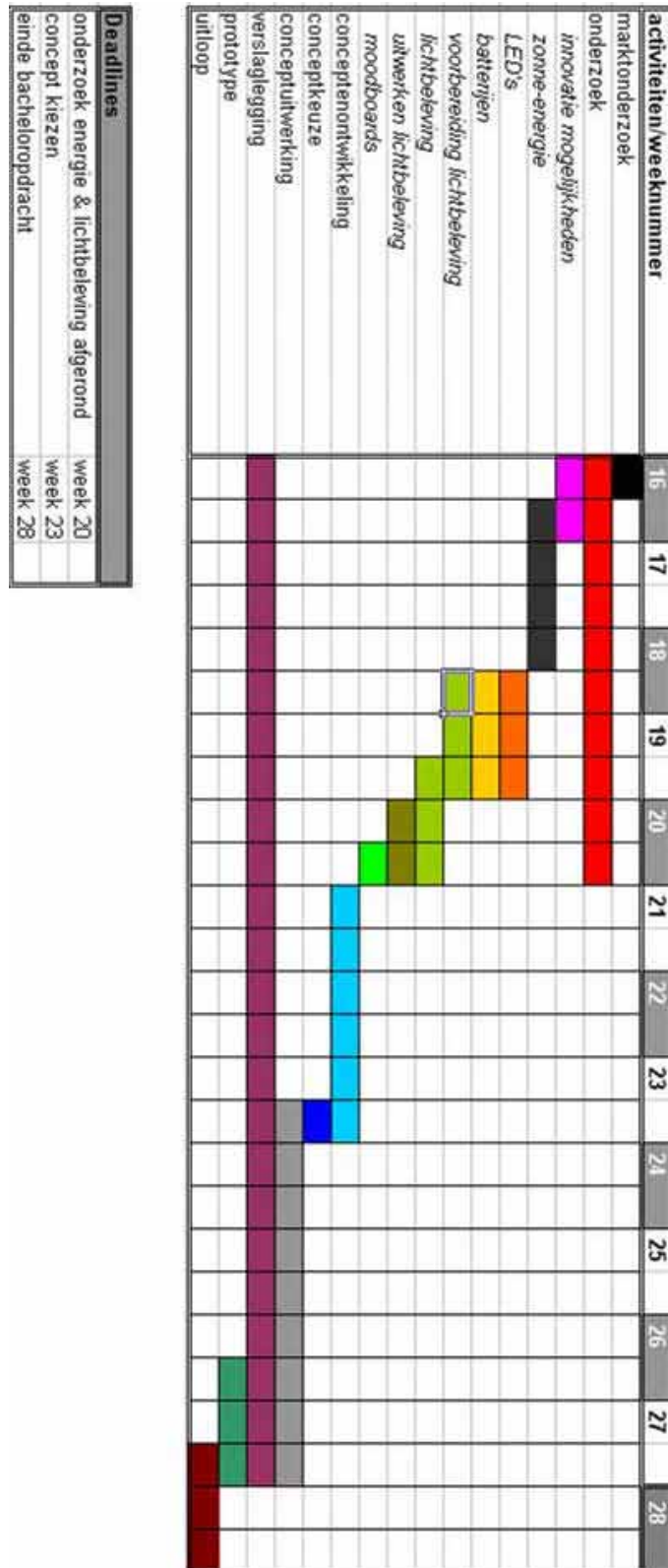
Vierde onderzoeksvraag

Bron		Ontsluiting
Personen	Brainstorm	Inhoudsanalyse
Literatuur	Internet Artikelen Documenten	Inhoudsanalyse

Vijfde onderzoeksvraag

Bron		Ontsluiting
Documenten	Internet	Inhoudsanalyse
Personen	Ondervraging	Enquette / Interview

6.3 Planning



Industrieel Ontwerpen

Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Bijlage

Bacheloropdracht

2

Samenvatting

Sinds 1839 is de zonnecel flink ontwikkeld. Al een aantal jaren is men technisch in staat goede cellen te maken met een redelijk rendement. De werking van de zonnecel is echter nooit veranderd.

Een zonnecel werkt op basis van het Fotovoltaïsch effect, kortweg PV effect genoemd. Dit houdt het volgende in: een zonnecel is gemaakt van de bewerkte halfgeleider silicium en heeft daardoor een P-laag en een N-laag. Hiertussen zit een ondoordringbare barrière, de verarmingslaag. Door het potentiaal verschil tussen beide lagen ontstaat er een elektrisch veld en kan er een stroom gaan lopen mits de beide lagen met elkaar verbonden worden. Het PV effect wil zeggen dat wanneer er licht in de vorm van fotonen op de cel valt in het materiaal een elektron wordt vrij gemaakt. Dit vrije elektron is in staat elektriciteit te geleiden en heet daarom ook wel een vrije ladingsdrager.

Zonnecellen zijn beschikbaar in verschillende materialen. Niet alle materialen zijn toepasbaar voor de consumentenmarkt. In deze sector worden alleen de siliciumcellen gebruikt in drie varianten: monokristallijne, multi-kristallijn en amorf silicium. Andere materialen zijn simpelweg te duur, hebben te weinig rendement of zijn niet goed voor het milieu.

De opbrengst van zonnecellen is niet altijd even groot. Het gaat om een combinatie van drie aspecten die belangrijk zijn voor een goede opbrengst: de hellingshoek, de richting en het jaargetijde. De hoogste opbrengst krijgt men in de zomer als de cel onder een hoek van ongeveer 37 graden in zuidelijke richting wordt geplaatst.

Naast opbrengst zitten erin een silicium zonnecel ook veel verliezen. Deze verliezen zitten vooral in het silicium zelf. Silicium is namelijk een glimmende stof en reflecteert veel licht. Het toevoegen van een antireflecterende coating is daarvoor de oplossing. Daarnaast kunnen niet alle fotonen nuttig gebruikt worden, alleen de fotonen met hetzelfde energieniveau als het elektron dat moet worden vrijgemaakt worden werkelijk nuttig gebruikt. Als laatste heeft silicium een hoge interne weerstand en wordt het rendement van de zonnecel ongeveer 8% minder als het materiaal warm wordt door de zon.

Een belangrijke kanttekening bij de technische specificaties van zonnecellen is dat deze altijd beter zijn dan de cel werkelijk presenteert. Dit komt doordat een zonnecel getest wordt onder ideale omstandigheden in een laboratorium. Omstandigheden zoals een hoge zoninstraling die bijvoorbeeld in Nederland nooit gehaald kunnen worden. Wanneer men de markt voor zonnecellen bekijkt ziet men veel aanbod in kristallijn silicium. De aangeboden cellen zijn nagenoeg gelijk. De afmeting, diktes en het rendement variëren soms per cel.

Uit de computersimulatie bleek dat het merk zonnecel er niet zoveel toe doet, alleen het type. Voor een buitenverlichting is de beste optie om te kiezen voor een monokristallijne (silicium) zonnecel. De opbrengst van het silicium is nagenoeg gelijk voor iedere cel en is afhankelijk van de instraling en de periode in het jaar.

Wanneer men met zonnecellen gaat werken en rekenen zijn de juiste meteorologische gegevens nodig. Aan de hand van gegevens als bijvoorbeeld zonverdeling, het aantal zonuren en de instraling kan de opbrengst van de zonnecel worden gesimuleerd. Zo duurt een dag in de zomer ongeveer 16 uur en is de instraling van de zon circa 500 W/m^2 .

Een andere component die wordt toegepast in de standalone verlichting is de LED. De eerste LED werd in 1962 uitgevonden. De LED is net als een zonnecel een halfgeleider, maar werkt omgekeerde. Een zonnecel zet namelijk licht om in elektrische energie, de led doet dit precies andersom.

De LED technologie is nog steeds vol in ontwikkeling en wordt ook wel de lichtbron van de toekomst genoemd. LED's zijn er in verschillende soorten, maten en kleuren. Zo zijn er knipperLED's, twee-kleurenLED's, monochromatische LED's, hoge-helderheidsLED's en tegenwoordig ook krachtige powerLED's. Het materiaal waar de LED van gemaakt is bepaald veelal de kleur.

De LED of Light Emitting Diode heeft grote voordelen ten opzichte van de conventionele lichtbronnen zoals de gloeilamp, de TL-buis en de halogeenlamp. Enkele voordelen zijn de hoge efficiëntie, energiezuinigheid en een goede lichtopbrengst. Een nadeel van een LED is de spanningsval die de component veroorzaakt. In de technische specificaties wordt altijd een groot aantal branduren gegarandeerd. Een kanttekening bij deze specificatie is dat de lichtopbrengst van de LED zichtbaar minder is na 30% van zijn levensduur, terwijl het aantal branduren tot het einde van de levensduur wordt gemeten.

Een zonnecel gecombineerd met een LED's biedt goede mogelijkheden, maar het wordt pas echt interessant wanneer de energie van de cel opgeslagen kan worden in een batterij. Ook batterijen zijn er in alle soorten en maten. Logischerwijs zijn ze in te delen in twee categorieën: oplaadbare batterij en niet-oplaadbare batterijen, waarbij de laatste categorie nader bekijken is.

In de categorie oplaadbare batterijen is een grote diversiteit aan producten te vinden. De meeste gebruikte batterij was eerst de Nikkel-Cadmium batterij. De batterij beschikt over een goede capaciteit, maar bevat het zware metaal Cadmium. Omwille van het milieu zal deze batterij daarom ook niet meer gebruikt worden. Een goede vervanger is de Nikkel-Metaalhydride batterij. Deze batterij is veelvuldig herlaadbaar, heeft geen geheugeneffect en is milieuvriendelijk. Een nieuwe generatie krachtige oplaadbare batterijen worden gemaakt met Lithium. De lithium-ion batterij heeft een enorme opslagcapaciteit door de hoge energiedichtheid de batterij. De batterij is daarnaast milieuvriendelijk en vaak te herladen. De verbeterde versie van de ionbatterij is de Lithium-polymeer. Het nadeel van beide batterijen is de relatief hoge prijs en het gebruik van een speciale lader.

De werking van oplaadbare batterij is eigenlijk universeel. Ongeveer alle batterijen werken volgens het principe van een elektrochemisch cel. In een cel zijn twee vloeistoffen van elkaar gescheiden door een poreuze wand. In elke kamer die daardoor ontstaan hangt een elektrode: de anode en kathode. Wanneer beide kathodes met elkaar verbonden worden ontstaat in de batterij elektrische energie door de redox-reacties. Opladen gebeurt door de een omgekeerde redox-reactie in de cel.

Handige elektronica die nog wel eens wordt gebruikt in combinatie met batterijen en zonnecellen zijn de dc/dc converters en charge controllers. Een dc/dc converter heb je in de variant step-up of step-down. Dit houdt in dat de chip een inputspanning omhoog of omlaag transformeert tot een andere uitgangsspanning. Hierdoor is het mogelijk met een batterij van een te laag voltage toch een goede schakeling te bouwen. Een andere component is de zogenaamde charge controller. Een charge controller zorgt ervoor dat een batterij zichzelf niet stuk kan laden wanneer de batterij vol zit. Dit gebeurt door het omkeren van de stroomrichting. Tevens zorgt de charge controller er ook voor dat de batterij niet leeg kan lopen. Een onderdeel van de charge controller is de Maximum Power Point Tracker. De MPP Tracker zorgt ervoor dat een zonnecel altijd in zijn optimale werkpunt werkt door het uitlezen van verschillende vermogens.

Voor het kiezen van een batterij voor een standalone tuinverlichting is het belangrijk om de juiste criteria te stellen. Zo is het bijvoorbeeld belangrijk dat de batterij binnen een bepaalde tijd opladen is en geen last heeft van een geheugeneffect. Aan de hand van deze eisen kan de juiste batterij vastgesteld worden.

Nu alle belangrijke componenten voor de tuinverlichting aan bod zijn gekomen kan er verder gekeken worden naar manieren om energie op te wekken en licht uit te zenden. Naast zonne-energie is het ook mogelijk om elektriciteit op te wekken door middel van wind, water en bijvoorbeeld beweging. De mogelijkheden voor het uitzenden van licht zijn een stuk beperkter. Naast de conventionele lichtbronnen is alleen verbranding een goede optie.

Voor dat het daadwerkelijke ontwerpen kan beginnen is het noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van wat de consument belangrijk vindt bij het kopen van een tuinverlichting. Om een duidelijk beeld te krijgen van de consument is er een enquête opgesteld met vragen met betrekking tot productuitstraling en lichtbeleving.

Uit de enquête bleek dat mensen graag in de tuin zitten, met name in 's middag of 's avond in de periode lente en zomer. Het merendeel van de ondervraagde maakt gebruik van tuinverlichting. Een tuinverlichting moet middelmatig tot weinig licht geven en mag zichtbaar aanwezig zijn. Kwaliteit, onderhoudsvrij en functionaliteit zijn de belangrijkste aspecten voor een tuinverlichting.

Daarnaast voelen mensen zich ontspannen en genieten van de natuur en de gezelligheid. De sfeer in de tuin wordt beschreven door gezelligheid en romantiek. Het soort licht dat mensen kiezen bij de verschillende vragen sluit hierbij aan. Zo wordt sfeervol beschreven als warm, rustig en gezellig. LEDlicht, maanlicht, kaarslicht, een kampvuur en de ondergaande zon komen hierbij het meest naar voren. Grofweg kan men de keuzes indelen in twee categorieën: koud licht (blauw) en warm licht (rood).

Qua productuitstraling komen de natuurlijke verlichtingen sterk naar voren. Uit de enquête blijkt ook dat het grootste gedeelte van de ondervraagden vertrouwen heeft in een tuinverlichting op zonne-energie en geeft ook aan er een te zullen kopen. De verwachtingen met betrekking tot zonne-energie is zijn niet anders dan voor een normale verlichting. Een zonneverlichting mag meer kosten dan normale verlichting. Vervolgens zijn de resultaten met het softwarepakket SPSS geanalyseerd. Er zijn een aantal verbanden naar voren gekomen. De meeste essentiële verbanden liggen bij de parameters opleiding en leeftijd.

Inhoudsopgave

1	Alles over zonnecellen	24
1.1	Geschiedenis van de zonnecel	24
1.2	De zonnecel	25
1.3	Silicium	25
1.4	Halfgeleider	26
1.5	Dunne filmcellen	27
1.6	Het invallen van het licht	28
1.7	Cel versus paneel	28
1.8	De opbouw van zonnecellen	29
1.9	Soorten Zonnecellen	29
1.10	Maximale opbrengst	31
1.11	Verlies	31
1.12	Welke componenten zijn er nodig?	32
1.13	Kosten en levensduur	33
1.14	De markt	34
1.15	Testomstandigheden	38
1.16	Simulatie	38
1.17	Resultaten	39
1.18	Conclusie	41
2	Meteorologische gegevens	42
2.1	Aantal zonuren	43
2.2	De verdeling van de zonuren	44
2.3	De instraling van de zon	47
2.4	De hoeveelheid wind	49
2.5	De hoeveelheid onweer	50
2.6	Gemiddeld aantal daguren	51

3	Light Emitting Diodes	52
3.1	De basis	52
3.2	Belangrijke lichtparameters	53
3.3	Welke soorten LED's zijn er?	54
3.4	De markt	55
3.5	Beperkingen	58
3.6	Welke LED kan het beste toegepast worden in een buitenverlichting?	58
3.7	Andere lichtbronnen	59
4	Batterijen	61
4.1	Soorten batterijen	61
4.2	Universele werking	63
4.3	Hoe werken deze batterijen?	64
4.4	De markt	66
4.5	Elektronica	67
4.6	Verlies van energie	68
4.7	Wat is belangrijk voor een batterij in een buitenverlichting?	68
4.8	Welke batterij is het beste?	68
4.9	Belangrijke informatie	70
5	Lichtbeleving	71
5.1	Marktvisie	71
5.2	Lichtonderzoek: enquête	71
5.3	Enquête Lichtbeleving & Productuitstraling	72
5.4	Persoonlijke visie en verwachtingen	83
5.5	Resultaten	84
5.6	Gemiddelde	84
5.7	Statistische analyse	85
5.8	Conclusie	86
6	Eisen en wensen	88
6.1	Programma van Eisen en Wensen	89
6.2	De energiebalans	90
7	Bronvermelding	91

1 Alles over zonnecellen

Als eerste zal de geschiedenis van de zonnecel beschreven worden. Waarna vervolgens de globale werking van de cel wordt uitgelegd. Daarna zal ter verduidelijking dieper ingegaan worden op de scheikundige eigenschappen van het materiaal en de reacties die in de cel voorkomen. Tot slot zullen de andere onderzoeksvragen beantwoordt worden in dit hoofdstuk.

1.1 Geschiedenis van de zonnecel

Voordat er gekeken kan worden naar de werking van de zonnecel is het handig om in het kort de geschiedenis en de ontwikkeling van de zonnecel te schetsen. Hierdoor kan er een goed beeld gevormd worden van de techniek en de terminologie die daarbij hoort.

De ontwikkeling van de zonnecel begint in 1839 als Antoine-Cesar Becquerel ontdekt dat metalen plaatjes in een geleidende vloeistof onder belichting een spanning en stroom afgeven. Dit verschijnsel wordt ook wel het fotovoltaïsch effect genoemd, kortweg PV (Engelse afkorting). Ongeveer 38 jaar later ontdekken Adams en Day het PV effect in vast selenium. In 1883 vindt Charles Fritts de eerste echte zonnecel uit, een cel gemaakt van de halfgeleider selenium met een dun laagje goud. Hoewel het rendement van de zonnecel nog maar 1% bedraagt, is er een visie ontstaan: energie kan worden opgewekt op een schone manier'.

In 1904 publiceert Albert Einstein zijn foto-elektrische (fotovoltaïsch) theorie. In deze theorie stelt hij dat een photon (licht) in staat is een elektron los te maken. In 1916 wordt de theorie van Einstein wetenschappelijk bewezen. Het foto-elektrische effect is de basis voor de werking van de zonnecel.

In de daarop volgende periode wordt er veel onderzoek verricht aan de zonnecellen. Zo wordt er gebruikt gemaakt van halfgeleiders koperoxide, cadmiumsulfide en loodsulfide in plaats van selenium. Ondanks al het onderzoek blijft de verhouding tussen de geleverde elektrische energie en de ontvangen energie (het rendement) hangen rond de 1%.

In 1941 vindt Russell Ohl voor Bell Labs de siliciumcel uit. Hij ontdekt per toeval dat het PV effect ook in silicium optreedt als het materiaal zuiver' genoeg is. In 1954 bereiken Chapin, Fuller en Pearson opnieuw voor Bell Labs een doorbraak met siliciumcellen door op gecontroleerde wijze een ondiepe p-n overgang te maken. In de zon halen deze cellen een rendement van 6%.

Niet lang daarna probeert Hoffman Electronics zonne-energie toe te passen in de consumentenmarkt. De operatie draait uit op een mislukking door de hoge kosten van de energie. In 1958 doet de zonnecel zijn intreden in de ruimtevaart. Zonne-energie wordt gebruikt voor de elektriciteitsvoorziening van satellieten met een rendement van 12%. Vanaf dat moment is de zonnecel niet meer weg te denken uit de ruimtevaart.

In de jaren 80 werden steeg het rendement van de zonnecel naar 20% door het gebruik van gallium arsenide. Sinds die tijd is de ontwikkeling hard gegaan. Vandaag de dag zijn er supercellen met een theoretisch rendement van 85%. Daarnaast begint ook de zonne-energie in de consumentenmarkt begint op gang te komen.

1.2 De zonnecel

De zonnecel werkt via het fotonvoltaïsch effect. Het woord fotonvoltaïsch is afkomstig van het Engelse woord Photovoltaic en bestaat uit het woord photo (licht) en voltaic (elektriciteit). Het principe van de zonnecel is dus letterlijk lichtelektriciteit, de omzetting van licht naar elektriciteit.

Zonnecellen zijn gemaakt van speciale materialen, de zogenaamde halfgeleiders. De meeste gebruikte halfgeleider vandaag de dag is het materiaal Silicium. De cel zelf bestaat uit twee lagen silicium die op elkaar ligt. Een N-laag en een P-laag, beide ontstaan door een chemische toevoeging aan het silicium. Tussen deze twee lagen ontstaat een spanningsverschil en wanneer men deze lagen met elkaar verbindt (de kring sluit) gaat er een stroom lopen. Doordat het licht op het silicium schijnt ontstaan er in het materiaal extra elektronen waardoor de stroom 'vervoerd' kan worden.

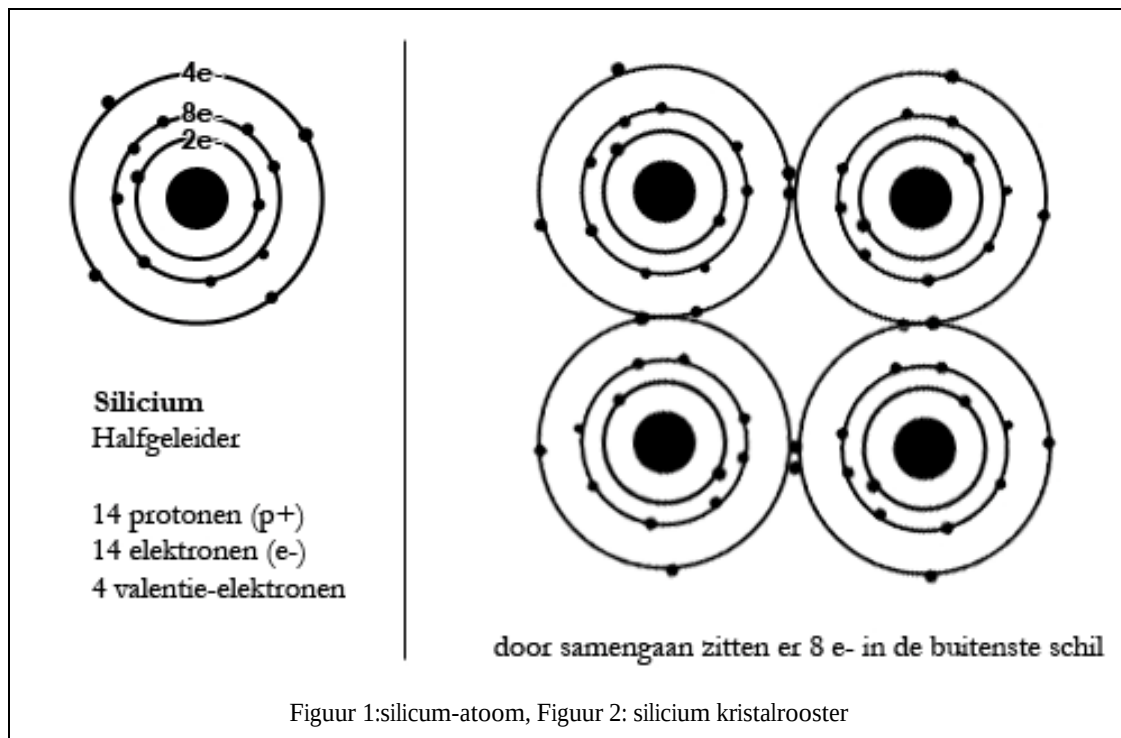
1.3 Silicium

Silicium (Si) is een stof die terug te vinden is het scheikundige periodiek systeem der elementen en behoort tot de niet metalen. Voordat er dieper ingegaan wordt op het PV effect van silicium is de opbouw van het atoom belangrijk.

Silicium is een atoom dat speciale chemische eigenschappen heeft en de volgende chemische samenstelling: het atoom bevat in totaal 14 elektronen die verdeelt zijn over drie schillen rond de kern (zie figuur 1). De binnenste twee schillen zijn volledig opgevuld met elektronen. De buitenste schil daarentegen is maar voor de helft gevuld met totaal vier elektronen, de valentie-elektronen.

Valentie-elektronen zijn elektronen in de buitenste die in staat zijn een covalente binding aan te gaan met andere elektronen. Dit houdt in dat de valentie-elektronen even sterk zijn aangetrokken tot de beide atomen. Een covalente binding houdt in dat beide schillen als het waren in elkaar samensmelten tot één schil.

Een siliciumatoom zal altijd proberen de buitenste schil vol te krijgen. Om dit klaar te spelen zal het atoom zijn elektronen delen met andere silicium atomen. Hierdoor grijpen de Si-atomen als het ware in elkaar. Er ontstaat een kristallijne structuur, een rooster. Dit rooster is afgebeeld in figuur 2. Het kristallijne rooster is een van de belangrijkste dingen voor het fotonvoltaïsch effect.



1.4 Halfgeleider

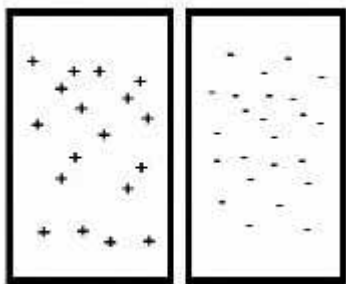
Halfgeleiders zijn materialen die in zuivere vorm heel slecht geleiden en enkel door verhoging van de temperatuur het beter gaan doen. Wanneer men silicium goed geleidend wil hebben moet men het kristallijne rooster gaan vervuilen met andere atomen: doperen.

