Bachelor Eindverslag - Ontwerpen van een toepassing voor een Energy Harvester

Marjolein Pistoor
s1085107

10-04-2014

Marjolein Pistoor

s1085107

Bachelor eindverslag
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

10 april 2014

Tauw

Examencommissie:
Tom Vaneker (begeleider)

Matthijn de Rooij (2e examinator)

Simon Bos (bedrijfsbegeleider)

Samenvatting

Tijdens deze opdracht, in opdracht van Tauw, is er gezocht naar een geschikte toepassing voor een energy harvester. Deze energy harvester moest werken op basis van piëzo technologie en de wind. Als output moest er gebruik gemaakt worden van LED licht. Het product dat hierbij ontstaat is een windlamel. De vraag waar deze windlamel voor gebruikt kan worden ligt als basis voor dit verslag.

De opdracht zoals die was gegeven, was te breed. Er zijn zoveel toepassingen te vinden dat er eerst is besloten om te zoeken naar een toepassingsrichting. Binnen dit kader zou er gestrucureerder gezocht kunnen worden naar een passende toepassing. Deze toepassingsrichting is aan de hand van een brainstorm gekozen en de keuze is gevallen op bedrijfslogo borden.

Drie conceptrichtingen zijn gevormd. De eerste laat een veld met windlamellen energie opwekken om daarmee een bedrijfslogo in LED te laten uitbeelden. Bij het tweede concept is het bedrijfslogo afgedrukt op de lamellen en kan het logo door opwekking van energie extra velicht worden. Het derde concept, waar de keuze op is gevallen, beeld de vorm van het logo uit in de lamellen.

Het gekozen concept is getracht via berekeningen te optimaliseren, maar de berekeningen leidden niet tot een antwoord. Om die reden is er over gestapt op een pragmatische aanpak voor de dimensies van de windlamel. Via deze pragmatische aanpak is er een lamel met de afmeting van 200mm bij 30mm gemaakt. In de windtunnel zijn twee verschillende diktes (1.5mm en 2.0mm) onderworpen aan testen. Hieruit kwam naar voren dat de dunne lamel beter werkte en de lamel ter optimalisatie nog wel langer dan 200mm mag worden. Ook kwam uit de windtunneltest naar voren dat de plaatsing van de lamellen ten opzichte van elkaar invloed heeft op de beweging van de lamellen.

De resultaten van de windtunneltest zijn meegenomen in het maken van een lamel met stroomschakeling. Wanneer deze lamel in de windtunnel wordt geplaatst, blijkt echter dat deze nog niet werkt. Wel worden er mogelijkheden gevonden waarop de LED wel kan gaan branden.

Een uitwerking van het concept, op basis van het Tauw logo, is gemaakt om aan de hand hiervan ook nog enkele optimalisaties aan te geven.

Het idee van de toepassing, een bedrijfslogo bord, is mogelijk. Echter werkt het met de huidige ontworpen windlamellen nog niet. Toch bieden de resultaten uit dit verslag mogelijkheden om dit product te verbeteren in de toekomst.

Summery

The assignment was commissioned by Tauw, they were looking for a suitable application for an Energy Harvester. The Energy Harvester is supposed to work with piëzo technology and the wind. Besides that, it has to use LED as an output. The product made of these components is called a windblade. The application which the windblade will be used for is the basis of this report.

The assignment itself was too large. There are too many applications of which you can think of, so it has been decided to narrow the assignment down. When narrowed down, it is easier to look for a suitable appliance. After a brainstorm it has been decided to choose company logo signs as the direction in which the application has to fit.

Three concept directions have been made. The first one consists of a field of windblades who generate energy to light up a sign made out of LED's. The second concept has the company sign printed on the windblades and generates energy to light up the sign. At last the third concept, which has been chosen, consists of windblades in the shape of the company's sign.

Calculations have been made about the concept which has been chosen, trying to optimize the idea. However, these calculations did not lead to an answer. Therefore a pragmatic approach is used to decide for the dimensions of the windblade. The following dimensions came forward: a length of 200mm and a width of 30mm. Two different thicknesses have been tested in the wind tunnel. After the wind tunnel was decided to choose a windblade with a thickness of 1.5mm and even make the blade a little longer than 200mm. The wind tunnel test also showed that the position of the blades towards each other has great influence on their movements.

The results of the tests have been taken into account while equipping the blades with a power circuit. The new blade did not work when placed in the wind tunnel. However, different options to make the LED illuminate have been found.

Finally the Tauw logo has been made based on this concept. Some final optimizations came forward based on this Tauw logo.

The idea of a company logo sign made out of windblades is possible, though it will not work with the current design. But the results out of this report show enough possibilities to continue this product idea in the future.

Achtergrond

Deze opdracht is uitgevoerd in opdracht van Tauw. Tauw is een Europees advies- en ingenieursbureau met een sterke positie in milieuadvies en de duurzame ontwikkelingen van de leefomgeving. Tauw heeft vestigingen in Nederland, België, Duitsland, Italië, Spanje en Frankrijk, waar gezamenlijk meer dan 1000 mensen in dienst zijn[1]. Daarvan zijn er circa 750 medewerkers in Nederland aan het werk. Het bedrijf richt zich op 4 pijlers: Water, Industry, Ruimtelijke kwaliteit en Meten, Inspectie & Advies. Tauw investeert hoofdzakelijk in product- en kennisontwikkeling. Met als gevolg verschillende ingenieuze ontwikkelingen zoals het duurzaam geluidsscherm, het visvriendelijke gemaal of het hergebruik van bagger in beton[2].

Voor deze opdracht werkt Tauw samen met Grijsen, park & straatdesign. Dit bedrijf heeft als visie dat een goede invulling van de publieke ruimte mensen ontspant, energie geeft en dichter bij elkaar brengt. Het is dan ook hun missie om het optimale maatschappelijke rendement uit de openbare ruimte te halen[3]. Producten waar aan valt te denken zijn o.a.: Afvalbakken, banken, fietsparkeren, peukenpalen en informatiezuilen[4].

Tauw en Grijsen, park & straatdesign hebben in het verleden al vaker samen aan opdrachten en innovaties gewerkt. De E-tegel is een voorbeeld product dat door beide bedrijven samen ontwikkeld is. [Fig. 1]
Aanleiding voor deze opdracht komt dan ook voort uit dat eerdere project. Deze E-tegel, met het formaat van een stoeptegel, maakt gebruik van piëzo technologie. Door op de tegel te springen worden er via de opwekking van energie uit trillingen verschillende LED lampjes aangestuurd. De bedrijven zagen meer mogelijkheden met deze technologie en kwamen in contact met een architect. Hij wil graansilo's in Frankrijk bekleden met lamellen, die door de wind ook LED lampjes laten branden. Dit project in Frankrijk is uiteindelijk niet door gegaan, het ging hier om een prijsvraag en de architect heeft deze niet gewonnen, maar hierdoor is wel het idee voor deze opdracht ontstaan. Door de beweging van de wind kunnen piëzo-elementen aangestuurd worden, deze kunnen dan wederom de opgewekte energie omzetten in LED licht. Het idee is ontstaan, maar een precieze toepassing in de vorm van een product is nog onduidelijk. Daarmee is deze opdracht gestart en ben ik aan de slag gegaan met het ontwerpen van een toepassing voor deze nieuwe technologie.

[Fig. 1] E-tegel van Tauw en Grijsen, park & straatdesign

Rondom de opdracht zijn nog twee andere bedrijven betrokken. Dit zijn Prange[5], voor de uitvoering van de elektronica, en idenova[6] als ondersteunend ontwerpbureau. Deze bedrijven waren ook gezamenlijk met Tauw en Grijsen betrokken bij de ontwikkeling van de E-tegel.

Hoofddoel

Het doel van dit verslag is om een toepassing te ontwerpen voor een energy harvester die werkt met piëzo technologie en de wind.

Omschrijving van de opdracht

De opdracht kan als één zin worden omschreven: het ontwerpen van een toepassing voor een energy harvester die werkt met piëzo technologie en de wind. Inhoudelijk komt het neer op het uitwerken van het idee om piëzo technologie en wind te combineren. Dit idee van een windlamel, waarbij de opgewekte windenergie omgezet wordt in LED licht, is al enige tijd aanwezig bij de opdrachtgevers en hier moet nu een leuke toepassing, die uitgewerkt kan worden tot een product, voor ontworpen worden.

Hoofdzakelijk bestaat de opdracht uit twee delen, het ontwerpen van toepassingen voor de windlamel en het onderzoeken van de parameters om een rendementvol product te krijgen. Het gaat hier om de parameters als de lengte, breede en dikte van de windlamel. Deze parameters zullen met behulp van de windtunnel en verschillende berekeningen getracht vastgesteld te worden. Het eindresultaat van deze bacheloropdracht is een ontwerpvoorstel naar de opdrachtgever toe. Hiermee kan de opdrachtgever verder gaan om zo uiteindelijk een mooi product op de markt te kunnen zetten.

Vanuit de opdrachtgever

De opdrachtgevers (Tauw en Grijsen, park & straatdesign) hebben ervaring met het combineren van piëzo technologie en LED licht. Daarom willen ze dezelfde combinatie aanhouden in deze opdracht. Het vorige product dat beschikte over deze combinatie was de eerder genoemde E-tegel. Hierbij werd echter geen gebruik gemaakt van de wind, maar van drukkracht op de tegel. Voor deze opdracht staat dus de uitdaging om te onderzoeken of een windlamel genoeg energie kan opwekken om een LED licht te laten branden.

Daarnaast heeft Grijsen, park & straatdesign al een kleine proefopstelling gemaakt van windlamellen. Puur om te kijken of het LED licht gaat branden door de beweging van de lamel. Bij het met de hand in beweging brengen van de lamel gaat het LED licht inderdaad branden. Dit is dan ook het startpunt van deze bacheloropdracht. In plaats van je hand zal de wind er voor moeten zorgen dat de lamel in beweging wordt gebracht en genoeg energie opwekt om de LED te laten branden.

De opdrachtgevers vinden het belangrijk dat het product voor beleving en bewustwording zal zorgen. Deze twee begrippen staan dan ook centraal in de uitvoering van deze opdracht.

Inhoudsopgave

Leeswijzer 8

Analyseren 9
1. Analyse 10
1.1 Wind en windsterkte 10
1.2 Windbeeld van Nederland 10
1.3 Energy harversting 11
1.4 LED & LED licht 11
1.5 Windlamellen 11
1.6 Bewustwording & beleving 11
1.7 Piëzo 12
1.7.1 Poling 12
1.7.2. Piëzo elektrische materialen 13
1.7.3 Toepassingen 14
1.8 Achtergrond informatie windobjecten 15
1.9 Analyse concurrenten 16
1.9.1 Directe concurrenten 16
1.9.2 Indirecte concurrenten 17
1.9.3. LED straatverlichting 18
1.10 Conclusie 20
2. Programma van eisen 21

Toespitsen 22
3.Brainstorm toepassingsgebieden 23
3.1 Het doel 23
3.2 De opzet 23
3.3 De vragen 23
3.4 Resultaten 24
3.5 Convergeren naar één richting 24
3.6 Conclusie 25
4. Analyse bedrijfslogo borden 26
4.1 Conclusie 27
5. Programma van eisen aanvulling 28

Uitwerken 29
6. Conceptrichtingen 30
6.1 Concept 1 31
6.2 Concept 2 32
6.3 Concept 3 33
7. Conceptkeuze 34
8. Uitwerking 35
8.1 Berekeningen 35
8.2 Overgang theorie naar pragmatisch 38
8.3 Beschrijving pragmatische aanpak 38

Testen 40
9. Windtunneltest 41
9.1 Voorbereidingen 42
9.2 Eerste windtunneltest 42
9.2.1 Resultaten 42
9.3. Tweede windtunneltest 43
9.3.1. Resultaten 43
9.4 Conclusie 44
10. Maken van de lamel 45
10.1 Verschillende onderdelen van de lamel 45
10.2 Werking van de stroomschakeling 45
11. Nieuwe windtunneltest 47
11.1 Resultaten 47
11.2 Conclusie 47
12. Uitwerken concept 48
12.1 Kostenberekening 49
12.2 Verbeteringen aan het concept 49

Afsluiten 51
13. Conclusie 52
14. Aanbevelingen en hoe nu verder? 53

Dankwoord 55

Bijlage 56

Leeswijzer

In het deel analyseren word ten eerste een goed beeld van de achtergrond informatie gegeven. Het gaat hier om onderwerpen zoals Energy Harvesting, Piëzo en windobjecten die er nu al zijn. Na deze achtergrond informatie die van groot belang is voor de opdracht wordt er een analyse uitgevoerd met betrekking tot concurrenten op het gebied van deze opdracht. Er zijn drie soorten concurrenten te onderscheiden. Het deel analyseren wordt afgesloten met het programma van eisen.

Dan volgt het deel toespitsen. Omdat na de analyse blijkt dat de opdracht nog te groot is wordt er aan de hand van een brainstorm gezocht naar een kader om de opdracht binnen te plaatsen. Dit kader wordt gevonden in de vorm van bedrijfslogo borden, waarna deze ook nog aan een analyse worden onderworpen. Dit deel wordt afgesloten met een aanvulling op het eerdere programma van eisen.

Vervolgens het onderdeel uitwerken. Hierin worden drie conceptrichtingen geschets en degene die het beste aansluit bij de eerder genoemde eisen wordt verder uitgewerkt. Aan de hand van berekeningen wordt hier getracht de juiste dimensies voor een windlamel te vinden. Wanneer blijkt dat dit via de berekeningen niet lukt, wordt er overgestapt op een pragmatische aanpak.

In het deel testen wordt de lamel onderworpen aan verschillende windtunneltesten. Deze testen in combinatie met de resultaten en bijbehorende conclusies komen hier aan bod. Ook zal de windlamel zelf in detail worden besproken hier en de stroomschakeling waar gebruikt van wordt gemaakt wordt uitgelegd. De gekozen conceptrichting wordt hier ook uitgewerkt.

Tot slot het onderdeel afsluiten. Hier volgt de conclusie van het totale verslag en worden er aanbevelingen gegeven voor een eventueel vervolg.

ANALYSEREN

1. Analyse

Aan het begin van elk ontwerp hoort een analyse. In deze analyse komen alle belangrijke begrippen aan bod en zullen verschillende onderwerpen die belangrijk zijn voor dit project verhelderd worden. Vervolgens worden ook diverse soorten concurrenten geanalyseerd.

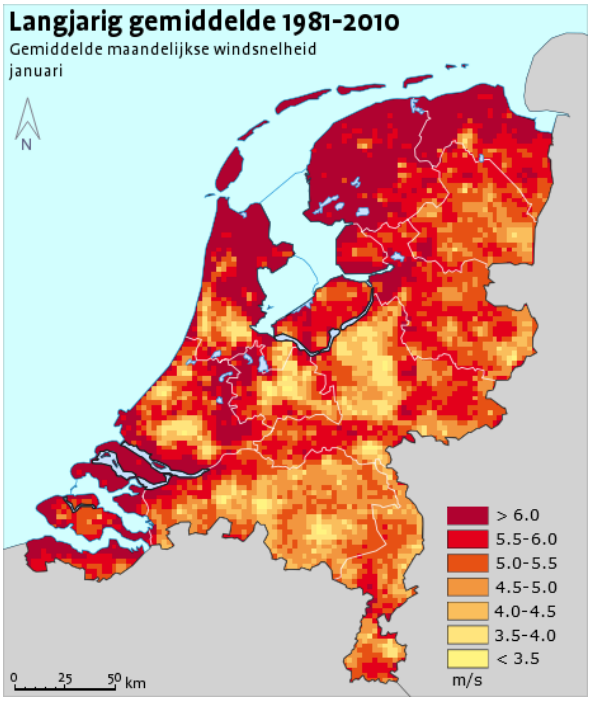
1.1 Wind & windsterkte

Iedereen is bekend met het fenomeen wind. Enerzijds kan wind heel fijn zijn, zoals een briesje ter verkoeling op een warme zomerse dag. Maar wind kan ook vervelend zijn, denk maar aan tegenwind als je naar huis moet fietsen. Maar bovenal kan wind heel nuttig zijn, er kan namelijk energie uit opgewekt worden. Wind is er altijd en daar moet men slim gebruik van maken.

Windsterkte is een maatstaaf voor de kracht en/of snelheid van de wind. Om de windsterkte aan te geven wordt er vaak gebruik gemaakt van de schaal van Beaufort. Deze schaal is opgedeeld in 12 windkrachten. Waarbij windkracht 1 zeer zwak is en windkracht 12 gelijk staat aan een orkaan. De snelheden die overeenkomen met bepaalde windkrachten staan aangegeven in onderstaande tabel[7]:

kracht	benaming van KNMI	snelheid in km/h	snelheid in m/s
0	stil	0-1	0-0,2
1	zeer zwak	1-5	0,3-1,5
2	zwak	6-11	1,6-3,3
3	vrij matig	12-19	3,4-5,4
4	matig	20-28	5,5-7,9
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7
6	krachtig	39-49	10,8-13,8
7	hard	50-61	13,9-17,1
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7
9	storm	75-88	20,8-24,4
10	zware storm	89-102	24,5-28,4
11	zeer zware storm/ orkaanachtig	103-117	28,5-32,6
12	orkaan	>117	>32,7

[Tabel 1] Overzicht windkracht



[Fig. 2] Overzicht wind in Nederland[8]

1.2 Windbeeld van Nederland

In Nederland is er een bepaald gemiddelde voor de windsnelheid. Deze gegevens worden jaarlijks door het KNMI verzameld en bieden een goed referentiekader voor deze opdracht. Het heeft namelijk geen zin om een product te ontwerpen die tegen een windsnelheid kan die in Nederland niet voorkomt, dit brengt alleen maar extra moeilijkheden in het ontwerpproces met zich mee.

In figuur 2 is een overzicht te vinden van de gemiddelde windsnelheid in Nederland per maand. Hier is te zien dat de gemiddelde winsnelheid tussen de 3.5 en 6.0 m/s ligt. Deze windsnelheid komt overeen met een windkracht rond 3 of 4 Beaufort. Een gemiddelde windsnelheid van windkracht 3 kan aangenomen worden voor Nederland in het kader van deze opdracht.

1.3 Energy harvesting

Energy harversting is de term die gebruikt wordt voor het opwekken van energie uit natuurlijk bronnen zoals de zon en de wind[9]. In het geval van deze opdracht heeft energy harvesting betrekking op windenergie en het opwekken hiervan.

1.4 LED & LED licht

LED is een afkorting voor Light Emitting Diode, een elektrisch component dat licht uitzendt als er stroom doorheen gaat. LED licht is een duurzame lichtbron en wordt tegenwoordig steeds vaker gebruikt voor verschillende doeleinden. Deze duurzaamheid komt vooral voort uit het aantal branduren. Een LED heeft vele malen meer branduren dan een 'ouderwetse' spaarlamp. Toepassingen voor LED licht zijn overal te vinden. Denk hierbij aan: straatverlichting, zaklampen, fietslichten en de backlight voor (LED)TV's.

Omdat het een duurzame lichtbron is, past LED licht ook goed in deze opdracht. Daarnaast is er ook weinig stroom nodig om een LED te laten branden. Dit is ideaal voor het gebruik in een energy harvester, omdat hier niet grote hoeveelheden energie bij worden opgewekt.

1.5 Windlamellen

Met windlamellen wordt het product aangeduid dat ontworpen gaat worden. Het gaat hier simpelweg om lamellen die in de wind staan. Welke toepassing ze gaan vervullen zal later in deze opdracht duidelijk worden.

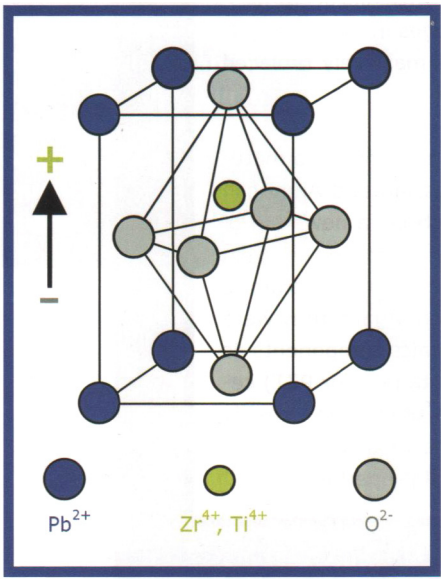
1.6 Bewustwording & beleving

De opdrachtgevers vinden het belangrijk dat mensen zich bewuster worden van energie. Energie is niet vanzelfsprekend en kan ook uit andere bronnen dan het stopcontact gehaald worden. Het zelf opwekken van energie zien zij als een uitkomst en hiermee willen ze producten aan het publiek laten zien.

Producten die zelfvoorzienend zijn creëren een nieuwe beleving. De producten laten namelijk zien dat het niet vanzelfsprekend is om energie te hebben, maar dat je het zelf kunt maken. Een voorbeeld hiervan is de eerder genoemde E-tegel. Door je eigen energie uit een sprong over te brengen op de tegel gaat er LED licht branden, hier komt geen stopcontact bij kijken.