Bekend is dat silicium in de buitenste schil vier valentie-elektronen heeft en in het rooster verbonden is met vier andere atomen. Wanneer er het rooster gedoteerd wordt een atoom met vijf elektronen in de buitenste schil zal er één valentie-elektron geen binding aan kunnen gaan. Het ongebonden elektron is dus een *vrij elektron*. Het geleiden van elektrische stroom vindt plaats door deze vrije elektronen.

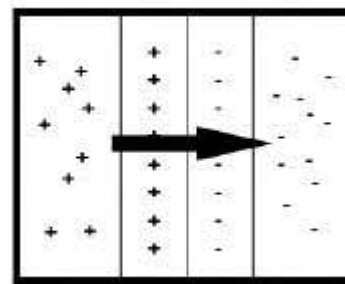
Wanneer men het silicium dus gaat doperen met een vijfwaardig atoom krijgt men n-silicium. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld fosfor, arsenicum of antimoon gebruikt worden. De n staat voor negatief-silicium en dankt zijn naam aan het feit dat er teveel elektronen in de stof zitten. Aangezien een elektron negatief geladen is ontstaat er negatief-silicium.

Het omgekeerde wordt gedaan bij het maken van p-silicium. Het materiaal wordt gedoteerd met driewaardige atomen (aluminium, gallium, boor of indium). Hierdoor zijn er dus in het materiaal te weinig elektronen, in de stof bevinden zich zogehete gaten. Ondanks dat er geen vrije elektronen aanwezig zijn in het P-silicium kan er toch stroom gaan lopen. Gaten zijn namelijk positief geladen door het ontbreken van een elektron. De (negatieve) elektronen breken daardoor los van het atoom en springen naar een positief gat in een buuratom. Zodoende zullen verschillende elektronen verspringen en kan er een stroom gaan lopen. Vanwege het ontbreken van elektronen in het silicium heet dit materiaal dan ook positief-silicium.

Voordat de p- en n-laag in contact met elkaar komen zijn ze beide elektrisch neutraal. Wanneer het positieve en negatieve silicium met elkaar in contact worden gebracht ontstaat er een verbinding, de *pn-overgang*. Een deel van de vrije elektronen van het n-silicium springen in de gaten van het p-silicium, er ontstaat een barrière tussen het n- en p-silicium die het moeilijker maakt voor de elektronen om over te steken. Deze barrière groeit tot dat er een evenwicht bereikt is. De barrière wordt ook wel de *verarmingslaag* genoemd. Wanneer het evenwicht bereikt is ontstaat er een elektrisch veld tussen de beide kanten. Dit komt doordat de beide lagen elektronen en gaten afgestaan hebben aan de verarmingslaag. Hierdoor zijn de p- en n-laag niet meer neutraal. Doordat verarmingslaag niets doorlaat werkt het geheel nu als een diode. Door het toevoegen van een uitwendige spanning kan er een stroom gaan lopen.



Figuur 3: gedoteerd silicium

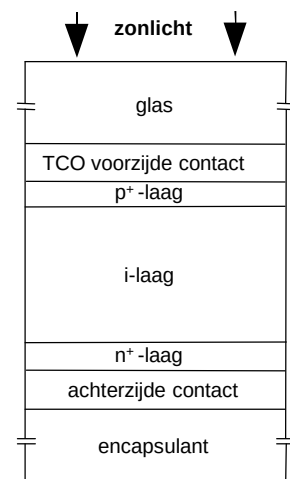


Figuur 4: ontstaan van de pn-overgang

1.5 Dunne filmcellen

Naast de kristallijne cellen is er nog een ander alternatief. De zogenaamde dunne filmcellen. Materialen die veelal gebruikt worden voor dit soort cellen zijn cadmiumtelluride, koperindiumdiselenide en dunne-film silicium. Vanwege het milieu aspect wordt silicium het meeste gebruikt. Er zijn op het moment twee soorten dunne-film cellen van silicium: amorf en microkristallijn silicium.

Dunne-film cellen zijn cellen die worden vervaardigd door een depositie (neerslag) op een substraat met behulp van de PECVD techniek, beter bekend als Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition. De techniek werkt als volgt. Het siliciumhoudende gas Silaan (SiH_4) wordt ontleed in een radiofrequent plasma. De reactieproducten worden vervolgens gedeponeerd op het substraat. Naast deze techniek is bestaat er nog een tweede techniek: de Hot Wire Chemical Vapor Deposition (HWCVD) techniek. Deze techniek werkt tevens met een siliciumhoudend gas, alleen dit maal wordt het katalytisch ontleed met een hete draad. Een voordeel van deze techniek zijn de hoge depositiesnelheden ten opzichte van PECVD.



Figuur 5: opbouw filmcel

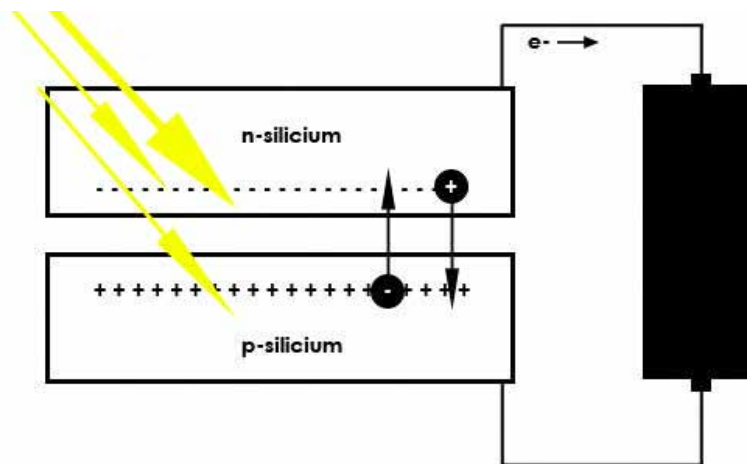
Een dunne-film bestaat uit aantal verschillende lagen en vertoont veel overeenkomsten met een kristallijne cel. Zo bevat de filmcel een P- en N-laag. Daartussenin bevindt zich de lichtabsorberende laag ook wel de intrinsieke laag genoemd.

Een afkorting die daarom vaak gebruikt wordt is PIN. PIN staat voor de volgorde van de achtereenvolgende lagen, namelijk P – Intrinsiek – N. Naast deze drie lagen bevat een filmcel ook nog twee contacten die zorgen voor het elektronen transport en het sluiten van de stroomkring. Dit alles is weergegeven in figuur 5.

Een voordeel van dunne-film cellen is dat de kosten een stuk lager dan die van kristallijne cellen en dat de cellen flexibel zijn. Daar staat echter tegenover dat het rendement van de dunne-film cel lager is dan die van een mono- of multikristallijne zonnecel en dat de fabrieksgarantie een stuk korter is. Voor amorf-silicium wordt vaak een garantie gegeven van vijf tot tien jaar. Voor niet-amorfe cellen geldt vaak het dubbele.

1.6 Het invallen van het licht

Albert Einstein stelde in 1904 al dat een foton in staat was een elektron uit de kern los te maken. Wanneer er zonlicht (in de vorm van fotonen) op de cel valt, zal één foton exact één elektron los maken uit de p-laag. Wanneer het losmaken van dit elektron dicht genoeg bij het elektrische veld gebeurt zal het elektron door het veld naar de n-laag gestuurd worden. Hierdoor ontstaat er een gat in de p-laag en wordt het spanningsverschil tussen de beide lagen groter. Door een verbinding te maken tussen de beide lagen willen de elektronen graag terug naar de oorspronkelijke p-laag om de gaten op te vullen. De elektronen die uiteindelijk gaat lopen noemen we de amperage. De spanning van het elektrische veld het voltage. Door het product van voltage en amperage ontstaat elektriciteit.



Figuur 6: globale werking van een zonnecel

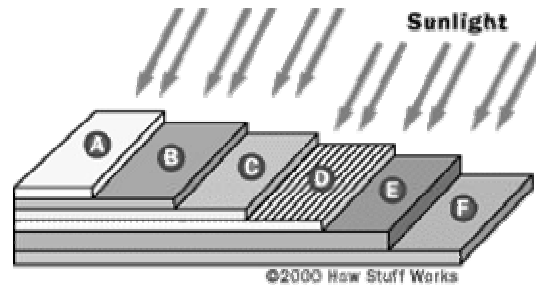
1.7 Cel versus paneel

In het verdere onderzoek zullen de termen paneel en cellen nog vaker naar voren komen. Het is zaak dat deze termen juist begrepen worden. Wanneer in het onderzoek over een cel gesproken wordt, wordt daarmee een enkele zonnecel bedoeld. Een paneel daarentegen is een aaneenschakeling van cellen. Panelen worden vaak ook weer aan elkaar geschakeld. Deze aaneenschakeling noemt men een module. Modules worden vaak toegepast om bijvoorbeeld huizen van stroom te voorzien. Een module bestaat dus uit serieschakeling van een (groot) aantal losse panelen met daarin een serie cellen. In het kader van de opdracht zal de informatie voornamelijk toegespitst worden op losse cellen en niet op grote modules.

1.8 De opbouw van zonnecellen

Alle belangrijke facetten van de cel zijn reeds besproken. Voor een volledig beeld van de zonnecel zal nu de opbouw van een standaard siliciumcel worden besproken. In het onderstaande figuur is te zien dat de cel opgebouwd is uit zeven lagen. Deze lagen zijn gekenmerkt met de letters A tot en met F.

De bovenste laag van de cel (A) is een thermosgeharde glasplaat. Deze glasplaat beschermt de cel tegen verschillende weersomstandigheden die de zonnecel kunnen beschadigen. Onder de glasplaat bevindt zich de antireflecterende coating die ervoor zorgt dat het fotonenverlies tot een minimum wordt beperkt.



Figuur 7: opbouw kristallijnen zonnecel

Daaronder bevindt zich het bovenste contactgedeelte voor het creëren van een stroomkring. Het contact wordt opgevolgd door de laag met de letter D. Logischerwijs bevindt zich hier het n-silicium gevolgd door het p-silicium (letter E). De laatste laag van de zonnecel bestaat uit het onderste contact. Aan de achterkant is het contact wederom beschermd met een glasplaat (niet zichtbaar in het figuur). De beide glasplaten veroorzaken het grote gewicht en de hoge prijs van de zonnecel.

1.9 Soorten Zonnecellen

Momenteel zijn er veel verschillende soorten zonnecellen te vinden. Toch worden er maar een paar van de opties daadwerkelijk op de consumentenmarkt toegepast. Dit komt omdat de meeste zonnecellen op het moment in ontwikkeling zijn. Daardoor zijn de cellen niet betaalbaar en/of rendabel. De meeste gangbare zonnecellen worden momenteel gemaakt van silicium. De consumentenmarkt bestaat voor 85% uit mono- en multikristallijn silicium, de overige 15% is voor amorf silicium. De andere technieken zijn reeds verouderd of worden alleen gebruikt voor hele specifieke toepassingen zoals bijvoorbeeld de ruimtevaart. Een overzicht van de cellen is weergegeven in tabel 1.

Naam	Afk.	Lab Rendement	Cellen
Monokristallijn Silicium	c-Si	25%	13-16%
Deze cel is gemaakt van siliciumplakken die uit een donkerblauw monokristal worden gezaagd. De cel maakt gebruik van een enkel siliciumkristal met een gelijke matige structuur. Het materiaal is star.			
Multikristallijn Silicium	mc-Si	20%	12-14%
In de multikristallijnen zonnecellen wordt de cel opgebouwd uit verschillende gegoten siliciumkristallen. Door het stollen ontstaan er verschillende kristalgebieden. Regelmatig wordt deze manier toegepast om te besparen op de kosten t.o.v. een monokristallijnen cel. Ook hier is het materiaal star.			
Amorf Silicium	a-Si	14%	6-9%
Ook deze cel wordt meestal gebruikt voor het drukken van de kosten. Het verschil tussen een kristallijnen en amorfe cel is dat de amorfe cel geen kristalstructuur bezit. Dit komt omdat het materiaal opgedampt wordt en daardoor gemakkelijk in grote hoeveelheden geproduceerd kan worden. Het materiaal is minder star en meer flexibel. Amorf-silicium is een dunne-film cel.			
Silicium-Germanium	Si-Ge	14%	6-9%
Door het toevoegen van germanium worden de zonnecellen betrouwbaarder. Daarnaast worden ze goedkoper omdat maar de helft van het silicium gebruikt hoeft te worden. Deze toepassing is redelijk ouderwets en wordt nog weinig gebruikt.			
Koper-Indium-Diselenide	CIS	18%	9-11%
Cadmium-Telluride	Cd Te	16%	7-9%
Zowel CIS als Cd-Te lijken op de dunne siliciumfilm. Beide cellen zijn eveneens gemaakt van dunne film. Toch geniet silicium de voorkeur vanwege het feit dat het veel voorkomt en dat het niet giftig is.			
Dunne film kristallijn Silicium	f-Si	10-17%	---
Deze zonnecel is opgebouwd uit verschillende hele dunne plakjes amorf silicium die bewerkt zijn om de structuur te verbeteren. Dit gebeurt door aanpassingen in het depositieproces. Op het moment zijn deze cellen nog in ontwikkeling.			
Kleurstof gesensibiliseerde zonnecellen	DSC	6-8%	2-3%
Kleurstofcellen zijn opgebouwd uit een poreuze structuur van nanokristallijnen TiO ₂ deeltjes met daarop een lichtabsorberende kleurstof in een elektrolyt. Door het invallen van fotonen wordt in de kleurstof energie gepompt dat een elektron afgeeft aan het TiO ₂ netwerk. Het elektron wordt afgevoerd naar de buitenwereld en het elektrolyt sluit de 'cirkel'.			
Organische (Polymere) Zonnecellen	OZC	4%	---
Werken in principe vergelijkbaar met een siliciumhalfgeleider in de vorm van een dunne film. Alleen dit maal wordt de het silicium vervangen door een polymere halfgeleider. Het voordeel van die polymere cel is dat het milieu meer gespaard wordt, het qua gewicht lichter is en goedkoper te produceren is.			
Gallium-Arsenide	Ga-As	>20%	>20%
Deze cellen worden alleen toegepast in de ruimtevaart en bij experimenten vanwege de enorm hoge kosten die verbonden zijn aan het gebruik. Voor commerciële toepassingen is de Ga-As cel onbetaalbaar.			

Tabel 1: overzicht van verschillende zonnecellen

1.10 Maximale opbrengst

De opbrengst van een zonnepaneel (groep cellen) wordt uitgedrukt in de grootste piekvermogen met als eenheid Wattpiek (Wp) en hangt onder andere samen met de oppervlakte van het paneel en de kristalstructuur. Het piek vermogen is het maximaal elektrisch vermogen dat een zonnecel kan leveren. De juiste condities en de hoeveel instraling staan daarbij vast.

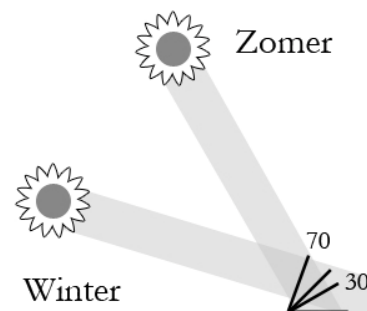
Hoeveel een paneel opbrengst heeft onder andere te maken met de instraling, maar daarbij komen nog de volgende factoren:

- o Hellingshoek van het paneel
- o De jaargetijden
- o De richting van het paneel

Hellingshoek van het paneel

Zoals in figuur 8 te zien is staat de zon in de winter lager door de stand van de aarde. In de zomer staat de zon hoger aan de hemel. Hierdoor is de 'schijnhoek' van de zon in de winter anders dan in de zomer. Om de cel zo effectief mogelijk te gebruiken moet de cel goed op de zon gericht staan.

In de zomer is het wenselijk om voor een optimale opbrengst een hoek van ongeveer 30-40 graden te kiezen. In de winter is een grotere hoek nodig van ongeveer 70 graden.



Figuur 8: instralingshoek

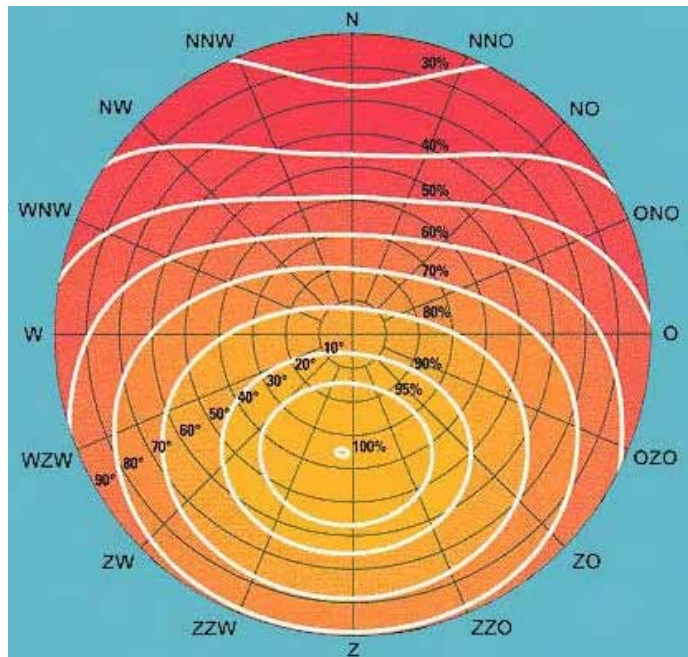
De richting van het paneel

Naast de eerder genoemde punten is het ook belangrijk dat rekening gehouden wordt met de richting van het paneel. Wat is nou de beste richting? In figuur 9 zijn een aantal procenten te zien. Dit zijn het percentage van de maximaal haalbare instraling. Te zien is dat de beste richting in de zomer 37 graden met de horizontaal gericht op het zuiden is. Hier wordt bijna 100% instraling behaald, het maximaal haalbare. Ondanks het feit dat een zonnecel de maximale instraling kan bereiken betekent het niet dat de cel ook alle energie omzet. Er treedt verlies op.

1.11 Verlies

Het invallen van het licht brengt in combinatie met het silicium echter wel een probleem met zich mee. Silicium is van nature een erg glimmende stof. Dit betekent dat licht wat op het silicium gedeeltelijk teruggekaatst wordt door het glanzende oppervlak. Hoe meer licht er teruggekaatst wordt, hoe minder fotonen door het silicium worden geabsorbeerd. Dit betekent dus ook dat er minder elektriciteit door de cel geleverd kan worden. Om het 'verlies' van fotonen te beperken wordt er op het silicium een antireflecterende coating geplaatst. Hierdoor wordt het verlies beperkt tot minder dan vijf procent.

Toch verliest een zonnecel nog relatief veel energie. Zoals eerder beschreven heeft silicium een foton nodig om een elektron los te maken. Licht is niet monochromatisch en bestaat uit verschillende golflengtes (kleuren). Iedere kleur heeft zijn eigen golflengte en daarmee zijn eigen hoeveelheid energie. Dit betekent dat de fotonen die op het silicium invallen allemaal een verschillende hoeveelheid energie bezitten. Voor het los maken van een elektron is een bepaalde hoeveelheid energie nodig bepaald door het materiaal (voor c-Si is dat 1.1 eV, voor a-Si 1.8 eV nodig). Dit houdt in dat fotonen die te weinig energie bezitten



Figuur 9: instralingsroos

geen elektron los maken en dwars door het materiaal heen gaan. Ook fotonen met teveel energie hebben weinig effect, alleen de golflengte met de juiste energie is effectief. Kortom, het grootste gedeelte van het zonlicht wordt niet effectief gebruikt door de zonnecel. Een oplossing hiervoor is het stapelen van lagen met verschillende energieniveaus. Dit soort cellen worden tandemcellen genoemd. Door de tandemconstructie worden meer fotonen nuttig gebruikt.

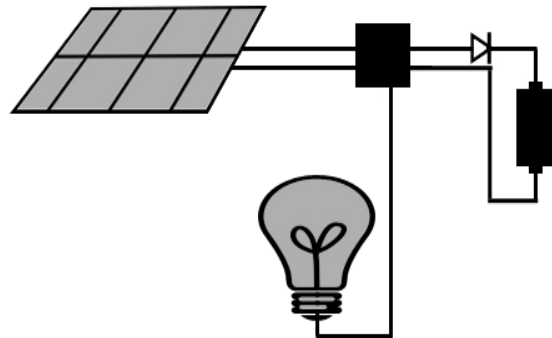
Een ander verschijnsel bij de huidige siliciumcellen heeft te maken met het opwarmen van de cel. In de volle zon gaat het rendement van de cel omlaag met ongeveer acht procent. Dit houdt dat een zonnecel met 16% rendement in de volle zon nog een rendement van 14,7% heeft. Het opwarmen van de cel zorgt dus voor een klein verlies, een goede koeling is van belang (met name bij grote systemen). Door dit verschijnsel en de lagere instraling van de zon in Nederland ligt het rendement van de cellen in praktijk ongeveer 50% lager dan het rendement dat de fabrikant garandeert.

Naast het licht zitten er ook nog verliezen in het contact. De elektronen moeten namelijk van de p- naar de n-kant van de cel door een externe kring, dit is een lange weg. Daarnaast is silicium een halfgeleider met een hoge interne weerstand voor elektriciteit. Een hoge weerstand staat gelijk aan hoge energieverliezen.

1.12 Welke componenten zijn er nodig?

Om een autonome werkend systeem te maken zijn er een aantal componenten nodig. In het kader van de opdracht wordt er uitgegaan van een autonoom werkende verlichting. Dit zijn de componenten die nodig zijn. In figuur 10 staat schematisch weergegeven hoe de componenten zijn opgebouwd.

- o **Zonnecel**
Opwekken van energie.
- o **Batterij charge controller**
Dit systeem voorkomt onder andere dat de batterij niet leeg loopt. Daarnaast voorkomt oververhitting van de batterij doordat er teveel energie gegenereerd wordt door de cel.
- o **Kabels**
Transport van energie.
- o **Diode**
Zorgt ervoor dat de energie alleen naar de batterij toe kan en niet meer wegvloeit.
- o **Accu**
Opslag en behoud van energie.
- o **Lichtbron**
Component die op het systeem is aangesloten.



Figuur 10: een PV-systeem

Een component die in het overzicht niet is genoemd is de DC/AC Converter. Deze converter zal niet worden toegepast in een buitenverlichting. De component is in het kader van de opdracht niet nodig, maar wanneer men het systeem ook koppelt aan het lichtnet is een DC/AC Converter belangrijk.

De meeste huishoudelijke apparaten werken namelijk op de wisselspanning van het lichtnet. Het zonnepaneel levert een gelijkspanning op. De spanning is dan niet te gebruiken en moet daarom worden omgezet in een wisselspanning die overeenkomt met die uit het stopcontact. Dit is de taak van de DC/AC converter.

1.13 Kosten en levensduur

De kosten zijn natuurlijk heel erg verschillende per zonnecel. Voor een enkele zonnecel kan ongeveer twee euro per wattpiek als richtlijn aangehouden worden. Over het algemeen is het ook zo dat de kosten van een zonnecel vooral gaan zitten in het beschermingglas. Het gaat hier namelijk om thermosgehard glas. Dit glas wordt ook gebruikt voor de ruiten van auto's en is bestand tegen het weer en impact van objecten. Wanneer men gebruikt gaat maken van gekoppelde PV systemen gaan de kosten richting minimaal 300 euro. Later in dit onderzoek zullen verschillende voorbeelden aan de orde komen.

De levensduur van kristallijne zonnecellen en modules is vrijwel overal gelijk. De meeste fabrikanten geven een garantie van (ruim) 20 jaar op het vermogen. De garantie op de cel zelf is meestal iets korter. Eerder werd al duidelijk dat dunne-film cellen een kortere garantie hebben.

1.14 De markt

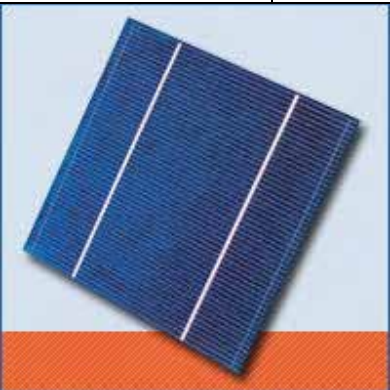
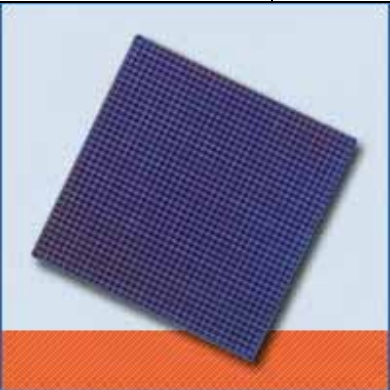
Tijdens de marktverkenning kwam er een belangrijk feit naar voren, de markt voor zonne-energie is aan het groeien. Het is nu zo dat er een schaarste is aan zonnecellen en zelfs aan de grondstof silicium. Dit gegeven is belangrijk om in het achterhoofd te houden voor de toekomst.