1.7 Piëzo

De technologie die voor deze opdracht centraal staat is piëzo technologie. In dit hoofdstuk zal er iets verteld worden over het verschijnsel piëzo, over de verschillende soorten piëzo materialen en over reeds bestaande toepassingen voor deze technologie. Ten eerste zal hiervoor de techniek achter piëzo uitgelegd worden aan de hand van PZT (lood zirkoon titanaat), het meest bekende piëzo materiaal.

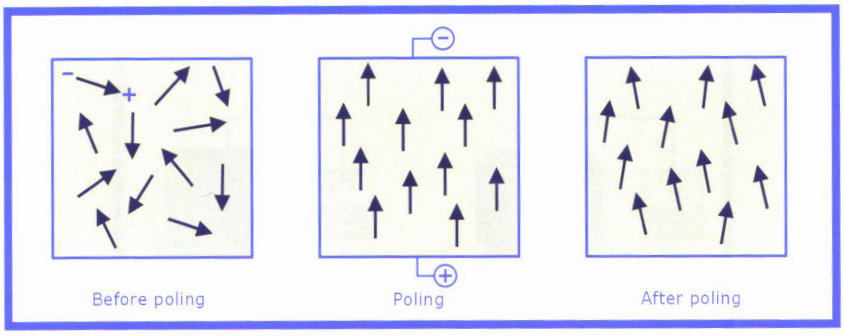


[Fig. 3] Tetragonale kristalstructuur

Boven curietemperatuur, de temperatuur waarboven ferromagnetische materialen ophouden een permanent magnetisch veld om zich heen te bezitten, heeft het materiaal PZT van zichzelf een kubus kristalstructuur. De moleculen zijn in een kubusvorm gerangschikt binnen het materiaal. Beneden curietemperatuur krijgt PZT echter een tetragonale kristalstructuur. De tetragonale kristalstructuur is in feite een kubus die in één richting uitgerekt is [Fig.3].

Het Zr^{4+} of Tr^{4+} zweeft net iets boven het midden vanwege de uitgerekte structuur. Door deze verplaatsing heeft PZT een natuurlijk dipool. Het gehele molecuul zelf is neutraal, maar binnenin bevindt zich een dipool met als positieve pool het Zr^{4+} of Tr^{4+} ion en als negatieve pool de O^{2-} ionen. Deze ingebouwde dipool is noodzakelijk voor het piëzo elektrisch effect. Echter is er nog meer voor nodig om het piëzo elektrisch effect te laten werken. De dipolen liggen in het materiaal allemaal in een verschillende richting. Door middel van 'poling' kunnen de dipolen in eenzelfde richting geplaatst worden.

1.7.1 Poling



[Fig. 4] Schematische weergave poling

Het materiaal PZT wordt tot boven zijn curietemperatuur verhit en vervolgens afgekoeld middels een sterk elektrisch veld. Boven curietemperatuur verandert de tetragonale kristalstructuur weer terug in een gewone kubus kristalstructuur. Bij deze kubus kristalstructuur zijn geen dipolen aanwezig. Door het materiaal vervolgens weer af te koelen, rekken de moleculen uit en vormen ze weer een tetragonale kristalstructuur. Ook ontstaan er weer dipolen die horen bij de tetragonale kristalstructuur. Deze dipolen vormen zich nu in de richting van het elektrisch veld waardoor ze allemaal netjes gerangschikt worden [Fig. 4].

Na de poling is het piëzo elektrisch effect ontstaan [23]. Dit bestaat vervolgens in twee vormen. Ten eerste het inverse piëzo elektrisch effect. Het plaatsen van een elektrisch veld zorgt er voor dat de positieve ionen in de richting van dat veld bewegen en dat de negatieve ionen in de tegengestelde richting zullen bewegen. Omdat de ionen zich verplaatsen verandert ook de vorm van het molecuul en als gevolg daarvan ook de vorm van het materiaal. Ten tweede is er het directe piëzo elektrisch effect. Dit werkt in feite precies andersom. Door het materiaal te bewegen (in te drukken) verplaats je de ionen. Daardoor verandert de grootte van het dipool en daarmee de lading aan het oppervlak van het materiaal. Door de verandering van de lading aan het oppervlak wordt er energie opgewekt, in feite door de beweging van het materiaal.

1.7.2 Piëzo elektrische materialen

Naast de natuurlijke piëzo elektrische eigenschap die voorkomt in sommige kristallen, kan het materiaal ook door de mens gemaakt worden. Vormen van natuurlijke piëzo kristallen zijn kwarts [Fig. 5] en toermalijn [Fig. 6]. Er zijn daarnaast vijf categorieën van man-made piëzo elektrische materialen, te weten:

- Piëzo elektrische kristallen
- Piëzo elektrische keramieken
- Piëzo elektrische polymeren
- Piëzo elektrische composieten
- Thin film piëzo elektrisch materiaal

[Fig. 5] Kwarts kristallen

[Fig. 6] Toermalijn

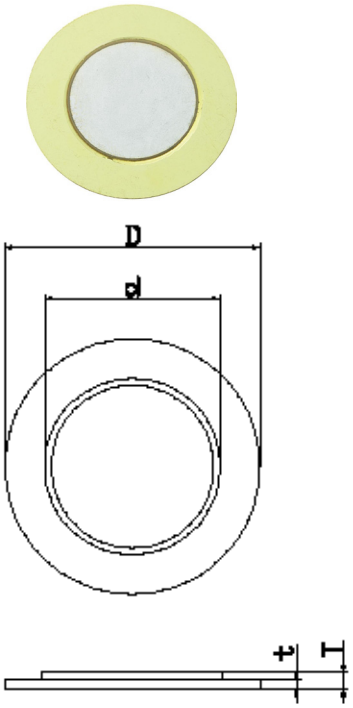
Piëzo elektrische keramieken worden hier verder toegelicht omdat het materiaal waarmee tijdens deze opdracht gewerkt is ook een piëzo elektrisch keramiek is. Doordat het piëzo elektrisch effect in natuurlijke kristallen vrij klein is, zijn er keramische materialen ontwikkelt met betere piëzo elektrische eigenschappen. Piëzo elektrische keramieken verwijzen naar polykristallijne materialen. Deze kunnen in bijna elke vorm en grootte gemaakt worden.

Er zijn drie mogelijke oorzaken voor het verdwijnen van het piëzo elektrisch effect bij keramieken: een hoge mechanische belasting, elektrische velden tegenovergesteld aan de poling richting of te hoge temperaturen. Wanneer het piëzo elektrisch effect verdwijnt, is er sprake van depolarisatie.

Er vindt depolarisatie plaats bij een mechanische belasting van 2,5-5 MPa bij zachte piëzo elektrische materialen en bij een mechanische belasting van 10-35 MPa bij harde piëzo elektrische materialen[24].

Elektrische depolarisatie gebeurt bij een elektrisch veld met een waarde van 200-500 V/mm[24].

Een te hoge temperatuur kan ook depolarisatie ten gevolge hebben. Boven curietemperatuur verdwijnt het dipool weer, net zoals bewust gedaan wordt tijdens poling. Een vuistregel hierbij is dat een piëzo elektrisch materiaal kan worden toegepast bij temperaturen tot halverwege zijn curietemperatuur. Hiermee wordt het risico op deze vorm van depolarisatie tegengegaan.



[Fig. 7] Piëzo element

Het piëzo element (FT-27T-4.0A1-470) dat voor deze opdracht is gebruikt heeft de volgende eigenschappen. De piëzo [Fig. 7] werkt bij een temperatuur tussen de -20 °C en +50 °C. Het voltage dat de piëzo als input mag krijgen is maximaal 30 Volt. De afmetingen zijn vooral interessant, hier zal in het ontwerp namelijk veel rekening mee gehouden moeten worden. De piëzo heeft een diameter (D) van 27mm, met daarop nog een cirkel met een doorsnede (d) van 20mm. De dikte van de piëzo is miniem, op het dikste punt (T) is dat namelijk 0.43mm. In bijlage A is de datasheet van de piëzo te vinden zoals deze door de fabrikant (KEPO) wordt vrijgegeven.

De piëzo werkt op basis van uitrekking. Als de piëzo rek ondergaat zal deze vervormen en, zoals beschreven op de vorige pagina, energie opwekken. Om deze rek te ondergaan moet de piëzo wel bevestigd zijn op een stijf materiaal, wanneer dit niet het geval is zal er namelijk niet voldoende rek in het piëzo element voorkomen.

[Fig. 8] Aansteker

1.7.3 Toepassingen

Er zijn heel veel toepassingen waarbij gebruik gemaakt wordt van het piëzo elektrisch effect. Te veel om op te noemen, maar hieronder wordt een korte selectie weergegeven die duidelijk maakt in wat voor soort producten het gebruikt wordt. Het meest gegeven antwoord op de vraag 'waar wordt piëzo technologie dan eigenlijk voor gebruikt?' is: aanstekers [Fig. 8]. Binnen in de aanstekers zit een hamertje dat op een piëzo element slaat, zodra de aansteker wordt ingedrukt. Daarmee ontstaat er een potentiaal verschil tussen de oppervlakten en dit creëert een vonk.

Piëzo kent nog vele andere toepassingen, het wordt bijvoorbeeld vaak gebruikt in microfoons en luidsprekers. Hierbij zet het piëzo element de trillingen om in een elektrisch signaal – of andersom in het geval van de luidspreker.
Ook de 'silent mode' op je mobiele telefoon werkt door middel van piëzo. Hierbij wordt het inkomende elektrische signaal omgezet in trillingen. Daarnaast zijn het ook piëzo elementen die ervoor zorgen dat je touchscreen 'echt' aanvoelt. Bij het aanraken van het touchscreen kun je trillingen als feedback krijgen. Dit effect geeft je het gevoel dat je echte knoppen gebruikt en wordt wederom veroorzaakt door piëzo technologie.

Thin film piëzo elektrisch materiaal is daarnaast uitermate geschikt voor gebruik in meetinstrumenten. Het thin film piëzo elektrische materiaal heeft als eigenschap om een hoge prestatie, en daarmee nauwkeurigheid, te leveren in een klein product.

1.8 Achtergrond informatie windobjecten

Aangezien er iets met de wind wordt gedaan, is het logisch om eerst te kijken wat er allemaal al bestaat met wind en eventuele energieopwekking. Wind is namelijk een energiebron die nooit op gaat en daarom een gewild medium om energie uit te halen. De volgende ‘windobjecten’ zijn geanalyseerd: windwijzers, windzakken, windmolens (oude en nieuwe stijl) en speelse windobjecten [Fig. 9]. Daarbij is direct gekeken of deze objecten uitgerust kunnen worden met piëzo, om zo voor inspiratie voor deze opdracht te zorgen.

Wanneer men spreekt over een windvaan, heeft men het in eerste instantie over een windwijzer. Dit is de welbekende haan op de kerktoren. De windwijzer bestaat uit een ornament (de haan) met een spits deel om de richting aan te geven. Onder het ornament bevindt zich vaak een kruis waarop de windrichting afgelezen kan worden. De wijzer met de haan, wijst in de richting waar de wind vandaan komt en geeft zo dus de windrichting aan. De reden dat deze windwijzer bovenop de kerktoren staat, stamt uit het verleden. Toen boeren nog geen radio hadden om het weerbericht te horen, konden ze in ieder geval bij de kerk zien waar de wind vandaan kwam. Naast de standaard uitvoering met een haan zijn er talloze andere ontwerpen te vinden. Qua materiaal wordt deze windvaan gemaakt van een metaal dat bestemd is voor gebruik in de buitenlucht. RVS en koper zijn hiervoor het meest gebruikt, omdat deze materialen niet wegroesten. Deze materialen zijn tevens stijf genoeg om een piëzo op te bevestigen. Door de wind zou de piëzo genoeg vervorming kunnen ondergaan. Met een dergelijk ontwerp valt hoogstwaarschijnlijk energie mee op te wekken.

Een andere soort windvaan is de stoffen zak, veelal rood-wit gestreept, die men vaak terugvindt langs de weg en op (kleine) vliegvelden. Met als doel om de windrichting kenbaar te maken aan autobestuurders en vliegverkeer. Aan de hand van de positie van de windzak kan de piloot opstijgen, want het vliegtuig moet tegen de windrichting in opstijgen. Hoe boller en strakker de windzak staat hoe harder de wind is, de wind heeft de hele zak opgeblazen. De zak staat dan ook in de richting van de wind. Als de zak slapper hangt is er logischerwijs minder wind aanwezig. Het meest opvallende aan de windzak is het kleurgebruik. Dit is bewust gekozen vanwege de zichtbaarheid. Het materiaal, stof, laat duidelijk zien dat dit ontwerp niet geschikt zal zijn om te worden uitgerust met piëzo elementen. De piëzo elementen zullen namelijk door de extreem lage stijfheid van stof geen vervorming ondergaan en er zal hier geen stroom opgewekt kunnen worden.

Dan de welbekende windmolens, vroeger waren die er om windenergie direct om te zetten in mechanische arbeid. In de molen werd er dan ter plekke graan vermalen tot meel of de energie werd gebruikt om water te verpompen. Met de wieken kan gemiddeld 25 tot 20 kilowatt worden geleverd. Een nieuwere variant is de windmotor. Deze Amerikaanse opvolger is uitgerust met 20 tot 30 bladen en werd in Nederland veelal gebruikt voor de bemaling van kleine polders. De windturbine is de grote opvolger en wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. Kenmerkend van de windturbine is dat deze in de loop der tijd steeds groter is geworden. De lengte van een windturbine bedraagt tegenwoordig gemiddeld 100 meter. De windturbines worden geplaatst op plekken waar veel wind is en dus ook veel energie op

Windwijzer

Windzak

Windmolen

Windmotor

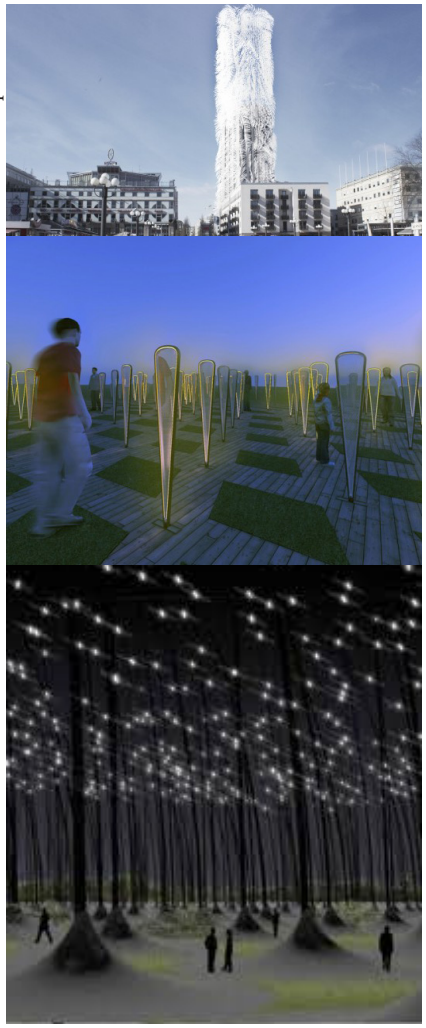
Windturbine

Speelse windobjecten

[Fig. 9]

te wekken valt. Dit verklaart ook de hoogte van de windturbines en het feit dat ze veelal bij of in het water staan. Het materiaal van de windmolens is stijf, de windmolens moeten namelijk tegen een stootje kunnen. Strategisch geplaatste piëzo elementen zouden binnen een dergelijk ontwerp voor stroomopwekking kunnen zorgen. De piëzo elementen moeten dan zo geplaatst worden dat ze zelf vervormen, plaatsen op de paal heeft dus veel minder effecten dan plaatsing op trillende delen.

Tot slot zijn er nog andere, veelal speelse, windobjecten te vinden. Hierbij moet er gedacht worden aan windgongs, windslingers en windspeelgoed. Door het waaien van de wind wordt hier een speels effect veroorzaakt. Bij windspeelgoed en windslingers gaat het hierbij puur om de beweging van de onderdelen. Bij windgongs zit hier echter nog een extra output bij, namelijk het veroorzaken van geluid. Door het blazen van de wind slaat er een object tegen holle buizen aan en deze veroorzaken verschillende tonen. Een windgong wordt door mensen vaak als rustgevend en spiritueel ervaren. Windgong en windspeelgoed zou best als inspiratiebron kunnen dienen, deze zouden allebei uit stijve delen kunnen bestaan en zullen zeker bewegen door de wind. Windslingers zijn minder geschikt, deze zijn namelijk niet stijf genoeg om de piëzo vervorming mee te kunnen geven.



[Fig. 10]

1.9 Analyse concurrenten

De concurrenten kunnen opgedeeld worden in drie verschillende groepen. Te weten directe concurrenten, indirecte concurrenten en LED straatverlichting. De directe concurrenten hebben ook allemaal een combinatie tussen piëzo en LED licht. De indirecte concurrenten zijn projecten waarbij gewerkt wordt met energieopwekking door middel van piëzo – met uitzondering van de Windbelt, zie vederop – en de wind. De groep LED straatverlichting is ook als concurrent meegenomen om eens te kijken wat er nu al op straat te vinden is met LED verlichting, omdat het te ontwerpen product daar uiteindelijk ook terecht zal komen.

1.9.1 Directe concurrenten

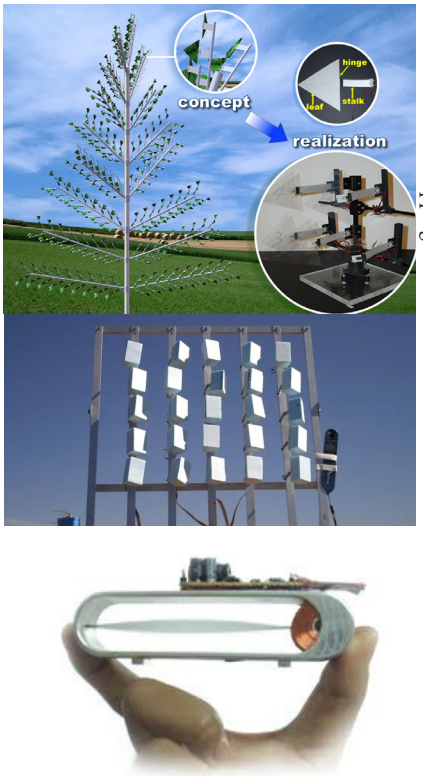
De directe concurrenten werken ook allemaal met een combinatie tussen piëzo en LED licht. Echter zijn dit allemaal nog ontwerpvoorstellen en is er geen enkel voorstel echt gerealiseerd op dit moment. De hoeveelheid energie die opgewekt wordt bij deze concepten is niet bekend. De volgende direct concurrenten worden kort besproken: Strawscraper, Urban Field en de Windstalk [Fig. 10].

De Strawscraper is een ontwerp van Belatchew Arkitekter in Zweden[10]. Zij willen een gebouw in Stockholm, de Söder Torn, zijn origineel bedoelde lengte geven en tegelijkertijd het gebouw bekleden met stengels. Deze stengels moeten dan in de wind gaan bewegen en in combinatie met piëzo technologie gaan zorgen voor een lichtgevend effect ’s avonds. Hiermee hopen ze een ‘urban wind farm’ te creëren.

Het Urban Field is een project van architect Anthony DiMari[11]. In dit veld wordt duurzaam gewerkt door het regenwater af te vangen en tegelijkertijd de wind voor energie te laten zorgen. De wind moet dan, wederom in combinatie met piëzo technologie, de LED lampjes rondom het ontwerp laten branden.

De Windstalk is ontworpen voor een wedstrijd voor Masdar in Abu Dhabi[12]. Er is daar een veld dat een duurzame invulling moet krijgen en daarvoor is in 2010 een ontwerpwedstrijd uitgeschreven. De Windstalk heeft de tweede plaats veroverd in deze wedstrijd. Het principe van de Windstalk werkt als volgt. Door het plaatsen van 1203 sprieten in het veld en het waaien van de wind zal met piëzo technologie en een torque-generator energie worden opgewekt. De 1203 sprieten zijn elk 55 meter hoog, aan de basis zijn ze 30 centimeter in diameter en dit loopt af tot een diameter van 5 centimeter in de top van de sprieten. De bovenste 50 centimeter is bekleed met LED lampjes en deze zullen gaan branden in de avonden.

De bovenstaande ontwerpen hebben een aantal overeenkomstige kenmerken. Er wordt in alle drie gebruik gemaakt van een esthetisch gebruik van piëzo technologie, windenergie en LED licht. Ook komt het gebruik van stengels, dunne langwerpige takken, duidelijk terug in twee van de drie ontwerpen. Dit is geïnspireerd op een graanveld in de wind en het langzaam ombuigen van het graan. De ontwerpen ogen ook natuurlijk, mede door de verwijzing naar een graanveld in de wind. Het ontwerp van Urban Field valt hier een beetje buiten, maar dat komt voornamelijk omdat dit ontwerp ook nog een ander doel dient: het opvangen van regenwater. Alle besproken ontwerpen zijn niet interactief met mensen. Het is niet mogelijk om zelf met de ontwerpen te ‘spelen’. Deels door de locatie van het ontwerp (de gevel van het gebouw) de hoogte van het ontwerp (55 meter) en deels door het doel (opvangen van regenwater).



Vertical Stalk Flapping Leaf

Vibro Wind

Windbelt

[Fig. 11]

1.9.2 Indirecte concurrenten

Dan de indirecte concurrenten, deze zijn wel al (gedeeltelijk) gerealiseerd. Hier wordt wel met windenergie en het piëzo elektrisch effect gewerkt, maar de output is geen LED licht. De energie wordt ergens anders voor gebruikt of opgeslagen. De volgende drie ontwerpen worden besproken: Vertical Stalk Flapping Leaf, Vibro Wind en de Windbelt [Fig. 11]. Bij de laatste wordt echter niet gewerkt met piëzo technologie, maar met een magnetisch veld en een spoel. Omdit het wel een vorm van energy harvesting is, wordt dit ontwerp hier toch meegenomen.

De Vertical Stalk Flapping Leaf [13] is een project van Cornell University gebaseerd op een eerder ontwerp van Dickson. Het is een generator die windenergie omzet in elektrische energie door de beweging van de wind tegen de flappen. Er zijn verschillende experimenten gedaan om te kijken wat de energieopbrengst is. Het gebruikte piëzo materiaal is het polymeer PVDF. Ze hebben hierbij en maximale energieopbrengst van 119 µW per blad bij een windsnelheid van 6,5 m/s (dat komt overeen met windkracht 4).

Vibro Wind [14] is ook een project van Cornell University. Hiermee willen ze energie opwekken vanuit het piëzo elektrische effect. Er wordt gebruik gemaakt van een opstelling met 25 schuimblokken, opgesteld in rijen van vijf. De armen, waaraan de schuimblokken bevestigd zijn, vervormen wanneer de blokken bewegen in de wind. De piëzo elementen op de armen zorgen vervolgens voor de opwekking van energie.

De Windbelt is van het bedrijf Humdinger, dat zich heeft gespecialiseerd in windenergie[15]. De Windbelt is een apparaat dat op drie formaten ontwikkeld

[Fig. 12]

is. Het werkt niet met piëzo technologie maar met elektromagnetische energie. Hierbij gaat de strook (de belt) in het midden trillen door de wind. Deze trillingen zorgen voor het magnetisch veld en wordt dan via een spoel als stroom opgewekt. Doordat dit ontwerp wel met trillingen door de wind werkt, is het toch meegenomen in dit concurrentie onderzoek.

Overeenkomstige kenmerken van deze indirecte concurrenten is voornamelijk het opwekken van energie. Er is nauwelijks sprake van een esthetisch ontwerp (behalve bij de Vertical Stalk Flapping Leaf, waarbij het concept wel esthetisch oogt). Ook hebben deze ontwerpen niet direct iets van doen met LED licht en zijn ze net als de directe concurrenten niet interactief. Toch zijn deze ontwerpen van belang voor dit verslag want er kan informatie uit gehaald worden over het opwekken van energie door middel van piëzo technologie. Dat de output van de ontwerpen niet gelijk is aan de output die gewenst is in dit project maakt daarvoor niet uit.

1.9.3 LED straatverlichting

De derde groep concurrenten bestaat uit andere LED verlichtingsobjecten die op straat zijn te vinden. Naast de normale straatverlichting waarvoor steeds vaker LED licht gebruikt wordt, zijn er ook steeds meer unieke ontwerpen te vinden. Vele ontwerpen zijn ook daadwerkelijk gerealiseerd en een aantal daarvan worden hier weergegeven.

Bedrijf/Ontwerper	Productnaam	Opmerkingen
LumineXence	Lotus [16]	Solar met LED verlichting en optioneel auto oplaadpunt.
Ledfactory	ViviLumen [17]	Straatverlichting met LED. In Eindhoven te vinden
Ziut [18]	-	Verlichting bij station Enschede-Drienerlo. In samenwerking met Studio DL (D).
UGE	Sanya [19]	Straatverlichting met wind- en zonnenenergie opgewekt.
Dan Corson	Nepenthes [20]	Kunstobject met LED verlichting.
Bill FitzGibbons [21]	Light Channels & Light Rails	LED verlichting in tunnels (niet duurzaam, maar laat wel zien wat er mogelijk is met LED) Computer gestuurd.
Ross Lovergrove	Solar Tree [22]	Verlichting + bank d.m.v. solar. Te vinden in Wenen voor het MAK.

[Tabel 2] Overzicht LED straatverlichting

Alle bovengenoemde LED verlichtingsbronnen staan afgebeeld in figuur 12. Daarnaast zijn er nog veel meer ideeën, welke nog niet gerealiseerd zijn en misschien ook helemaal niet gerealiseerd kunnen worden.

Een van de kenmerken die past bij deze voorbeelden van LED straatverlichting is het gebruik van natuurlijke vormen. Het gebruik maken van natuurlijke vormen in een ontwerp wordt ook wel biomimicry genoemd en is hier in grote mate aanwezig. De inspiratie voor de ontwerpen wordt vaak gehaald uit de natuur, planten wekken ook energie op door middel van zonlicht en

fotosynthese. Door deze overeenkomstige eigenschap in werking tussen de natuur en het verlichtingsobject, wordt er ook gebruik gemaakt van overeenkomstige vormen om deze associaties met de natuur kracht bij te zetten. Door het gebruik van natuurlijke vormen laten de ontwerpen zien dat ze ook werken met natuurlijke – of soortgelijke – principes.

Zowel de ViviLumen, het ontwerp voor station Enschede-Drienerlo en de LED verlichting in tunnels van Bill FitzGibbons, zorgen ervoor dat voorbijgangers gestuurd worden. Deze sturing kan voor verschillende doelen dienen. Bij het station Enschede-Drienerlo ligt ook het stadion van FC Twente. Supporters worden daar in grote groepen de goede richting in gestuurd, zonder dat ze daar zelf actief aan bijdragen. De ViviLumen kan uitgerust worden met een lichtpatroon van RGB LED die ervoor zorgen dat er een soort pad ontstaat dat de voorbijganger een bepaalde richting op laat gaan. Bill FitzGibbons claimt dat er met zijn ontwerp van LED in tunnels niet alleen meer licht op de plek aanwezig is, maar er ook sturing in de goede richting is.

1.10 Conclusie

Uit de analyse blijkt dat er al veel gedaan wordt met de wind. Deze activiteiten met de wind lopen uiteen van vermaak (windgong) tot het voorzien van informatie (windzak) en het winnen van energie (harvester). Echter zijn niet al deze objecten geschikt om uit te rusten met piëzo technologie vanwege de stijfheid. Trillende onderdelen in bijvoorbeeld een windhaan, windmolen en windgong kunnen wel goed als inspiratiebron gebruikt worden voor de te ontwerpen lamellen. Opmerlijk is dat zowel de windhaan, als windmolens op een grotere hoogte gebruikt worden, dit is een belangrijk punt om ook mee te nemen in het ontwerpproces.

Bij de concurrenten zijn drie verschillende richtingen te onderscheiden:
- Concurrenten die werken met piëzo technologie, de wind en LED licht;
- Concurrenten die werken met piëzo technologie en de wind;
- Concurrenten die werken met LED licht als straatversiering.

Twee richtingen bevatten veel estetische ontwerpen, namelijk de richting van piëzo technologie, de wind en LED licht en de richting van LED straatversiering. Echter zijn de ontwerpen waarbij piëzo technologie gecombineerd wordt met wind, en waarbij de output LED is nog helemaal niet ontwikkeld. De enige ontwikkelingen op het gebied van piëzo technologie en wind zijn vooralsnog allemaal kleine projecten die wel energie opwekken, maar deze energie nog niet gebruiken. Doordat de richting piëzo, wind en LED nog niet helemaal ontwikkeld is, heeft het niet als overtuigende inspiratiebron kunnen dienen. Het voordeel is wel dat geconcludeerd kan worden dat de mogelijkheden open liggen.

Het wordt dus een leuke uitdaging om te onderzoeken of het werkt om lamellen in de wind te zetten en zo via piëzo technologie energie op te wekken om een LED te laten branden. Uit de analyse naar piëzo technologie komt duidelijk naar voren dat toepassingen die er tot nu toe zijn, klein van stuk zijn. Piëzo elementen hebben namelijk niet de capaciteit om grote hoeveelheden energie op te wekken. Toepassingen waarbij veel energie opgewekt moet worden zijn dus uitgesloten voor deze opdracht.

2 Programma van eisen

Uit voorafgaande analyse en gesprekken met de opdrachtgever komen de volgende eisen en wensen naar voren.

1. Het creëren van bewustwording van windenergie.
2. Gebruiken van windenergie op een vernieuwende manier, zorgen voor een nieuwe beleving van windenergie.
3. Toepassing vinden voor de combinatie van piëzo technologie en windenergie.
4. Het gebruik van LED licht moet verwerkt worden in de toepassing.
5. De toepassing moet bruikbaar zijn bij zowel zwakke wind (windkracht 2) als bij storm (windkracht 9).
6. De toepassing moet aansluiten bij het windbeeld dat in Nederland aanwezig is, met een gemiddelde windkracht van 4 Beaufort.

Wanneer deze toepassing gevonden is, zullen er verdere eisen en wensen toegevoegd worden aan bovenstaande lijst. Deze zijn namelijk afhankelijk van de gekozen toepassing.

TOESPITSEN

3 Brainstorm toepassingsgebieden

Het is niet handig om direct verschillende toepassingen voor het product te willen ontwikkelen, want dit is moeilijk aan de markt te brengen. Vandaar dat de eerste stap is om de breedte van de opdracht verder af te bakenen. Een brainstorm is gebruikt om als basis voor de keuze van de toepassingsrichting te dienen.

3.1 Het doel

De brainstorm diende als doel om een richting voor de toepassing te vinden. De opdracht zou te breed georiënteerd zijn als het enkel ging om 'een toepassing voor een energy harvester'. Daarom is geprobeerd een doelgroep, richting, omgeving of een ander 'kader' te vinden om de opdracht binnen te plaatsen. De brainstorm richt zich dan ook op het vinden van een dergelijk 'kader'.

3.2 De opzet

De brainstorm heeft plaatsgevonden op 29 november 2013. Deelnemers waren de opdrachtgever, een industrieel ontwerpen master student (ETD - Emerging Technology Design) en een werktuigbouwkunde bachelor student. Gedurende twee uur hebben zij aan de hand van vragen verschillende richtingen bedacht waarbinnen de opdracht toegespitst kon worden [Fig 13].

[Fig. 13] Brainstorm in gang

Als warming-up heeft de groep eerst gezamenlijk drie woordspinnen gemaakt. Daarna volgden de vragen. Per vraag kreeg de groep vijf minuten de tijd om ideeën op een A3 vel te schrijven. Na vijf minuten werden de vellen doorgegeven en werd dit proces herhaald totdat een vel bij alle deelnemers geweest was. Het doel van het doorgeven is dat de deelnemers nieuwe inzichten kregen door het lezen van de ideeën van een ander. Dit proces werd bij elke vraag herhaald.

3.3 De vragen

Na het onderwerp ingeleid te hebben aan de hand van drie woordspinnen (te vinden in bijlage A) is de groep aan de slag gegaan met de volgende vragen:

- Wat voor toepassingen heeft een energy harvester die werkt met (piëzo technologie) en wind?
- Wat voor toepassingen zijn er te bedenken waarbij de output LED licht is?
- In welke omgeving worden de toepassingen geplaatst en hoe sluiten ze daarbij aan?

Als toevoeging op de vragen werd er duidelijk verteld dat de ideeën heel breed opgevat mochten worden. Het was niet noodzakelijk dat de deelnemers zelf al zouden kijken of hun ideeën wel haalbaar zijn, dit werkt het creativiteitsniveau binnen het brainstormproces tegen.

3.4 Resultaten

Er kwam een grote variëteit toepassingen van een energy harvester naar voren. Ook omgevingen waarin een energy harvester niet zou misstaan zijn opgesomd. De meest genoemde en/of realistische toepassingen worden hieronder kort genoemd. De originele vellen gebruikt bij de brainstorm zijn verwerkt in bijlage B.

Veel van de toepassingen die genoemd zijn, waren gericht op kinderen [Fig. 14]. In de vorm van een spel object, eventueel met een beloningssysteem, om de kinderen meer bewust te maken van energie.

[Fig. 14] Toepassing gericht op kinderen

Een andere toepassing die duidelijk naar voren kwam in de brainstorm is een toepassing met vooral een praktisch effect. Hier kan gedacht worden aan een centraal oplaadpunt in een publieke ruimte voor het opladen van elektrische apparatuur. Of praktisch in de zin van het verlichten van de omgeving. Hierbij werden voorbeelden gegeven zoals het verlichten van het wegdek van een fietspad.

Ter bewustwording is er genoemd om een bord te plaatsen die data weergeeft over het energieverbruik. Dit bord is dan aangesloten op een windlamel om zo zelfvoorzienend te kunnen zijn.

Het gebruik van windlamellen werd ook genoemd ter geveldecoratie, bijvoorbeeld voor bedrijven om reclame of hun logo te presenteren. In combinatie hierbij werd ook weer het aspect bewustwording gebruikt door bij binnenkomst te laten zien dat het logo op de gevel zelfvoorzienend is.

Qua omgeving wordt het benutten van situaties waar natuurlijke tocht is (zoals langsrazende treinen) gezien als een plaats waar de toepassing geschikt is. Een andere omgeving die veel genoemd is, zijn gebieden zonder stroom. Variërend van ontwikkelingslanden tot locaties in buitengebieden op het platteland. In beide gevallen kan er voor verlichting gezorgd worden met een windlamel.

3.5 Convergeren naar één richting

Na de brainstorm is er gekeken naar de verschillende richtingen en welke levensvatbaar zijn voor deze opdracht. Sommige richtingen zijn wel leuk bedacht, maar vallen snel af. Eenvoudigweg omdat beredeneerd kan worden dat de energy harvester niet genoeg stroom voor deze toepassingen kan leveren. Hier gaat het bijvoorbeeld om de praktische toepassingen voor het opladen van elektrische apparatuur. Een energy harvester in de vorm van deze opdracht levert ongeveer genoeg stroom om een LED te laten branden en zal dus niet gebruikt kunnen worden om elektrische apparatuur op te kunnen laden.

Andere richtingen passen niet bij de visie van de opdrachtgevers. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om het verlichten van plaatsen waar weinig licht aanwezig is. De richtingen die overbleven en waar nog verder naar gekeken dient te worden zijn:

- Spelobject voor kinderen
- Geveldecoratie

Deze twee toepassingen passen het best binnen deze opdracht.

Vervolgens is er in overleg met de opdrachtgevers gekozen om in de richting van bedrijfslogo's ter geveldecoratie te gaan denken. Deze richting sprak de opdrachtgevers momenteel het meeste aan en wordt als goede basis verondersteld om het product op de markt te brengen.

3.6 Conclusie

Na de brainstorm is er een richting voor de opdracht gevonden: bedrijfslogo's ter geveldecoratie. Behalve de richting waarbinnen de toepassing valt, staat er verder nog niets vast. Hier kan dan nog wel uitgebreid in gevarieerd worden en er staat geen vorm of direct doel op papier. De rest van de opdracht richt zich vanzelfsprekend op windlamellen met als doel het vormen of ondersteunen van een bedrijfslogo. De windlamellen moeten wel aansluiting vinden bij het programma van eisen.

4 Analyse bedrijfslogo borden

Ter verdieping in de toepassingsrichting is er een korte analyse gedaan naar de verschillende vormen van bedrijfslogo borden zoals deze nu beschikbaar zijn [Fig. 15]. Daarbij is ook gekeken naar de mogelijkheden om deze te voorzien van windlamellen met piëzo elementen. Ongeacht hoe het ontwerp er straks uit komt te zien, kan hier alvast inspiratie opgedaan worden naar mogelijkheden.

Bedrijven willen kenbaar maken dat zij gevestigd zijn in een bepaald pand. Dit doen zij onder ander door hun bedrijfsnaam of bedrijfslogo zichtbaar op de gevel te zetten. Hoe groot en wat voor soort reclamebord het is, verschilt nogal per bedrijf. Het is gebruikelijk om als bedrijf je naam en/of logo als reclame neer te zetten op de gevel. Gevelborden zijn de meest voorkomende borden als het gaat om bedrijfsnamen en/of logo's. Het gaat hier voornamelijk om een gevelbord met belettering van het bedrijf. Eventueel kan er ook een klein vormlogo toegevoegd worden. Afmetingen en materiaalsoorten zijn heel uiteenlopend. De meest gebruikte manieren van gevelreclame zullen hier kort besproken worden.

[Fig. 15]

De simpelste variant van een bedrijfslogo bord is simpelweg een bedrukt bord waarop de bedrijfsnaam of het logo staat. Hoe je hier lamellen in kunt verwerken kan op verschillende manieren. Het wordt te druk en te veel om het complete bord uit lamellen te maken, maar wat wel mogelijk is om bijvoorbeeld enkel het logo als aandachtstrekker van lamellen te maken. Er kan ook gedacht worden aan andere aandachtstrekkers zoals pijlen en uitroeptekens.

Bij grotere borden voor bedrijfslogo's wordt veel gewerkt met uitgefreesde letters en achter deze letters is dan ook ruimte voor eventuele verlichting van het bord. Met freesletters op afstandhouders wordt een diepte effect gecreëerd wat een andere uitstraling aan het logo bord meegeeft. Verlichting zorgt ervoor dat het bord nog meer in het oog springt.

Er zijn ook doosletters. Dit zijn driedimensionale letters die ook vaak met LED verlichting uitgerust worden. De LED verlichting kan naar voren uitstralen voor de zichtbaarheid van de letter zelf, of naar achteren uitstralen om nog meer diepte-effect aan de letters mee te geven.

Zowel de freesletters als ook de doosletters zouden wellicht van lamellen gemaakt kunnen worden. Als je lamellen in de vorm van de letters kunt plaatsen kun je hiermee het logo weergeven. Of dit ook haalbaar is komt later in het verslag aan bod.

Dan zijn er ook nog spandoeken, deze doeken zijn bedrukt met de reclame van een bedrijf en worden in een aluminium frame gespannen en aan een gevel gehangen. Deze vorm van gevelreclame is handig wanneer je steeds wisselende informatie onder de aandacht wilt brengen. Het spandoek zelf zal nooit uitgerust kunnen worden met lamellen of piëzo, omdat dit uit een doek bestaat. Het frame biedt echter wel mogelijkheden om lamellen in te verwerken. Ook hier is het dan weer op kleinere schaal en zal niet het hele logobord gemaakt worden van de lamellen.

Gebruik maken van verlichting in je bedrijfslogo bord is populair. Voorheen werd er vaak met TL verlichting gewerkt maar hedendaags wordt het aangeraden om LED verlichting te nemen. Mede vanwege de duurzaamheid van LED licht gaan borden met dit type verlichting langer mee en worden de energiebesparing kosten binnen 2 jaar terugverdiend[25]. Naast de hierboven beschreven manier van het gebruik maken van LED verlichting bij doosletters is een andere vorm een lichtbak. Lichtbakken zijn voorzien van LED verlichting en in vele vormen en maten beschikbaar. Deze lichtbakken kunnen ook zorgen voor een extra driedimensionaal effect. De lichtbakken hebben veelal heel veel details, daarom is het niet mogelijk om deze compleet van lamellen te maken, de lamellen zullen waarschijnlijk niet zoveel details kunnen weergeven.

Kosten lopen ook heel erg uiteen. Het is ook logisch dat een bedrijfslogo bord dat meer uitstraling heeft, doordat het bijvoorbeeld verlicht is, meer kost. De prijzen variëren grofweg van zeventig euro per vierkante meter tot aan duizenden euro's per m^2.

4.1 Conclusie

Er is een grote variëteit aan bedrijfsnaamborden. Voor elk bedrijf is er wel iets dat aansluit bij hun wensen en hun budget. Er worden zowel vormlogo's alsmede letterlogo's op gevels gebruikt. Qua vormgeving zit het verschil hem vooral in de dikte van bedrijfslogo borden. Dit varieert van een simpel bord zonder diepte tot een doosletters of freesletters die met afstandhouders op een gevel worden geplaatst.

Met verlichting zijn er ook verschillende opties. Er werd gewerkt met TL licht, maar er zijn nu ook verlichtte exemplaren die werken met LED licht. Dit is al een stuk energiezuiniger, echter is er nog geen voorbeeld te vinden van een bedrijfsnaambord dat zelfvoorzienend is in energie.

Wat betreft de lamellen lijkt het nog ingewikkeld om complete logoborden te maken bestaande uit lamellen. Vooral logoborden waarin veel details zitten zijn waarschijnlijk moeilijk te realiseren, omdat niet alle details goed uit zullen komen. Toch zijn er veel opties met logoborden, er zouden namelijk wel kleine delen van lamellen gemaakt kunnen worden. Hierbij valt te denken aan aandachtstrekkers zoals uitroeptekens of pijlen, of bijvoorbeeld de rand van een logobord.

Het is van belang dat het logo ten alle tijden te zien is, anders verliest het een deel van het doeleinde. Het is namelijk de bedoeling dat het logo reclame maakt en laat zien welke bedrijf er gevestigd is. Zodra het logo niet of onduidelijk te zien is, zal dit ten koste gaan van het bedrijf.