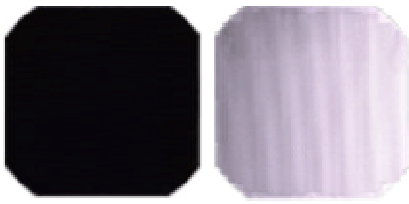
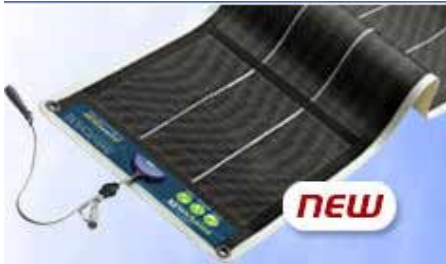
Leveranciers

Het Internet zit eigenlijk vol met online verkooppunten en leveranciers. Voorbeelden hiervan zijn conrad.nl, pvshop.nl, howstuffworks.com, siemens.nl, solarned.nl en solarbuzz.com. De laatste site geeft een uitgebreid overzicht van verkopers en producenten wereldwijd. Opvallend is dat de meeste leveranciers geen losse cellen verkopen, maar volledige installaties. Veelal kunnen deze installaties toegepast worden in huizen. Kortom, alleen op grote schaal en erg duur. Voor het overzicht zijn een aantal producten van leveranciers meegenomen. Om aan losse zonnecellen te kunnen komen moet er dus gezocht worden bij de bron: de producent.

Bedrijf	Soort systeem	Systeemprijs
Easysolar.nl	Easysolar Basis (Doe-het-zelf)	€2665,-
	Aantal panelen: 4 Oppervlakte panelen: 3.5 m ² Vermogen: 440 Wp Stroomopbrengst: 308 kWh/jaar Uitvoering: op bestaand dak Dak type: plat of schuin Display: niet inbegrepen	
Beldezoon.nl	Console, Suprasole	€2950,-
	Type paneel: NE-Q5E2E Fabrikant: Sharp Aantal panelen: 3 Vermogen: 495 Wp Stroomopbrengst: 308 kWh/jaar Uitvoering: op bestaand dak Dak type: plat of schuin Display: niet inbegrepen	
Bruno-wilders.nl	KS10	
	Vermogen: 10 Wp Spanning: 16,3 V Stroom: 0,61 A Open klemspanning: 20,7 V Kortsluitstroom: 0,66 A Lengte: 413 mm Breedte: 352 mm Hoogte: (inclusief aansluitdoos) 22 mm Gewicht: 1,9 Kg	

Bedrijf	Zonnecel
Ersol.de	Solarzelle Blue Power
	Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 156 x 156 mm Formaat: Pseudo-vierkant Dikte: 250 μm Contact voorkant: 2 mm zilver Contact achterkant: 5mm zilver Rendement: 13.5-15.5%
Ersol.de	Solarzelle Blackpower
	Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 156 x 156 mm Formaat: Pseudo-vierkant Dikte: 260 μm Contact voorkant: 2 mm zilver Contact achterkant: 5mm zilver Rendement: 14.1-16.6%
Dutchsolar.com	Zonnecel 4 Inch
	Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 103 x 103 mm Formaat: Pseudo-vierkant Dikte: 315 μm Gemiddeld vermogen: 1.58 W Maximale stroom: 3.290 A Test Voltage: 0.48 V
Dutchsolar.com	Zonnecel 5 Inch
	Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Formaat: Pseudo-vierkant Dikte: 315 μm Gemiddeld vermogen: 2.22 W Maximale stroom: 4.620 A Test Voltage: 0.48 V

Photovoltech.be	Maxis	
		Materiaal: Multikristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Formaat: Vierkant Dikte: 330 μ m Vermogen: 2.55 Wp Rendement: 16.3%
Photovoltech.be	Maxis BC+	
		Materiaal: Multikristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Formaat: Vierkant Dikte: 330 μ m Vermogen: 2.40 Wp Rendement: 15.4%
Microsolpower.com	156 Mpsq	
		Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 103 x 103 mm Formaat: Vierkant Dikte: 550 μ m Vermogen: 3.20-3.70 Wp Rendement: 13.5-15.4%
Gepower.com	6" Solarcell	
Geen foto beschikbaar		Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 155 x 155 mm (6") Formaat: Pseudo-vierkant Dikte: 550 μ m Vermogen: 3.3 W Rendement: 13.5-15.4%

Enitecologie.it	Eurosolare CP 125 N
Geen foto beschikbaar	
Code: 2144 Materiaal: Multikristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Gemiddeld rendement: 14.8% Vermogen: 2.34 W	
Sunpowercorp.com	A-300
 Front Side Back Side	
Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Dikte: 270 µm Efficiëntie: 21.5% Vermogen: 3.1 W Contact: volledig aan de achterkant	
Solterra.ch	SMC 125t
	
Materiaal: Monokristallijn Silicium Afmetingen: 125 x 125 mm Dikte: 300 µm Efficiëntie: 14.5% Vermogen: 2.05 W	
Uni-solar.com	Flexible Thin Film FLX-5
	
Materiaal: Amorf Silicium Afmetingen: 541 x 247 mm Vermogen: 5 Wp Gewicht: 0.5 Kg Garantie: 5 jaar	
Icpsolar.com	Powerflex 5 Watt
	
Materiaal: Dunne film Afmetingen: 569 x 254 mm Vermogen: 5 Watt Werkspanning: 16.5 V Gewicht: 0.72 Kg Garantie: 3 jaar	

1.15 Testomstandigheden

Een andere belangrijke wetenswaardigheid over zonnecellen zijn de testomstandigheden (STC). In een laboratorium worden zonnecellen altijd getest met ideale omstandigheden. Het rendement van de cellen wordt daar ook op gebaseerd. In het laboratorium wordt gemeten met celtemperatuur van 25 °C, een zoninstraling van 1000 W/m², een luchtmassa van 1.5 en de wind snelheid wordt gedefinieerd als TBA. In praktijk worden deze omstandigheden nooit gerealiseerd, hierdoor komt het rendement dus een stuk lager uit. Welke factoren het rendement beïnvloeden is terug te vinden in de paragraaf 'verlies'.

1.16 Simulatie

Om te weten te komen wat de opbrengst in van een gemiddelde cel is het mogelijk om door middel van computersoftware een simulatie te maken van een willekeurig zonnepaneel. Hiervoor is gebruik gemaakt van een programma waar de instraling kan worden gesimuleerd op verschillende plaatsen in de wereld. In figuur 27 is te zien welke instellingen er gedaan zijn voor de simulatie.

Voor de simulatie is er uitgegaan van de weersomstandigheden in Nederland. Binnen Nederland is gekozen voor een centraal gelegen plek, namelijk de Bilt. Vanwege het feit dat ongeveer alle kristallijnen siliciumcellen (bij benadering) dezelfde opbrengst hebben, is er maar één zonnepaneel gesimuleerd. De uitkomsten zullen dus voor iedere zonnecel op zich nagenoeg het zelfde zijn en kunnen worden doorgetrokken naar andere kristallijnen cellen.

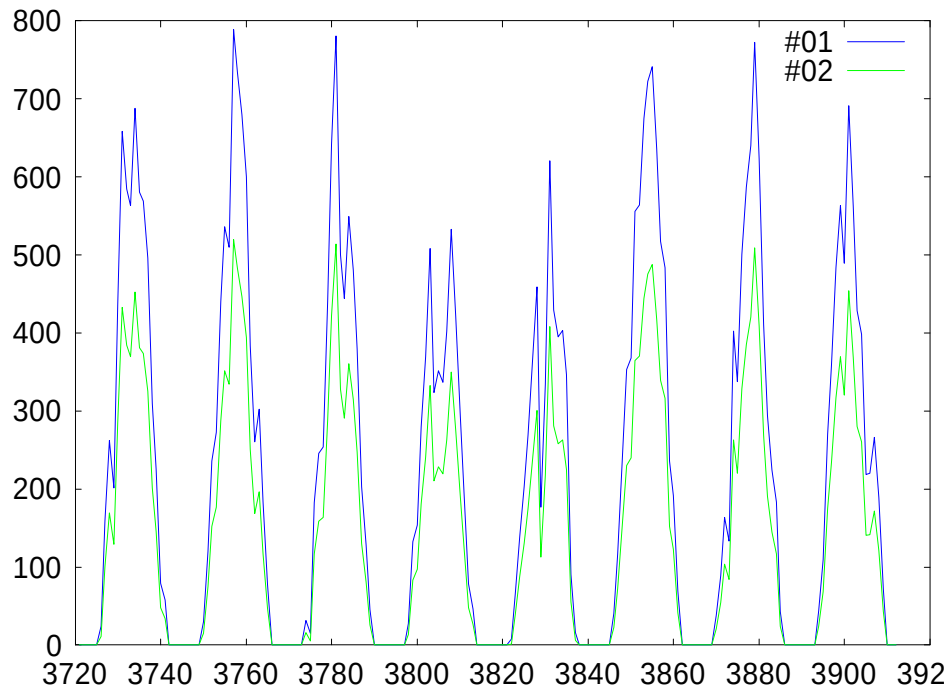
The screenshot shows the 'Meteorological Database' application window. It has a menu bar with 'Edit' and 'Help'. Below the menu bar is a section titled 'Restrictions for the data search:' with input fields for Latitude (From -90.00 to 90.00), Longitude (From -180.00 to 180.00), Height (From -500 to 9000), Continent (Europe), and Region (Netherlands). Below this is a section for 'Current location data:' with fields for Latitude (52.10), Longitude (5.18), Height (40), Continent (Europe), Region (Netherlands), and Location (De Bilt). To the right of the location data is a section titled 'Current meteorological data:' which contains a table of monthly data.

	G (kWh/m ²)	T (°C)	T (Min)	T (Max)	p (cm)	v (m/s)
January	25	1,4	-0,8	4,3	7	
February	53	2,3	-0,8	5,3	5	
March	94	5,3	1,2	9,5	4	
April	149	9,9	4,3	13,4	5	
May	195	12,7	7,6	17,8	5	
June	218	15,8	10,6	20,9	5	
July	194	17,4	12,7	22,1	8	
August	179	17,2	12,6	21,9	9	
September	123	14,7	10,2	19,2	7	
October	72	10,4	6,6	14,1	7	
November	33	6,1	3,3	8,9	7	
December	21	3,0	0,6	5,4	6	

Figuur 27: instellingen van de simulatie software

1.17 Resultaten

In het kader van de opdracht zijn er drie verschillende simulaties uitgevoerd voor drie periodes: winter, lente en zomer. Door het nemen van deze periodes is de opbrengst van een zonnepaneel voor ongeveer het hele jaar zichtbaar gemaakt. Voor alle simulaties geldt dat ze zijn uitgevoerd voor de 5^{de} tot de 12^{de} van een maand. De onderstaande grafieken zijn de simulaties voor respectievelijk juni, april en januari. Alle simulaties gelden voor het jaar 2005.



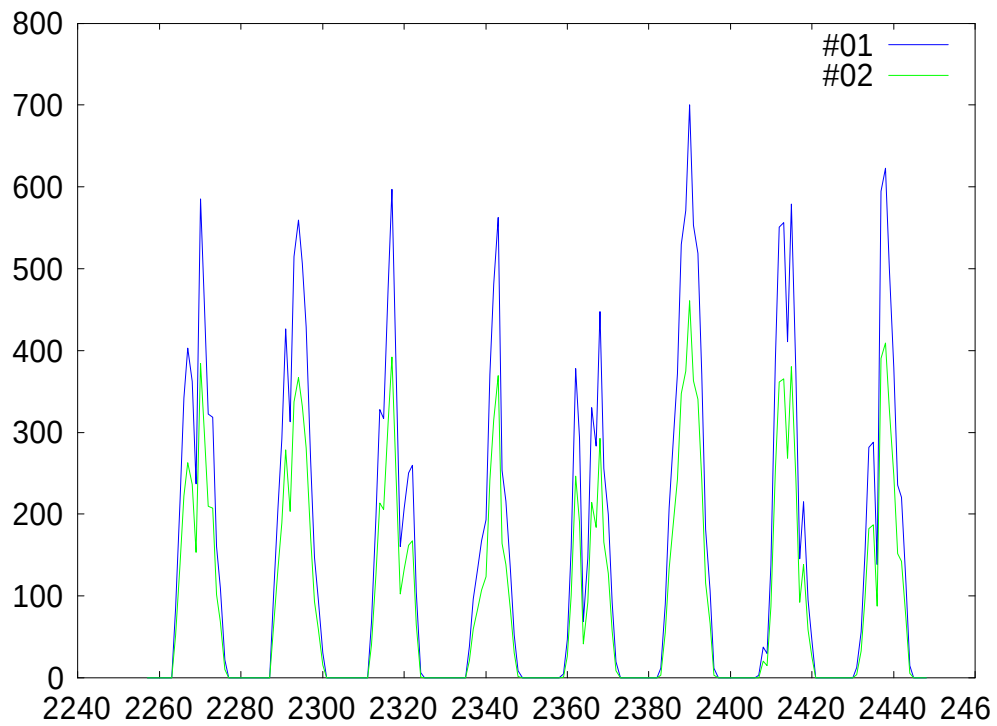
Figuur 28: een simulatie van een zonnecel in juni 2005

In de grafieken zijn twee plots zichtbaar. Een blauwe en een groene lijn. De blauwe lijn staat voor de gesynthetiseerde instraling die gehaald kan worden op de des betreffende dag (W/m^2). De groene lijn geeft weer hoeveel vermogen (in Watt) de zonnecel oplevert met de gegeven instraling. Een kanttekening bij deze berekening is dat er gebruikt gemaakt is van een zonnepaneel waar 1000 cellen in serie geschakeld zijn. De opbrengst van een afzonderlijke cel is dus duizend maal zo klein als zichtbaar is in het figuur.

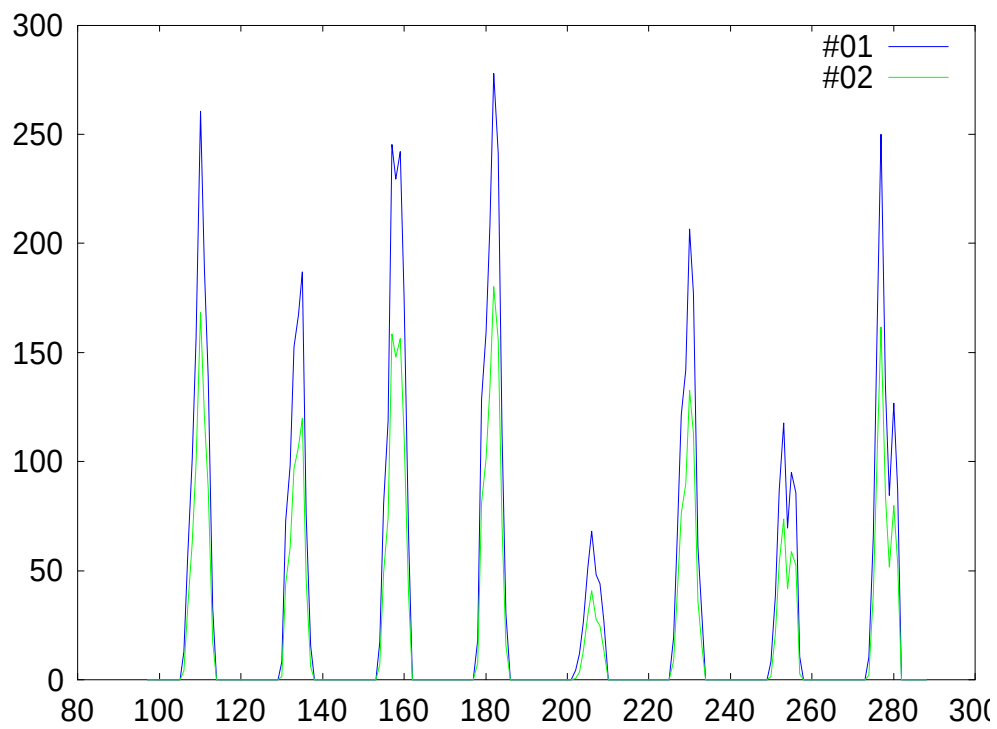
De resultaten per cel van de verschillende maanden zijn hieronder een tabel overzichtelijk weergegeven. Voor de beste dag is de hoogste piek genomen. De hoogste piek van de slechtste is ook meegenomen in de tabel. Tabel 3 geeft dus de opbrengst van een enkele cel voor de zomer, lente en winter weer. Afhankelijk van het uitgangspunt kan er met deze gegevens uiteindelijk gerekend worden voor het bepalen van bijvoorbeeld de batterij.

Maand	Beste dag		Slechtste dag	
	Instraling	Opbrengst	Instraling	Opbrengst
Juni 2005	$800 \text{ W}/\text{m}^2$	0.500 Wp	$440 \text{ W}/\text{m}^2$	0.300 Wp
April 2005	$700 \text{ W}/\text{m}^2$	0.480 Wp	$450 \text{ W}/\text{m}^2$	0.300 Wp
Januari 2005	$270 \text{ W}/\text{m}^2$	0.175 Wp	$70 \text{ W}/\text{m}^2$	0.045 Wp

Tabel 3: gesimuleerde instraling



Figuur 29: een simulatie van een zonnecel in april 2005



Figuur 30: een simulatie van een zonnecel in juni 2005

1.18 Conclusie

Sinds 1839 is de zonnecel flink ontwikkeld. Al een aantal jaren is men technisch in staat goede cellen te maken met een redelijk rendement. De werking van de zonnecel is echter nooit veranderd.

Een zonnecel werkt op basis van het Fotovoltaïsch effect, kortweg PV effect genoemd. Dit houdt het volgende in: een zonnecel is gemaakt van de bewerkte halfgeleider silicium en heeft daardoor een P-laag en een N-laag. Hiertussen zit een ondoordringbare barrière, de verarmingslaag. Door het potentiaal verschil tussen beide lagen ontstaat er een elektrisch veld en kan er een stroom gaan lopen mits de beide lagen met elkaar verbonden worden. Het PV effect wil zeggen dat wanneer er licht in de vorm van fotonen op de cel valt in het materiaal een elektron wordt vrij gemaakt. Dit vrije elektron is in staat elektriciteit te geleiden en heet daarom ook wel een vrije ladingsdrager.

Zonnecellen zijn beschikbaar in verschillende materialen. Niet alle materialen zijn toepasbaar voor de consumentenmarkt. In deze sector worden alleen de siliciumcellen gebruikt in drie varianten: monokristallijne, multi-kristallijn en amorf silicium. Andere materialen zijn simpelweg te duur, hebben te weinig rendement of zijn niet goed voor het milieu.

De opbrengst van zonnecellen is niet altijd even groot. Het gaat om een combinatie van drie aspecten die belangrijk zijn voor een goede opbrengst: de hellingshoek, de richting en het jaargetijde. De hoogste opbrengst krijgt men in de zomer als de cel onder een hoek van ongeveer 37 graden in zuidelijke richting wordt geplaatst.

Naast opbrengst zitten erin een silicium zonnecel ook veel verliezen. Deze verliezen zitten vooral in het silicium zelf. Silicium is namelijk een glimmende stof en reflecteert veel licht. Het toevoegen van een antireflecterende coating is daarvoor de oplossing. Daarnaast kunnen niet alle fotonen nuttig gebruikt worden, alleen de fotonen met hetzelfde energieniveau als het elektron dat moet worden vrijgemaakt worden werkelijk nuttig gebruikt. Als laatste heeft silicium een hoge interne weerstand en wordt het rendement van de zonnecel ongeveer 8% minder als het materiaal warm wordt door de zon

Een belangrijke kanttekening bij de technische specificaties van zonnecellen is dat deze altijd beter zijn dan de cel werkelijk presenteert. Dit komt doordat een zonnecel getest worden onder ideale omstandigheden in een laboratorium. Omstandigheden zoals een hoge zoninstraling die bijvoorbeeld in Nederland nooit gehaald kunnen worden. Wanneer men de markt voor zonnecellen bekijkt ziet men veel aanbod in kristallijn silicium. De aangeboden cellen zijn nagenoeg gelijk. De afmeting, diktes en het rendement variëren soms per cel.

Uit de computersimulatie bleek dat het merk zonnecel er niet zoveel toe doet, alleen het type. Voor een buitenverlichting is de beste optie om te kiezen voor een monokristallijne (silicium) zonnecel. De opbrengst van het silicium is nagenoeg gelijk voor iedere cel en is afhankelijk van de instraling en de periode in het jaar.

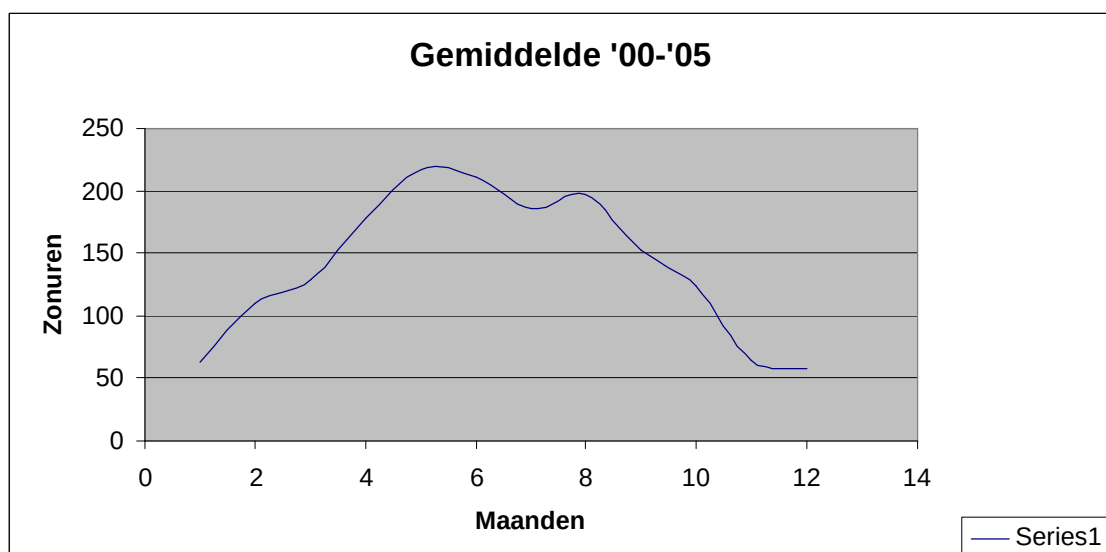
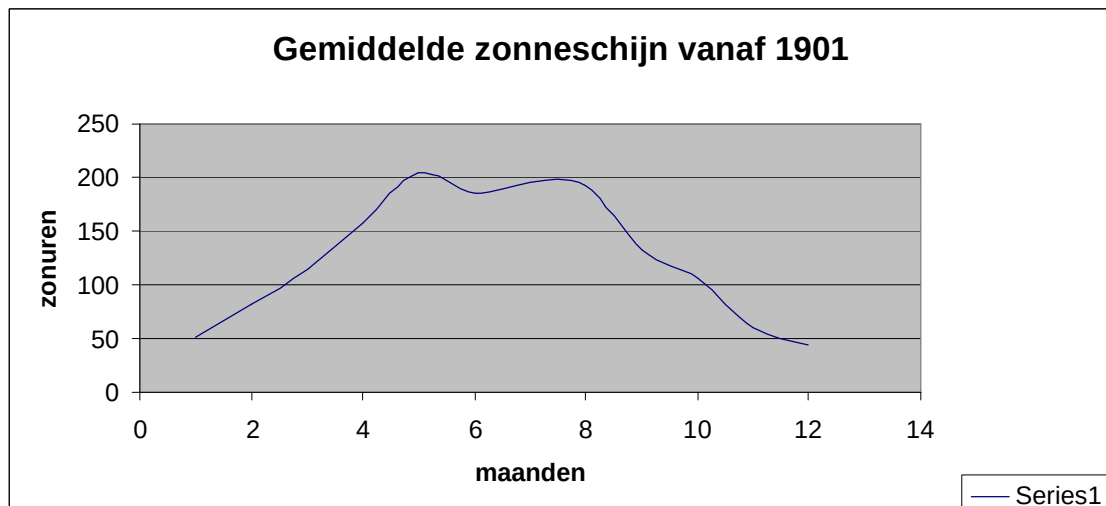
2 Meteorologische gegevens

Voor het gebruik van de zonnecel zijn verschillende meteorologische gegevens van belang. Zoals bekend zal het hier alleen gaan om de weergegevens in Nederland. Te weten:

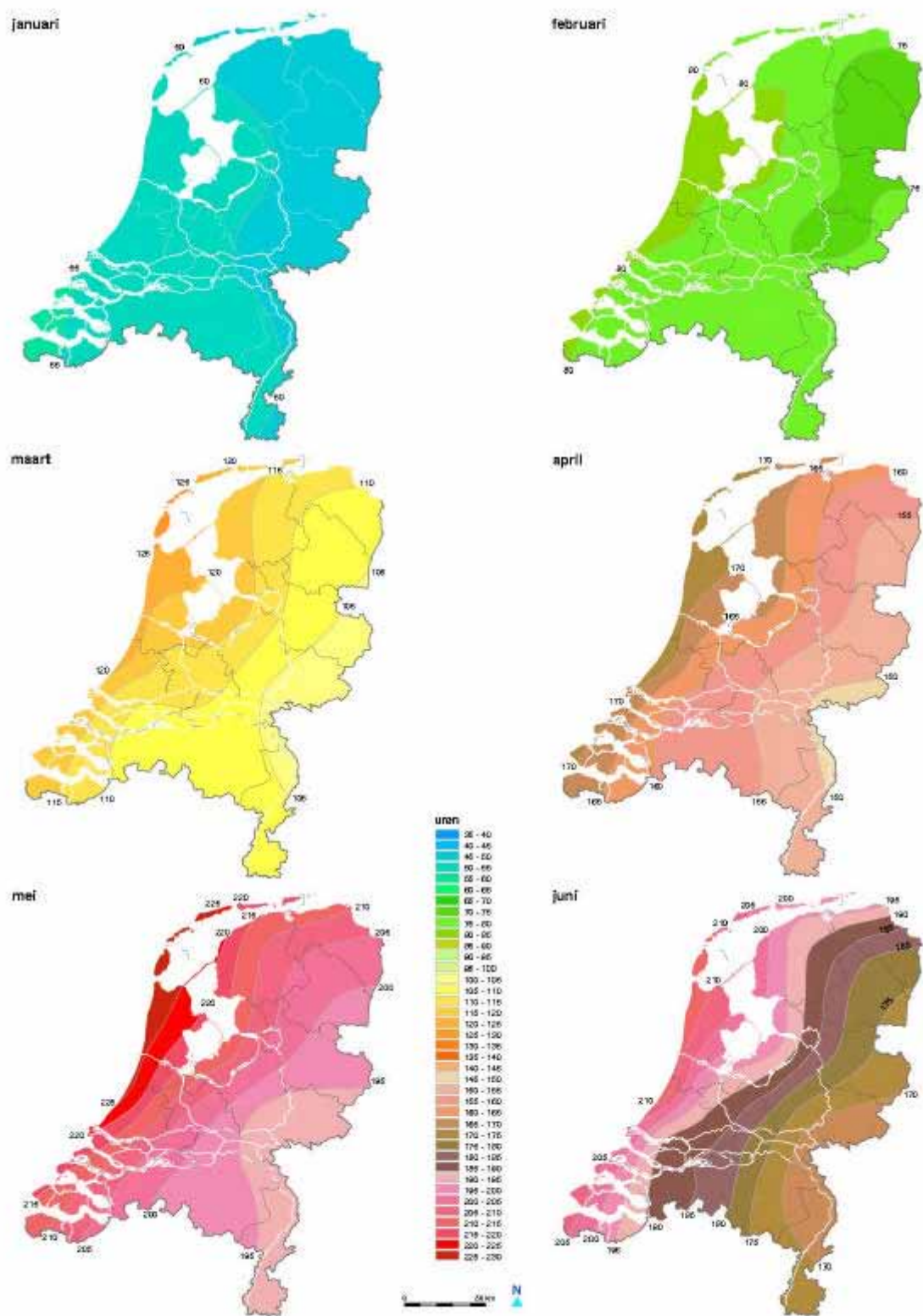
- **Het gemiddelde aantal zonuren**
Om te weten wat een zonnecel kan opleveren en wanneer de cel het beste gebruikt kan worden zijn het aantal zonuren per maand en jaar van belang.
- **De verdeling van de zonuren**
Niet overal in Nederland schijnt de zon even veel. Het is handig om te weten waar in Nederland het meeste en het minste zonneschijn per jaar is. Bij het ontwerpen van de verlichting kan hiermee rekening gehouden worden.
- **De instraling van de zon**
Naast de hoeveelheid zon in Nederland is het ook van belang om te weten hoe sterk die zon is en hoeveel energie de zon levert op verschillende plekken in Nederland: de instraling.
- **De hoeveelheid wind en onweer**
Wind en onweer zijn elementen die de zonnecel kunnen beschadigen. De hoeveelheid wind en onweer zijn ook meegenomen met het oog op een latere fase van het onderzoek. Wind en onweer zijn namelijk beide een bron van energie. De gegevens kunnen in een later stadium wellicht gebruikt worden.
- **Gemiddeld aantal daguren**
Afhankelijk van de periode in het jaar is de zon per dag op. Deze gegevens zijn uitgezet in een tabel met bijbehorende grafiek. In de tabel wordt het gemiddelde genomen van het aantal daguren op de eerste en laatste dag van de maand. Hoe lang een dag precies duurt, is belangrijk voor het stellen van eisen aan de lamp en het berekenen van de energiebalans.

2.1 Aantal zonuren

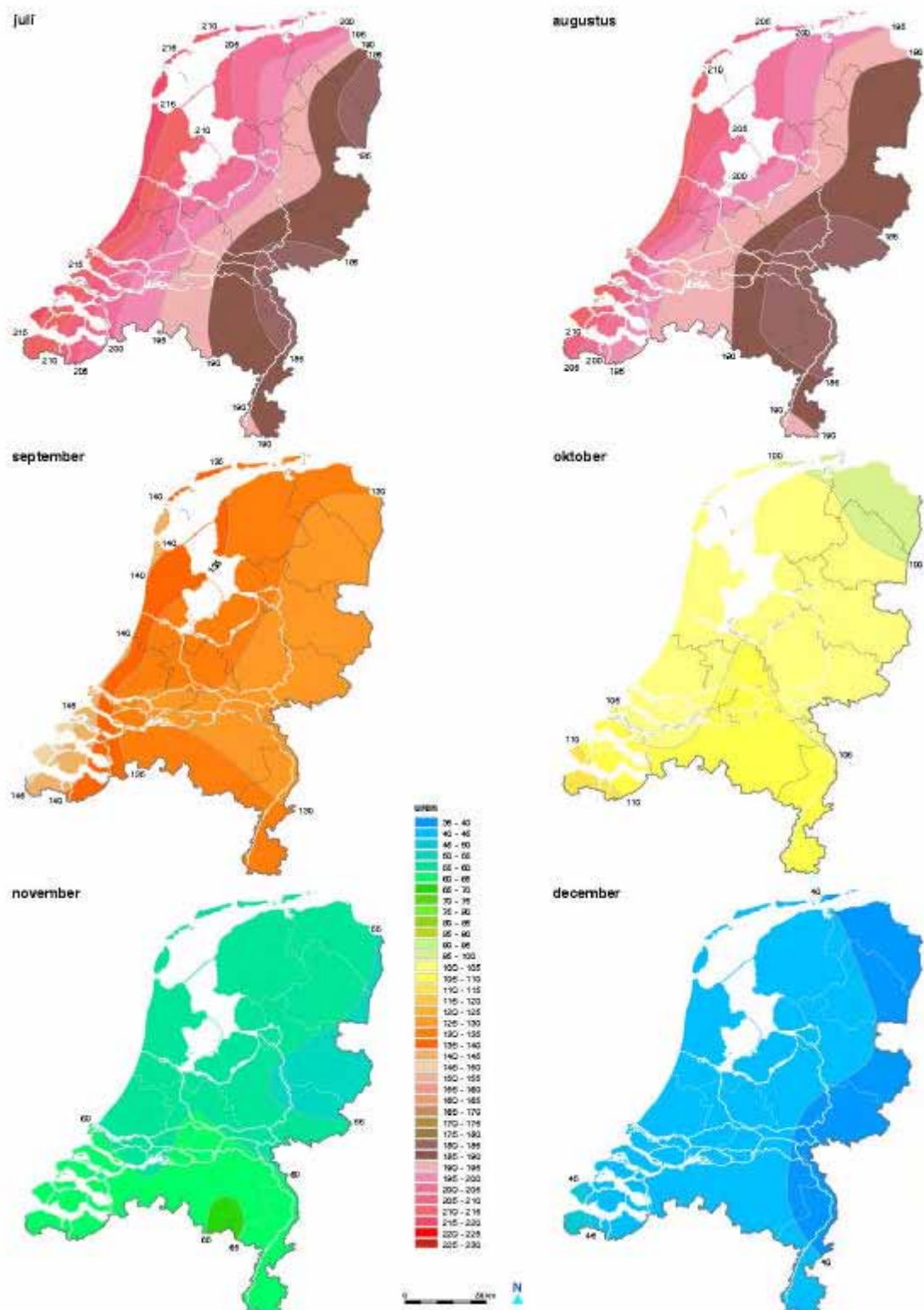
Maand	Gemiddeld aantal zonuren	Gemiddelde 2004
januari	52	47
februari	82	80
maart	114	125
april	158	168
mei	204	210
juni	186	173
juli	196	180
augustus	192	191
september	133	184
oktober	106	129
november	60	55
december	44	54



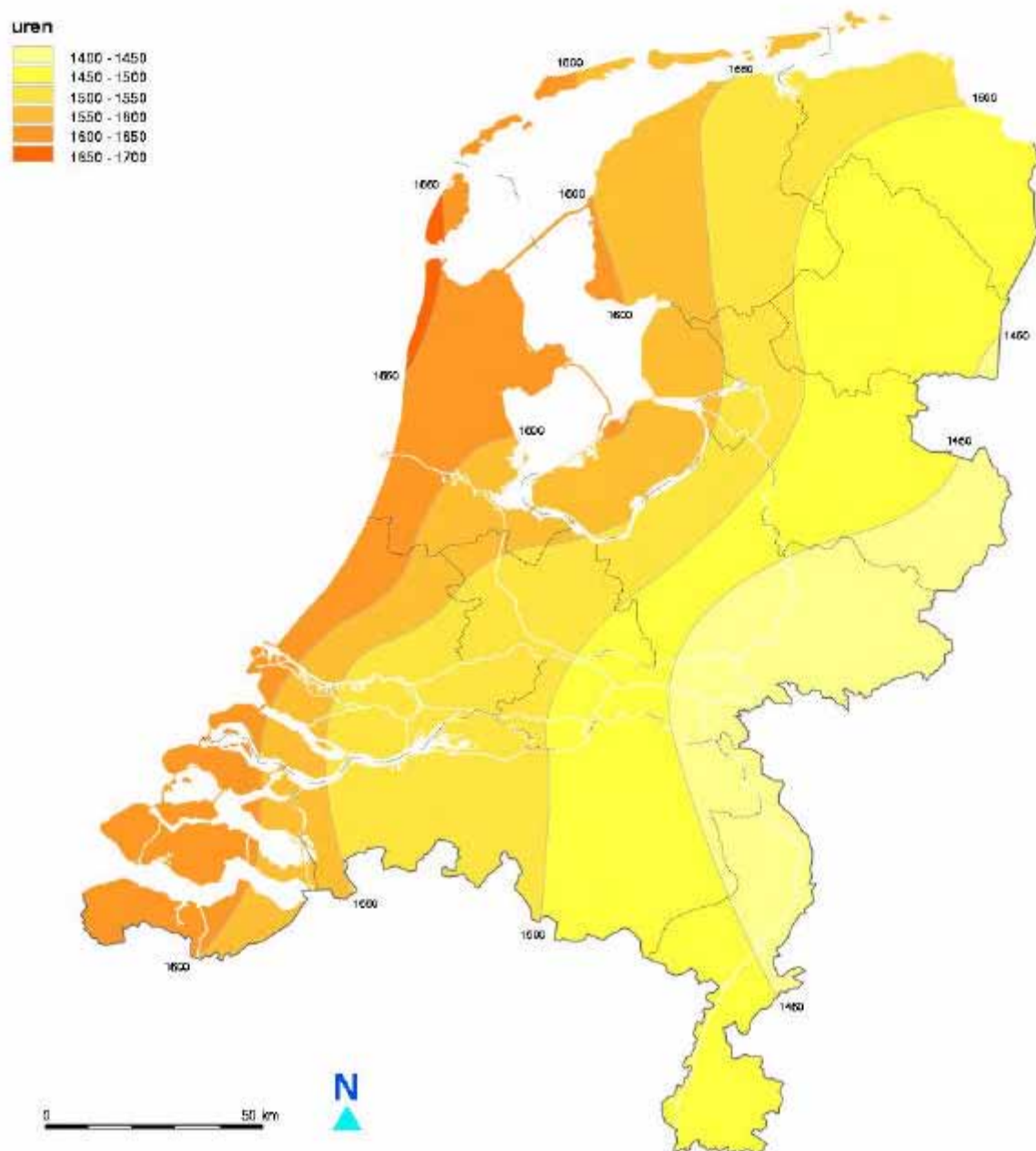
2.2 De verdeling van de zonuren



Figuur 33: verdeling van de zonuren per maand

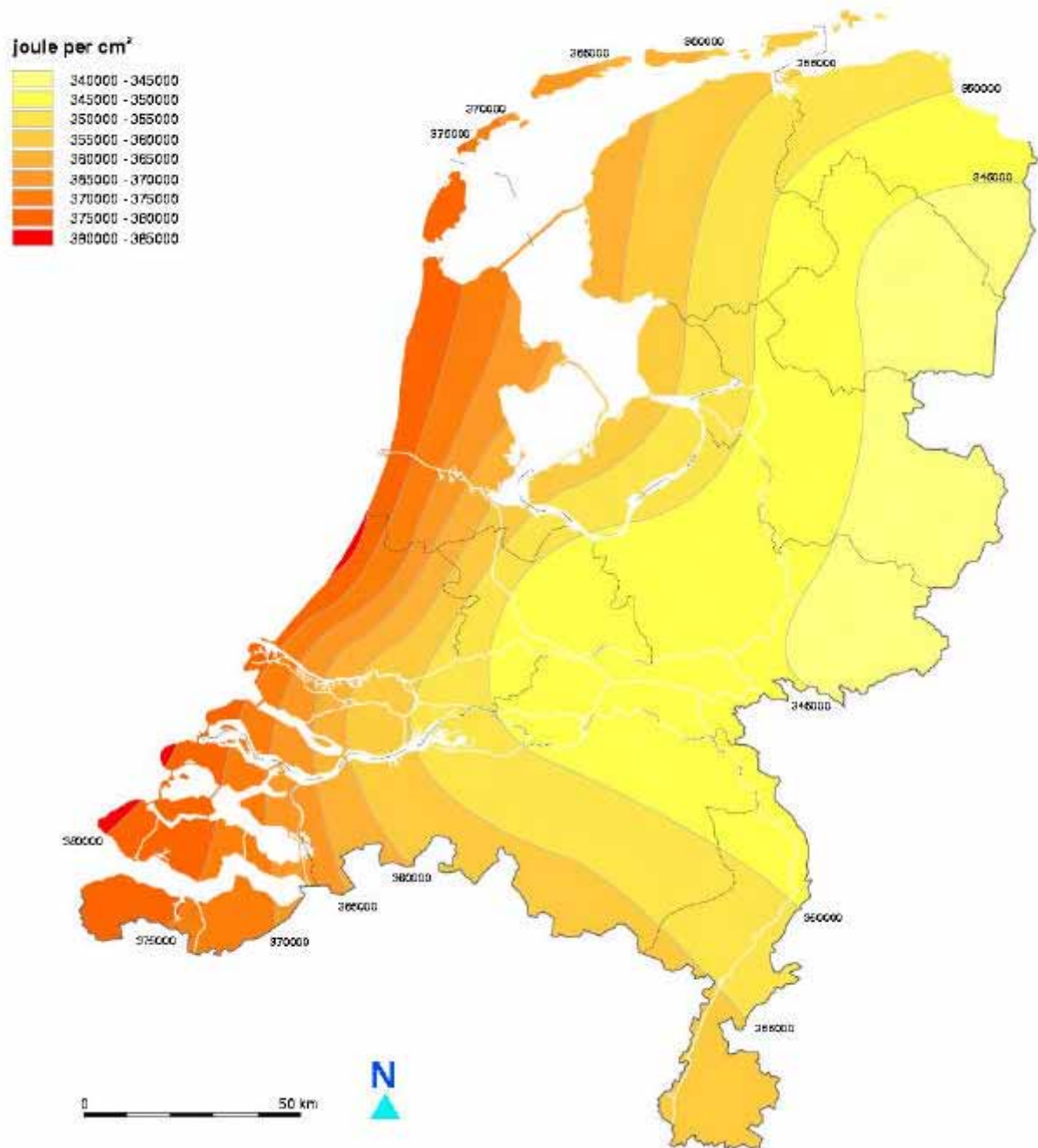


Figuur 34: verdeling van de zonuren per maand

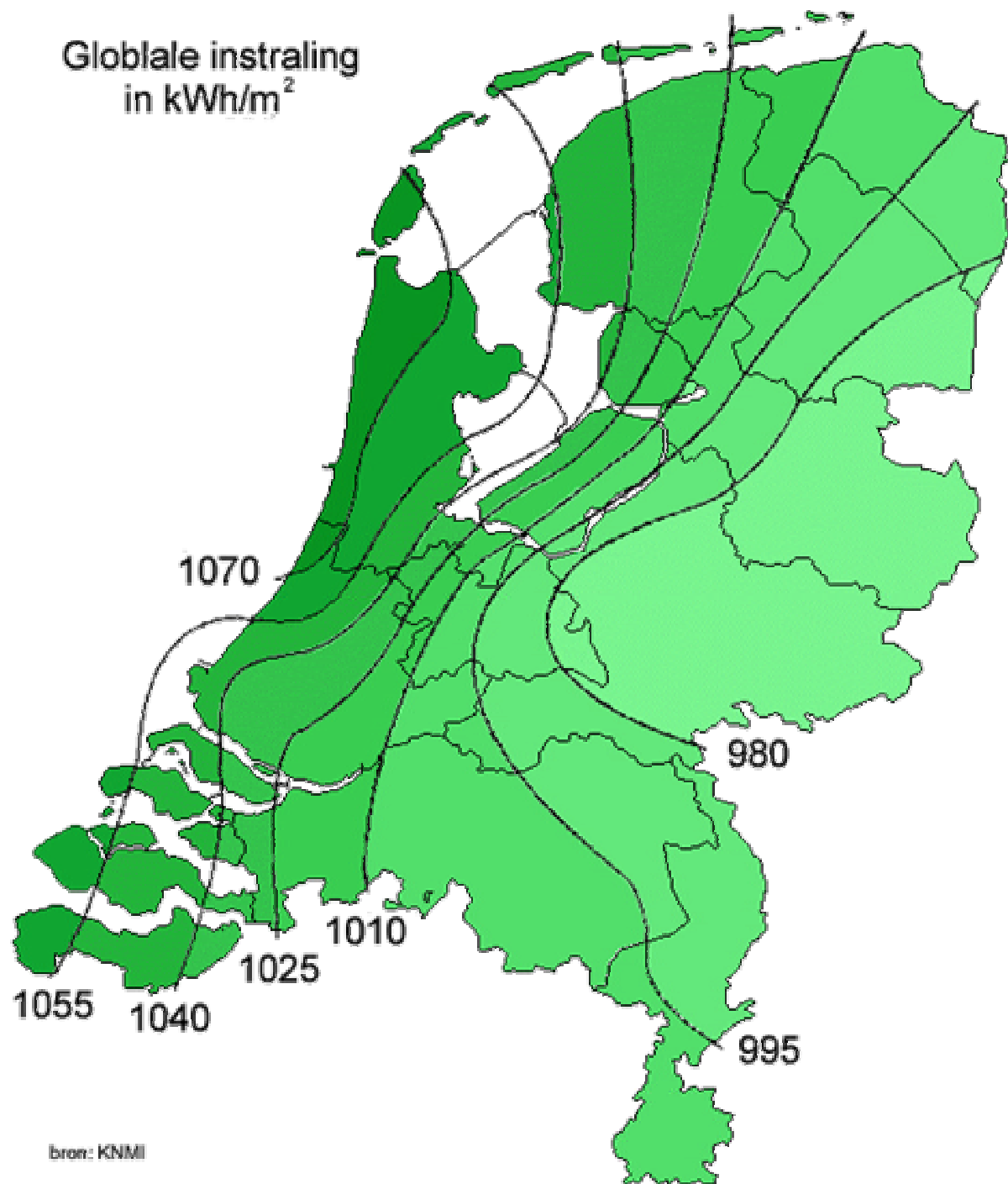


Figuur 35: verdeling van de zonuren per jaar

2.3 De instraling van de zon

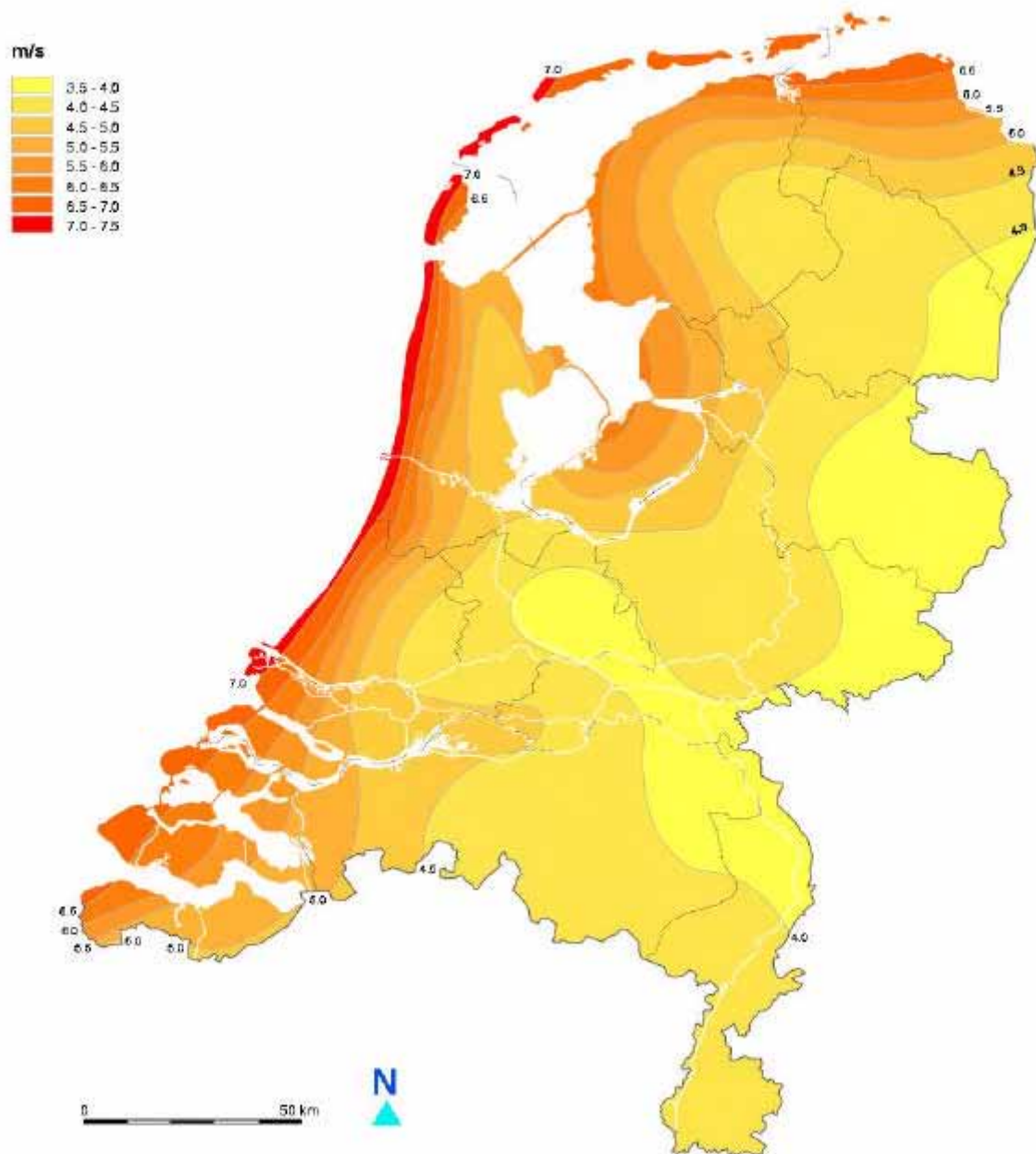


Figuur 36: instraling van de zon per jaar



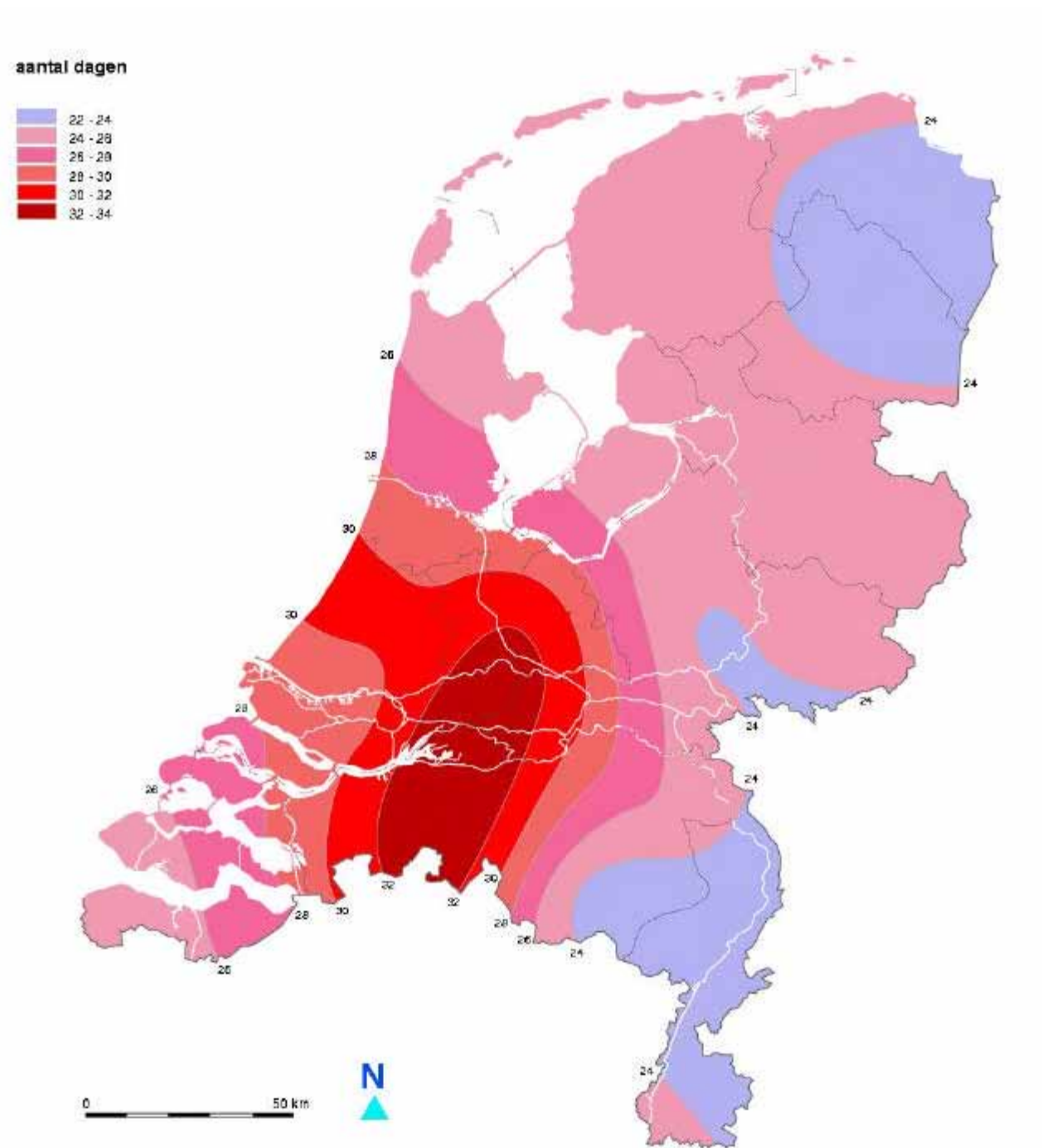
Figuur 37: instraling van de zon per jaar