Hoe de lamellen precies verwerkt gaan worden in een logobord valt in het onderdeel uitwerking van dit verslag te zien.

5 Programma van eisen aanvulling

Na de uitgevoerde brainstorm, de keuze van een toepassingsrichting en de analyse van bedrijfslogo borden is het programma van eisen aangevuld. De volgende lijst beschrijft de eerder genoemde eisen nogmaals:

1. Het creëren van bewustwording van windenergie.
2. Gebruiken van windenergie op een vernieuwende manier, zorgen voor een nieuwe beleving van windenergie.
3. Toepassing vinden voor de combinatie van piëzo technologie en windenergie.
4. Het gebruik van LED licht moet verwerkt worden in de toepassing.
5. De toepassing moet bruikbaar zijn bij zowel zwakke wind (windkracht 2) als bij storm (windkracht 9).
6. De toepassing moet aansluiten bij het windbeeld dat in Nederland aanwezig is, met een gemiddelde windkracht van 4 Beaufort.

Aan de hand van de vorige hoofdstukken komen daar de volgende eisen bij:

7. Het ontwerp moet toepasbaar zijn op zowel vormen als letters in een logo, ter illustratie [Fig. 16].
8. Logo moet ten alle tijden te zien zijn. Zowel bij zwakke, als bij krachtige wind.
9. Vernieuwend ten opzicht van bestaande logo borden.

[Fig. 16] Logo waarbij duidelijk gebruik wordt gemaakt van een vormlogo als mede een letterlogo

U

I

T

W

E

R

K

E

N

6 Conceptrichtingen

Om deze opdracht tot een goed ontwerpvoorstel te brengen zijn er verschillende conceptrichtingen opgesteld. Deze conceptrichtingen hebben allemaal windlamellen, piëzo en LED als basis, maar hoe dit tot uiting wordt gebracht in het concept verschilt ten opzichte van elkaar.

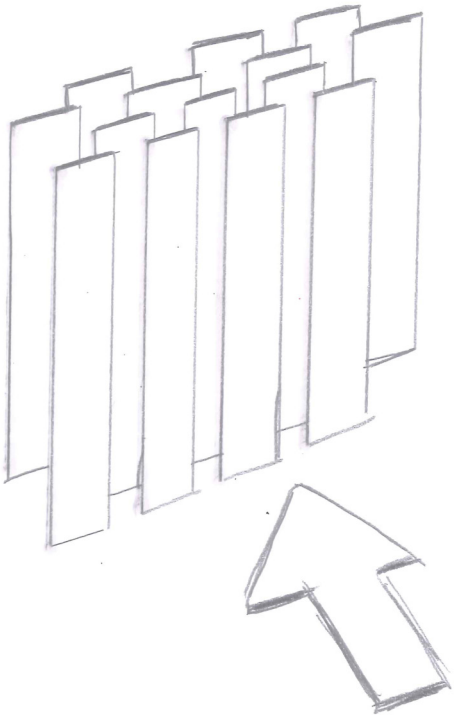
Op de volgende pagina's worden de verschillende concepten kort toegelicht aan de hand van een kleine uitleg en afbeeldingen. De afbeeldingen moeten duidelijk maken hoe logo's weergegeven worden, met als voorbeeld het Tauwlogo. Ook worden daar de plus- en minpunten per concept opgesomd. Deze plus- en minpunten zijn handig om straks een goede keuze te kunnen maken voor de uitwerking.

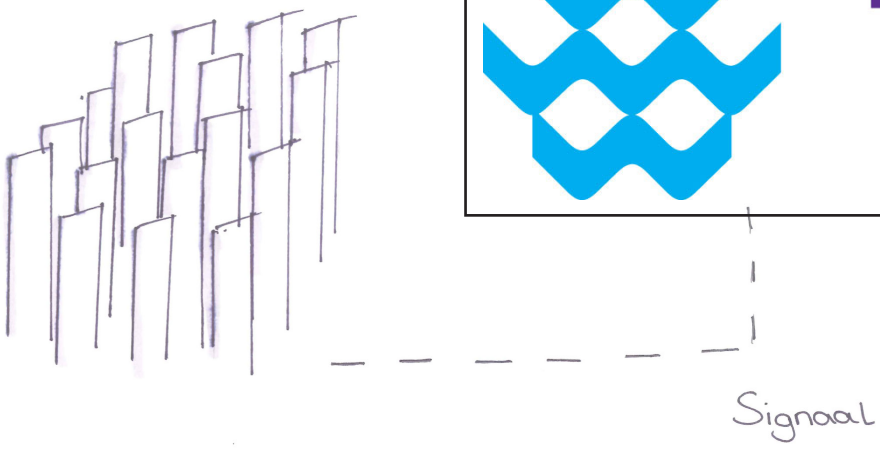
6.1Concept 1

Concept 1 bestaat uit een veld met lamellen die een extern logo, bijvoorbeeld op de gevel van een gebouw, laat branden. De lamellen in het veld wekken stroom op en de stroom wordt via een schakeling overgebracht naar het logo bestaande uit LED lampjes.

Het bord met de LED lampjes kan vervolgens letters of een bedrijfslogo afbeelden. Indien er genoeg stroom opgewerkt wordt, kunnen de LED lampjes ook geprogrammeerd worden en bijvoorbeeld een tekst over het bord voorbij laten komen.

Dit concept staat verticaal in een veld. Het maakt hiermee een referentie naar wuivend gras net zoals andere ontwerpen die in de analyse van de directe concurrenten aan bod zijn gekomen. Het concept is niet plaatsgebonden, aangezien het logo niet direct aan de lamellen verbonden is. Hierdoor kan het geplaatst worden op een plek met veel ruimte, zoals de parkeerplaats of het dak.





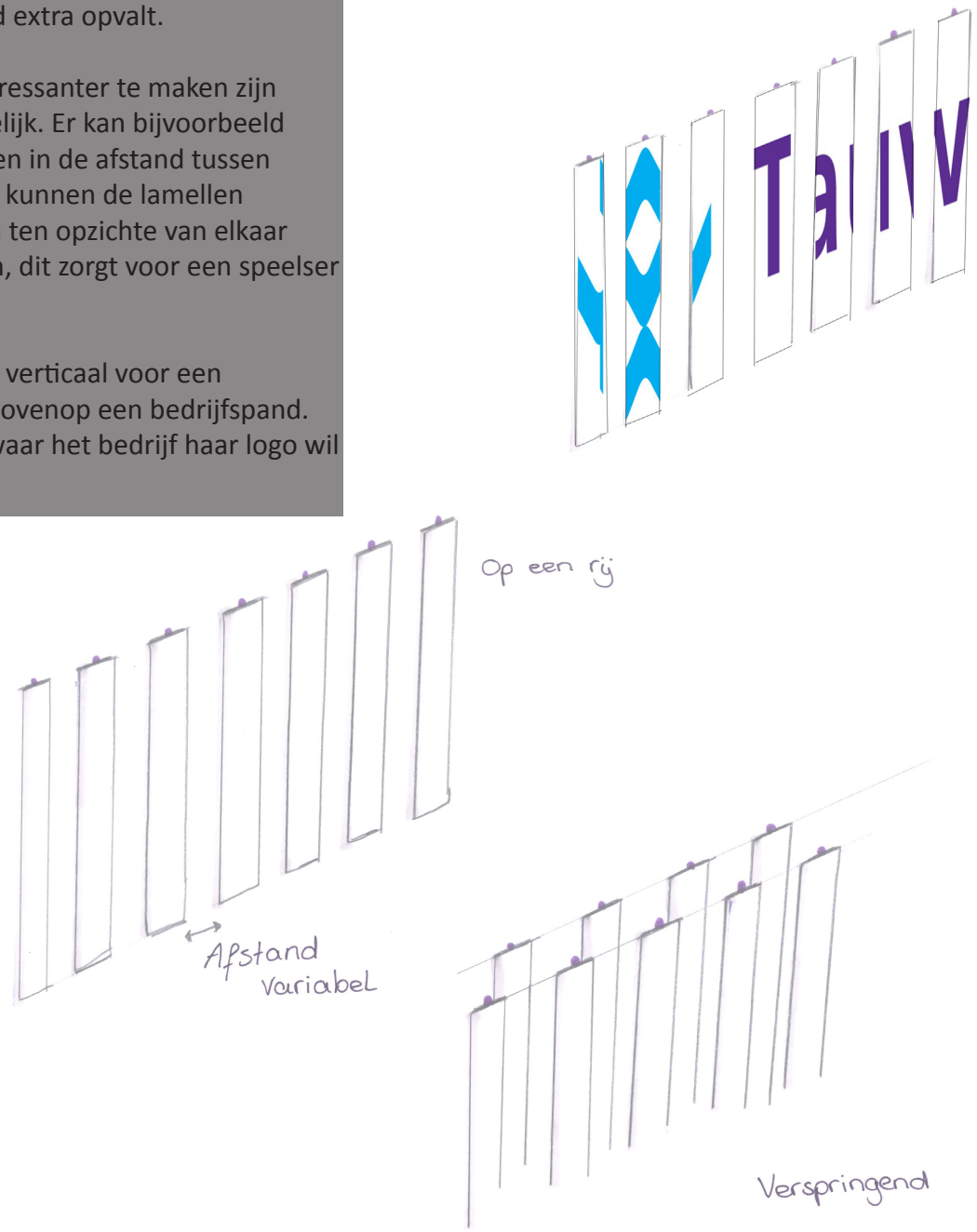
+	Toepasbaar op zowel letters als vormen
-	Logo niet zichtbaar bij weinig tot geen wind, de LED krijgen niet genoeg stroom om iets af te beelden
-	Geen bewustwording van windenergie, de connectie tussen de lamellen en het bord is niet te zien
-	Grote onzerkerheid of de hoeveelheid opgewekte energie genoeg is, om een LED bord te laten branden zal een grote hoeveelheid lamellen nodig zijn want de energieopwekking gebeurd 1-op-1

6.2 Concept 2

In dit concept vormen de lamellen zelf een bord. Op dit bord kan dan een bedrijfslogo afgebeeld worden. De LED lampjes bevinden zich hier op de kopse kant van de lamellen en in de wind zorgen de LED lampjes er dan voor dat het bord extra opvalt.

Om het logo interessanter te maken zijn er variaties mogelijk. Er kan bijvoorbeeld gevarieerd worden in de afstand tussen de lamellen. Ook kunnen de lamellen verspringend van ten opzichte van elkaar geplaatst worden, dit zorgt voor een speelser logo.

Dit concept staat verticaal voor een bedrijfspand of bovenop een bedrijfspand. Afhankelijk van waar het bedrijf haar logo wil hebben staan.



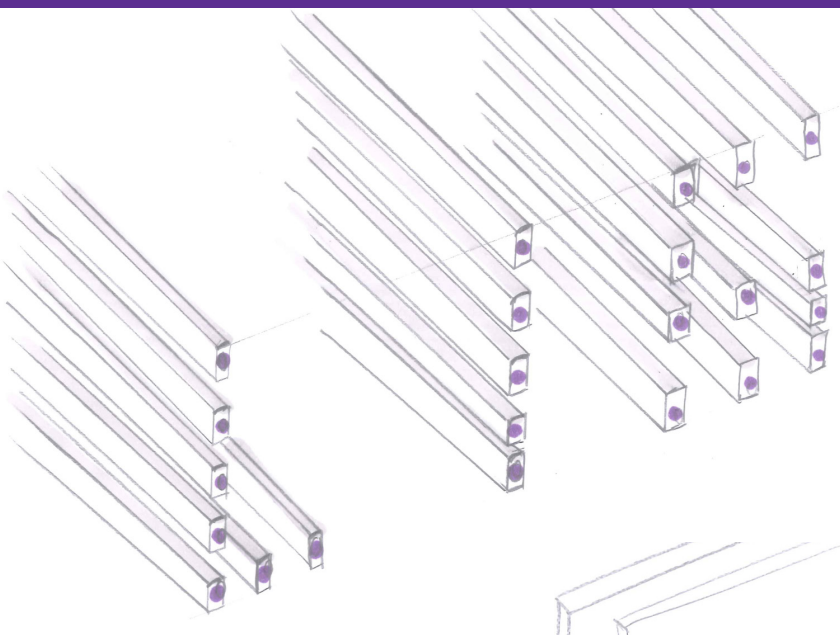
+	Logo zichtbaar als er geen wind is, de afbeelding staat namelijk op de lamellen
+	Toepasbaar op zowel letters als vormen
+	Veel bewustwording van windenergie, de wind maakt het logo namelijk nog zichtbaarder
-	Voegt weinig toe aan bestaande logo's, LED licht is immers al te vinden in bestaande logoborden

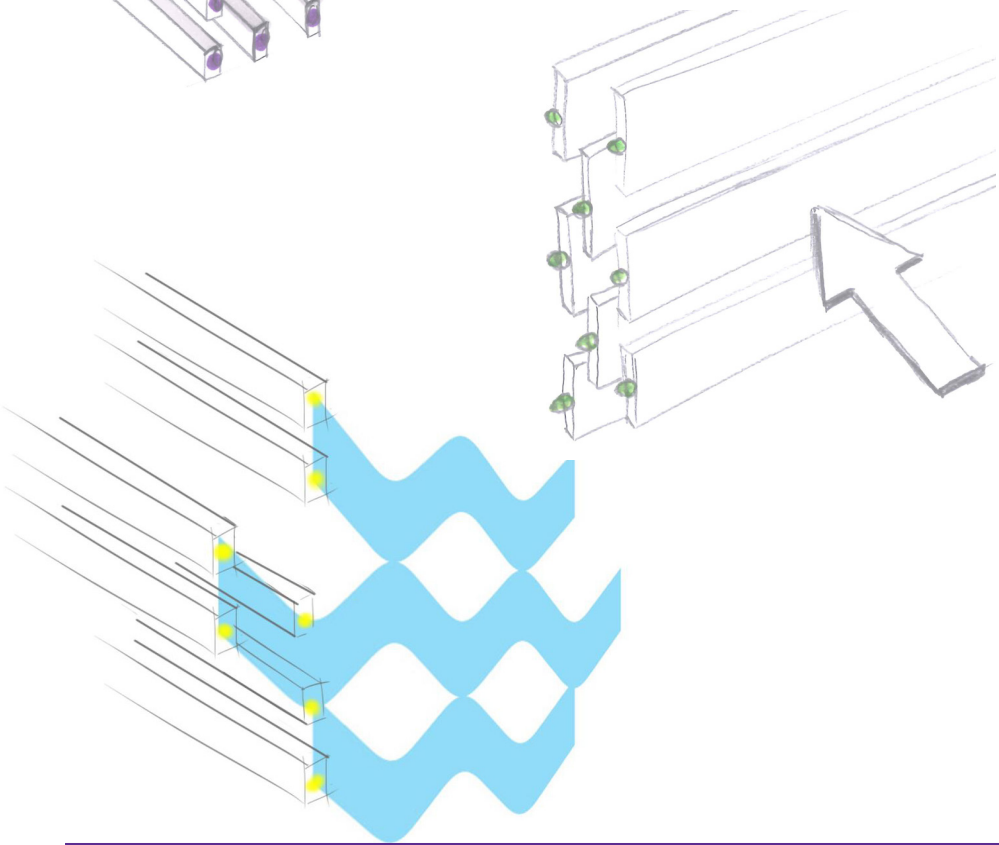
6.3 Concept 3

De LED lampjes zitten in dit concept bovenop de lamellen en vormen zelf het logo. Er wordt dus niet meer in de lengterichting van de lamellen gekeken, maar tegen de kopse kant waarop de LED lampjes bevestigd zijn.

Het logo wordt gevormd door de LED lampjes en zal afhankelijk van de windsnelheid knipperend of constant te zien zijn. De LED lampjes op de lamellen kunnen letters vormen, of een bedrijfslogo uitbeelden.

Dit concept zal horizontaal aan een muur bevestigd worden. Bevestiging aan de gevel van het bedrijfspand is mogelijk, maar er valt ook te denken aan een losstaand bord bij de ingang van het bedrijf.





+	Veel bewustwording van windenergie, de wind maakt het logo namelijk nog zichtbaarder
+	Toepasbaar op zowel letters als vormen
+	Vernieuwend
+	Logo zichtbaar als er geen wind is, want de lamellen worden in de vorm van het logo gesitueerd

7 Conceptkeuze

De verschillende invalshoeken voor het concept zijn hiervoor uitgelicht. Om een uiteindelijke richting te kiezen waarbinnen de opdracht verder uitgevoerd wordt, zijn de concepten vergeleken met het programma van eisen. Hieruit komt naar voren dat concept 3 het beste aansluit bij de verschillende eisen [Fig. 17].

1. Het creëren van bewustwording van windenergie.
2. Gebruiken van windenergie op een vernieuwende manier, zorgen voor een nieuwe beleving van windenergie.
3. Toepassing vinden voor de combinatie van piëzo technologie en windenergie.
4. Het gebruik van LED licht moet verwerkt worden in de toepassing.
5. De toepassing moet bruikbaar zijn bij zowel zwakke wind (windkracht 2) als bij storm (windkracht 9).
6. De toepassing moet aansluiten bij het windbeeld dat in Nederland aanwezig is, met een gemiddelde windkracht van 4 Beaufort.
7. Het ontwerp moet toepasbaar zijn op zowel vormen als letters in een logo, ter illustratie [Fig. 16].
8. Logo moet ten alle tijden te zien zijn. Zowel bij zwakke, als bij krachtige wind.
9. Vernieuwend ten opzicht van bestaande logo borden.

[Fig. 17] Overzicht eisenpakket

Eis	Concept 1	Concept 2	Concept 3
1	Sluit niet aan	Sluit aan	Sluit aan
2	Sluit aan	Sluit niet aan	Sluit aan
3	Sluit aan	Sluit aan	Sluit aan
4	Sluit aan	Sluit aan	Sluit aan
5	Nog niet bekend	Nog niet bekend	Nog niet bekend
6	Nog niet bekend	Nog niet bekend	Nog niet bekend
7	Sluit aan	Sluit niet aan	Sluit aan
8	Sluit niet aan	Sluit aan	Sluit aan
9	Sluit aan	Sluit aan	Sluit aan

[Tabel 3] Concepten vergelijken met de opgestelde eisen

Ook is er met de opdrachtgevers overlegd. Zij vinden ook dat het derde concept de meeste potentie heeft en zien deze graag verder uitgewerkt worden.

Om deze conceptrichting beter uit te werken is het van belang om te kijken naar een aantal factoren. Wanneer deze factoren verder zijn uitgewerkt zal het concept ook aansluiten bij de eis: de toepassing moet bruikbaar zijn bij zowel zwakke wind (windkracht 2) als bij storm (windkracht 9).

De belangrijkste factor die van concept 3 moeten worden uitgewerkt is de beweging van de lamel. Deze beweging moet ervoor zorgen dat het piëzo element genoeg in beweging wordt gebracht. Door de vervorming van het piëzo element wordt er vervolgens een stroompje opgewekt, welke ervoor zorgt dat de LED aan het uiteinde van de lamel zal gaan branden. De stroomschakeling met verschillende componenten die hiervoor gebruikt wordt, is gelijk aan die uit de E-tegel. Deze stroomschakeling is ontwikkeld door Prange en de werking ervan zal later in dit verslag aan bod komen.

8 Uitwerking

De trilling van de lamel moet ervoor zorgen dat het piëzo element genoeg in beweging wordt gebracht. Indien er genoeg beweging is kan er stroom opgewekt worden, welke gebruikt kan worden om de LED te laten branden. Het ontwerp moet dus zo in elkaar zitten dat er genoeg doorbuiging van het piëzo element plaatsvindt. Omdat de stroomschakeling gelijk wordt gehouden aan de manier waarop hij werkt in de E-tegel, kan dit product als voorbeeld gebruikt worden. Er wordt getracht via berekeningen te onderzoeken welke afmetingen op basis van de lamel die in de E-tegel zit, geschikt zijn voor het concept hierboven beschreven.

8.1 Berekeningen

Met het volgende stappenplan wordt geprobeerd de afmetingen van de lamel te achterhalen die in ieder geval een brandende LED zullen opleveren in de windtunnel.

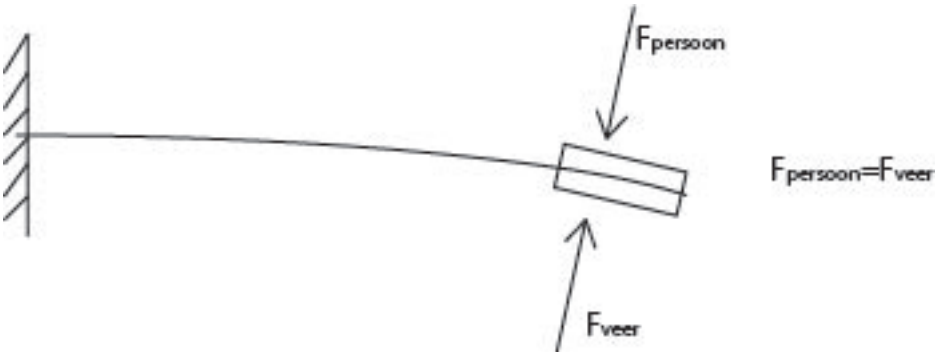
- Stap 1. Het uitzoeken van de kromtestraal van de lamel in de E-tegel. Deze kromtestraal levert namelijk een brandende LED op.
- Stap 2. Het vaststellen van een maximale uitwijking van de nieuwe lamel en hiermee de lengte van de nieuwe lamel berekenen.
- Stap 3. Met de lengte uit de tweede berekening, in combinatie met de vastgestelde maten voor de breedte en de dikte kan de kromtestraal van de nieuwe lamel berekend worden. Als deze kromtestraal in de buurt ligt van de kromtestraal van de oude lamel, zal de LED gaan branden in de windtunnel.