2.4 De hoeveelheid wind



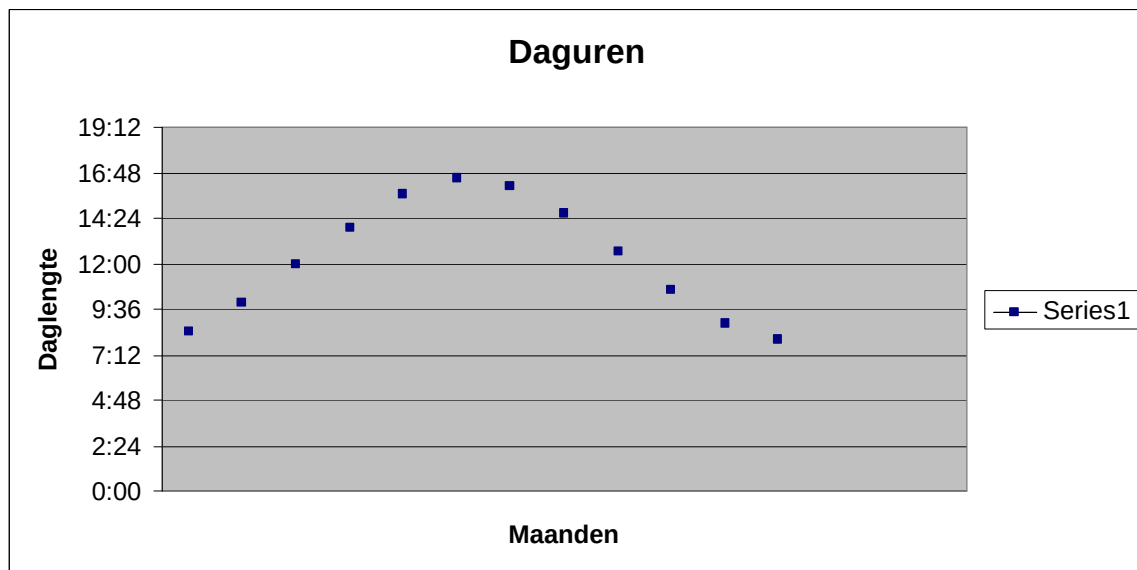
Figuur 38: hoeveelheid wind per jaar

2.5 De hoeveelheid onweer



Figuur 39: hoeveelheid onweer per jaar

2.6 Gemiddeld aantal daguren



Maand	Zon op	Zon onder	Tijdsverschil	Maandgemiddelde
Januari 2004	8:48	16:39	7:51	8:26
	8:23	17:25	9:02	
Februari 2004	8:21	17:27	9:06	9:58
	7:27	18:18	10:51	
Maart 2004	7:25	18:20	10:55	11:55
	7:17	20:13	12:56	
April	7:14	20:14	13:00	13:56
	6:12	21:04	14:52	
Mei	6:10	21:04	14:54	15:38
	5:27	21:50	16:23	
Juni	5:26	21:51	16:25	16:32
	5:24	22:03	16:39	
Juli	5:25	22:03	16:38	16:04
	6:01	21:31	15:30	
Augustus	6:02	21:39	15:37	14:37
	6:51	20:29	13:38	
September	6:52	20:27	13:35	12:37
	7:40	19:19	11:39	
Oktober	7:41	19:17	11:36	10:37
	7:34	17:13	9:39	
November	7:35	17:11	9:36	8:52
	8:25	16:33	8:08	
December	8:26	16:32	8:06	7:58
	8:48	16:38	7:50	
Gemiddelde				12:16

Tabel 5: overzicht van de lengte van een dag

3 Light Emitting Diodes

Nadat de informatie over de zonnecellen en meteorologische gegevens bij elkaar gevonden is, is het belangrijk om de juiste lichtbron te selecteren. Een lichtbron die goed gecombineerd kan worden met een zonnecel en voldoende lang kan werken op de opbrengst die de cel levert. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de meeste moderne lichttechnieken. Als eerste wordt de LED op zich besproken gevolgd door een uiteenzetting van de verschillende soorten LED's. Daarna zal gekeken worden welke LED's het best bruikbaar zijn. De laatste paragraaf zal gewijd worden aan de bespreking van de conventieel lichtbronnen.

3.1 De basis

Een LED staat voor Light Emitting Diode is een elektronische component die licht uitzendt als er stroom doorheen loopt in de juiste richting, namelijk de doorlaatrichting. Een LED is een zogenaamde halfgeleiderdiode. Eerder in het hoofdstuk 'Alles over zonnecellen' is de werking al ongeveer beschreven. Een LED werkt eigenlijk tegenovergesteld aan een zonnecel. Ditmaal wordt erdoor stroom licht uitgezonden in plaats van dat erdoor licht stroom wordt opgewekt. In 1962 werd de eerste LED door Nick Holonyak ontwikkeld.

LED zijn er tegenwoordig in allerlei verschillende kleuren. De kleur die de LED uitstraalt hangt samen met het materiaal waarvan de LED gemaakt is. Dit is weergegeven in tabel 6.

Materiaal	Afkorting	Kleur van het licht	Golflengte
Gallium-aluminiumarsenide	AlGaAs	rood - infrarood	627 – 1400 nm
Galliumarseenfosfide	GaAsP	geel – oranje - rood	566 – 627 nm
Galliumnitride	GaN	groen	495 – 566 nm
Galliumfosfide	GaP	groen	495 – 566 nm
Zinkselenide	ZnSe	blauw	436 – 495 nm
Siliciumcarbide	SiC	blauw	436 – 495 nm
Indiumgalliumnitride	InGaN	blauw of ultraviolet	295 – 495 nm
Diamant	C	ultraviolet	295 – 400 nm

Tabel 6: overzicht van materiaal en kleur bij LED's

Verder heeft een LED nog een aantal kenmerken. Een van deze kenmerken is dat een LED een spanningsval veroorzaakt (afhankelijk van de kleur). Daarnaast moet er bij het gebruik van een LED in combinatie met het lichtnet altijd een stroombegrenzer (bijv. weerstand) gebruikt worden. De component kan namelijk tot ongeveer 30 mA aan stroom verwerken.

De weerstand die de stroom moet begrenzen is eenvoudig te berekenen met de volgende factoren met de volgende formule.

$$R = (U_s - U_i) / I$$

I: stroomsterkte

U_s: voedingspanning

R: weerstand

U_i: spanningsval

Als laatste, een LED heeft ten opzichte van de conventionele lichtbronnen verschillende (grote) voordelen. Deze voordelen zijn hieronder op een rij gezet.

- o Goedkoop
- o Hoog rendement en verbruikt weinig elektrische energie
- o Normale LED produceert weinig tot geen warmte in verhouding tot een gloeilamp.
- o Regelbare intensiteit door middel van spanning en stroom
- o Schokbestendig
- o Milieuvriendelijk

3.2 Belangrijke lichtparameters

Voor het begrip is het belangrijk om te weten in welke eenheden licht worden uitgedrukt. Voor licht zijn er verschillende grootheden en bijbehorende eenheden die nogal eens voor wat verwarring zorgen. Om die reden zijn de belangrijke lichtparameters in de volgende alinea's toegelicht.

Candela is de standaard SI-eenheid voor de **lichtsterkte** in een bepaalde richting. De referentie is een bron die *monochromatisch* licht uitzendt met een frequentie van 540×10^{12} Hertz en een stralingsterkte heeft van $1/683$ Watt per Steradiaal.

Illuminatie is wat we doorgaans onder licht verstaan. Eenvoudig gezien is dit de verlichting van de omgeving. Hierbij wordt de hoeveelheid licht gemeten op een platvlak. De illuminatie wordt uitgedrukt in lux oftewel lumen/m².

Situatie	Verlichtingssterkte (lux)
Daglicht bij volle zon midden zomer	50.000-100.000
Daglicht bij betrokken hemel	1.000-10.000
Daglicht gemiddeld	5.000
Schemering	10
Volle maan bij heldere hemel	0,25
Nieuwe maan bij heldere hemel	0,002
Geheel maanloze, zwaar bewolkte nacht	0,001
Bureauverlichting	200-800
Leeslicht (werkvlak)	400
's Avonds normaal verlichte kamer	25-50
Verlichting hoofdverkeersweg	20
Straatverlichting	10
Leedsdrempel*	0,3
Grens kleuren zien*	0,1
Grens zien voor aan donker geadapteerd oog*	0,0001

* mens

Tabel 7: verlichtingsterkte [1]

Iets dat vaak samen gaat met de Illuminatie is de lichtintensiteit of **luminantie**: de helderheid van het oppervlak van de lichtbron. Wetenschappelijk is dit de stralingsintensiteit van de lichtbron in een bepaalde richting gedeeld door de projectie van de bron op een vlak. Dit verschijnsel is alleen zichtbaar wanneer er rechtstreeks in de bron gekeken wordt. Gemakkelijker uitgelegd. Wanneer men in de bron kijkt ziet men de luminantie. Het effect van de lichtbron op een vlak (voorwerp) heet de illuminatie. Luminantie wordt gemeten in candela/m².

De **lichtstroom** wordt gemeten in de eenheid Lumen. Lumen is de totale hoeveelheid lichtenergie die per tijdseenheid (seconde) wordt uitgestraald door een bron in een bol rond de lichtbron. Dit wordt vervolgens vermenigvuldigd met de gevoeligheid van het menselijke oog.

Al deze gegevens zijn kort toegelicht omdat ze bijvoorbeeld in de technische gegevens van verschillende LED's terug komen. Door helderheid te verschaffen in de betekenis van de verschillende begrippen zijn de technische specificaties van de LED's beter hanteerbaar en kunnen de verschillende eenheden begrepen worden. Ten slotte nog een overzicht van de belangrijkste lichteenheden.

Standaard SI-eenheden			
Grootheid	Naam en symbool		
Ruimtelijke hoek	Steradiaal (Sr)		
Lichtsterkte	Candela (Cd)		
Afgeleide Eenheden			
Grootheid	Naam en symbool	SI-eenheid	Andere eenheden
Lichtstroom	Lumen (Ld)	Cd * sr	
Verlichtingssterkte	Lux (lux)	Cd * sr/m ²	Lm/m ²

Tabel 8: standaard SI-eenheden van licht

3.3 Welke soorten LED's zijn er?

In de vorige paragraaf werden de voordelen van een LED ten opzichte van de conventionele lichtbronnen al beschreven. Om te weten welke LED toegepast moet worden in het ontwerp is het handig te weten welke soorten er zijn.

Monochromatische LED

Een monochromatische LED heeft als voordelen dat het niet slijt in het gebruik, het een erg goedkoop is en daarnaast hoge energie-efficiëntie heeft. Er zijn verschillende maten variërend van drie tot twaalf millimeter. Nadeel is de lage lichtopbrengst.

Prijsklasse: €0,05 - €1,50.

Hoge helderheids-LED

In het jaar 2000 kwamen de eerste van dit soort LED's uit. In tegenstelling tot de eerdere LED's was deze LED wel in staat helder licht te produceren. Het gevolg was dat de gloeilamp in diverse toepassingen vervangen kon worden door de heldere LED. Een nadeel is dat ze veel 'duurder' zijn dan de monochromatische LED.

Prijsklasse: €1,50 - €5,00.

Twee kleuren-LED

Een twee kleuren-LED is niet meer dan een LED waarin twee LED's zitten verwerkt. Hierdoor is het mogelijk dat de LED een van de twee kleuren weergeeft. Vaak wordt dit gedaan met rood en groen. Veelal werkt het wisselen van kleur door het veranderen van de polariteit. Naast twee kleuren-LED's zijn er ook multi kleuren-LED's.

Prijsklasse: €0,20 - €1,00

KnipperLED

Een knipperLED is een normale LED waar een elektronische schakeling geïntegreerd is. Deze schakeling doet de LED afwisselend aan en uit. Een knipperLED is nauwelijks duurder dan een monochromatische LED.

Prijsklasse: €0,80 - €1,50.

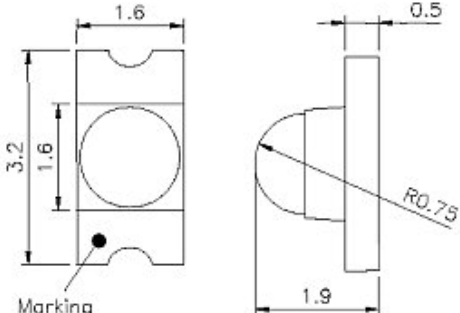
Power Led

Een nieuwe generaties LED's met een erg hoge efficiëntie. Een voorbeeld hiervan is het bedrijf LumiLed. Dit is een samenwerking tussen Agilent Technologies en Phillips Lighting. De High Power LED's die eruit voorkomen heten de Luxeon en zijn verkrijgbaar in verschillende series. Deze LED is niet te vergelijken met een monochromatische LED. In alle opzichten is de Luxeon een stuk beter. Het gaat hier dan vooral om het feit dat de Luxeon een laag vermogen heeft en daarmee een enorme lichtopbrengst heeft. Er zijn op het moment drie types: Luxeon I, Luxeon III en de Luxeon V. Ze leveren respectievelijk 45, 27-190 en 120 Lumen volgens hun website.

Prijsklasse: €8.95 – €30.00

3.4 De markt

Luxeon Star I (1 Watt)	€8.95
	Kleur: Wit Type: Lambertian Lens kleur: Water Clear Kijkhoek: 160 Graden Sterkte bij 350mA: 63.000 mcd (Bij gebruik van luxeon lens) Doorlaatspanning: 3.8 Volt Maximum stroom: 350 mA Golflengte: 5500 K Lumileds.com
Luxeon Star III (3 Watt)	€12.50
	Kleur: Wit Type: Lambertian Lens kleur: Water Clear Kijkhoek: 160 Graden Sterkte bij 800mA: 80 Lumen Doorlaatspanning: 3.90 V Maximum stroom: 1000 mA Golflengte: 5500K Koelblokje vereist. Lumileds.com

Luxeon Star V (5 Watt)	€30.00
	Kleur: Wit Type: Lambertian Lens kleur: Water Clear Kijkhoek: 120 Graden Sterkte bij 700mA: 120 lumen Doorlaatspanning: 6.84 V Maximum stroom: 700 mA Golflengte: 5500K Lumileds.com
LED 5MM WIT HELD 8000MCD 20	€0.99
	Kleur: Wit Sterkte: 8000 mcd Doorlaatspanning: 2.7/3.5 V Maximum stroom: 30mA Conrad.nl
LED WIT 5MM 3000 MCD	€4.06
	Kleur: Wit Instalingshoek: 22 Graden Sterkte bij 20mA: 3000 mcd Doorlaatspanning: 3.6/4.0 V Maximum stroom: 20mA Conrad.nl
LED WIT 1206 450 MCD	€2.95
	Kleur: Wit Instalingshoek: 40 Graden Sterkte bij 15mA: 450 mcd Doorlaatspanning: 3.7 V Maximum stroom: 15 mA Conrad.nl

High Bright Led GEM5B	€1.90
	Kleur: Wit Formaat: 5mm Instalingshoek: 12 Graden Sterkte bij 20mA: 20.000 mcd Doorlaatspanning: 3.7 V Maximum stroom: 20 mA Dutchinnovation.nl
Powered emitter	€13.00
	Kleur: Wit Vermogen: 3W Instalingshoek: 140 Graden Sterkte: 65 Lumen Doorlaatspanning: 3.8 V Maximum stroom: 900 mA Dutchinnovation.nl
Elektronicaonline.nl Witte LED's	€4,80 - €5,50
5mm L-7114PWC-H	4000 mcd
5mm A.5331225	5600 mcd
5mm A5728467	6800 mcd
Heldere LED: 5mm Wit 9000mcd	€0.85
Kleur: Wit Lens kleur: Water Clear Kijkhoek: 20 Graden World-led.com	Sterkte bij 20mA: 9000 mcd Doorlaatspanning: 3.5 - 4.5 V Maximum stroom: 20mA
Normale LED: 5 mm Wit Diffused	€0.25
Kleur: Wit Lens kleur: Wit Diffused Kijkhoek: 60 Graden World-led.com	Sterkte bij 20mA: 200 mcd Doorlaatspanning: 3.5 V Maximum stroom: 20mA
Multicolor LED: 5 mm RBG Difussed (CC)	€1.00
Kleur: Rood/Groen/Blauw Lens kleur: Diffused Kijkhoek: 60 Graden World-led.com	Sterkte bij 20mA: 300/700/300 mcd Doorlaatspanning: 2.2/4.5/4.5 V Maximum stroom: 20mA Type: Common Cathode

3.5 Beperkingen

De levensduur van een LED wordt altijd aangegeven in branduren. Een LED staat er om bekend dat het een groot aantal branduren heeft. Er zijn echter wel een factoren die de levensduur beperken. Zo bevatten sommige LED's een stuk elektronica die de LED aansturen. Volgens de technische gegevens kan de LED het aantal branduren prima volhouden, alleen de elektronica houdt er eerder mee op. Dit betekent dus gewoon dat als de elektronica kapot gaat dat de LED niet meer werkt en dat de theoretische levensduur hoer ligt dan de praktische levensduur.

Daarnaast geldt het aantal branduren voor LED altijd in procenten. De levensduur wordt gemeten van 100% tot nul procent. Wat echter minder vaak vermeldt wordt is dat de lichtopbrengst van de LED bij 70% al zichtbaar afneemt. Dit betekent dus dat de effectieve levensduur van de LED gelijk is aan de eerste 30%. Als laatste worden de meeste PowerLED's van vandaag de dag ook nog eens vreselijk heet. Ook dit verschijnsel is een beperking op de levensduur

3.6 Welke LED kan het beste toegepast worden in een buitenverlichting?

Op basis van de technische specificaties van de verschillende LED's zijn de Luxeon LED's eigenlijk de beste optie. De LED's heeft in verhouding met een lamp een laag stroomverbruik en heeft even veel spanning nodig als een normale LED. Ondanks zijn lage energieverbruik produceert deze LED een enorme hoeveelheid licht. Op de tweede plaats staan de LED's van het bedrijf Dutch Innovation. Ook deze led's hebben een hoge lichtopbrengst. Het enige minpunt van de alle LED's is de prijs.

In combinatie met een zonnecel zouden er verschillende opties zijn. Zoals in de vorige alinea werd beschreven zijn er een paar LED's die in aanmerking komen. In dit stadium van het onderzoek is het nog niet mogelijk om precies te vertellen welke componenten in de buitenverlichting zullen worden opgenomen. De samenstelling is namelijk afhankelijk van een aantal factoren. Ten eerste is het belangrijk het lichtbelevingsonderzoek af te wachten. Hierin zal onder andere in naar voren komen hoeveel licht de lamp moet gaan geven. De hoeveelheid licht zal automatisch het aantal LED's bepalen. Ten tweede is er nog niets over de lamp vastgelegd. Alle opties liggen nog open en alles is in principe nog mogelijk.

De eerder verkregen informatie moet op dit moment nog gezien worden als basis, als leidraad voor het maken van beslissingen. Het bepalen van de hoeveelheid LED's en andere componenten komt in een later stadium.

3.7 Andere lichtbronnen

Naast de LED zijn er natuurlijk nog een hoop andere lichtbronnen op de markt aanwezig die ook regelmatig gebruikt worden. Deze paragraaf geeft een overzicht van deze soorten verlichting en schetst een korte vergelijking.

Gloeilamp

De bol die al jaren op de markt verkrijgbaar is. Een lamp die bekend staat om het lage rendement dat ligt in de buurt van de vijf procent. Het grootste gedeelte van de energie gaat verloren in warmte.

De gloeilamp bestaat uit een vacuüm gezogen glazen bol met daarin een gloeidraad van wolfram. Wanneer de bol aangesloten wordt op het lichtnet gaat er een stroom door de draad lopen. De draad wordt warm, gaat gloeien en zendt licht uit. De bol is vacuüm getrokken opdat de gloeidraad niet kan verbranden.



Figuur 49: gloeilamp

Fluorescentielamp

Dit is een lichtbron die bestaat uit een buis gevuld met een bepaald edelgas en aan de uiteinde twee elektroden die zijn uitgevoerd als een gloeidraad. De elektroden zorgen ervoor dat er elektronen vrij gemaakt worden die er voor zorgen dat het edelgas 'aangeslagen' raakt. De aangeslagen atomen vallen terug naar hun grondtoestand. Als het atoom terug valt moet het de overtollige energie kwijt, dit gebeurt in de vorm van een ultra violette foton. De UV-foton zorgt er op zijn beurt weer voor dat de fluorescerende laag aangeslagen raakt. Ook de fosforatomen zullen terugvallen naar hun grondtoestand. Ook deze atomen geven dan een foton als. Alleen dit maal in het zichtbare gebied, er ontstaat zichtbaar licht. Het mengsel van verschillende fosforen produceert licht dat voor het menselijke oog als wit wordt gezien. Twee voorbeelden van dergelijke lampen zijn de T1-buis en de spaarlamp.



Figuur 50: spaarlamp

Het voordeel van deze manier van verlichten is dat het weinig stroom kost en veel licht oplevert. Ook het rendement is hoger dan die van een gloeilamp. Een T1-buis of spaarlamp is ongeveer vijf maal zo efficiënt als een gloeilamp. Toch kleven er nadelen aan bijvoorbeeld een spaarlamp.

Een nadeel is dat in een spaarlamp kwikdamp zit en dat de lamp, als hij het begeeft, met het chemisch afval mee moet. Daarnaast zijn ze duur in aanschaf, maar ze verdienen zichzelf wel ruimschoots terug. Echter, het vaak in en uitschakelen van de lamp verkort de levens- en brandduur. Een ander nadeel is dat wanneer er een buis kapot is de hele lamp vervangen moet worden.