[Fig. 18] Houding van de lamellen
Boven: Lamellen zonder kracht op de tegel
Onder: Lammellen met kracht op de tegel

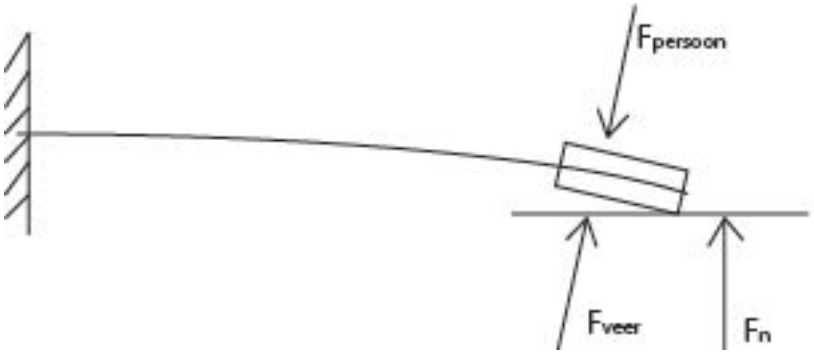
Om te beginnen is het handig om een beeld van de situatie te krijgen. De situatie in de E-tegel is als volgt. De verschillende posities van de lamellen staan in figuur 18. De bovenste afbeelding is de situatie van rust. In een versimpelde VLS wordt deze situatie als volgt weergegeven:

Hierbij valt op te merken dat F_z verwaarloosbaar klein is, aangezien de massa van het gewicht aan het uiteinde van de lamel maar enkele grammen bedraagt. De lamel zelf weegt ook niet meer dan enkele grammen. De zwaartekracht gaat hier van over honderdste van een Newton en dat is verwaarloosbaar. Daarom is in deze situatie het moment (M) bij benadering 0.

De onderste afbeelding is de situatie bij een persoon die op de tegel staat. De versimpelde VLS hiervan is als volgt:

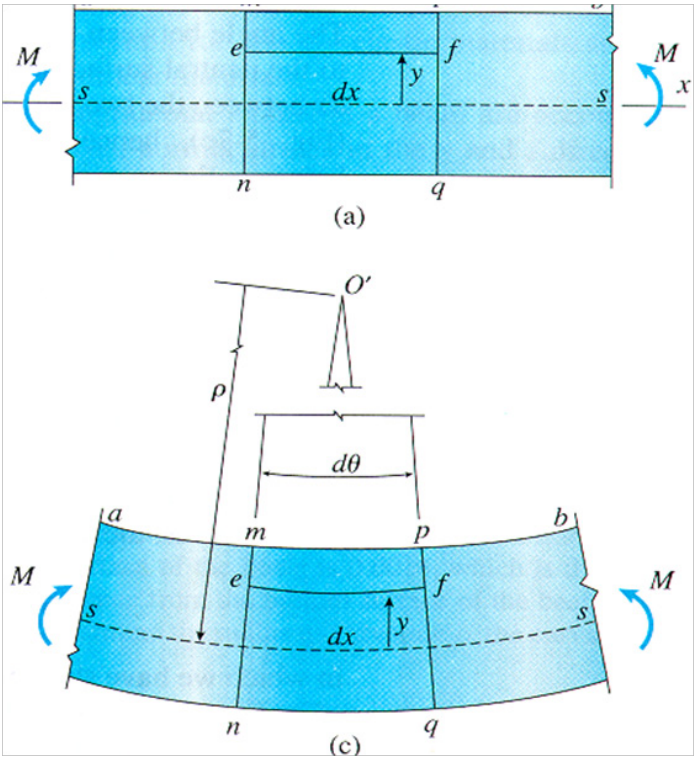


Dit is het moment waarop de persoon op de tegel staat. Omdat de persoon er voor een korte periode op staat is er sprake van een statische situatie. De tegel heeft een maximale doorbuiging, welke ook bij een minder krachtige sprong (door bijvoorbeeld een lichter persoon) ook wordt bereikt. Het systeem laat fysiek niet toe dat de doorbuiging van de lamel groter is dan dit maximum. In feite is de situatie dus eigenlijk als volgt:



F_N doet er niet toe voor de rest van de berekening. De maximale F_V is de waarde die nodig is. De aanname die hierbij geldt is dat de tegel maximaal wordt ingedrukt. Zowel de versnelling van de sprongkracht op de tegel, als het gewicht van de persoon op de tegel zijn niet van belang. Dit omdat er vanuit wordt gegaan dat het maximum toch al wordt bereikt.

Met stap 1 is er eerst getracht de kromtestraal [Fig. 19] van de lamel die zich in de E-tegel bevindt te achterhalen. Dit is gedaan op basis van de volgende formules:



[Fig. 19]

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\rho d\theta - y d\theta - dx}{dx} = -y\frac{d\theta}{dx} = -ky = -\frac{y}{\rho}$$

y = Afstand neutrale lijn tot lijn waarvan je de lengte wil weten. In dit geval ½ dikte van de plaat.
ρ= Kromtestraal, grote onbekende die uiteindelijk berekend moet worden.
E= Onbekend, op internet opgezocht: 20 GPa[26]

Om ε te berekenen is ook σ nodig. Daarvoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$\sigma = \frac{-M}{I_z} y$$

I = Oppervlakte traagheidsmoment

$$I = \int y^2 \, dA$$

In dit geval is er sprake van een oppervlakte traagheidsmoment over een rechthoek met basis b en hoogte h. De bijbehorende formule is $I = \frac{bh^3}{12}$. De breedte en de hoogte zijn op te meten in de E-tegel.

M = Buigend moment bij ingeklemde balk met puntbelasting op de plek van de massa.

$$M_{max} = FL$$

L = Afstand van inklemming tot aan het midden van de massa.
F = F_v uit bovenstaande analyse. Maar deze waarde is onbekend.

F_v = δ * veerconstante
Deze gegevens heb je allemaal niet. Waardoor je een aanname zou moeten doen voor F. Daarna kunnen alle formules in elkaar verwerkt worden:

$$\sigma = \frac{-M}{\frac{bh^3}{12}} y$$

$$\frac{-M}{\frac{bh^3}{12}} y = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{-M}{\frac{bh^3}{12}}}{E} y$$

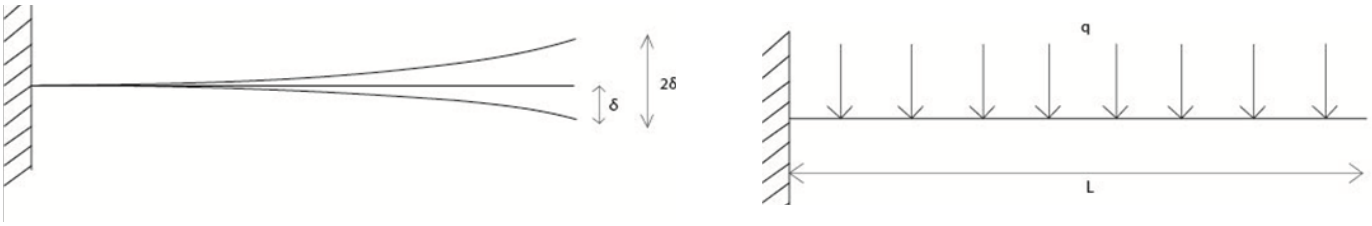
Met bovenstaande berekeningen kan de kromtestraal gevonden worden. Hiervoor zijn echter een aantal aannames gedaan omdat bepaalde gegevens niet aanwezig waren. Door deze aannames zit er een onnauwkeurigheid in het antwoord.

De hierboven gevonden kromtestraal moet gecreëerd worden in de nieuwe lamel. Bij deze kromtestraal is het namelijk bekend dat het piëzo element genoeg doorbuigt om zo stroom op te wekken voor de LED.

Dan verder met stap 2. In de nieuwe lamel is er een maximale gewenste uitwijking. De lamellen mogen niet verder uitwijken dan die waarde, omdat ze anders hinder geven aan elkaar. Door deze uitwijking vast te stellen kan er met de volgende formules een lengte voor de lamel gevonden worden:

$$\delta = \frac{qL^4}{8\,EI}$$

δ = Uitwijking t.o.v. neutrale stand, vastgesteld op 5mm.
q = Verdeelde belasting van de wind op de lamel, onbekende waarde.



L = Lengte van de lamel, het gegeven dat met deze berekeningen achterhaald moet worden.
E = Elasticiteit modulus, 20 GPa.
I = Oppervlakte traagheidsmoment.

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

b = Breedte van de doorsnede van de lamel, 30mm.
h = Hoogte van de doorsnede van de lamel, 1.5mm resp. 2.0mm.

$$\delta = \frac{qL^4}{8E\frac{bh^3}{12}}$$

$$qL^4 = \delta\, 8E\,\frac{bh^3}{12}$$

$$L^4 = \frac{\delta\, 8E\frac{bh^3}{12}}{q}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{\delta\, 8E\frac{bh^3}{12}}{q}}$$

De formule bevat ook hier echter weer een onbekende, namelijk q. q staat hier voor de windkracht. Deze kan als puntbelasting F via de volgende formule berekend worden:
(A*P)*Cd = F

A = Oppervlakte waar de wind tegenaan komt. In dit geval L*B van de lamel.
P = Winddruk. In dit geval 15, dat komt overeen met windkracht 3[27].
Cd = Weerstandscoëfficiënt. Van een vierkant is dat 1.05[28].

Echter komt L ook in deze formule voor en is het dus niet zo op te lossen. De versimpeling van verdeelde belasting q naar een puntbelasting F en het feit dat deze niet berekend kan worden geven nog een onnauwkeurigheid. Uit deze stap (stap 2) komt geen direct antwoord.

8.2 Overgang theorie naar pragmatisch

Doordat er bij stap 2 ook geen direct antwoord gevonden is, vanwege de onbekende q, is stap 3 niet uitgevoerd. Daarnaast waren er te veel aannames nodig om tot een goed antwoord te komen. Naast de onnauwkeurigheden die in bovenstaande berekeningen naar voren komen, is de situatie van een lamel ook dynamisch in plaats van statisch en is de trillingsfrequentie waarschijnlijk veel van invloed. Naar aanleiding van het feit dat er sprake is van diverse aangenomen variabelen en dat er bij een lamel ook veel meer sprake is van een dynamische situatie in plaats van een statische is er besloten, in overleg met de opdrachtgevers, om over te stappen op een pragmatische aanpak. Er zou anders te veel tijd gestoken worden in berekeningen die op zoveel onjuistheden en onnauwkeurige aannames is gebaseerd dat de uitkomst niet meer betrouwbaar is. Met een pragmatische aanpak is er een eenvoudigere manier ontworpen om te onderzoeken welke lengte van de lamel geschikt is.

8.3 Omschrijving pragmatische aanpak

Zoals in het deel hiervoor te lezen valt, is er eerst geprobeerd via berekeningen te onderzoeken welke afmetingen ideaal zijn voor de lamel. Hier is echter geen concreet antwoord uit te halen, omdat de berekeningen elke keer op een dood spoor terecht zijn gekomen. Daarom is er gekozen voor een nieuwe, pragmatische aanpak om te onderzoeken welke afmetingen geschikt zijn voor de lamel.

Bij het concept dat gekozen is past niet elke afmeting van de lamel. Om die reden is er vanuit het concept gekeken naar mogelijke lengtes. Hierdoor hoeft het concept niet aangepast te worden aan de lengte van de lamellen, maar is de lengte van de lamellen aangepast aan het concept.

Zoals in hoofdstuk 6.3 al te lezen viel, wordt het concept horizontaal geplaatst tegen een muur. Of dit de buitenmuur van het bedrijf is, of een te plaatsen paneel maakt verder niet uit. Deze invulling is vrij voor het bedrijf of de instelling die hun logo aanschaffen. Doordat de plaatsing horizontaal tegen een muur is, wil je niet dat het logo te ver uitsteekt. Als het logo te veel uitsteekt kan het hinder veroorzaken voor langskomend verkeer of andere zaken. Tevens zouden de lamellen kunnen gaan hangen onder hun eigen gewicht als ze te zwaar zijn door een te grote lengte. Als de lamellen gaan hangen doet dat afbreuk aan de uitstraling die het logo moet geven.

De eerste stap is om te gaan kijken of, en bij welke lengte, de lamellen gaan doorbuigen onder hun eigen gewicht. Dit is gemakkelijk met een test te bepalen:

Begin met een strook van 500mm lengte en klem deze horizontaal in en neem waar of die gaat hangen. Indien die niet gaat hangen weet je dat het niet uitmaakt welke lengte je kiest en kan zelfs een lamel van 500mm nog gekozen worden, kijkend naar deze eis. Indien de lamel wel gaat hangen knip er dan een stuk materiaal af zodat de lamel 400mm wordt en doe de test opnieuw. Zo elimineer je alle lamellen die bij voorbaat te lang zijn.

Bij het uitvoeren van de test zoals hierboven staat beschreven, bleek dat de lamel bij een lengte van 500mm al nauwelijks doorbuigt van zichzelf. De keuze is dus niet afhankelijk van een doorbuiging door het eigen gewicht van de lamel. Toch blijkt het direct dat 500mm er optisch niet zo goed uit ziet. De lamellen zijn dan erg lang van stuk en komen dus ook ver van de muur af. Om die reden is er gekozen voor een lengte van 200mm.

Voor de breedte van de lamel is gekeken naar de afmetingen van het piëzo element dat erop geplakt zal worden. Dit element is 27mm breed. Om die reden is er een breedte van 30mm voor de lamel gekozen, zodat het piëzo element erop past.

De gekozen afmetingen van de lamel, die ideaal zijn voor het concept, worden vervolgens vervaardigd en in de windtunnel aan tests onderworpen. Natuurlijk bestaat er dan de kans dat er bij het testen in de windtunnel niets gebeurt, omdat de lengte van de lamel te ver verwijderd zou kunnen zijn van de ideale lengte. Daarom zal er bij de windtunneltest ook een extreme waarde mee worden genomen voor de lengte. Indien de gekozen lengte van de lamel weinig tot geen resultaten geeft kan deze extreme lengte getest worden om te zien of hier wel wat mee gebeurt. Indien de extreme waarde wel resultaten laat zien, kan er geconcludeerd worden dat de gekozen lengte van de lamel die ideaal is op basis van het concept niet geschikt is. Het concept zal hier dan ook op aangepast moeten worden.

T

E

S

T

E

N

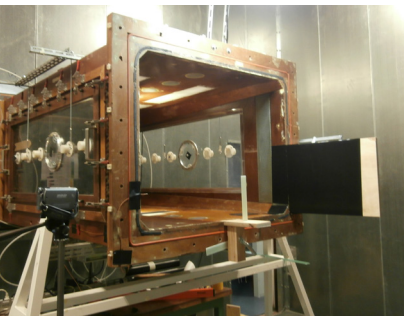
9 Windtunneltest

De windtunneltest bestaat uit twee delen. Ten eerste is er getest met een enkele lamel van beide diktes. Dit om te zien wat het gevolg is van een bepaalde dikte voor de lamel. In het tweede deel van de test zijn er een aantal opstellingen gemaakt van meerdere lamellen, om te zien wat de invloed van de lamellen op elkaar is. Beide testen zijn vastegelegd op camerabeelden.

Tijdens het opvoeren van de wind in beide delen van de test, verzamelt de computer data over de druk in de pitotbuis (instrument waarmee de druk kan worden bepaald). Met deze gegevens, in combinatie met de omgevingstemperatuur en omgevingsdruk kan dan op ieder moment in het proces van het opvoeren van de wind de exacte snelheid berekend worden. Deze exacte snelheid kan gekoppeld worden aan een moment in de video opname waarop iets interessants te zien valt. Bij alle testen wordt het stappenplan [Fig. 20] uitgevoerd.

[Fig. 20] Stappenplan windtunnel

9.1 Voorbereiding



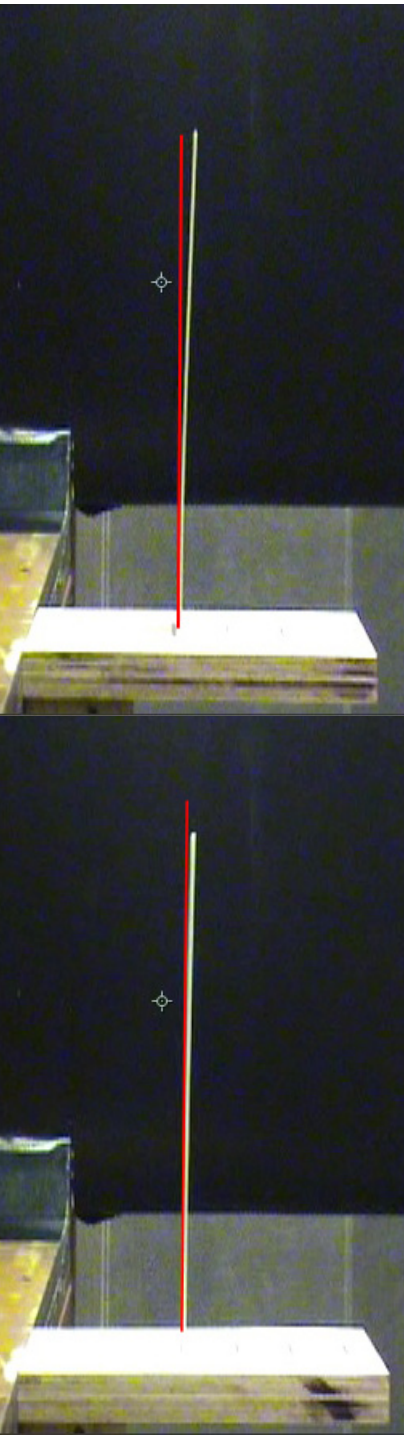
[Fig. 21] Opstelling windtunnel

Om aan de slag te kunnen in de windtunnel zijn er lamellen nodig. Deze worden vervaardigd van het materiaal epoxyglasweefsel FR4. Dit materiaal is door de opdrachtgever gekozen en er wordt in de windtunneltest niet met materiaal gevarieerd. Epoxyglasweefsel FR4 is een materiaal waarop de PGB en stroomschakeling gemakkelijk te monteren zijn. Hetzelfde materiaal is eerder gebruikt in de E-tegel en de opdrachtgever heeft dus ervaring met dit materiaal.

In de werkplaats op de universiteit zijn de lamellen gemaakt. Het materiaal is met de guillotine schaar op maat geknipt. Vervolgens zijn de bramen van de zijkanten gevijld, zodat er een glad oppervlakte is ontstaan. De lamellen hebben een extra strookje om in te klemmen. De lengte van de lamel die door de wind in beweging kan worden gebracht is 200mm. Dit is de gewenste lengte en deze lengte zal dus ook als basis voor de windtunneltest genomen worden. Er zijn lamellen met een dikte van 1.5mm en met een dikte van 2.0mm. Alle lamellen hebben een breedte van 30mm. Van iedere soort zijn er meerdere gemaakt, om ook een opstelling van meerdere lamellen te kunnen testen in de windtunnel. Ook zijn er lamellen gemaakt met een lengte van 400mm (plus een extra strookje ter inklemming). Zoals eerder beschreven in hoofdstuk 8.3 Omschrijving Pragmatische Aanpak kan deze lamel worden gebruikt indien de windtunneltest helemaal geen bruikbare resultaten laat zien bij de lamellen van 200mm.

Helaas was het voor Prange niet mogelijk om een schakeling te leveren voor aanvang van de windtunneltest. De schakeling is echter ook niet noodzakelijk voor de windtunneltest. Het zou alleen een leuke toevoeging geven, mocht de schakeling wel aanwezig zijn. De windtunneltest kan gewoon uitgevoerd worden zonder de schakelingen.

9.2 Eerste deel windtunneltest



[Fig. 22] Uitwijking dunne lamel (boven)
En dikke lamel (onder)

In de eerste test wordt er in principe gewerkt met de lamel van 200mm. Deze lamel wordt ingeklemd voor de opening van de windtunnel. De wind zal in de windtunnel tot drie vaste windsnelheden, overeenkomend met windkracht 2, 5 en 8, opgevoerd worden. Een videocamera staat loodrecht op de windrichting en de lamel gericht. Deze opstelling is te zien in figuur 21. Vervolgens wordt het stappenplan [Fig. 20] uitgevoerd.

Dit stappenplan wordt uitgevoerd met de volgende twee lamellen:

- Een lamel van 1.5mm dik, met de normale lengte lamel van 200mm.
- Een lamel van 2.0mm dik, met de normale lengte lamel van 200mm.