Neon-licht

Een lichtbron die vooral in de reclame veel toegepast wordt. De bron bestaat uit smalle dunne buizen die gevuld zijn met gas. Door de hoge spanning van het elektriciteitsnet en een verlaagde luchtdruk in de buis gaat het gas gloeien. De kleur wordt bepaald door het soort gas. Zo wordt er vaak gebruik gemaakt van Neon (rood-oranje), Helium (Goudgeel) en Krypton (bleekpaars).

Halogeenlamp

De lamp lijkt op het eerste gezicht familie van de gloeilamp. De lamp werkt ongeveer met het zelfde principe. Men maakt gebruik van een casing (geen bol) waarin zich een gloeidraad bevindt die licht uitzendt als er stroom doorheen loopt. Het verschil met de gloeilamp is dat een halogeenlamp niet vacuüm getrokken is, maar gevuld is met het halogeengas. Het gas reageert in de lamp tot halogenide. Onder invloed van de hoge temperatuur in de lamp ontleedt dat gas opnieuw in metaal en halogeen. Het metaal slaat neer in de buurt van de plek waar de gloeidraad het dunst is. Een halogeenlamp repareert 'zijn eigen gloeidraad. Hierdoor kan de lamp erg lang mee. Daarnaast heeft een halogeenlamp een hoog rendement. Een nadeel is dat de lamp erg warm wordt.



Figuur 51: halogeenlamp

Overige lichtbronnen

Naast de eerder genoemde lichtbronnen volgt hier nog een overzicht van lichtbronnen die wat minder vaak worden toegepast. Denk hierbij aan de halfgeleider laser, gaslaser, vuur en als laatste de zon. Voor de goede orde zijn ze meegenomen in het overzicht, maar ze zullen niet nader worden toegelicht.

4 Batterijen

Een van de laatste, maar niet minst onbelangrijke componenten van de verlichting is de batterij. De batterij moet ervoor zorgen dat de energie die de zonnecellen opwekken opgeslagen wordt en dus bewaard blijft. De keuze van een goede batterij is belangrijk in combinatie met de zonnecellen en de LED's.

Dit is hoofdstuk zal begonnen worden met het opsommen van de verschillende soorten batterijen. Vervolgens zal elk soort kort toegelicht worden. De volgende stap is het verklaren van de werking van de batterij. In het kader van de opdracht zullen alleen de oplaadbare batterijen toegelicht worden. Ten slotte zullen er verschillende concrete batterijen gezocht worden met bijbehorende technische specificaties. Op basis van deze gegevens zal bekeken worden wat de beste optie is voor de standalone tuinverlichting.

4.1 Soorten batterijen

Op de consumentenmarkt is een grote verscheidenheid aan batterijen te vinden. Er zijn zelfs zoveel mogelijkheden dat men door de bomen het bos niet meer dreigt te zien. Batterijen zijn eigenlijk onder te verdelen in twee hoofdcategorieën, die op hun beurt weer onder te verdelen zijn in verschillende soorten.

- o **Niet-oplaadbare batterijen**

- o Zink-koolstof
- o Zilveroxide
- o Lithium
- o Zink-lucht
- o Alkaline
- o Kwik

- o **Oplaadbare batterijen**

- o Nikkel-Cadmium
- o NiMH
- o Lithium-ion
- o Accucell
- o Lithium-polymeer



Figuur 52: batterijen

Voor de duidelijkheid zal elke batterij apart kort besproken worden. Een overzicht is weergegeven in tabel 10 op de volgende pagina. Wat in het overzicht naar voren zal komen is dat batterijen die gebruik maken van zware metalen niet milieuvriendelijk zijn. Onder zwarte metalen verstaat men kwik, lood, cadmium en zink. Deze metalen zijn giftig en worden niet door de natuur afgebroken.

Niet oplaadbare batterijen	
Zink-koolstof	Het voordeel van deze batterij, in vergelijking met een alkaline, erg goedkoop is. Toch kleven er meer nadelen dan voordelen aan deze batterij. De Zink-koolstofbatterij heeft een kleine opslagcapaciteit en kan daarom alle gebruikt worden voor apparaten die weinig stroom gebruiken. Daarnaast lekt de batterij.
Zilveroxide	Deze batterij wordt veel gebruikt in bijvoorbeeld rekenmachines.
Lithium	Een dure batterij met een hoge capaciteit die niet lekt. De meeste personen kennen deze batterij als een platte knoop die in onder andere wordt toegepast in horloges en rekenmachines.
Zink-lucht	Deze batterij wordt alleen gebruikt voor gehoortoestellen.
Alkaline	Iedereen gebruikt deze veelzijdige batterijen. Vanwege zijn grote capaciteit gaat de alkaline batterij lang mee. Hij wordt gebruikt voor apparaten met een hoog stroomverbruik. Een alkaline batterij staat gelijk aan drie zink-koolstofbatterijen.
Oplaadbare batterijen	
Nikkel-Cadmium	de Ni-Cd batterij is erg goedkoop en daarom wordt de batterij veel toegepast in huishoudelijke artikelen. Een nadeel is de wat kleinere opslagcapaciteit en het feit dat de batterij <u>volledig</u> ontladen moet zijn alvorens hij weer opgeladen kan zijn (geheugeneffect). De batterij kan ongeveer 1000 keer herladen worden en heeft een zelfontlading van 1%. In de toekomst zal deze batterij vanwege de strengere milieueisen het veld ruimen.
Nikkel-Metaalhydride	Iets duurder dan de Ni-Cd, maar daar staat tegenover dat NiMH een veel grotere capaciteit bezit en 40% meer energie levert dan Ni-Cd. NiMH heeft geen last van het geheugeneffect, maar heeft wel een zelfontlading van 2% werkt hij maar tot een temperatuur van 45 °C.
Lithium-ion	Deze batterij heeft grote voordelen: Licht gewicht, geen geheugeneffect, groot vermogen en tot 50% meer energie dan de Metaalhydride batterij. Een nadeel is de prijs.
Accucell	Ook wel de Alkaline Magnesium batterij. De batterij is milieuvriendelijk, loopt niet leeg en heeft geen geheugeneffect. Hij is echter niet geschikt voor hoger stroomverbruiker.
Lithium-polymeer	Verbeterde versie van de Lithium-ion. Door de gel inhoud is hij in vele vormen te produceren en wordt veel gebruikt voor energieverstinkende apparaten.
Loodaccu	Een accu met een grote hoeveelheid opslagcapaciteit. Wordt veel toegepast in onder andere auto's. Als ze goed behandeld worden hebben ze een goed rendement en een lange levensduur. Een nadeel is dat ook lood slecht is voor het milieu.
Brandstofcel	De meeste voorkomende op het moment zijn waterstofcellen. Deze cellen zijn de toekomst van accu's. De cel bevat geen bewegende delen, is milieuvriendelijk en zeer betrouwbaar. De batterij moet alleen gevuld worden en is te duur en onbetrouwbaar.

Tabel 10: overzicht en beschrijving van verschillende batterijen

Type batterijen		Wegwerp		Oplaadbaar
Handelsnaam	Vorm	Ansi code	IEC Code	IEC Code
Potlood		AAA	(L)R3	RC3
Mignon (pentlight)		AA	(L)R6	RC6
Baby		C	(L)R14	C 14 S
Mono		D	(L)R20	R C20 S
Blok 9V		PP3	6(L)F22	RC22
Plat 4.5V			3(L)R12	

Tabel 11: verschillende type batterij [2]

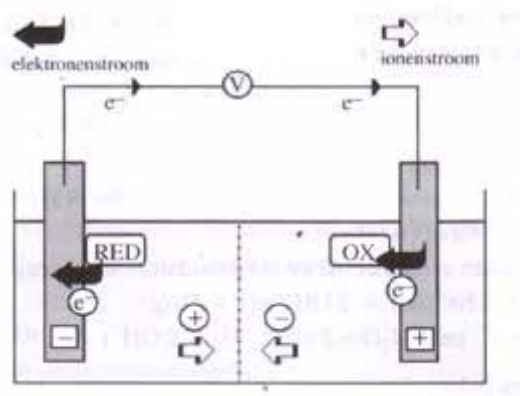
4.2 Universele werking

Wat misschien opgevallen is in de twee bovenstaande voorbeelden is dat beide besproken cellen grote overeenkomsten vertonen. Zo zijn er in beide cellen een anode en een kathode aanwezig die van elkaar gescheiden zijn door een membraan. Tevens bevatten beide cellen ook een elektrolyt en werken ze via het principe van een redoxreactie. Het belangrijke van dit alles is dat eigenlijk iedere batterij op een dergelijke manier werkt. Elke batterij is op die zelfde manier opgebouwd en werkt ook via het zelfde principe. Het enige verschil is dat de batterijen andere materialen gebruiken voor de elektroden en het elektrolyt.

Het begin van deze paragraaf heeft twee concrete voorbeelden van batterijen laten zien. Omdat de werking universeel is, zal ter verduidelijking de standaard elektrochemische cel worden besproken die men nog van scheikunde kent. Nadat dat de standaardcel besproken is zal de lijn doorgetrokken worden naar de andere oplaadbare batterijen. Het enige dat nog toegelicht zal worden is het materiaal waar de batterij van gemaakt is.

Elektrochemische cel

Zoals eerder duidelijk werd werken elektrochemische cellen op basis van een redoxreactie waarbij energie vrij komt. Wanneer een oxidator en reductor direct met elkaar reageren, ontstaat de energie in de vorm van warmte. Dit is dan ook de reden dat de oxidator en reductor van elkaar gescheiden zijn via een poreuze wand of wel een membraan. Indien de oxidator en de reductor elkaar niet kunnen bereiken maar wel een geleidend contact met elkaar hebben ontstaat er energie in de vorm van elektrische stroom.



Figuur 53: chemische cel

Dit is ook te zien in figuur 55. Men ziet een cel waarin zich een oxidator en een reductor bevinden van elkaar door een membraam. Ook ziet men twee elektroden, de positieve kathode en de negatieve anode. Deze elektroden zijn met elkaar verbonden aan de bovenkant. Aan de 'onderkant' zijn ze verbonden met elkaar met een elektrolyt. Het elektrolyt is een ionen bevattende vloeistof die zorgt voor het geleidende contact. Door het opzetten van een stroomkring (verbinding plus elektrolyt) is het mogelijk dat er een elektronenstroom gaat lopen. Hierdoor zijn we al dicht bij de werking.

Wanneer men de cel van figuur 55 nogmaals bekijkt zit men het volgende. Rechts bevindt zich de oxidator aan de anode. De kathode heeft een tekort aan elektronen (+), deze elektronen worden afgegeven aan de ionenvloeistof. Hierdoor ontstaat er in de ionen vloeistof een overschot aan elektronen (-). Via het membraam wordt het overschot aan elektronen afgegeven aan de ionen aan de ionen van de reductor. De oplossing bevat daar namelijk te weinig elektronen. Vervolgens worden de elektronen in de ionen vloeistof weer opgenomen door de reductor aan de kathode. Door het potentiaalverschil zullen de elektronen via de verbinding terug willen naar hun originele plek, de kathode. De elektronen hebben nu een volledige kring gemaakt en er loopt stroom door de redoxreacties aan de kathode en anode. Voorbeelden van deze reacties zijn gegeven bij de loodaccu. De redoxreacties lopen net zo lang door tot al het materiaal is uitgereageerd. De cel is op ofwel de batterij is leeg. Voor het opladen van de cel moet het proces omgekeerd worden door een externe spanningsbron.

Wanneer dit helder is zal het ook niet verwonderlijk zijn dat verschillende batterijen werken met verschillende stoffen. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de stof voor de kathode, anode en het elektrolyt. De werking is inmiddels duidelijk.

Batterij	Kathode (-)	Anode (+)	Elektrolyt
Nikkel-Metaalhydride	Metaalhydride	Nikkel	Kaliumhydroxide
Lithium-ion	Mangaanoxide Polykoolmonofluoride	Lithium	Aceton-Nitril (Organische oplossing)
Lithium-polymeer	Polypyrrool	Lithium	Polymeer (Gel)

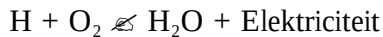
Tabel 12: overzicht van de anode- en kathodestoffen

4.3 Hoe werken deze batterijen?

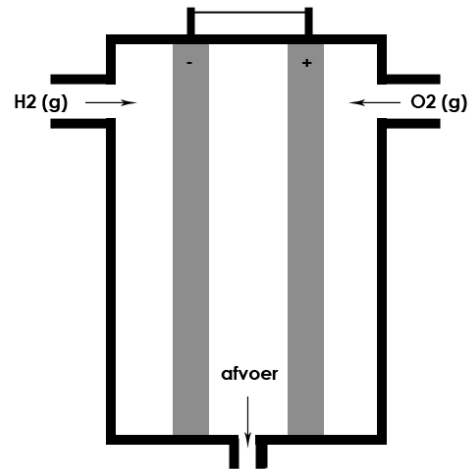
Brandstofcel

Een brandstofcel is een elektrochemisch apparaat waarin zuurstof en waterstof worden omgezet tot elektrische energie. Een brandstofcel bevat geen bewegende delen en in de cel zelf wordt niets verbrand. Brandstofcellen zijn efficiënt, veilig, milieuvriendelijk en stil.

Een brandstofcel werkt als volgt. In de cel zitten twee kamers. Een daarvan is gevuld met waterstof en de andere met zuurstof. De beide kamers worden gescheiden door een poreuze wand waar een elektrolyt doorheen kan. De anode (negatieve pool) wordt geplaatst aan de waterstof kant. De kathode bevindt zich in de zuurstofkamer. Wanneer de beide polen verbonden worden vindt er een reactie plaats, een redoxreactie.



Door het verbinden wordt de waterstof geoxideerd met zuurstof. Hierdoor vormt zich aan de anode water (afval). Tijdens de oxidatie komen er elektronen vrij, deze elektronen worden geleverd door waterstof. Net als bij de halfgeleiders zorgen de elektronen voor de stroomvoorziening. De elektronen stromen via de geleider terug naar de positieve kathode. De elektronen worden door de zuurstof weer opgenomen. Dit proces blijft zo doorgaan en is eigenlijk de omgekeerde reactie van elektrolyse. Het overtollige water wordt afgevoerd ten einde te voorkomen dat de cel overstroomt.



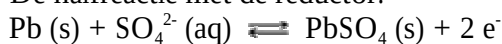
Figuur 54: doorsnede brandstofcel

Loodaccu

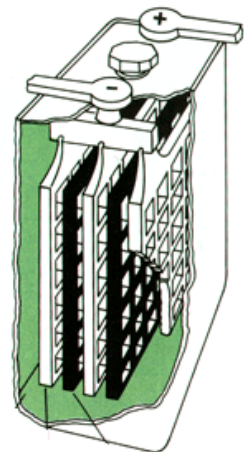
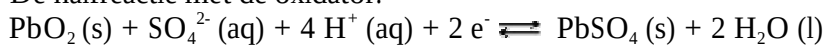
Ook een loodaccu werkt volgens het principe van een redoxreactie. Een cel bestaat uit twee loodplaten waarvan er een bedekt is met lood(IV)oxide. Deze plaat vormt dan ook meteen de positieve pool, de reductor. Dan andere plaat is dan logischerwijs de negatieve pool. Verder bevat de accu een zwavelzuur oplossing die in dit geval gebruikt worden als elektrolyt. De batterij is leeg als beide reacties volledig zijn uitgewerkte. Beide platen zijn dan bedekt met lood(II)sulfaat.

Het opladen van de accu gaat door de polen van de accu aan te sluiten op dezelfde polen van een uitwendige spanningsbron. De reacties zullen ditmaal de andere kant op werken en het proces kan weer van voren af aan beginnen. Tot slot zijn de halfreacties die werken in de loodaccu hieronder uitgeschreven.

De halfreactie met de reductor:



De halfreactie met de oxidator:



Figuur 55: loodaccu

4.4 De markt

Vanwege het feit dat de markt voor batterijen enorm groot en er veel verschillende soorten batterijen zijn is het ondoenlijk om de volledige markt te vatten in een tabel. In de onderstaande tabel staat een aantal bedrijven met bijbehorende telefoonnummers.

<http://www.batterijimport.nl>

Tel: 0413 212222



<http://www.emmerich-batterie.de/batterie/uebersicht.html#01>



<http://www.batterysystems.nl/>

Tel: 035 6030374

<http://www.oplaadbaar.com>

Tel: 079 3418181

<http://professional.duracell.com>

Tel: 070 41 31 902

<http://www.varta-consumer.nl>

Tel: 030 2480480

<http://www.gppowerbank.nl/>

Tel: 493 681030

<http://www.batterybenelux.nl>

Tel: 0297 530601

<http://www.energizer-eu.com/en/belgium.html>

Tel: +32 15 440022

4.5 Elektronica

Voor het kiezen van een geschikte batterij is het belangrijk om op de hoogte te zijn van verschillende mogelijkheden en combinaties die gemaakt kunnen worden. Het soort batterij zou anders gekozen kunnen worden als er gebruik gemaakt wordt van elektronica. In deze paragraaf komen een aantal elektronische componenten aanbod die van belang kunnen zijn in de standalone verlichting. Deze componenten kunnen de keuze van de batterij beïnvloeden en worden daarom meegenomen.

DC/DC converter: step-up

Een DC/DC converter zorgt ervoor dat een ingangsspanning wordt omgezet in een uitgangsspanning. Er zijn in dit geval twee mogelijkheden: step-up en step-down. Step-up betekent dat de ingangsspanning verhoogd wordt tot een uitgangsspanning. De step-down converter werkt precies anders om. Deze component is belangrijk in de batterijkeuze. Wanneer er gebruik gemaakt wordt van een dergelijke converter zou een normale 1.2V batterij voldoen (mits de capaciteit voldoende is).

Tevens zorgt een deze converter ervoor dat de spanning die de batterij afgeeft constant blijft. Onder invloed van de temperatuur is het mogelijk dat de uitgangsspanning van de batterij varieert. De DC/DC converter zorgt voor een constante uitgangsspanning. Het voordeel van een dc/dc converter is dat er minder batterijen gebruikt hoeven worden voor een bepaalde uitgangsspanning. Dit houdt in dat er kosten en gewicht worden bespaard. Een nadeel van deze converter is dat er meer vermogen van de batterij wordt gevraagd. Wanneer er een step-up converter gebruikt wordt zal de capaciteit van de batterij groter gekozen moeten worden.

Charge controller: Maximum Power Point Tracker

Wanneer een zonnecel een optimale spanning bereikt zal de cel ook een maximaal vermogen afgeven. Deze optimale spanning komt tot stand door een combinatie van instraling, temperatuur en 'vervuiling'. In de praktijk fluctueren deze factoren constant. Hierdoor is het maximale vermogen dat een zonnecel kan afgeven over een bepaalde tijd ook niet volledig constant. Om de zonnecel zo veel mogelijk in zijn optimum te laten werken wordt er een MPP Tracker gebruikt.

MPP staat voor Maximum Power Point en is een stukje elektronica om het rendement van de zonnecel te verbeteren. Een MPPT is tegenwoordig een onderdeel van een zongenaamde charge controller. De charge controller is al eerder kort aanbod geweest in paragraaf 1.12 bij de opsomming van de componenten.

Een charge controller is een component die ervoor zorgt voor het management van de batterij. Wanneer de batterij vol is zorgt de charge controller ervoor dat de batterij niet stuk geladen wordt en dat de batterij bij een lagere instraling volledig oplaadt. Deze belangrijke functie heet in het engels 'voltage regulating'. Voltage regulating houdt het volgende in. De charge controller heeft een aantal voltages waarbij de component een handeling moet uitvoeren. Deze 'speciale' voltages heten set points. Charge controller kijkt naar het batterijvoltage en past aan de hand daarvan de stroom aan als het voltage van een setpoint bereikt wordt. Naast deze functie bezitten sommige charge controllers ook een temperatuurcompensatie.

4.6 Verlies van energie

Een van de dingen die zorgen voor verlies van energie is het transport. Dit komt doordat er gebruik gemaakt wordt van koperkabels. Een koperdraad heeft namelijk van zichzelf een weerstand en zorgt dus voor een spanningsval. In de kabel gaat dus vermogen verloren. Het koperverlies kan uitgedrukt worden met de volgende formule: $P_{cu} = I^2 * R$. Kanttekening bij dit verlies is dat het koperverlies groter is als er een wisselstroom doorheen vloeit en in het kader van de opdracht geen problemen moet opleveren.

4.7 Wat is belangrijk voor een batterij in een buitenverlichting?

Een batterij die toegepast moet worden in de standalone buitenverlichting moet aan een aantal voorwaarden voldoen die belangrijk zijn voor het gebruik en de toepassing. Ook zijn er factoren die voor bijvoorbeeld telefoons heel belangrijk zijn maar nu niet aan de orde zijn. Kortom, de batterij moet aan een aantal dingen voldoen. De batterij moet...

- o binnen een bepaalde tijd opladen
- o geen last hebben van het geheugeneffect
- o moet niet kapot laden
- o moet zichzelf niet ontladen
- o een over redelijke capaciteit beschikken
- o milieuvriendelijk zijn
- o klein van formaat zijn
- o niet te veel wegen
- o moet hoge temperaturen kunnen verdragen

De eisen en wensen zijn hier nog puntsgewijs opgesomd en niet nader toegelicht. In hoofdstuk 7 zullen deze punten terug komen in het definitieve programma van eisen en wensen.

4.8 Welke batterij is het beste?

Op basis van de bovengestelde eisen en wensen kan worden gesteld dat er een aantal batterijen voldoen aan de eisen of het overwegen waard zijn. Er is niet direct een batterij de beste keuze. Er zijn verschillende opties mogelijk.

In de eerste alinea van dit hoofdstuk werden verschillende (oplaadbare) batterijen kort besproken. Op basis van de informatie die gegeven wordt kan er nog geen gedegen keuze gemaakt worden. Om een goed gefundeerde keuze te maken is het handig te meest voorkomende oplaadbare batterijen op een rij te zetten in een overzicht. In dit overzicht zullen verschillende belangrijke aspecten van de batterij aan de orde komen zodat er makkelijk bekeken kan worden wat de beste batterij zou kunnen zijn.

Nikkel-Metaalhydride	
Afkorting: NiMH	Voltage: 1.2 V
Capaciteit: tot 11000 mAh	Geheugeneffect: medium
Zelfontlading: 5% per maand	Temperatuurbereik: -40 °C – 45 °C
Snel laden: 2-3 uur	Aantal keren opladen: 500 maal
Levensduur: > 10 jaar	Energie dichtheid: 70 Wh/kg
Bijzonderheden: levert 40% meer energie dan Ni-Cd batterij en bevat geen zware metalen.	
Lithium-Ion	
Afkorting: LiON	Voltage: 3.7 V
Capaciteit:	Geheugeneffect?: geen
Zelfontlading: 2-5% per maand	Temperatuurbereik: -20 °C – 55 °C
Snel laden: 3-6 uur	Aantal keren opladen: 500 maal
Levensduur: > 5 jaar	Energie dichtheid: 100 Wh/kg
Bijzonderheden: leveren tot 50% meer stroom dan een NiMH batterij en meer dan het dubbel van een Ni-Cd batterij.	
Lithium-polymeer	
Afkorting: LiPo	Voltage: 3.7 V
Capaciteit: tot 8000 mAh	Geheugeneffect: geen
Zelfontlading: 1-2% per maand	Temperatuurbereik: -20 °C – 60 °C
Snel laden: niet mogelijk	Aantal keren opladen: 500 maal
Levensduur: > 5 jaar	Energie dichtheid: 125 Wh/kg
Bijzonderheden: Opladen met een te hoge spanning zorgt ervoor dat de batterij in brand kan vliegen. Een te lage spanning zal de batterij vernielen. Opladen dient te gebeuren met een speciale lader. Een LiPo batterij heeft een PCM (Protect Circuit Module) ingebouwd.	
Accucl	
Afkorting: Alkaline-Magnesium	Voltage: 1.5V
Capaciteit: -	Geheugeneffect: nee
Zelfontlading: <0.2% per dag	Temperatuurbereik:
Oplaadtijd: -	Aantal keren opladen: >500 maal
Gewicht: -	Energie dichtheid: -
Bijzonderheden: Milieuvriendelijk en op te laden met zonne-energie met speciale lader.	
Oplaadbare Alkaline-Mangaan	
Afkorting: RAM	Voltage: 1.5V
Capaciteit: tot 6000 mAh	Geheugeneffect: nee
Zelfontlading: verwaarloosbaar	Temperatuurbereik: -
Snel laden: 2-6 uur	Aantal keren opladen: 600 maal
Gewicht: -	Energiedichtheid: -
Bijzonderheden: Batterij is uiterst milieuvriendelijk en extreem goedkoop. Alleen de levensduur van RAM batterijen is korter dan die van Ni-Cd of NiMH	

Tabel 14: informatie over batterijen

In dit overzicht staan de voor- en nadelen kort en bondig opgesomd. Vragen die beantwoordt moeten worden bij het bepalen de capaciteit van de batterij zijn achtereenvolgens:

1. Hoeveel licht moet de lamp in totaal leveren?
2. Welk soort LED is daarvoor nodig?
3. Hoeveel LED's zijn er nodig?
4. Hoeveel stroom heeft de LED nodig?
5. Hoeveel vermogen verbruiken de LED's?
6. Hoe worden meerdere LED's eventueel geschakeld?
7. Hoe lang moet de armatuur kunnen branden?
8. Worden er naast LED's nog componenten gebruikt die energie verbruiken?

Aan de hand van de bovengestelde vragen kan er bepaald worden hoeveel spanning en stroom de batterij moet kunnen opslaan opdat de LED's de gewenste tijd blijven branden. Tevens kan er met deze vragen bepaald worden hoeveel energie het zonnepaneel van de verlichting moet leveren. Hiervoor moet het de eerste acht vragen aangevuld worden met de volgende vraag: Hoe lang heeft de verlichting de tijd om op te laden?

4.9 Belangrijke informatie

De voltages spelen in de buitenverlichting een belangrijke rol. Belangrijk te weten is dat er voor het lopen van stroom altijd een spanningsverschil moet zijn. Daarom is het belangrijk dat de batterij een hoger voltage heeft dan de lichtbron die erop aangesloten worden. Als er geen spanningsverschil is zal de lichtbron niet branden. Het zonnepaneel moet om dezelfde reden ook weer een hoger voltage hebben dan de batterij om te zorgen dat de batterij oplaadt.

5 Lichtbeleving

5.1 Marktvisie

Het bedrijf is van mening dat de huiskamer en de tuin niet los van elkaar gezien kunnen worden. Veel bedrijven hebben de opvatting dat de huiskamer en tuin twee volledig onafhankelijke dingen. Deze onderneming probeert te kijken wat de trends zijn qua verlichting in de huiskamer en dit te vertalen naar de tuin toe. Wat binnen mooi gevonden wordt kan ook naar buiten vertaald worden.

5.2 Lichtonderzoek: enquête

Alvorens het echte ontwerpproces gestart kan worden is het belangrijk om een goed beeld te krijgen van wat de consument wil en zoekt in een tuinverlichting. Waar liggen de belangen van de consument. Welke uitstraling is belangrijk voor het product?

Door middel van een internetenquête is het de bedoeling een antwoord te vinden op deze vragen. De enquête zal verspreidt worden onder familie, vrienden en ouders van vrienden. Door het gebruik van Internet is het gemakkelijk toegankelijk en kunnen de resultaten snel verwerkt worden. Voor het opstellen van de enquête zijn de volgende vragen gesteld.

Hoofdvragen lichtonderzoek

1. Wat vind de consument belangrijk aan zijn tuin?
2. Waarom heeft de consument een tuinverlichting?
3. Wat vindt de consument belangrijk aan een tuinverlichting?
4. Welke uitstraling moet een tuinverlichting krijgen?
5. Wat vind de consument van zonnelampen?
6. Spelen factoren als geslacht, opleiding en locatie mee in de beleving?

Deze hoofdvragen zijn uiteindelijk omgezet in onderdelen. Ieder onderdeel bevat een aantal vragen die de hoofdvraag moeten beantwoorden.

1. Algemeen

In dit gedeelte wordt de algemene informatie van de persoon uitgezocht. Dit is de basis voor de vergelijking. Op basis van deze gegevens kan later gekeken worden of er een verschil tussen de beleving van mannen en vrouwen zit en of het verschil maakt wordt voor sociale positie de geënquêteerde in neemt.

2. De tuin

De geënquêteerde zal een aantal vragen invullen die informatie levert met betrekking tot de basis gegevens van tuin. Het gaat hier om feiten van de tuin zoals grootte en locatie.

3. Tuinbeleving

Het hoe en waarom van het gebruik van de tuin komen bij deze vraag aan bod. In dit stuk is het belangrijk uit te vinden waarom de gebruiker in de tuin zit en of wat er belangrijk bevonden wordt aan diens tuin.

4. *Tuinverlichting*

Dit onderdeel is belangrijk om de basis informatie te vergaren over het gebruik van tuinverlichting bij de consument.

5. *Sfeer van de tuin*

Hoofdvraag bij deze sectie is: welke sfeer vinden mensen belangrijk in de tuin? Dit zal door middel van foto's worden geëncquêteerd. De ondervraagde wordt een vraag gesteld waarbij de foto's de antwoorden op de vraag vormen.

6. *Productuitstraling*

Zoals de titel van het onderdeel al zegt gaat het hier om de uitstraling van het product. Wat voor uitstraling zou de lamp moeten krijgen en wat voor uitstraling trekt de consument het meeste aan? De methode is het zelfde als bij onderdeel vijf.

7. *Zonne-energie*

Ten slotte zal in bij dit onderdeel gezocht worden naar het vertrouwen en de mening van de consument in het fenomeen zonne-energie en de toepassing daarvan in een buitenverlichting.

Elke van deze onderdelen bestaan uit verschillende vragen. De volledige enquête is op de volgende pagina's weergegeven.

5.3 **Enquête Lichtbeleving & Productuitstraling**

Beste Meneer/Mevrouw,

Voor de bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen ben ik op het moment bezig met het ontwerpen van een verlichting voor in de tuin. Om goed te weten wat de consument belangrijk vindt wijt ik een klein onderzoek aan verschillende aspecten van licht, verlichting, de tuin, productuitstraling en zonne-energie.

Het onderzoek bestaat uit zeven onderdelen en kost 20 minuten van uw tijd. Ik zou u graag willen vragen dit volledig en eerlijk in te vullen. Sommige vragen kunnen wellicht niet van toepassing zijn op uw situatie. Graag zou ik u willen verzoeken het antwoord te geven dat het beste bij u past of wat u gedaan zou hebben.

Hieronder start het eerste gedeelte van het onderzoek. De vragen waar een * bij staan zijn niet verplicht in te vullen. Het onderzoek mag anoniem worden ingevuld. Veel succes bij het invullen van de vragen!

Vincent Geraedts
Student Industrieel Ontwerpen
v.p.j.geraedts@student.utwente.nl

1. Algemeen

1. Naam *

.....

2. Wat is uw geslacht?

- ☐ Man
- ☐ Vrouw

3. In welke leeftijdscategorie valt u?

- ☐ jonger dan 20
- ☐ 21-30
- ☐ 31-40
- ☐ 41-50
- ☐ 51-65
- ☐ ouder dan 65

4. Emailadres *

.....

5. Woonplaats

.....

6. In welke provincie woont u?

- ☐ Brabant
- ☐ Drenthe
- ☐ Flevoland
- ☐ Friesland
- ☐ Gelderland
- ☐ Groningen
- ☐ Limburg
- ☐ Noord-Holland
- ☐ Overijssel
- ☐ Utrecht
- ☐ Zeeland
- ☐ Zuid-Holland

7. In wat voor gebied bent u woonachtig?

- ☐ Stad
- ☐ Dorp
- ☐ Platteland

8. Wat is uw hoogst afgeronde opleiding?

- ☐ VBO
- ☐ MAVO
- ☐ HAVO
- ☐ VWO
- ☐ MBO
- ☐ HBO
- ☐ WO

2. De tuin

9. Hebt u een eigen tuin?

- ☐ Ja, alleen een voortuin
- ☐ Ja, alleen een achtertuin
- ☐ Ja, zowel een voor- als achtertuin
- ☐ Ja, ik maak gebruik van een volkstuin
- ☐ Ja, mijn balkon dient als tuin '
- ☐ Nee, ik heb geen tuin

10. Hoe groot is de des betreffende tuin?

- ☐ Groot
- ☐ Middel
- ☐ Klein

11. Hecht u veel waarde aan uw tuin?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

12. Bent u veel met uw tuin bezig?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

3. Tuinbeleving

13. Zit u graag in de tuin?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
14. In welke periode zit u veel in de tuin? (Meerdere antwoorden mogelijk)
- ☐ Winter
 - ☐ Lente
 - ☐ Zomer
 - ☐ Herfst
15. In welke dagdeel zit u vaak in de tuin?
- ☐ In de middag
 - ☐ In de avond
 - ☐ Beide
16. Waarom zit u graag in de tuin? (Meerdere antwoorden mogelijk)
- ☐ Rust
 - ☐ Gezelligheid
 - ☐ Genieten van de natuur
 - ☐ Anders, namelijk
17. Wat doet u zoal in de tuin? (Meerdere antwoorden mogelijk)
- ☐ Zonnen
 - ☐ Alleen zitten
 - ☐ Iets drinken
 - ☐ Eten
 - ☐ Lezen
 - ☐ Werken in de tuin
 - ☐ Anders, namelijk

4. Verlichting

18. Maakt u gebruikt van tuinverlichting?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
19. Waar bevindt de tuinverlichting zich? (Meerdere antwoorden mogelijk)
- ☐ Aan een muur
 - ☐ In de garage
 - ☐ Tussen de planten
 - ☐ Ergens in verwerkt
 - ☐ Anders, namelijk
20. Wanneer maakt u gebruikt van uw tuinverlichting?
- ☐ Alleen in de zomer
 - ☐ Hele jaar door
21. Is de tuinverlichting op afstand bedienbaar?
- ☐ Ja, via een lichtschakelaar in huis
 - ☐ Ja, via een afstandsbediening
 - ☐ Nee, de verlichting werkt automatisch
 - ☐ Nee, je moet de lamp zelf aanzetten
22. Waar dient de tuinverlichting **hoofdzakelijk** voor?
- ☐ Veiligheid
 - ☐ Gezelligheid
 - ☐ Bieden van zicht in de tuin
 - ☐ Teken van bewoning
 - ☐ Voor het uitlichten van objecten
 - ☐ Voor het uitlichten van planten
 - ☐ Anders, namelijk
23. Gebruikt u in de zomermaanden nog **extra** tuinverlichting?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
24. Wat is de reden daarvan?
-
25. Hoeveel licht moet een tuinverlichting uitstralen?
(Achter de dubbele punt staat een indicatie van de hoeveelheid licht)
- ☐ Veel: het moet de tuin volledig verlichten
 - ☐ Middelmatig: ik moet in de tuin kunnen lezen
 - ☐ Weinig: het moet niet volledig donker zijn in de tuin

26. Wat vindt u belangrijk aan een tuinverlichting? (5= Zeer belangrijk, 1= Totaal onbelangrijk)

- ☐ Vorm
- ☐ Uiterlijk
- ☐ Functionaliteit
- ☐ Kwaliteit
- ☐ Geen onderhoud nodig
- ☐ Gemak van plaatsing
- ☐ De prijs
- ☐ Hoeveelheid licht
- ☐ Soort licht
- ☐ Mogelijkheid tot vervangen van onderdelen
- ☐ Automatische werking
- ☐ Anders, namelijk

27. Mag tuinverlichting **zichtbaar** aanwezig zijn in de tuin?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

28. Speelt het soort lamp daar nog een rol in?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

29. Hoeveel mag een tuinverlichting kosten?

- ☐ minder € 10,-
- ☐ € 10,- tot € 20,-
- ☐ € 20,- tot € 30,-
- ☐ € 30,- tot € 40,-
- ☐ € 40,- tot € 50,-
- ☐ meer dan € 50,-

30. Wat verwacht u van het product voor deze prijs?

... ..

31. Tot welke handelingen bent u bereidt bij een normale tuinverlichting?
(Meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ Uitpakken van de lamp
- ☐ Zelf in elkaar zetten van de lamp
- ☐ Neerzetten van de lamp op een plek in de tuin
- ☐ Aansluiten van de lamp
- ☐ Het aan- en uitschakelen van de lamp
- ☐ Het vervangen van onderdelen
- ☐ Geen van deze handelingen

5. Sfeer in de tuin

In dit gedeelte zullen verschillende foto's de antwoorden 'op de vraag vormen. Kies de foto die klopt of het dichtste in de buurt komt van de sfeer of het gevoel dat u hebt bij een bepaalde situatie. De vraag is de situatie. De foto's beelden de gevoelens of sferen uit.

32. Welk gevoel heeft **voornamelijk** u als u in de tuin zit?

- ☐ 01_blij.jpg
- ☐ 02_genieten.jpg
- ☐ 03_genieten van de natuur.jpg
- ☐ 04_gevangen.jpg
- ☐ 05_ontspannen.jpg
- ☐ 06_slechtgevoel.jpg
- ☐ 07_vrijheid.jpg
- ☐ 08_wanhopig.jpg

33. Welke foto geeft de **sfeer** van u tuinbeleving weer?

- ☐ gezelligheid2.jpg
- ☐ romantisch.jpg
- ☐ eenheid.jpg
- ☐ arbeid.jpg
- ☐ depri.jpg

34. Welk **soort licht** trekt u het meeste aan?

- ☐ 01_bouwlamp.jpg
- ☐ 02_gloeilamp.jpg
- ☐ 03_gloeilamp2.jpg
- ☐ 04_normaal bewolkt.jpg
- ☐ 05_normale zon.jpg
- ☐ 06_vuur.jpg
- ☐ 07_LED.jpg
- ☐ 08_kaars.jpg
- ☐ 09_zonsondergang.jpg
- ☐ 10_maanlicht.jpg
- ☐ 11_maanblauw

35. Waarom trekt u dit het meeste aan?

.....

36. Welk soort licht vindt u het meest sfeervol?

- ☐ 01_bouwlamp.jpg
- ☐ 02_gloeilamp.jpg
- ☐ 03_gloeilamp2.jpg
- ☐ 04_normaal bewolkt.jpg
- ☐ 05_normale zon.jpg
- ☐ 06_vuur.jpg
- ☐ 07_LED.jpg
- ☐ 08_kaars.jpg
- ☐ 09_zonsondergang.jpg
- ☐ 10_maanlicht.jpg
- ☐ 11_maanblauw

37. Wat is sfeervol voor u?

... ..

38. Als u een (nieuwe) tuinverlichting koopt wat voor soort licht moet dit dan geven?

- ☐ 01_bouwlamp.jpg
- ☐ 02_gloeilamp.jpg
- ☐ 03_gloeilamp2.jpg
- ☐ 04_normaal bewolkt.jpg
- ☐ 05_normale zon.jpg
- ☐ 06_vuur.jpg
- ☐ 07_LED.jpg
- ☐ 08_kaars.jpg
- ☐ 09_zonsondergang.jpg
- ☐ 10_maanlicht.jpg
- ☐ 11_maanblauw

6. Productuitstraling

U krijgt een aantal series producten te zien voor verschillende doeleinden en omstandigheden. De hoofdvraag voor dit onderdeel is: **welk product is de beste optie bij de gestelde vraag**. Er is bij elke vraag maar een antwoord mogelijk.

39. Welke lamp vindt u het **mooiste**? (Maak een top 3)

☐ \Foto's\Productuitstraling\vraag 39

40. Welke lamp zou u kopen als nu een verlichting moest kopen?

☐ \Foto's\Productuitstraling\vraag 39

41. Waarom zou u juist deze lamp kopen?

... ..

42. Welke lamp geeft u het meest gezellige gevoel?

☐ \Foto's\Productuitstraling\vraag 43

43. Welk lamp geeft u het meeste veilige gevoel?

☐ \Foto's\Productuitstraling\vraag 43

44. Welke lamp is volgens u kwalitatief het beste?

☐ \Foto's\Productuitstraling\vraag 42

7. Zonne-energie

45. Hebt u tuinverlichting die enkel werkt op zonne-energie?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
46. Indien ja: Wat zijn daar uw redenen voor (geweest)?
- ☐ Het is milieuvriendelijk
 - ☐ Het product hoeft niet aangesloten te worden
 - ☐ Overal neer te zetten
 - ☐ Anders, namelijk
47. Indien nee: Wat zijn daar uw redenen voor (geweest)?
- ☐ Een normale lamp werkt veel beter
 - ☐ Het product was te duur
 - ☐ Overal neer te zetten
 - ☐ Anders, namelijk
48. Bent u milieubewust (in het gebruik van energie)?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
49. Bent u bereid meer te betalen voor een milieuvriendelijk product?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
50. Wat is daar de reden van?
-
51. Hebt u vertrouwen in de werking van een tuinlamp op zonne-energie?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
52. Wat zijn uw redenen voor het antwoord op de vorige vraag?
-
53. Zou u een tuinlamp op zonne-energie kopen mits deze goed werkt?
- ☐ Ja
 - ☐ Nee
54. Wanneer wilt u dit product kunnen (voornamelijk) gebruiken?
- ☐ Zomer
 - ☐ Lente en zomer
 - ☐ Hele jaar door
55. Hoeveel licht moet deze verlichting geven?
- ☐ Veel: het moet de tuin volledig verlichten
 - ☐ Middelmatig: ik moet in de tuin kunnen lezen
 - ☐ Weinig: het moet niet volledig donker zijn in de tuin

56. Zijn de verwachtingen anders voor een zonnelamp dan voor een gewone 'buitenverlichting?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

57. Wat is de reden voor het antwoord op de vorige vraag?

.....

58. Wat is belangrijker voor een zonnelamp? (Vergelijk en kies de beste optie)

- | | | |
|---------------------------------------|----|---------------------------------|
| ☐ Functionaliteit | of | ☐ Uiterlijk |
| ☐ Kwaliteit | of | ☐ Prijs |

59. Mag een lamp op zonne-energie meer kosten dan een normale verlichting?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

60. Hoeveel mag dit product dan kosten?

- ☐ minder €10,-
- ☐ €10,- tot €20,-
- ☐ €20,- tot €30,-
- ☐ €30,- tot €40,-
- ☐ €40,- tot €50,-
- ☐ meer dan €50,-

61. Tot welke handelingen bent u bereidt voor een zonnelamp? (Meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ Uitpakken van de lamp
- ☐ Zelf in elkaar zetten van de lamp
- ☐ Neerzetten van de lamp op een plek in de tuin
- ☐ Aansluiten van de lamp
- ☐ Het aan- en uitschakelen van de lamp
- ☐ Het vervangen van onderdelen
- ☐ Geen van deze handelingen
- ☐ Het zelfde als bij een normale lamp

62. Indien er een verschil is tussen de handelingen van een normale verlichting en een tuinverlichting. Wat is daar de reden voor?

.....

Hartelijk bedankt voor uw medewerking en tijd!

5.4 Persoonlijke visie en verwachtingen

Mijn persoonlijke visie op de verlichtingsmarkt wijkt enigszins af van die van het bedrijf. Het bedrijf heeft uiteraard een ruimere visie. In het kader van de opdracht richt ik me op een standalone verlichting, in mijn ogen sfeerverlichting.

Zelf denk ik daarom dat de tuin en de huiskamer wel los van elkaar gezien kunnen worden. Er zijn overeenkomsten tussen de tuin en de huiskamer. Beide plaatsen zitten mensen voor de gezelligheid. Mensen wil het knus hebben en zich op hun gemak voelen en gebruiken daar onder andere licht voor als medium.

Toch zijn er grote en belangrijke verschillen tussen beide plaatsen. De gezelligheid van de huiskamer compleet anders dan die in de tuin. Naar mijn idee is het sleutelwoord beleving. Het in de tuin zitten is een totaal ander gevoel en een totaal andere beleving dan het zitten in de huiskamer. De huiskamer wordt meestal gebruikt als het weer het niet toestaan om buiten te zijn. In de zomer zitten relatief weinig mensen in hun huiskamer en verplaatst iedereen naar de tuin. De tuin wordt dus meestal gebruikt bij mooi weer en is voor mensen een natuurlijke plek. Mensen zijn vrijer en voelen dit ook zo. Een huiskamer heeft niets natuurlijk, mensen zitten eigenlijk opgesloten in een vierkante doos met een paar openingen. Het grote contrast tussen de huiskamer en de tuin veroorzaakt het grote verschil in beleving.

Het verschil in beleving is bepalend voor de manier van ontwerpen van de sfeerverlichting. In de huiskamer moet geleefd worden. Mensen moeten dingen kunnen zien en bijvoorbeeld kunnen lezen. In een huiskamer is het gezellig en vaak knus. Hiervoor is alleen een stuk meer licht nodig dan in de tuin het geval. Wanneer mensen in de tuin zitten, is er vaak niet veel licht. Een activiteit als lezen wordt vaak niet gedaan in een donkere tuin. Ook de andere activiteiten in de tuin zijn niet te vergelijken met de huiskamer als men het heeft over beleving.

Vanwege mijn visie verwacht ik dat de enquête uit zal wijzen dat een tuinverlichting relatief weinig licht moet uitstralen en vooral gezelligheid als doel dient. Het product moet aanwezig zijn voor het creëren van gezelligheid. Onder gezelligheid versta ik eenheid en natuur. Mensen zitten graag rond een vuurtje met z'n allen in een zomeravond. Ik verwacht dat de beleving en uitstraling van de natuur belangrijk is voor mensen.

Daarnaast verwacht ik dat mensen vertrouwen hebben in een product dat werkt op zonne-energie en bereidt zijn hiervoor te betalen. Kanttekening hierbij is wel dat het product, volgens mij, kwalitatief moet ogen.

5.5 Resultaten

De resultaten van de enquête zullen in deze paragraaf op twee niveau's besproken worden. Als eerste worden de gemiddelde resultaten van de enquête weergegeven. Voor een groot gedeelte van de vragen is dit voldoende informatie voor het trekken van conclusies. Voor conclusies met betrekking tot de productuitstraling en lichtbeleving zullen de antwoorden van de enquêteurs statistisch worden geanalyseerd.

5.6 Gemiddelde

In totaal zijn er 60 mensen geweest die de enquête hebben ingevuld. In deze paragraaf zullen de belangrijkste uitkomsten worden besproken. In de enquête zaten ook enkele vragen verwerkt waar foto's de antwoorden op de vraag vormde. De originele foto's en alle gemiddelden zijn terug te vinden op de data CD.

Het onderzoek heeft een goede verdeling van mensen. Zo is ongeveer de helft van de ondervraagde van het mannelijke geslacht en daarmee de andere helft automatisch van het andere geslacht. Dezelfde resultaten zijn zichtbaar in de leeftijd. De helft van de enquêteurs is ouder dan 30 jaar, de rest jonger.

De tuin en tuinverlichting

- o 73.3% van de ondervraagde heeft de beschikking over zowel een voor- als achtertuin.
- o 76.7% van de ondervraagde hecht veel waarde aan hun tuin.
- o 98.3% van de mensen ongeacht geslacht of leeftijd zit graag in de tuin. Alle ondervraagden gaven aan in de zomer veel in de tuin te zitten. Daarnaast zit 86.7% ook in de lente veel in de tuin. Het gaat hierbij voornamelijk om de middag en avond.
- o Er zijn een paar hoofdredenen dat mensen graag in de tuin zitten: gezelligheid, genieten van de natuur en de rust worden het vaakst genoemd.
- o Veel mensen maken gebruik van tuinverlichting. De verlichting bevindt zich voornamelijk aan de muur en tussen de planten met respectievelijk 48.3% en 61.7% en wordt door de meeste mensen het hele jaar door gebruikt.
- o Het merendeel van de ondervraagde gaf aan dat de buitenverlichting middelmatig tot weinig licht moet geven. Slecht 5.0% gaf het antwoord: veel licht.
- o Kwaliteit, functionaliteit en onderhoudsvrij zijn punten die belangrijk gevonden worden in combinatie met een tuinverlichting. De automatische werking wordt met 2.9 punten als het minst belangrijk betiteld.
- o 98.3% vindt dat een tuinverlichting zichtbaar aanwezig mag zijn in de tuin. Ongeveer tweederde van de ondervraagde geeft daarbij wel aan dat het soort lamp daar een rol in speelt.

Lichtbeleving

- o Het gevoel dat mensen hebben wanneer ze in de tuin zitten is vooral ontspannen en genieten. Genieten van de natuur en van de rust.
- o De sfeer van de tuinbeleving wordt gekenmerkt door romantiek. Ruim de helft van de ondervraagde gaf dit antwoord. De rest koos voor de plaatjes die synoniem staan voor eenheid en gezelligheid.

- o De ondergaande zon, de maan, blauw LED licht en kaarslicht trekt de meeste mensen aan. De motivatie hiervoor is meestal dat het om gezellig en/of natuurlijk licht gaat.
- o Ongeveer dezelfde uitkomsten komen terug bij de vraag naar sfeervol licht. Hierbij zijn vuur (kaars en kampvuur), de ondergaande zon en LED licht vooral gekozen. Gezelligheid, rust en warmte zijn voor mensen 'sfeervol'.
- o Wanneer mensen een nieuwe lamp zouden kopen moet de lamp licht geven in de trend van de LED of de ondergaande zon. Daarnaast zijn maanlicht en kaarslicht ook regelmatig gekozen met 18.7 en 15%.