9.2.1 Resultaten

Figuur 22 laat de uitwijking van de dunne lamel zien over de windkracht variatie van windkracht 0 tot en met windkracht 8. De rode lijn hierin is de beginpositie van de lamel, bij windkracht 0.

Daaronder wordt de uitwijking van de dikke lamel over dezelfde windkracht variatie weergegeven. Er wordt meteen duidelijk dat deze uitwijking kleiner is dan de uitwijking bij de dunne lamel.

De snelheid waarop de lamellen in beweging kwamen is ook uitgerekend. Hierbij is gekeken naar de camerabeelden en de seconde waarop de lamel voor het eerst beweegt is omgerekend naar de snelheid van de wind op dat moment.

De metingen voor de snelheid van de wind worden met 30Hz gedaan, dit houdt in dat er elke seconde 30 metingen doorgevoerd worden. Nadat het juiste moment uit de camerabeelden is gehaald wordt deze meting opgezocht en samen met de vijf omliggende meetresultaten gebruikt om de snelheid te berekenen.

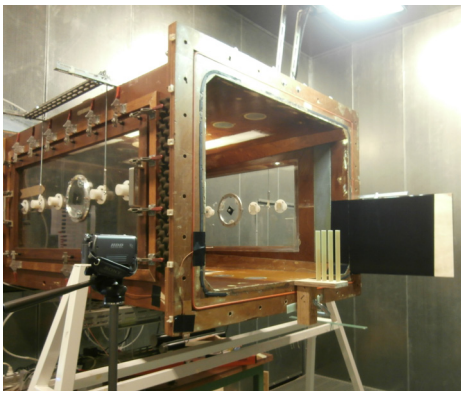
De lamel van 1.5mm dikte begint bij 1.78 m/s te bewegen. De dikke lamel van 2.0mm begint pas te bewegen bij een snelheid van 2.75 m/s. Dit wijst uit dat de dunne lamel niet alleen verder, maar ook eerder zal bewegen. De uitwerking van deze berekening met bijbehorende formules is te vinden in bijlage C.

1 dun				P-waardes		1 dik				P-waardes
	Hg	745,1		3,18538			Hg	745,1		6,57760
	T	21,2		0,50332			T	21,2		4,55054
	P	1,849174		2,52348			P	4,416781		3,87485
				0,51021						4,55743
	P_amb	99013,55		2,52348			P_amb	99013,55		2,52348
	rho	1,172057					rho	1,172057		
	V	1,776354					V	2,745324		

[Tabel 4] Snelheid op het moment dat de lamel start met bewegen

9.3 Tweede deel windtunneltest

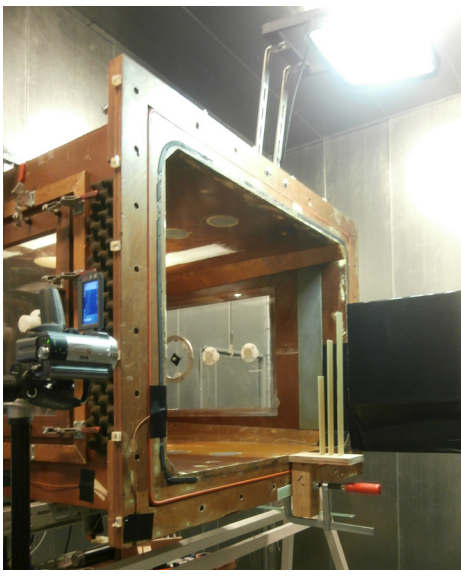
Bij het tweede deel van de test verandert de opstelling. Er worden meer lamellen gebruikt en deze worden nu achter elkaar geplaatst. De wind zal ook hier tot drie vaste windsnelheden, overeenkomend met windkracht 2, 5 en 8, opgevoerd worden. De videocamera staat nog altijd loodrecht op de windrichting en de lamel gericht. Het uitgevoerde stappenplan is hetzelfde als bij het eerste deel is gebruikt.



[Fig. 23] Opstelling windtunnel

Het stappenplan wordt nu uitgevoerd met de volgende opstellingen:

- Vier lamellen van 1.5mm dik, met de normale lengte lamel van 200mm [Fig. 23].
- Vier lamellen van 2.0mm dik, met de normale lengte lamel van 200mm.
- Drie lamellen van 1,5mm dik, met de oplopende lengtes van 200mm, 300mm & 400mm [Fig. 24].



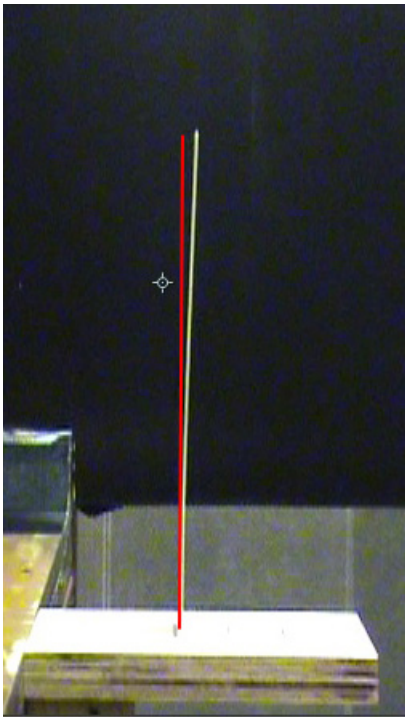
[Fig. 24] Opstelling windtunnel

Het feit dat de lamellen oplopend in lengte niet met een dikte van 2.0mm getest worden, heeft te maken met de uitkomst van het eerste deel van de windtunneltest. Er is besloten dat 1.5mm beter werkt dan 2.0mm en dat deze losse test dus niet meer voor nieuwe informatie zou zorgen.

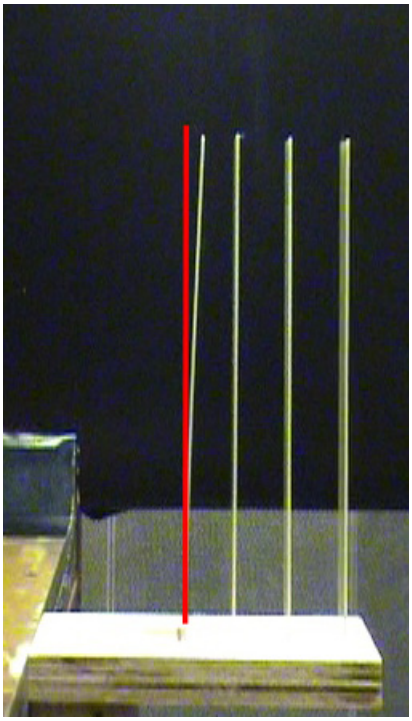
9.3.1 Resultaten

Wat hier op de camerabeelden duidelijk naar voren komt is de invloed van de lamellen op elkaar. Daar waar de voorste lamel alleen maar doorbuigt naar achteren toe, gaan de lamellen die erachter zitten trillen. Hoe verder een lamel naar achter is geplaatst, des te harder de lamel trilt.

Bij het opvoeren van de snelheid tot windkracht 8 is op de camera beelden goed te zien hoe de voorste lamel krombuigt en de overige lamellen gaan trillen [Fig. 25]. De afstand waarover de voorste lamel krombuigt is vergelijkbaar met die van een enkele lamel. Het trillen van de andere lamellen kan helaas niet weergegeven worden op afbeeldingen in het verslag, maar zijn wel duidelijk te zien op de camerabeelden.



[Fig. 25] Links: doorbuiging van één lamel bij het opvoeren tot windkracht 8.
Rechts; Doorbuiging van de eerste lamel bij het opvoeren tot windkracht 8.



Bij de opstelling waarbij de lengte van de lamellen varieerd is te zien dat de langere lamellen veel meer wind vangen en veel meer bewegen. Dit is logisch te verklaren doordat het frontale oppervlakte van deze lamellen groter is en zij daardoor dus ook meer wind vangen.

9.4 Conclusie

Uit de windtunneltest komt naar voren dat een lamel van 1.5mm dikte sneller en meer beweegt dan een lamel van 2.0mm dikte. Er is gekozen om verder te werken met de dunne lamel. Ook het effect van de lamellen op elkaar is in de windtunnel duidelijk geworden. Het is goed zichtbaar dat de lamellen wanneer zij achter elkaar geplaatst zijn meer trillen. Dit gegeven is interessant met betrekking tot het ontwerp. Door het ontwerp aan te passen kan hier mee gespeeld worden en kan het dusdanig worden aangepast dat het beter werkt.

Doordat er in de tweede test ook goed te zien was dat de langere lamellen echt veel beter trillen is er besloten om ook hier een aanpassing te maken. De lamellen zullen enkele millimeters langer gemaakt worden. Deze millimeters hebben geen invloed op het esthetisch oogpunt, maar dragen wel bij aan een betere werking van de lamel.

10 Maken van de lamel

Aan de hand van de uitkomsten van de windtunneltest is er besloten om de lamel iets te verlengen alvorens deze te voorzien van de stroomschakeling. De tweede aanbeveling, dunner materiaal gebruiken, is hier niet meegenomen. Dit om de simpele reden dat dunner materiaal niet tot de beschikking was op het moment. Aan de verlengde lamel van 250mm is een stroomschakeling gemaakt. In het volgende stuk zal het uitrusten van de lamel met de stroomschakeling, als mede de verschillende componenten van de stroomschakeling aan bod komen.

10.1 Verschillende onderdelen van de lamel

De piëzo is met een standaard tweecomponenten secondelijm (colle secondelijm van Bison) verlijmd op de lamel. Aan deze piëzo zitten twee stroomdraden gesoldeerd. Na de verlijming wordt de lamel nabehandeld met een sealer. Deze zorgt ervoor dat de piëzo beschermd is tegen vocht. Daarnaast heeft de sealer het bijkomende effect dat het de verbinding nog steviger maakt. Dit nabehandelen gebeurt met Électrofuge 200 – ND. Aan de piëzo zitten stroomdraden gesoldeerd en deze worden vervolgens aan een PCB gesoldeerd [Fig. 26]. Op dit PCB zitten de overige componenten: gelijkrichters (diodes), weerstanden, een condensator, een LTC en twee andere stroomdraden die leiden naar de LED. Het geheel vormt de stroomschakeling van de lamel [Fig. 27].

10.2 Werking van de stroomschakeling

De stroomschakeling werkt als volgt [Fig. 28]. De piëzo wekt een wisselspanning op. Om de LED te laten branden is dat niet handig, daarom wordt de wisselspanning met een gelijkrichter bestaande uit vier diodes omgezet in gelijkspanning. Na de diodes is er sprake van gelijkspanning. Vervolgens zit er een condensator die de stroom tijdelijk opslaat.

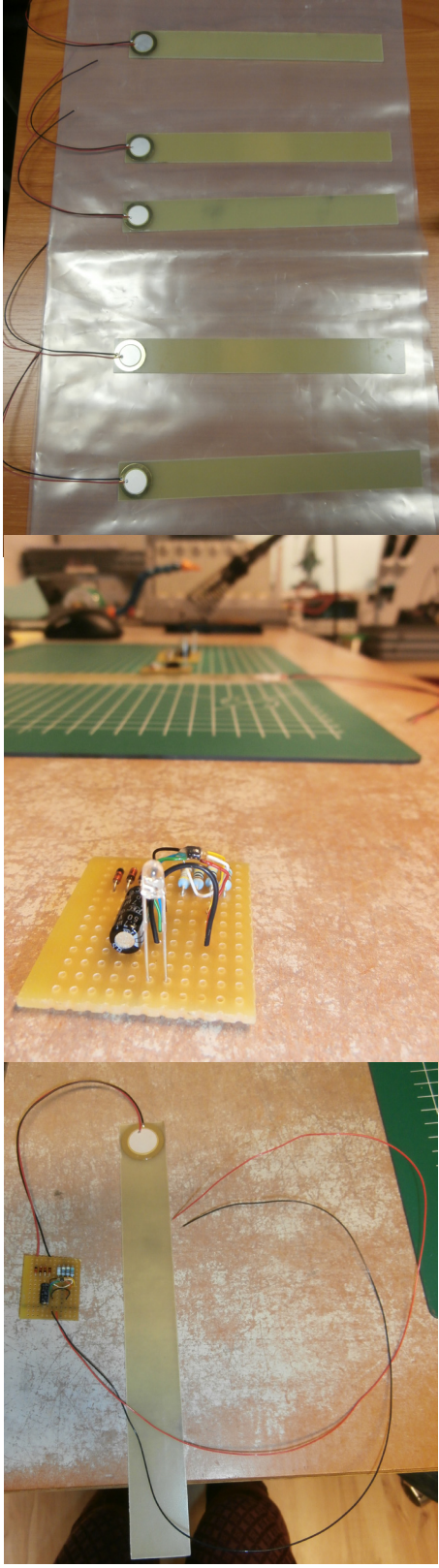
Als poort 7 van de LTC een spanning hoger dan 0,4 volt heeft, gaat poort 4 open. Uit poort 4 komt dan een spanning ter grootte van de voedingsspanning die naar de LED gaat. De voedingsspanning is in deze stroomschakeling het piëzo element. Om de spanning hoger dan 0,4 volt te krijgen op poort 7 zijn er een aantal weerstanden in serie geschakeld. Deze weerstanden hebben hele hoge waardes voor ohm, omdat de stroom die er doorheen loopt dan verwaarloosbaar is. De spanning die over het deel van R2 en R3 staat moet 0,4 volt zijn om de LTC te laten werken.

$$U = I * R \qquad I = \frac{0{,}4}{1{,}5}$$

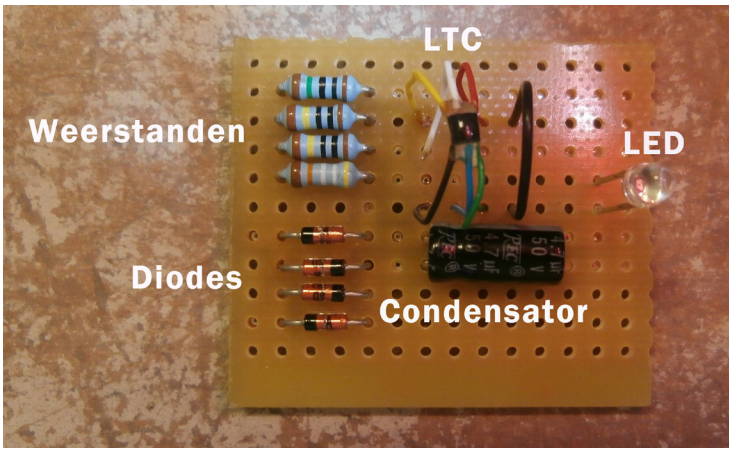
Omdat de weerstanden in serie zijn geschakeld is de stroom overal gelijk. De spanning die dus over alle weerstanden moet staan is gelijk aan:

$\frac{0{,}4}{1{,}5} * 12{,}5 = 3{,}3333\ volt.$

Poort 7 overschrijdt dan de grenswaarde en opent poort 4.

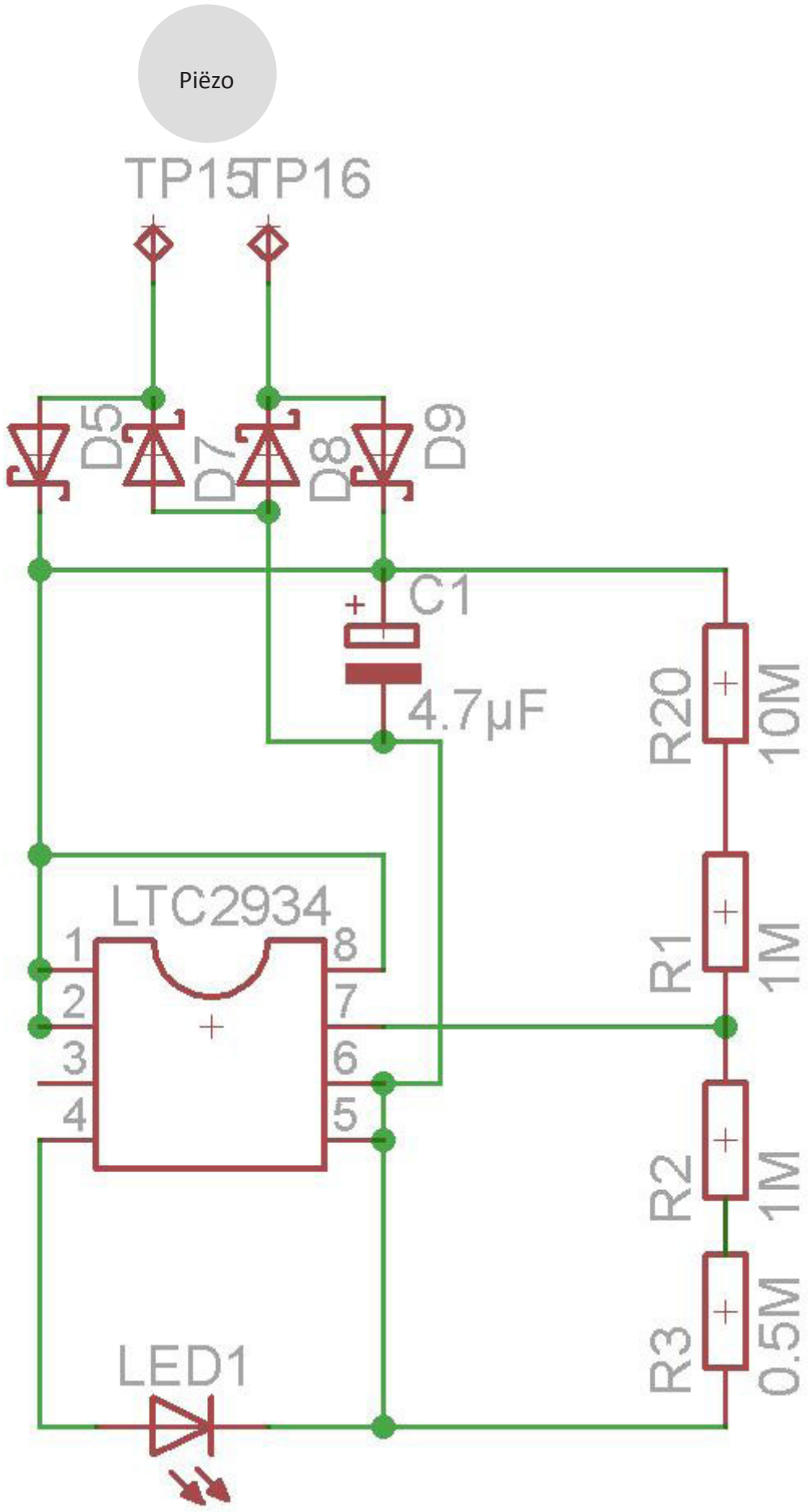


[Fig. 26] Onderdelen lamel



[Fig. 27] Onderdelen PCB

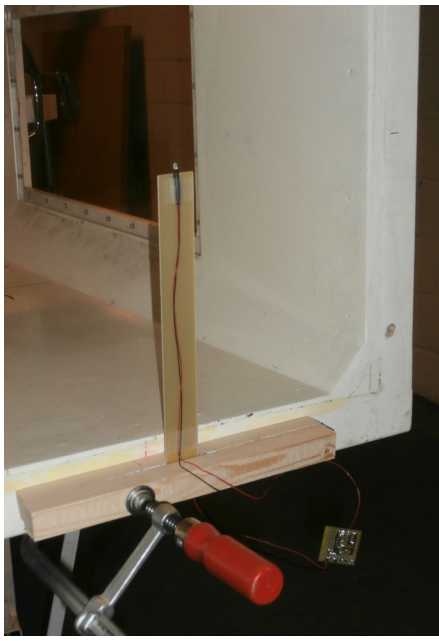
[Fig. 28] Stroomschakeling



11 Nieuwe windtunneltest

Nu de lamel af is, is deze opnieuw meegenomen naar de windtunnel om te testen of de LED ook echt gaat branden. Vanwege de beschikbaarheid van de windtunnel kon er nu niet in de grote windtunnel getest worden, maar is er in de kelder bij een kleinere windtunnel getest. Dit keer zijn er geen metingen verricht, maar werd er puur gekeken naar de LED en of deze zou gaan branden.

De lamel met daarop de stroomschakeling werd voor de opening van de windtunnel ingeklemd [Fig. 29]. De piëzo werd hierbij half in de inklemming geplaatst, omdat er op die manier de meeste uitrekking in de piëzo voorkomt.



[Fig. 29] Inklemming windtunnel

11.1 Resultaten

Bij het opvoeren van de wind ging de lamel bewegen en trilde hij zelfs vrij hevig. De LED ging echter niet aan. Zelfs bij een windsnelheid omstreeks 15 m/s, een situatie die buiten niet snel te vinden is, bleef de LED uit.

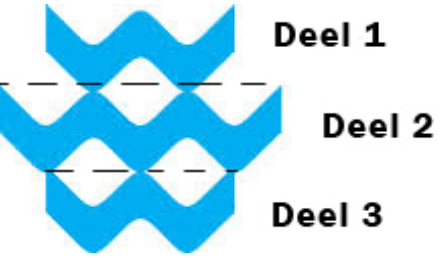
Met de kennis dat voorwerpen die achter een cilinder zijn geplaatst heviger trillen, is er ook nog geëxperimenteerd met cilindrische voorwerpen. Door een bierflesje voor de lamel in de windstroom te houden, ging de lamel frequenter trillen en hierbij ging de LED wel branden [Fig. 30]

[Fig. 30] LED aan

Dat het door het plaatsen van een cilinder in de windstroom wel lukt is als volgt te verklaren. Cilinders in een windstroom veroorzaken VIV (vortex induced vibrations). Hierdoor komt de wind niet meer laminair, maar cirulair, in aanraking met het object achter de cilinder - in ons geval de lamel.

11.2 Conclusie

Met het huidige ontwerp is het nog niet mogelijk om de LED te laten branden in de wind. Er zijn echter wel mogelijkheden, voornamelijk op het gebied van het ontwerp en de opstelling van de lamellen, om de LED in de toekomst wel te laten branden.

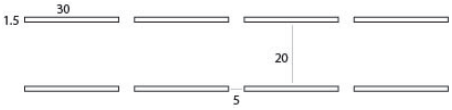


[Fig. 31] Onderdelen Tauw logo

12 Uitwerken concept

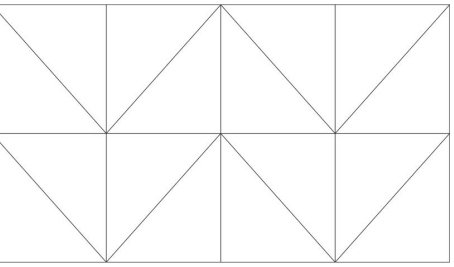
Om te kijken of het concept haalbaar is met de afmetingen van de lamellen zoals deze hiervoor zijn vastgesteld is het concept uitgewekt met als voorbeeld het Tauw logo. Het Tauw logo bestaat in feite uit drie delen [Fig. 31] waarbij het bovenste en onderste deel exact aan elkaar gelijk zijn. Het middelste deel is 1,5 keer het bovenste/onderste deel. Door uit te rekenen hoeveel lamellen er nodig zijn voor het bovenste deel, valt er ook eenvoudig uit te rekenen hoeveel lamellen er nodig zijn voor het totale logo.

De kopse kant van de lamellen hebben een lengte van 30mm en een breedte van 1.5mm. De afstand tussen de lamellen is horizontaal 5mm en verticaal 20 mm. De lamellen zitten dus als volgt in een matrix [Fig. 32]. Als je het logo van Tauw vervolgens gaat maken uit lamellen heb je voor het bovenste deel 176 lamellen nodig. Het totale logo bestaat daardoor uit 3.5x176=616 lamellen.



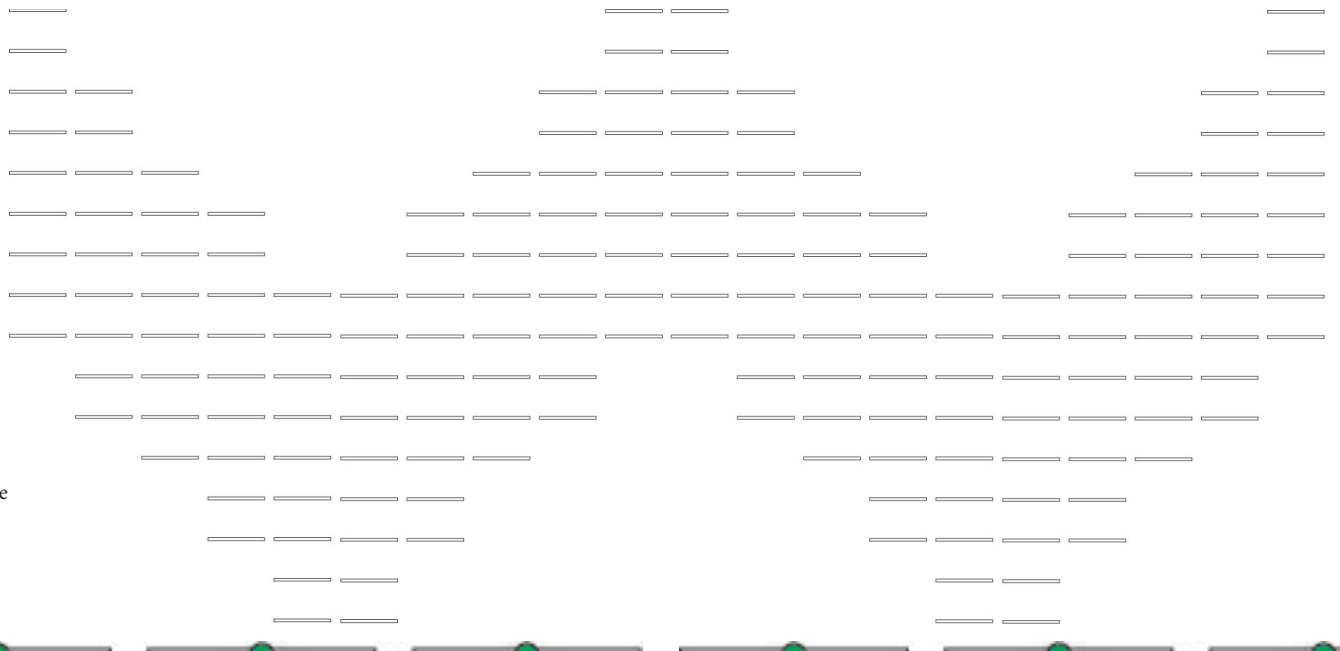
[Fig. 32] Plaatsing lamellen t.o.v. elkaar

Het bovenste deel van het logo is als volgt opgedeeld in kleinere delen [Fig. 33] en deze is gevuld met het aantal lamellen en de juiste afstand ertussen. Daarmee kom je uit op figuur 34 hier weergegeven op schaal 1:4. De afmetingen van het figuur hierboven zijn 174mm bij 81mm. Op ware grootte is het bovenste deel van het Tauw logo dus 696mm bij 324mm. Het gehele Tauw logo is daarmee 1.5x696 bij 3x324, kortom 1044mm bij 972mm.

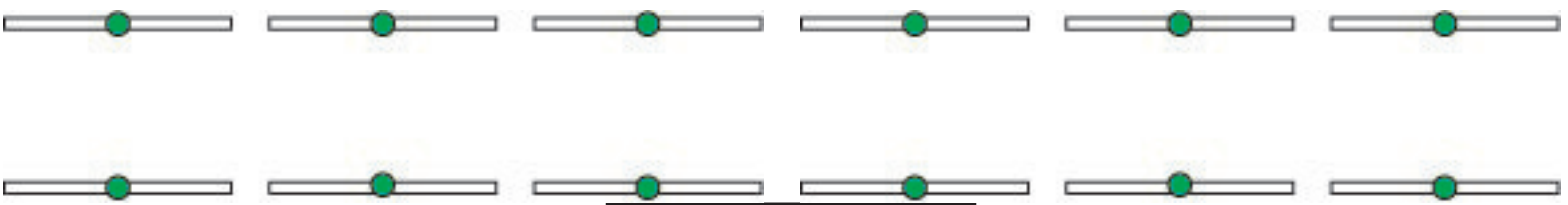


[Fig. 33]

Voor het Tauw logo van één vierkante meter groot is heb je dus al 616 lamellen nodig. Daar komt dan nog bij dat niet de gehele kopse kant van de lamel licht geeft. Er zit één enkele LED per lamel. Het effect dat je dan krijgt is dat de kopse kant van de lamel maar voor een klein deel licht geeft [Fig. 35]. Dit deel komt overeen met een percentage van 10 % van de kopse kant van de lamel die licht geeft. Daarnaast is het door de vorm van de lamellen niet mogelijk om gladde, mooi afgeronde logo's te maken. Er kan alleen maar heel hoekig gewerkt worden, veel ronde logo's kunnen op deze manier niet mooi weergegeven worden.



[Fig. 34]
1:4 weergave
Tauw logo



[Fig. 35] Effect LED

12.1 Kosten berekening

Er is een snelle kostenberekening gemaakt ter indicatie. Deze berekening is ook gedaan aan de hand van het Tauw logo, zoals deze hiervoor is uitgewerkt. Als basis zijn er 616 lamellen genomen.

Ten eerste is er gekeken naar het aantal lamellen dat uit een plaat valt te halen. De platen zoals deze besteld zijn, waren 1170*1070. Hier passen dus exact 39 lamellen naast elkaar, en kunnen er 4 rijen onder elkaar gemaakt worden. Het materiaal dat je dan overhoudt is 1170*70 en hier zouden nog 2 rijen van 4 lamellen uitgehaald kunnen worden. Zonder marges kunnen er dus 39*4 + 2*4 = 164 lamellen uit een plaat gehaald worden. Als er in totaal 616 lamellen nodig zijn heb je ten minste 4 platen nodig, want 616/164 = 3.75. De kosten van 1 plaat zijn €74.75[x]. 4 platen kosten dan 4*74.75 = €299.

Ook zijn er 616 piëzo's nodig. De pëzo's kosten, bij een afname boven de 100, €0.19 per stuk[x]. Totaal komen deze kosten dan neer op 616*0.19 = €117.04.

De stroomschakeling die voor elke lamel nodig is kost bij benadering €3.75 (bij aankoop van meer dan 100 stuks, Prange). totaal komt deze post voor 616 lamellen uit op €2310.

Dit waren de kosten die vast staan, overige bijkomende kosten zijn kosten voor:

- Productiekosten
- Het inklemmingssysteem (dit systeem is in deze opdracht verder niet aan bod gekomen, maar mocht dit ontwerp tot een product gemaakt worden zal er nog nagedacht moeten worden over een inklemmingssysteem.)

Alle bovenstaande posten samen geven een totaalbedrag van €2726.04 dat vast staat, daarbij komen nog overige kosten. Het Tauw logo met de afmetingen 1044*972 kost dus enkele duizende euro's.

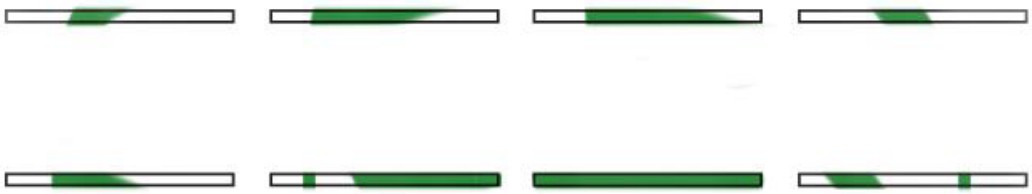
12.2 Verbeteringen aan het concept

Om toch enigszins aan het concept vast te houden, lamellen met op de kopse kant een LED, maar toch een beter product neer te zetten zijn er wat aanpassingen gedaan. Zoals in het stuk hiervoor al aangehaald werd, verlichten de LED maar 10% van het logo. Hierdoor is het niet altijd goed zichtbaar. Vooral omdat de LED niet constant branden, maar meer een knipperend effect zullen hebben.

[Fig. 36] Effect melkglas

Om het logo toch duidelijker in beeld te krijgen is er ten eerste een aanpassing gedaan met de kopse kant van de lamel. Door op de kopse kant, over de LED heen een stuk transparant materiaal te plaatsen. Dit heeft als effect dat niet alleen de LED zichtbaar is, maar de gehele kopse kant als het ware licht uitstraalt naar de omgeving. Melkglas is een materiaal dat reeds gebruikt wordt om LED licht egaler over een oppervlakte weer te geven. Dit zelfde materiaal zou binnen deze opdracht ook goed toegepast kunnen worden. Het effect dat op deze manier verkregen wordt is als volgt [Fig. 36]. Op deze manier is het logo in het geheel al een stuk zichtbaarder.

Dan het probleem met de vorm. Door de vorm van de lamellen kunnen eigenlijk alleen strakke logo's of letters gemaakt worden. Een oplossing hiervoor zou kunnen zijn om het logo ook nog te gaan afbeelden op het melkglas. Op die manier kan er veel meer met kleurgebruik gedaan worden als mede met vormen. In dit geval maak je dus een matrix met lamellen en ga je aan de hand van stickers een logo creëren. De stickers kunnen wel heel nauwkeurig gemaakt worden zodat hierop de ronde vormen in een logo beter tot hun recht komen op de lamellen. Het effect dat je dan krijgt ziet er als volgt uit [Fig. 37]. Er kunnen op deze manier ook meerder kleuren gebruikt worden. Voor deze aanpassing zijn er wel meer lamellen nodig om een bord te maken. Voor een bord van een vierkante meter kun je dan 28 lamellen naast elkaar plaatsen en 46 rijen van lamellen onder elkaar. Er worden dan 1288 lamellen gebruikt.



[Fig. 37] Effect melkglas en stickers

Aan de hand van de windtunnel kan het concept ook nog verbeterd worden. In de windtunneltest kwam namelijk de invloed van de lamellen op elkaar duidelijk naar voren. Wanneer de lamellen in de windstaan reageren ze op elkaar en gaan ze ook harder trillen hoe meer ze binnenin het logo geplaatst zullen zijn. Dit gegeven kan meegenomen worden in een aanpassing om het logo te verbeteren. Hoe harder de lamellen trillen, des te meer zal de LED branden. Door de buitenste rij van lamellen niet van een stroomschakeling te voorzien zullen deze lamellen er nog meer voor zorgen dat alle lamellen die wel met de schakeling zijn uitgerust, nog harder gaan trillen.

AFSLUITEN

13 Conclusie

Deze opdracht draaide om het vinden van een toepassing voor een energy harvester die werkt met piëzo technologie en de wind.

Piëzo technologie wordt vooralsnog veelal gebruikt in kleine toepassingen en er zijn nog geen energy harvesters die werken met piëzo technologie en de wind en daarbij LED licht als output hebben.

Een toepassing is gevonden in de richting van bedrijfslogo borden. Door deze borden te maken uit windlamellen, kan er een zelfvoorzienend LED logo gemaakt worden. Het feit dat deze logo's zelfvoorzienend zijn, zorgt voor een grotere bewustwording bij mensen. Dat was een van de doelen vanuit de opdrachtgevers. Een zelfvoorzienend logobord is momenteel nog nergens te vinden en daarmee is deze toepassing ook vernieuwend.

Met een stappenplan is er getracht te berekenen wat de ideale afmetingen voor de lamel zijn. Echter valt dit niet eenvoudig via berekeningen te achterhalen en zijn er pragmatische windtunneltests uitgevoerd. In deze test kwam er duidelijk naar voren dat een lamel van 1.5mm dikte eerder én meer beweegt dan een lamel van 2.0mm dikte. Ook kwam er uit de windtunneltest dat lamellen die achter elkaar geplaatst zijn elkaar nog meer stimuleren om te trillen. De windtunneltest liet ook zien dat de lamellen nog langer gemaakt konden worden voor een beter resultaat.

De langere lamel, inclusief een stroomschakeling is tenslotte ook nog getest. De lamel werkt vooralsnog niet zelfstandig in de windtunnel, maar dat wil nog niet zeggen dat het gehele concept niet kan werken. Ten eerste is de windtunnel niet gelijk aan de werkelijkheid buiten. De wind in de windtunnel komt altijd laminair op het object af, terwijl de wind buiten nooit constant tegen een object aangeblazen wordt. Ten tweede zijn er nog vele verbeteringen bij het concept aan te brengen waarmee het wel kan gaan werken. Meer hierover komt aan bod in hoofdstuk 14 Aanbevelingen en hoe nu verder?.

14 Aanbevelingen en hoe nu verder?

Het product wat met deze opdracht is gemaakt is verre van af. Echter legt dit wel een goede basis voor de toekomst. Het begin is gemaakt en de eerste stappen richting een goed werkend product zijn gezet. Aanbevelingen die er vanuit deze opdracht gevonden zijn worden in dit hoofdstuk opgesomd. Ook wordt er een kort plan van aanpak beschreven richting de opdrachtgevers. Hiermee zouden zij aan de slag kunnen om het product verder uit te werken.

Als eerste de aanbevelingen. Zoals in hoofdstuk Z windtunneltest al te lezen was, is er nog veel optimalisatie te halen wat betreft de afmetingen van de lamel. Omdat de lamel in zijn huidige afmetingen nog niet werkt, raad ik aan om nog beter te kijken hoe dit verbeterd kan worden. Vanwege het vastlopen in de berekeningen is er binnen deze opdracht overgestapt op een pragmatische aanpak, en het verkrijgen van exact de juiste afmetingen was ook niet verwacht. Uit de windtunneltest bleek al snel dat de dunnere lamel van 1.5mm betere werkte. Echter is het verstandig om in het vervolg met een nog dunnere lamel aan de slag te gaan. Een dunnere lamel zou er namelijk nog voor kunnen zorgen dat de lamel eerder in beweging komt en meer beweegt bij een zwakkere wind. Ondanks dat de huidige lamel de LED nog niet laat branden, zou dit wel het geval kunnen zijn bij een dunnere en dus ook minder stijve lamel. Dan de lengte, deze is na de eerste windtunneltest aangepast naar 250mm. Deze lengte lijkt een goede basis voor verdere tests. Mocht er nog steeds geen resultaat behaald worden, zou de lamel altijd nog enkele milimeters langer gemaakt kunnen worden. Hier moet echter wel mee opgepast worden, een te lange lamel is esthetisch niet mooi voor het concept.

Verder is de opstelling van de lamellen nauwelijks meegenomen in deze opdracht. Voor een beter resultaat is het verstandig om goed te kijken naar de opstelling van de lamellen ten opzichte van elkaar. Zoals in de eerste windtunneltest te zien was, en te lezen valt in hoofdstuk Z windtunneltest, beïnvloeden te lamellen elkaar wanneer ze achter elkaar staan. Hier valt veel winst mee te behalen om de LED te laten branden. Op die manier is er niet alleen wind nodig, maar helpt de opstelling ook mee om tot een brandende LED te komen. Een ander punt, dat naar voren is gekomen in de tweede windtunneltest hoofdstuk A, laat zien dat cilinders de lamellen zoals deze nu zijn al wel laten branden. Wanneer de afmetingen en de plaatsing van de lamellen geoptimaliseerd is, zouden er in het ontwerp ook cilinders geplaatst kunnen worden om tot een beter resultaat te leiden.

Tot slot valt er aan de vorm en het materiaal van de lamel ook nog winst te behalen. Om praktische redenen is de vorm en het materiaal nu constant gehouden op basis van eerdere ervaringen in de E-tegel. Dit hoeft echter niet te betekenen dat deze vorm en dit materiaal ook de juiste zijn voor deze vernieuwde toepassing.

Mijn advies richting de opdrachtgevers is om bovenstaande aanbevelingen mee te nemen in een volgend ontwerp. Wanneer het volgende stappenplan wordt aangehouden verwacht ik dat een volgend product al veel dichter bij het uiteindelijke product in de buurt komt. De volgende stappen zijn bedoeld om achter de juiste dimensies en opstelling te komen en zijn gebaseerd op de aanbevelingen die hierboven beschreven staan.

Stap 1 is om een opstelling te maken die in de buitenlucht getest kan worden. Hierbij moet dan wel de juiste meetapparatuur aanwezig zijn om ook de exacte windgegevens te verkrijgen. Door in de buitenlucht te testen krijg je meer zekerheid over de werking van je product. Want ondanks dat het huidige ontwerp in de windtunnel geen resultaat gaf, zou het eventueel buiten wel een (klein) resultaat kunnen opleveren.

Stap 2 is om met de huidige staat van de lamel in de buitenopstelling te testen. Hier kan dan het exacte gedrag van de lamel bepaald worden. Mocht dit gedrag nog geen brandend LED veroorzaken kan er verder gegaan worden met stap 3.

Stap 3 is om te gaan kijken of de lamel met een dikte van < 1.5mm al beter werkt. Het zou kunnen zijn dat dit de enige aanpassing is om het product werkend te krijgen. Ondanks dat ik dat niet verwacht, zou het dan zonde zijn als er eerst allemaal andere aanpassingen gedaan zijn.

Stap 4 is om te kijken met welke opstelling van de lamellen, eventueel met cilindervormige objecten toevoegen, wel gaat werken. Hier valt mijns inzien het meeste winst op de behalen.

Stap 5 is om te kijken naar andere materiaalsoorten om zo het ideale materiaal te vinden. Door een minder stijf materiaal te kiezen, vergroot je de kans dat de wind genoeg kracht levert om de LED te laten branden. Het materiaal moet echt niet te slap zijn, want in dat geval zal het materiaal geen trilling tot gevolg hebben. Hier kan dan ook meer aandacht besteed worden aan het toevoegen van melkglas en stickers om het effect van het LED te vergroten.

Om tot het beste product te komen raad ik aan om alle stappen te behandelen.

Dankwoord

Er zijn een aantal mensen die ik via deze weg wil bedanken voor hun medewerking en begeleiding tijdens deze opdracht.

Ten eerste zijn dat mijn directe begeleiders. Vanuit Tauw: Simon Bos en vanuit de universiteit: Tom Vaneker, bedankt voor jullie inzicht, hulp en heldere ideeën.