Productuitstraling

- o In dit deel van de enquête komen regelmatig dezelfde producten terug. De mooiste lampen zijn de natuurlijke stenen lampen, de houten lamp en de strakke aluminium cilindervormige verlichting. Dezelfde antwoorden komen naar voren als men een nieuwe verlichting zou moeten kopen.
- o De klassieke lantaarnpaal geeft mensen het meeste veilige gevoel.
- o De parasollamp en de gloeiende stenen geven mensen het meest gezellige gevoel
- o Over het algemeen wordt metaal kwalitatief beter betiteld dan kunststof. De andere opties ontlopen elkaar niet heel veel.

Zonne-energie

- o 96.7% van de mensen heeft momenteel geen verlichting op zonne-energie.
- o Driekwart van de ondervraagde zegt milieubewust te zijn en daarnaast zegt een groot deel van de mensen meer te willen betalen voor een verlichting op zonne-energie.
- o 68.3% geeft aan vertrouwen te hebben in de werking van een verlichting op zonne-energie. 93.3% geeft daarbij ook aan een dergelijke verlichting te kopen mits hij goed functioneert.
- o Een zonneverlichting mag meer kosten dan een normale tuinverlichting.
- o Verwachtingen voor een zonneverlichting verschillen niet veel met die van een normale tuinverlichting. Functionaliteit en kwaliteit zijn in beide gevallen belangrijk en ook het aantal uit te voeren handelingen is nagenoeg gelijk.

5.7 Statistische analyse

Wat in de gemiddelden van de vorige paragraaf niet naar voren komt is of er significante verschillen bestaan tussen verschillende categorieën. Van te voren is de vraag gesteld of dingen als geslacht, opleiding en locatie een rol spelen in de antwoorden die in de enquête gegeven zijn.

Om aan deze informatie te komen is er gebruik gemaakt van het statistische verwerkingsprogramma SPSS. De toetsing die gebruikt in dit programma is de Chi-kwadraat toets. Hiervoor zijn de volgende aannames gedaan:

H_0 : er bestaat geen verband tussen de te analyseren variabelen.

H_1 : er bestaat wel verband tussen de te analyseren variabelen.

Voor deze toets wordt gebruikt gemaakt van een 95%-betrouwbaarheidsinterval. Dit houdt in dat de overschrijdingskans niet groter mag zijn 0.05. Wanneer de uitkomst van de analyse kleiner is dan 0.05, kan de nul-hypothese worden verworpen en wordt H_1 dus geaccepteerd.

De overschrijdingskans is in de datatabellen van SPSS terug te vinden als de Asymp. Sig bij de Pearson Chi-Square toets.

In deze paragraaf zullen alleen de conclusies worden beschreven van de SPSS resultaten. Het opnemen van deze tabellen zou het verslag direct verlengen met tientallen pagina's. Daarnaast is deze informatie niet relevant om gedrukt te worden. Wanneer er toch interesse is in alle resultaten van de data-analyses kunnen deze bekeken worden op de data CD.

In de tabel 15 staan dus alleen maar verbanden die statistisch bewezen zijn met een betrouwbaarheid van minimaal 90% en daarmee een Chi-square ratio van 0.100. De conclusies zijn onderverdeeld in de te onderzoeken parameters: geslacht, leeftijd, locatie en opleiding. Deze parameters zijn vervolgens gecombineerd met een vraag of stelling en de laatste twee kolommen geeft de betrouwbaarheid van de combinatie weer.

Parameter	Vraag of stelling	Chi-Square	Betrouwbaarheid
Geslacht	Gemak van plaatsing	0.009	99%
Geslacht	Mogelijkheid tot vervangen van onderdelen	0.043	95%
Geslacht	Welke foto geeft de sfeer van u tuinbeleving weer?	0.039	95%
Leeftijd	Welk gevoel heeft men in de tuin?	0.037	95%
Leeftijd	Welk soort licht trekt u het meeste aan?	0.043	95%
Leeftijd	Welke verlichting geeft het meeste veilige gevoel?	0.007	99%
Leeftijd	Welke lamp is kwalitatief het beste? (1)	0.010	99%
Leeftijd	Welke lamp is kwalitatief het beste? (2)	0.048	95%
Locatie	Welk soort licht trekt u het meeste aan?	0.030	95%
Locatie	Soort licht voor een nieuwe verlichting	0.007	99%
Locatie	Mogelijkheid tot vervangen van onderdelen	0.009	99%
Opleiding	Kosten van een normale verlichting	0.034	95%
Opleiding	Welke lamp is kwalitatief het beste? (8)	0.016	95%
Opleiding	Vorm	0.065	95%

Tabel 15: statisch aangetoonde verbanden

5.8 Conclusie

Enquêteconclusie: wat zeggen de gemiddelden?

Mensen zitten graag in de tuin, met name in de middag of avond in de periode lente en zomer. Het merendeel van de ondervraagde maakt gebruik van tuinverlichting. Een tuinverlichting moet middelmatig tot weinig licht geven en mag zichtbaar aanwezig zijn. Kwaliteit, onderhoudsvrij en functionaliteit zijn de belangrijkste aspecten voor een tuinverlichting.

Mensen voelen zich ontspannen en genieten van de natuur en de gezelligheid. De sfeer in de tuin wordt beschreven door gezelligheid en romantiek. Het soort licht dat mensen kiezen bij de verschillende vragen sluit hierbij aan. Zo wordt sfeervol beschreven als warm, rustig en gezellig. LED- en maanlicht, kaarslicht, kampvuur en de ondergaande zon komen hierbij het meest naar voren. Grofweg kan de keuzes indelen in twee categorieën: koud licht (blauw) en warm licht (rood).

Qua productuitstraling komen de natuurlijke verlichtingen sterk naar voren. Uit de enquête blijkt ook dat het grootste gedeelte van de ondervraagden vertrouwen heeft in een tuinverlichting op zonne-energie en geeft ook aan er een te zullen kopen. De verwachtingen met betrekking tot zonne-energie is zijn niet anders dan voor een normale verlichting. Een zonneverlichting mag meer kosten dan normale verlichting.

Statistische conclusie: welke verbanden zijn statistisch bewezen?

Door analyse met het softwarepakket SPSS zijn er een aantal verbanden naar voren gekomen. De meeste essentiële verbanden liggen bij de parameters opleiding en leeftijd.

Algemene conclusie: sfeerbeeld

De sfeer die door de enquête naar voren komt heeft als basisbegrip gezelligheid. Gezelligheid, warmte en rust zijn belangrijk voor in de tuin. Dit sfeerbeeld zal dan ook het ontwerpcriteria zijn. Gezelligheid die wordt opgeroepen door een natuurlijk gevoel dat leidt tot een ontspannen en gemakkelijk gevoel.

Onderzoeksconclusie: representatieve enquête?

De enquête naar lichtbeleving en productuitstraling kan worden gezien als een redelijk resultaat. De enquête is door een goede groep mensen ingevuld. Er zit genoeg spreiding in de verschillende belangrijke factoren. De enquête geeft een globaal beeld van de markt en de beleving van de doelgroep en bevestigt gedeeltelijk mijn verwachtingen en geeft voldoende basis voor het ontwerpen van de standalone-verlichting.

Wanneer men deze enquête als een volwaardig onderzoek gaat beschouwen is het niet voldoende. Er zijn veel conclusies getrokken, maar slechts een deel van deze conclusies zijn ook statistisch onderbouwd en bewezen. Daarnaast hadden achteraf gezien enkele vragen anders gesteld moeten worden. De uitkomsten zijn daardoor niet (altijd) helemaal representatief. Echter het uitwerken van een volwaardige markt- en consumentanalyse is niet het doel van deze bacheloropdracht. In dit tijdsbestek is dit resultaat het best haalbare voor dit moment. Het opzetten van de enquête en de volledige statistische analyse zou een bacheloropdracht op zich zijn. Samenvattend, het onderzoek is kan als een redelijk resultaat beschouwd worden en biedt een goede ondergrond voor de verdere voortgang van het ontwerpproces.

6 Eisen en wensen

In het onderzoek zijn een groot mogelijkheden met betrekking tot cellen, batterijen en LED's op een rij gezet. Deze informatie is noodzakelijk voor het maken van een juiste beslissing. Na het zoeken van informatie is er een consumentenonderzoek gehouden naar de lichtbeleving van mensen. De uitkomsten van dit onderzoek vormen als het ware de basis voor het definitief vaststellen van het programma van eisen en wensen en de ontwerpcriteria.

In het onderzoek is de uitstraling van de lamp bekeken, de hoeveelheid licht die de lamp moet produceren. Aan de hand van deze gegevens en bevindingen uit het verleden is het mogelijk een programma van eisen en wensen op te stellen voor de standalone buitenverlichting. Door het combineren van alle gevonden informatie is het vaststellen van de juiste componenten nu geen probleem meer.

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk zal het programma van eisen en wensen uit een gezet worden. De daarop volgende paragraaf zal besteedt worden aan de energiebalans. Met het energieverbruik en de energieopbrengst zal een berekening gemaakt worden om definitief te bepalen welke componenten in de buitenverlichting verwerkt kunnen worden en wat de elektrische specificaties daarvan moeten zijn. Het gaat hierbij wel om een theoretische benadering.

6.1 Programma van Eisen en Wensen

1. Prestatie

De armatuur moet minimaal vier uur kunnen functioneren.
De batterij moet tussen zonsopgang en zonsopgang opgeladen zijn.
Het is wenselijk dat de lamp is voorzien van een dimmer en op afstand bedienbaar is.
Het is wenselijk dat de batterij gekoeld moet kunnen worden.
De armatuur kan alleen maar in de lente en zomermaanden gebruikt worden.

2. Levensduur

De armatuur moet een minimale levensduur hebben van 3 jaar.

3. Omgevingsinvloeden

Voor het gebruik moet uitgegaan worden van een slechte dag in de lente.
Alle elektronische componenten moeten in staat zijn tijdens normale weeromstandigheden goed te functioneren.

4. Ergonomie

De lamp mag niet zwaarder zijn dan 10 kilo.

5. Gebruik

Het is wenselijk dat de armatuur ook gebruikt kan worden voor verlichting van objecten en/of planten, het lezen in de tuin of dergelijke doeleinde.
De armatuur moet kunnen functioneren zonder snoer en aansluiting op het lichtnet.
Het is wenselijk dat de armatuur bijgeladen kan worden '.

6. Gebruiksomgeving

Het is wenselijk dat de armatuur op elke plek in de tuin of terras te plaatsen is.
Het is wenselijk dat de armatuur op elke ondergrond te plaatsen is.

7. Onderhoud

De batterij en LED moeten eenvoudig vervangbaar zijn.
Het is wenselijk dat de componenten vervangbaar zijn zonder gereedschap.

8. Productiekosten

De kosten voor de totale armatuur mogen niet hoger komen dan €25,-

9. Installatie

De gebruiker moet met zo min mogelijk handelingen de armatuur kunnen installeren.
De gebruiker moet de lamp zelf kunnen plaatsen, zo nodig met gebruiksaanwijzing.

10. Materiaal

De armatuur moeten verschillende weersomstandigheden kunnen weerstaan.
De behuizing moet voldoen aan IP44 wetgeving.

11. Uitstraling

Het is wenselijk dat de armatuur een natuurlijke uitstraling krijgt.
De armatuur wordt ontworpen als sfeerverlichting.

6.2 De energiebalans

Wanneer er een keuze gemaakt moet worden met betrekking tot de componenten van de verlichting is het essentieel om als basis de LED te nemen. De LED is namelijk het 'zwaartepunt' van de elektronica.

Met de technische specificaties van de lichtbron kan namelijk worden gerekend. Het voltage en het amperage van de LED zijn belangrijk om te weten welke zonnecel en batterij gekozen moeten worden. Als voorbeeld zal hieronder een standaardberekening worden gemaakt. De getallen in het eerste blok kunnen naar wens worden ingevuld. De uitkomsten hangen af van die getallen. Deze berekening kan altijd opnieuw uitgevoerd worden door het vervangen van de juiste getallen. Op de data CD is een excelsheet te vinden waar de onderstaande berekening via de pc kan worden uitgevoerd.

Voorbeeld

Specificaties LED	
Naam:	Luxeon 1 Watt Star
Vermogen:	1 Watt
Voltage:	3.8 V
Amperage:	350 mA
Specificaties andere elektronica	
Totaal Voltage:	geen
Totaal Amperage:	geen
Tijden	
Brandtijd:	4 uur
Oplaadtijd:	5 uur

Vermogensopbrengst					
Zomer		Lente		Winter	
Goede dag	0.500 W	Goede dag	0.480 W	Goede dag	0.175 W
Slechte dag	0.300 W	Slechte dag	0.300 W	Slechte dag	0.045 W

Batterij
Capaciteit batterij per batterij = brandtijd * amperage (LED + andere elektronica)
Voltage batterij > Voltage LED

Zonnecel
Voltage zonnecel > Voltage (batterij + elektronica)
Amperage zonnecel =(capaciteit batterij/ oplaadtijd)
Benodigd vermogen = (voltage zonnecel * amperage zonnecel)
Aantal cellen = (benodigd vermogen/vermogensopbrengst)

7 Bronvermelding

1 Alles over zonnecellen

1.1 De geschiedenis van de zonnecel

<http://mediatheek.thinkquest.nl/~lla167/parse.php?f=mainnl>

http://www.ecn.nl/_files/zon/geschiedenis_van_de_zonnecel.pdf

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=article&sid=100>

1.2 De zonnecel

<http://science.howstuffworks.com/solar-cell6.htm>

http://www.scheutensolar.de/faq_01.htm

1.3 Silicium

Regtien, P.P.L., *Elektronica voor Industrieel Ontwerpers*, Enschede: Universiteit Twente, 2003

Thijssen, Ir. A.P.J., *Samengevat Natuurkunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

Vecht, van der, Dr. J.R, Ris, Dr. C., *Samengevat Scheikunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=article&sid=71>

<http://science.howstuffworks.com/solar-cell3.htm>

1.4 Halfgeleider

Regtien, P.P.L., *Elektronica voor Industrieel Ontwerpers*, Enschede: Universiteit Twente, 2003

Thijssen, Ir. A.P.J., *Samengevat Natuurkunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

Vecht, van der, Dr. J.R, Ris, Dr. C., *Samengevat Scheikunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=print&sid=71>

<http://science.howstuffworks.com/solar-cell4.htm>

1.5 Dunne filmcellen

http://www.solarnavigator.net/thin_film_solar_cells.htm

<http://sunergy.thrijswijk.nl/pvinfo/3.htm>

<http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/nod/onderzoek/OND1300569/>

<http://www.library.uu.nl/digiarchief/dip/diss/2003-0708-121253/sam.pdf>

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=601711>

<http://www.tue.nl/cursor/bastiaan/jaargang43/cursor04/onderzoek.shtml>

1.6 Het invallen van het licht

<http://science.howstuffworks.com/solar-cell5.htm>

1.8 Opbouw van zonnecellen

<http://science.howstuffworks.com/solar-cell7.htm>

http://www.meerdakonderdezoon.org/04/zonnepanelen_det.asp?IDfaqs=4

1.9 Soorten cellen

<http://www.zonnestroom.net/pvfaq.html>

<http://www.meerdakonderdezoon.org/04/zonnepanelen.asp>

<http://www.scienceguide.org/Genres/Nieuws/Wetenschap/zonnecel.htm>

<http://www.mansolar.nl/werking.htm>

1.10 Maximale opbrengst

College sheets: ITO voor WB, Angele Reinders, 2004

http://www.stroomwerk.nl/solarbasics.php#Opbrengst_en_zoninstraling

<http://www.hollandsolar.nl/nld/zonnestroom/index.htm>

1.11 Verlies

<http://www.hollandsolar.nl/nld/zonnestroom/index.htm>

1.12 Welke componenten zijn er nodig?**1.14 De markt**

<http://www.zonne-energie.com/zonnepanelen.html>

<http://www.fraxin.nl/index.cfm?fuseaction=shopping.dspCategory&catID=7&parentID=1>

<http://www.dbcom.nl/>

<http://www.solarpanels.nl>

<http://www.solarbuzz.com/solarindex/CellManufacturers.htm>

http://www.icpsolar.com/ssfamille.php3?id_rubrique=11

<http://www.sinonar.com.tw/>

http://www.uni-solar.com/cons_products.html

<http://www.ersol.de/index.php?site=index.htm&dir=ersol&nav=160>

<http://www.girasolar.com/>

<http://www.free-energy.net/panels.htm>

http://www.photovoltech.be/html/UK/set_main.asp

http://www.microsolpower.com/solar_cell.asp#

http://www.gepower.com/prod_serv/products/solar/en/solar_cells.htm

<http://www.enitecnologie.it/fotovoltaico/>

<http://www.sunpowercorp.com/html/Products/Solar/solarcells.html>

<http://www.solterra.ch/descrizionecelle.htm>

<http://www.solar-windeurope.com/SolarCells.html>

<http://www.directindustry.com/>

<http://www.conrad.nl>

<http://www.pvshop.nl/>

http://www.solarnrg.nl/produkten/produkten_foto.html

<http://www.solarbuzz.com/CompanyListings/Netherlands.htm>

<http://www.dopt.com/index.php?id=2>

<http://www.free-energy.net/panels.htm>

<http://www.soltech.be/Nederlands/WN.htm>

http://www.plastecs.com/solar_cells.htm

http://www.oksolar.com/n_cart/search.asp?cat=Solar%20Energy&subcat=Solar%20Cells

http://www.oksolar.com/solar_panels/cells.htm

http://www.sharp.nl/templates/tpl_level2.asp?ContainerID=1322&PageID=3036&CatID=4

Overige

<http://www.mastervolt.com/solar/solar.asp>

<http://www.mysolar.com/mysolar/pv/techirrad.asp>

<http://science.howstuffworks.com/solar-light1.htm>

<http://zonne-energie.pagina.nl>

<http://www.ecn.nl/>

2 Meteorologische gegevens

2.1 Aantal zonuren

<http://www.knmi.nl/voorl/kd/overzicht/maand/maand.html>

<http://www.knmi.nl/voorl/kd/overzicht/maand/apr03.html>

2.2 De verdeling van de zonuren

<http://www.knmi.nl/voorl/kd/overzicht/maand/maand.html>

<http://www.knmi.nl/voorl/kd/overzicht/maand/apr03.html>

2.3 De instraling van de zon

<http://www.knmi.nl/voorl/>

<http://www.hollandsolar.nl/nld/zonnestroom/index.htm>

2.4 De hoeveelheid wind

<http://www.knmi.nl/voorl/>

2.5 De hoeveelheid onweer

<http://www.knmi.nl/voorl/>

2.6 Gemiddeld aantal daguren

<http://www.knmi.nl/kd/brochures/brochures.html>

3 Light Emitting Diode

3.1 De basis

<http://nl.wikipedia.org/wiki/LED>

<http://led.pagina.nl/>

<http://www2.whidbey.net/opto/LEDFAQ/The%20LED%20FAQ%20Pages.html#Q15>

3.2 Belangrijke lichtparameters

<http://home.hetnet.nl/~vanadovv/Licht.html>

<http://home.hetnet.nl/~vanadovv/SI.html>

http://nl.farnell.com/static/nl_NL/DF12/findings12_agilent_faq.htm

[1] Molenaar, de, J., *Alterra Rapport: Lichtbelasting, overzicht van effecten op mens en dier*, 2004

3.3 Welke soorten LED's zijn er?

<http://www.conrad.nl>

<http://www.lumileds.com>

<http://www.world-led.com>

3.4 De markt

<http://www.conrad.nl>

<http://www.lumileds.com>

<http://www.world-led.com>

http://www.ledmarketplace.com/LED_Product_Directory.htm

3.7 Andere lichtbronnen

http://kinderenwebhotel.be/WO_natuur/elektriciteit.htm

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Fluorescentielamp>

<http://www.energie-info.nl/faq/index.php?sid=104814&aktion=xml&id=109&lang=nl>

4 Batterijen

4.1 Soorten batterijen

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=article&sid=654>

<http://www.elektro.be/functions/reportages.asp?lang=nl&pag=16&Verslag=541>

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Batterij_\(elektrisch\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Batterij_(elektrisch))

<http://www.elfa.nl/kenniscentrum/batterijen2.htm>

http://www.xs4all.nl/~mackaaij/oplaadbare_batterijen_-_soorten_en_kenmerken.html

<http://www.milieucentraal.nl/onderwerp/set?onderwerp=Batterijen>

<http://www.dfip.nl/batterij.htm>

<http://www.defotopagina.nl/batterijABC.htm>

http://www.modelbouwforum.nl/phpBB2/cms_view_article.php?aid=27&<<LiPo

<http://www.henkbacker.info/lesbrieven/batterijen.htm>

<http://www.pacificsites.com/~brooke/batt.shtml#S>

<http://michaelbluejay.com/batteries/>

<http://www.xs4all.nl/~tryagain/LIPO.html>

<http://www.observe.be/NL/Batterijen/batterijen.shtml>

<http://www.kellysearch.nl/nl-product-7322.html>

<http://www.ecoline.org/verde/infobladen/08batterij.shtml>

http://www.vego.nl/4/1/1_154.htm

<http://home.tiscali.be/rutgerclaes/eindwerk/full.htm>

[2] <http://www.observe.be/NL/Batterijen/batterijen.shtml>

4.2 Hoe werken batterijen?

http://ontwikkel.thinkquest.nl/~ll103/tep/nl/future_energy/fuel_cells.html

<http://mediatheek.thinkquest.nl/~kl013/uitleg-accus.html>

http://www.modelbouwforum.nl/phpBB2/cms_view_article.php?aid=37&

<http://science.howstuffworks.com/battery.htm>

<http://mediatheek.thinkquest.nl/~kl013/uitleg-brand.html>

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=article&sid=816>

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=article&sid=576>

<http://www.burgerschool.be/n/llweb/5ejaar9798/elektrischeauto/br.cel.htm>

<http://www.burgerschool.be/n/llweb/5ejaar9798/elektrischeauto/Accu.htm>

http://www.topsystems-energy.nl/tips_theorie/edit.brandstofcellen.shtml

<http://www.natuurwetenschappen.nl/modules.php?name=News&file=print&sid=900>

4.3 Universele werking

Thijssen, Ir. A.P.J., *Samengevat Natuurkunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

Vecht, van der, Dr. J.R, Ris, Dr. C., *Samengevat Scheikunde*, Utrecht: ThiemeMeulenhoff, 2001

4.4 De markt

<http://batterij.pagina.nl/>

http://www.phasetopphase.nl/bibliotheek/con_bibliotheek_archief.html

http://www.vego.nl/4/k/k_100.htm

<http://www.recom-international.com/pages/listConverters.php?&<<dc/cd>

<http://www.ulbi.com/product-display.asp?ID=47>

<http://www.knivesandtools.com/nl/ct/batterijen.htm>
<http://www.sanyo.co.jp/energy/english/f4.htm>
<http://www.ulbi.com/ne/>
<http://www.emmerich-batterie.de/batterie/uebersicht.html#01>
<http://www.uuhome.de/william.darden/batlinks.htm#solar>
http://www.uuhome.de/william.darden/batlinks.htm#converters_dcdc
<http://www.conrad.nl>

4.5 Elektronica

<http://www.circuitsonline.net/forum/section/5>
<http://www.ecn.nl/nwsbrf/article/0174.html>
<http://www.mastervolt.com/batteries/index.asp>
<http://www.elfa.nl/kenniscentrum/batterijen1.htm#item17>
http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/677148/description#description
<http://www.batteryuniversity.com>
http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2301
http://ams.aeroflex.com/ProductPages/PH_dcdcconv.cfm
http://www.powerdesigners.com/InfoWeb/design_center/articles/DC-DC/converter.shtm
<http://www.chipcatalog.com/Cat/479-3.htm> (maxim)
<http://www.chipcatalog.com/Cat/479.htm> (micropower)
<http://www.linear.com>
<http://www.maxim-ic.com/PowerSupplies.cfm>
http://www.vego.nl/12/12_029.htm
<http://www.recom-international.com/pages/listConverters.php?&>
<http://www.conrad.nl>

5 Innovatie

5.1 Op welke manier kan men energie opwekken?

http://kinderenwebhotel.be/WO_natuur/elektriciteit.htm
<http://www.knmi.nl/voorl/nader/blihtml.htm>

5.2 Op welke manier kan men licht uitzenden?

<http://www.museumkennis.nl/nm.dossiers/museumkennis/i001377.html>
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/U/5/3/LU5351.shtml
<http://www.datasheetarchive.com/datasheet/pdf/2466.html>
<http://www.knmi.nl/kd/brochures/brochures.html>
<http://www.studentonderzoek.nl>

6 Lichtbeleving

Huizingh, Eelko, *SPSS 11.0 voor Windows*, Schoonhoven: Academic Service, 2002
Rees, Sian, *Licht in huis en tuin*, Alphen aan de Rijn: Atrium/ICOB BV, 2002
Tiggeler, Eric, *Vraagbaak Nederlands*, 2^e druk, Den Haag: Sdu Uitgevers, 2004

Industrieel Ontwerpen

Het ontwerpen van een standalone tuinverlichting

Bacheloropdracht