Daarnaast heb ik ook hulp gehad van verschillende andere personen die ik graag wil bedanken zoals Jaap Wansink, medewerker bij Prange. Norbert Spikker, medewerker bij de werkplaats van de universiteit. Wouter den Breeijen, medewerker bij de windtunnel van de universiteit.

Zonder hen zou dit verslag niet zijn zoals het nu is.

Marjolein Pistoor 8-4-2014

Bijlage

Bijlage [A] Datasheet piëzo pag. 53
Bijlage [B] Brainstorm vellen pag. 54
Bijlage [C] Resultaten windtunnel pag. 63
Bijlage [D] Bronnen pag. 64

SPECIFICATION

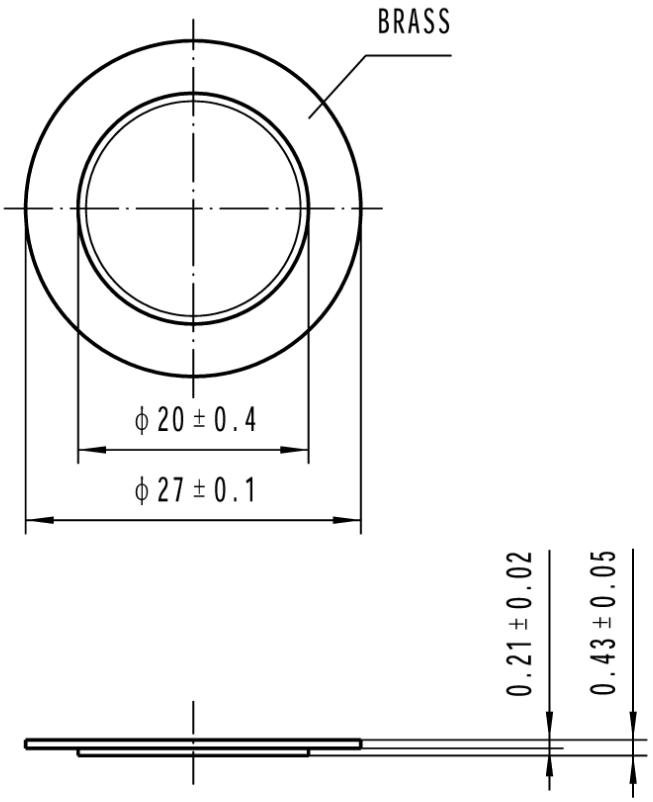
1. SCOPE

This specification is applied to the piezo-element.

2. SPECIFICATION (at25℃)

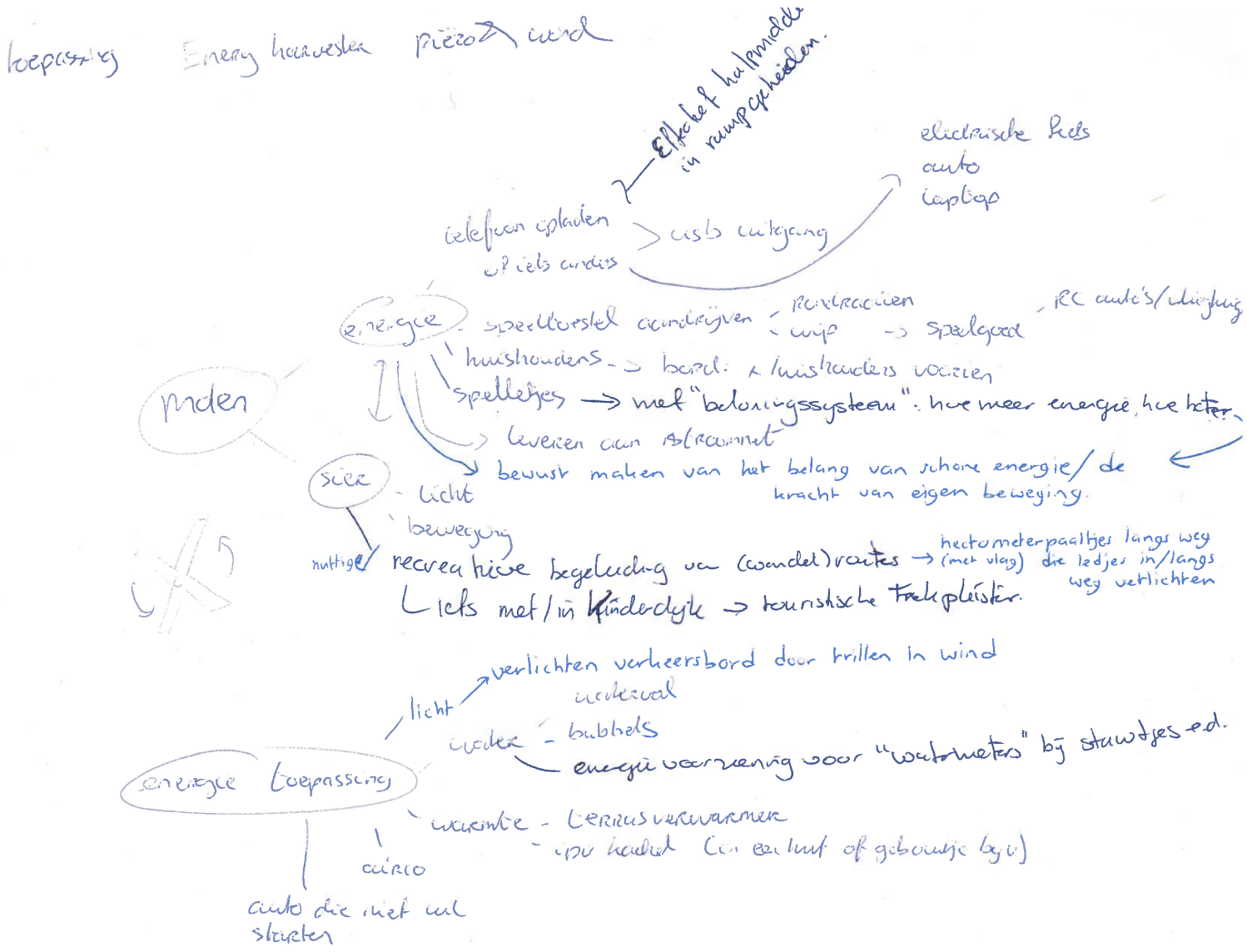
2.1 Resonant Frequency	:	4.2 ± 0.5	KHz
2.2 Resonant Resistace	:	300	Ω max
2.3 Capacitance	:	25000	pF ± 30% at 100Hz
2.4 Input Voltage	:	30	Vp-p max
2.5 Operating Temperature	:	-20 ~ +50	℃
2.6 Storage Temperature	:	-20 ~ +60	℃

3. DIMENSION as per figure



TOLERANCES UNLESS NOTED OTHERWISE .X ± .XX ± .XXX ± 90° FORMED +2° ANGLES -1°		SIGN	DATE	KEPO MODEL NO.	CUSTOMER
	PREP.		01.01.10	KPTG-27T-4.2A1	CUSTOMER NO.
	ENG.				
	QA.			DWG NO.	
	PROJ.			KP3.840.797	REV 1.0 SHEET
	CONTRACT NO.				UNIT: mm SCALE
FIRST ANGLE PROJEGTION	AGENCY APPROVAL			KEPO ELECTRONIC CO., LTD. http://www.kepo.com.tw	TEL:886-2-2999-0888 FAX:886-2-2999-9199

B



Leren leven met maten: zoveel energie als dat er nodig is opgewekt, daar moet je het mee doen.

Wind → zorgt voor opstuwing water. → water moet worden tegengehouden → energie uit dezelfde wind om water tegen te houden. → aanstuiving van stuwen / keringen.

Toepassingen energy harvester piezo-elektrisch

kleine stroom, — interessant voor micro toepassingen

beweging van mensen inzetten voor opwekking (elektriciteit) energie die in de directe omgeving wordt gebruikt.

bv. lopende mensen in stationshal. of wind van langsrazende trein benutten. langs perron

die licht maken voor vertier of nut → led borden (met spelletjes)

" " " bewustmaking van hoeveelheid energie in beweging

kunstzinnige uitingen m.b.v. licht, ook bewustmaking

drukte pleidoen (plein, stationshal)

~~auto~~ (wegen, verkeersdrempels)

dansschool

fitnes (spinnen)

hardloopschoen

bouwplaats

"moet even energie kwijt"

trappen

=>

bewustwording (motivatie)
- energie verbruikt => bord
- energie verspild
- "dit kan je ermee doen" → licht, → warmte
- bord: * heer rijden, * lichten, * huishoudens

praktisch
- publiek oplaadpunt - tel, laptop etc.
- verlichting omgeving
- aansluiten stroomnet

plezier/kunst
- speeltuin
- sierverlichting

plaatsen met natuurlijke tocht benutten
- rol trap bij metro
- draaideur van winkel
- verwarmingsunit of kool unit die (in een winkel) boven de deur blaast.
- trappenhal in 'oper' gebouw bijv. parkeergarage.

Toepassingen energy harvester piezo & wind.

* Wind vaan – trilt in de wind.
  – geval bekleding
  – spel object, waar kinderen energie kunnen "slaan"
  → beloning/interactie: gevolg direct zichtbaar – licht – beweging → kop van Jut: hoe meer energie erin, hoe hoger.. iets. bijv. lichtmast. hoe meer energie hoe hoger lichtjes.
  * lopen springen op spelobject met vlag vaan

* vlag – wappert in de wind, maar minder / zachter dan een wind vaan.
  – (s avond) de mast o.i.d. verlichten.
  * op schip vaan/vlag/mast ~~[illegible]~~ in aan
    – als energiebron (opgeslagen) voor nood
  * verlicht led-voedpad langs de opwekkende mast/vlag/vaan – veiligheid – versiering

* mast – staat te trillen in de wind → kunstwerk: vlag wordt willekeurig op en neer gehezen.
  – energie voor anti trilling om resonerend geluid tegen te gaan.

* Haantje-op-kerktoren. → windsnelheidsmeter
  → s avond verlicht haantje.
  → weersgegevens

* Tuien v.e. brug, waar de wind langs giert. → om windkracht te meten
  → voor weersgegevens
  → monitoring van de brug

*

Kinder "wind"molen.
die energie opwekt
→ "bloemetjes" gaan draaien.
→ En ook branden (lichtjes).

piëzo + wind → LED licht

noodpakket stroomwind, rampen.
Ontwikkelingslanden → licht snachts

- gebieden zonder stroom ↗
surveille
luchtvaart/zeevaart: oriëntatiepunten (vuurtoren/landingsbaan etc.)
↳ boeien.

- Sier: lichtshows
  - verkleuring
  - patronen
  → toepassing
  - achterstandswijken
  - gebouwen
  - speelhuis
  - iets waar je mensen heen wilt krijgen.

- Stoplichten — verlichting in tunnels door rij wind.

- Spelletjes/interactie
  lichtgevende tegel
  ~~iets dat praat (papier hier)~~
  bal: geeft licht als je steuitert
  spelletje: verschillende lichtjes, telkens licht steeds eentje op die je zo snel mogelijk aan moet raken
  infoborden, hoeveel energie wordt opgewekt

- Fietsverlichting
  auto
  verlichting van vang ruil langs wegen → door rij wind
  ~~[illegible]~~ ontstaan trillingen → geeft energie → verlichting

~~- alles met accu~~

piëzo + wind → led-licht toepassingen

- langs weg/pad om route aan te geven zonder veel lichtvervuiling → beter voor fauna
- outline schip voor lopen over dek
  ↳ of energie bundelen voor licht naar buiten / communicatie tussen schepen.
  } op de wekken met vlaggen – zijn eraltijd op een schip.

- led-bord met - informatie } evt. voor bewustwording → snelheid - getal
  - spel } - felheid: hoe snelle, hoe feller
  ↳ (zonder bord) op speeltoestel/voorwerp → kracht: hoe harder, hoe ~~beter~~ feller.

- verlichting op/rond ~~mast~~ vlaggemasten als kunstzinnige uiting.
  evt. met suggestie beweging door aan/uit patroon
  als indicator hoe veel energie er in een bepaalde periode is opgewekt.

- > verlichting - autowegen → rijwind langs vangrail.
  - fietspaden → verlichten omgeving, zodat mensen 's avonds meer over straat durven
  - wandel/bospaden → licht gaat "met je mee": waar jij fietst branden de ledlichtjes

veel kleine lichtjes heeft iets romantisch → strand of bos in de avond
→ evenementen buiten
→ terras of feestlocatie

Route: pijlen van kleine ledlampjes op fietspad,

ruisende wind ook – leuke combi!

Piëzo + wind — output LED

* Gevel versiering
  - ↳ logo middels LED op later lichten -> uitstralen groen imago
  - ↳ kunstwerk -> lichtshows
  - ↳ kerkklok

* blaasspel (kan ook met andere vorm van lucht bewegen met/zonder hulpmiddelen)
  - ↳ blazen tegen iets, dat gaat trille.
  - ↳ hoe harder je blaast hoe meer lampjes branden.
  - ↳ blaasvoetbal: met prietje balletje blazen. scoren = licht
  - ↳ wedstrijd tegen de wind / elkaar

* verlichting van boeien (schepen) op zee / open water — havenlichten, vuurtoren

* Oude smitse-systeem — blaasbalg — geeft wind — laat piëzo trillen — geeft licht

* Windkracht meter — hoe meer wind — hoe meer trillingen — hoe meer energie — hoe meer led.
  - ↳ informatie wind - windkracht
    - potentiële energie -> bewustwording

omgeving (bewustwording) piëzo-elek. licht door wind, waarom passend

waar

- plekken waar veel passanten zijn zodat het veel mensen bereikt als bewustwording/reclame
  - bij openbaar vervoerterminal
  - langs wegen
  - trappen → motivatie
  - plaatsen met veel wind

↳ systeem kan eerder aandacht genereren, omdat het feller oplicht als het donkerder is

door/waarom

- bedrijven/plaatsen die veel met wind doen/te maken hebben
  - om aan te geven hoeveel energie niet wordt benut → bewustmaking/aanmoediging
  - om een 'groen' imago aan te meten
  - na denken / uitproberen over / van alternatieve energie

- kunstenaars

  - voordeel piëzo is dat het op de plek zelf opgewekt kan worden → met een windmolen kan dat niet
  - voordeel windmolen is dat er veel energie wordt opgewekt maar daar is wel een distributie net voor nodig. Bij piëzo heb je dat niet nodig

bewustwording, beleving ... omgeving

fietspad
- veiligheid (vooral gevoel)
- sfeerbeleving — "aanlichten" is psychologisch beter (mooier) dan "verlichting"
  L vgl kerkgebouw dat 's avonds via diverse licht kleuren te zien is.

gebieden zonder stroom
- ontwikkelings- landen — lamp voor 's nachts
  → jaarlijks nog steeds vele dode door kerosine lampen.
  → kinderen overdag "windspellen" laten doen — 's avonds verlichting.
  → kinderen zijn zinvol bezig. 's avonds heeft iedereen profijt.

situaties zonder stroom
- survival
- bergpaden / fietstocht
- camperen
- nood
- reis

Reizen: iets waar je op zit met pieco eén levert stroom voor licht (of opladen ...)
Ls universeel toepasbaar
- bus
- fiets
- trein → ledjes wandelpad nachttrein
  → infobord

beweging meten
- speeltuin
- fitness
→ beloning → licht?

Concreet : omgeving van toepassing, hoe sluit dit aan (beleving)

Spelbeleving
- kinderen moeten actief worden
- met apps ben je dat niet
- kinderen willen beloond worden voor hun gedrag — positief effect -> licht, maar wel een vorm van variatie anders saai.
- Bewust wording van energie verbruik is noodzakelijk.

actief spel, waarbij kinderen door wind opwekking (blaasbalg) energie opwekken en dat ook kunnen zien (led) en ervaren (hoeveel ledjes)

Gevel bekleding
- Bedrijven willen zich profileren middels hun logo.
- " " " ook duurzaam zijn en "worstelen" vaak met invulling hiervan.
- Led verlichte logo's, gevoed door windenergie voldoen aan beide doelstellingen.
  - ↳ moet wel duidelijk gemaakt worden dat het duurzaam verlicht is, groene stroom is niet zichtbaar...

Wind energie van langs razende trein.
- ↳ veroorzaken veel wind
- ↳ je ervaart dit ook als je op het perron staat, maar kan er geen concreet "gevoel" bij krijgen
- ↳ hoeveelheid rijwind zegt iets over kracht → uitbeelden op bord met ledjes die windkracht aangeven.

De gegevens en de formules die erbij horen zoals deze gebruikt zijn voor het terugrekenen van de snelheid in de windtunnel:

Hg = 745,1 mm Hg
T = 21.2 degree C
P = gemiddelde uit datafiles door de computer gemaakt

P_amb = Hg/1000*13546*9.81
rho = P_amb/(287*(T+273.15))
V = (2*P/rho)^0.5

P gemeten met 30Hz
T gemeten met 6Hz

1 dik		Windkracht 8	
	Hg	745,1	203
	T	21,2	201
	P	202,4066	199
			197
	P_amb	99013,55	202
	rho	1,172057	206
	V	18,58459	202

1 dun		Windkracht 8	
	Hg	745,1	205
	T	21,2	203
	P	201,0533	203
			198
	P_amb	99013,55	195
	rho	1,172057	203
	V	18,52236	201

4 dik		Windkracht 8	
	Hg	745,1	201
	T	21,2	206
	P	201,9288	208
			201
	P_amb	99013,55	201
	rho	1,172057	200
	V	18,56264	205

4 dun		Windkracht 8	
	Hg	745,1	205
	T	21,2	199
	P	204,2286	202
			203
	P_amb	99013,55	201
	rho	1,172057	205
	V	18,66805	213

1 dik		Windkracht 5	
	Hg	745,1	52
	T	21,2	53
	P	51,76763	49
			52
	P_amb	99013,55	49
	rho	1,172057	53
	V	9,398743	57

1 dun		Windkracht 5	
	Hg	745,1	60
	T	21,2	57
	P	56,20468	54
			53
	P_amb	99013,55	58
	rho	1,172057	56
	V	9,793251	54

4 dik		Windkracht 5	
	Hg	745,1	58
	T	21,2	52
	P	56,19172	58
			53
	P_amb	99013,55	62
	rho	1,172057	58
	V	9,792122	58

4 dun		Windkracht 5	
	Hg	745,1	54
	T	21,2	56
	P	56,34133	57
			56
	P_amb	99013,55	54
	rho	1,172057	55
	V	9,805149	55

1 dik		Windkracht 2	
	Hg	745,1	4
	T	21,2	4
	P	3,938147	0,937687
			4
	P_amb	99013,55	0,937687
	rho	1,172057	5
	V	2,592308	5

1 dun		Windkracht 2	
	Hg	745,1	7
	T	21,2	5
	P	3,420627	8
			5
	P_amb	99013,55	5
	rho	1,172057	1
	V	2,415981	-0,21374

4 dik		Windkracht 2	
	Hg	745,1	3
	T	21,2	3
	P	4,230899	-0,81358
			0,551581
	P_amb	99013,55	7
	rho	1,172057	6
	V	2,686934	1

4 dun		Windkracht 2	
	Hg	745,1	5
	T	21,2	3
	P	3,833347	4
			7
	P_amb	99013,55	7
	rho	1,172057	7
	V	2,557583	6

D

Bronnen

[1] http://www.tauw.nl/over-tauw/
[2] http://www.tauw.nl/over-tauw/de-organisatie/
[3] http://www.grijsen.nl/Visie-en-missie.aspx?NL-1-24-0
[4] http://www.grijsen.nl/Producten.aspx?NL-12-2-0
[5] http://www.prange.nl/
[6] http://www.idenova.nl/
[7] http://nl.wikipedia.org/wiki/Schaal_van_Beaufort
[8] http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=wind&ws=kaart&wom=Gemiddelde%20windsnelheid
[9] http://www.energyharvesting.net/
[10] http://belatchew.com/en/2013/05/16/strawscraper/
[11] http://anthonydimari.com/
[12] http://atelierdna.com/category/windstalk/
[13] http://creativemachines.cornell.edu/node/116
[14] http://www.news.cornell.edu/stories/2010/05/researchers-harness-energy-wind-vibrations
[15] http://www.humdingerwind.com/#/wi_overview/
[16] http://www.luminexence.com/lotus.asp
[17] http://www.ledfactory.nl/producten/vivilumen/
[18] http://www.ziut.nl/
[19] http://www.urbangreenenergy.com/products/sanya
[20] http://dancorson.com/nepenthes
[21] http://www.billfitzgibbons.com/
[22] http://www.rosslovegrove.com/index.php/solar-tree-clerkenwell-design-week/
[23] Applied Piezo – The hidden use of piezo technology in applications all around us
Stichting applied piezo
Second edition, November 2011
ISBN 978-90-79926-03-9
[24] An Introduction to Piezoelectric materials and components
Jan Holterman & Pim Groen
Stichting applied piezo, June 2012
ISBN 978-90-819361-0-1
[25] http://www.kaowka.nl/Lichtreclame/Algemeen.htm
[26] http://thegundcompany.com/files/index.cfm?pdfpath=FR4%20FULL%20DATA_NEMA%20IEC%20Grade.pdf
[27] http://www.knmi.nl/samenw/hydra/faq/press.html
[28] http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient