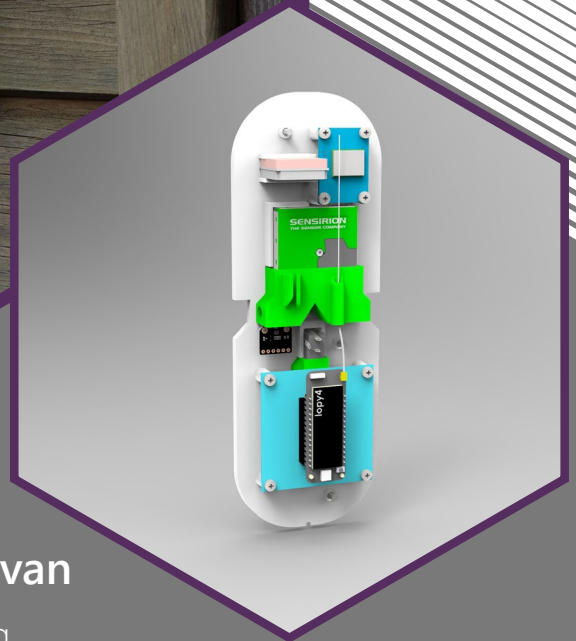


Eindverslag

Ontwikkeling van een
behuizing voor een
fijnstofmeter



Bachelor Thesis van

Max Dautzenberg
Industrieel Product Ontwerpen
15-06-2020

Versie 1

Marcel Roosen - Frederik Hoolhorst

Afstudeerstage

Max Dautzenberg

3056945

Industrieel Product Ontwerpen

Afstudeerstageperiode: Maandag 10 Februari tot en met eind Juni

Naam bedrijf: GreenTechLab

Adres: Tegelseweg 255

Postcode + Plaats: 5912 BG Venlo

Land: Nederland

Telefoonnummer: 088 507 8844

Bedrijfsbegeleider: Marcel Roosen

Afstudeerbegeleider: Frederik Hoolhorst

Gecommitteerde: Duncan Hepburn

Aantal woorden: 11791

Mijn naam is Max Dautzenberg. Ik studeer Industrieel Product Ontwerpen aan het Fontys Hogeschool Techniek en Logistiek in Venlo. Voor mijn afstudeerstage heb ik stagegelopen bij GreenTechLab in Venlo. Ik heb met plezier aan mijn afstudeeropdracht gewerkt. Het kwam goed overeen met de geleerde vaardigheden van school. In het begin was het een behoorlijke uitdaging. Dit komt door de coronamaatregelen waardoor we genoodzaakt waren om vanuit thuis te werken. Om mijn opdracht tot succes te laten slagen heb ik thuis een 3D printer operationeel gemaakt. Dit heeft me erg geholpen gedurende het project omdat ik wanneer ik wilde een 3D print kon aanzetten.

Het verslag is heel erg grafisch weergegeven. Er wordt veel gebruik gemaakt van beeldmateriaal omdat een afbeelding soms net zoveel weergeeft als een alinea tekst.

Samenvatting

In dit eindverslag word beschreven hoe een fijnstofmeter is ontwikkeld voor de burgers. Deze burgerversie eveneens doorontwikkeld naar een 'zakelijke versie' middels een aantal uitbreidingen die in de industrie beter zijn recht komt. Allereerst is er een hoofdvraag opgesteld: "Hoe kan het GreenTechLab een behuizing ontwikkelen van een fijnstofmeter die in het burgersnuffelnetwerk kan worden gebruikt?" Uit onderzoek met potentiële gebruikers (enquête) en medewerkers van het GreenTechLab is een ontwerp gekozen voor de burgerversie. Met dit onderzoek is onderzoek gedaan naar verschillende productiemethodes, materialen, optie voor een led strip en waterdichtheid. De onderbouwingen van deze onderzoeken zijn afhankelijk van het productieaantal. Het productieaantal voor de eerste oplage is 50 stuks. Hierdoor is gekozen voor de productiemethode 3D printen, materiaal Acrylonitril-styreen-acrylaat (ASA) en waterdichtheid IP53. Voor de led strip zijn verschillende Licht testen / zichtbaarheidstesten uitgevoerd om de beste optie te kiezen. Gekozen is voor een diffuser in de behuizing met daarachter een led strip geplaatst. Voor de waterdichtheid zijn ook testen uitgevoerd. Hieruit werd geconcludeerd dat de behuizing waterdicht is.

Voor de zakelijke versie is onderzoek gedaan naar opties voor zonnepanelen. Uiteindelijk is gekozen voor tien Solarmodules van 1Watt. Het ontwerp is voortgekomen uit het ontwerp van de burgerversie.

Wat maakt het fijnstofmeetstation van het GreenTechLab zo uniek.

- **De afwerking.** Er is een behuizing ontworpen waar alle componenten goed inpassen. Het voldoet ook aan de eisen die zijn opgesteld.
- **Functies.** Het fijnstofmeetstation bevat een GPS module en een temperatuur, vochtigheid en druk sensor. Deze functies hebben de meeste fijnstofmeters niet.
- **Dure uitstraling.** Door de led strip geeft een duurdere uitstraling.
- Het fijnstofmeetstation kan deel uit maken van het **burgersnuffelnetwerk**.

Verklaring van Echtheid

VERKLARING VAN ECHTHEID

Opgesteld door FHTenL Examencommissie, September 2017

Ik, ondergetekende, verklaar hierbij dat ik dit document, evenals onderliggend werk/werkstukken, zonder ondersteuning of hulp van anderen, anders dan die afkomstig van de door de opleiding aan mij toegewezen docentbegeleider, heb samengesteld en geschreven. Dit is mijn eigen werk en ik alleen ben verantwoordelijk voor de inhoud, de organisatie en de totstandkoming van dit document en onderliggend werk / werkstukken.

Ik verklaar hierbij de instructies te hebben gelezen die de opleiding heeft opgesteld voor zowel het opstellen als het indienen van documenten / werkstukken. Ik begrijp dat dit document en de onderliggende werkstukken niet beoordeeld worden en niet in aanmerking komen voor het toekennen van studiepunten indien wordt vastgesteld dat de totstandkoming ervan niet conform de instructies en deze verklaring van echtheid is geschied.

Daarnaast verklaar ik dat ik geen plagiaat heb gepleegd. Ik heb dus geen (digitaal of geprint, vertaald of origineel) materiaal, opgesteld door anderen, overgenomen, of geparafraseerd (ideeën, data, tekstgedeeltes, figuren, diagrammen, tabellen, opnames, video's, codes, ..) zonder de correcte en volledige citaatvermelding en de correcte en volledige referentie van de bron(nen). Ik begrijp dat dit document en de onderliggende werkstukken niet beoordeeld worden en niet in aanmerking kunnen komen voor het toekennen van studiepunten indien wordt vastgesteld dat er sprake is van plagiaat.

Naam (svp printen): Max Dautzenberg

Studentnummer: 3056945

Plaats / Datum: Helden/14-06-2020

Handtekening:



Inhoudsopgave

Voorwoord	3	8. Keuzemoment productiemethode	60
Samenvatting	4	9. Eindmodel	62
Verklaring van Echtheid	5	9.1 Componenten	62
Inleiding	11	9.2 Burgerversie	66
1. Het Bedrijf	12	9.2.1 Componenten burgerversie	66
2. Opdrachtoomschrijving	13	9.2.2 Onderdelen burgerversie	68
2.1 Probleemstelling	13	9.2.3 Model	78
2.2 Onderzoeksvraag	15	9.2.4 Renders	86
2.2.1 Hoofdvraag	15	9.2.5 Foto's	88
2.2.2 Deelvragen	15	9.2.6 Technische tekeningen	90
2.3 Opdrachtoomschrijving	16	9.3 Zakelijke versie	94
2.4 Productbeschrijving	17	9.3.1 Componenten zakelijke versie	94
2.5 Resultaten	19	9.3.2 Onderdelen zakelijke versie	96
2.6 Randvoorwaarden	19	9.3.3 Model	104
3. Onderzoek	22	9.3.4 Renders	110
3.1 Onderzoeksvragen	22	10. Testen	114
3.1.1 Wat zijn de eisen die het GreenTechLab en de samenwerkende projectpartners		10.1 Temperatuur	114
en in het algemeen burgers stellen aan het ontwerp van de behuizing?	22	10.2 Led	117
3.1.2 Wat is de specifieke doelgroep die de fijnstofmeters in gebruik willen nemen?	26	10.3 Schaduw	128
3.1.3 Wat is de reden waardoor burgers fijnstof willen meten?	27	10.4 Waterdichtheid	130
3.1.4 Wat kan uit het concurrentieonderzoek worden gehaald om de		10.5 Simulaties luchtstroming	132
fijnstofmeter van GreenTechLab te verbeteren?	28	10.6 Nabewerking	138
3.1.5 Wat zijn de onderdelen die toegepast moeten worden in de fijnstofmeter		10.7 Conclusie testen	139
met aandacht naar een zonnepaneel?	34	11. Kostprijsberekening	140
3.2 Materialen	39	11.1 Burgerversie	140
3.2.6 Berekeningen warmte isolatie	40	11.2 Zakelijke versie	142
3.2.7 Kleurinvloed	41	12 Conclusies en aanbevelingen	144
3.3 Productietechnieken	42	13. Literatuurlijst	146
3.4 Afdichtingen	43	14. Literatuurlijst afbeeldingen	150
3.5 Resterend onderzoek	44		
3.5.1 Hoogte ophangen	44		
3.5.2 Hoek zonnepaneel	45		
3.5.3 Condens afvoer	45		
3.5.4 Ophangsystemen	46		
3.5.5 Isolerende werkingen	47		
3.5.6 Insecten tegenhouden	47		
3.6 Conclusie onderzoek	48		
4. Schetsen	50		
5. Keuzemoment	52		
6. Modellen	54		
7. Enquête	56		

Figuren-tabellenlijst

Fig. 1 GreenTechLab	12	Fig. 45 Concept 6	53	Fig. 89 Detail kap mounting bossen	71	Fig. 130 Achterkant zakelijk	96
Fig. 2. Zonnepaneel	13	Fig. 46 Concepten 1	54	Fig. 90 Koppelstuk sensor lucht	72	Fig. 131 Detail achterkant zakelijk 1	97
Fig. 3. Accu	13	Fig. 47 Concepten 2	54	Fig. 91 Koppelstuk sensor 1	72	Fig. 132 Detail achterkant zakelijk 2	97
Fig. 4. Sensoren + microprocessor	13	Fig. 48 Concepten 3	55	Fig. 92 Koppelstuk sensor 2	72	Fig. 133 Buitenkant kap	98
Fig. 5 Fijnstofstation 1	16	Fig. 49 Concepten 4	55	Fig. 93 Koppelstuk sensor gemonteerd	73	Fig. 134 Buitenkant kap	98
Fig. 6 Fijnstofstation 2	17	Fig. 50 Concept 5	55	Fig. 94 Doorsnede koppelstuk sensor	73	Fig. 135 Luchtgaten kap	99
Fig. 7 Elektronica 1 fijnstofmeter	18	Fig. 51 Diagram concepten	56	Fig. 95 Koppelstuk adapter	74	Fig. 136 Plaatsing sensor kap	99
Fig. 8 Behuizing 1 fijnstofmeter	18	Fig. 52 Concept 3.2	57	Fig. 96 Voor monteren		Fig. 137 In- uitlaat zakelijk 1	100
Fig. 9 Elektronica 2 fijnstofmeter	18	Fig. 53 Concept 2	57	koppelstuk adapter	74	Fig. 138 In- uitlaat zakelijk 2	101
Fig. 10 Behuizing 2 fijnstofmeter	18	Fig. 54 Concept 3	57	Fig. 97 Na monteren		Fig. 139 In- uitlaat zakelijk 3	101
Fig. 11 Doelgroep	26	Fig. 55 Melkachtige behuizing	58	koppelstuk adapter	74	Fig. 140 In- uitlaat zakelijk 4	101
Fig. 12 Fijnstofmeter PCE-RCM 05	28	Fig. 56 Led met een verdeler	58	Fig. 98 Koppelstuk adapter gemonteerd	74	Fig. 141 In- uitlaat zakelijk 5	101
Fig. 13 Fijnstofmeter PCE-AQD 20	28	Fig. 57 Leds	58	Fig. 99 Ophang ring	75	Fig. 142 Bevestigingsplaat fijnstofmeter 1	102
Fig. 14 Fijnstofmeter PCE-PQC 23EU	29	Fig. 58 Kleurenschijf	58	Fig. 100 Doorsnede ophang ring		Fig. 143 Bevestigingsplaat fijnstofmeter 2	102
Fig. 15 Fijnstofmeter PCE-RCM 10	29	Fig. 59 Diagram indicatie	59	gemonteerd	75	Fig. 144 Zakelijke versie	104
Fig. 16 Fijnstofmeter PCE-PCO 2	29	Fig. 60 Productiemethodes 1	60	Fig. 101 Ophang ring met schroef	75	Fig. 145 Gleuf voor de O-ring 1	105
Fig. 17 Fijnstofmeter PCE-PQC 15EU	30	Fig. 61 Productiemethodes 2	61	Fig. 102 Houder led strip	76	Fig. 146 Gleuf voor de O-ring 2	105
Fig. 18 Luchtkwaliteitsmeter van Ibought	30	Fig. 62 Fijnstofsensoren	62	Fig. 103 Houder led strip gemonteerd	76	Fig. 147 Zakelijke versie met Sensirion	106
Fig. 19 Atmotube Pro	31	Fig. 63 Temperatuur, vocht en druk sensor	62	Fig. 104 Burgerversie 1	78	Fig. 148 Zakelijke versie met Nova PM	106
Fig. 20 FUYI FY78	31	Fig. 64 GPS module	63	Fig. 105 Burgerversie 2	78	Fig. 149 Plaats voor zakelijke PCB	107
Fig. 21 Huma-i HI-120	32	Fig. 65 DC power connector	63	Fig. 106 Doorsnede adapter 1	79	Fig. 150 Bevestigingsplaat van behuizing 1	108
Fig. 22 Particulate Meter	32	Fig. 66 Adapter	63	Fig. 107 Doorsnede adapter 2	79	Fig. 151 Bevestigingsplaat van behuizing 2	108
Fig. 23 BlueSky 1	33	Fig. 67 PCB burgerversie	63	Fig. 108 Doorsnede klemming 1	80	Fig. 152 U-beugel	109
Fig. 24 Airbox 33		Fig. 68 LoPy4	63	Fig. 109 Doorsnede klemming 2	80	Fig. 153 Render zakelijk 1	110
Fig. 25 Zonnepaneelfolie	35	Fig. 69 Verschillende schroeven	63	Fig. 110 Doorsnede zonder diffuser	81	Fig. 154 Render zakelijk 2	111
Fig. 26 Glas-glas	37	Fig. 70 Plakantenne	63	Fig. 111 Doorsnede met diffuser	81	Fig. 155 Render zakelijk 3	112
Fig. 27 Amorf (dunne film)	37	Fig. 71 Nova PM sensor	63	Fig. 112 Doorsnede mounting boss 1	82	Fig. 156 Render zakelijk 4	113
Fig. 28 Polykristallijn	37	Fig. 72 18650 accu	63	Fig. 113 Doorsnede monteren GPS module	82	Fig. 157 True multimeter	114
Fig. 29 Monokristallijn	37	Fig. 73 Led strip	63	Fig. 114 Doorsnede mounting boss 2	82	Fig. 158 Thermokoppel in de behuizing	114
Fig. 30 IP-ratings	43	Fig. 74 Plaatsing zonnepaneelfolie	64	Fig. 115 Model twee helften	83	Fig. 159 Thermokoppel	114
Fig. 31 VentGLAND	45	Fig. 75 Achterkant Solarmodule	64	Fig. 116 Bovenzijde model	83	Fig. 160 Temperatuur test 26-05	115
Fig. 32 Schuifstelsysteem	46	Fig. 76 Solarmodule	64	Fig. 117 Ruimte twee helften 1	84	Fig. 161 Temperatuur test 28-05	116
Fig. 33 Google home mini	46	Fig. 77 Solarmodules met plaat	65	Fig. 118 Ruimte twee helften 2	84	Fig. 162 Temperatuur test 27-05	116
Fig. 34 Bevestigingsplaat	46	Fig. 78 Assemblage Solarmodules 1	65	Fig. 119 Ruimte twee helften 3	84	Fig. 163 Test Led 1	117
Fig. 35 Tussenruimte	47	Fig. 79 Assemblage Solarmodules 2	65	Fig. 120 Condens afvoer gat 1	85	Fig. 164 Test Led 2	117
Fig. 36 Insectengaas	47	Fig. 80 Plaatsing componenten	67	Fig. 121 Condens afvoer gat 2	85	Fig. 165 Led strip in behuizing 1	117
Fig. 37 Schets 1	50	Fig. 81 Achterkant 1	68	Fig. 122 Render 1	86	Fig. 166 Led strip in behuizing 2	117
Fig. 38 Schets 2	50	Fig. 82 Achterkant doorsnede 1	69	Fig. 123 Render 2	87	Fig. 167 Led strip in behuizing 3	117
Fig. 39 Schets 3	51	Fig. 83 Achterkant doorsnede 2	69	Fig. 124 Foto 1	88	Fig. 168 Gleuf 1mm	118
Fig. 40 Digitale schets 1	51	Fig. 84 Achterkant 2	69	Fig. 125 Foto 2	89	Fig. 169 Led strip geplaatst 1	118
Fig. 41 Digitale schets 2	51	Fig. 85 Kap 1	70	Fig. 126 Technische tekening 1	91	Fig. 170 Led strip geplaatst 2	118
Fig. 42 Concept 1	52	Fig. 86 Kap 2	70	Fig. 127 Technische tekening 2	93	Fig. 171 Led strip buiten in behuizing 1	119
Fig. 43 Concept 3	52	Fig. 87 Detail kap 1	71	Fig. 128 Plaatsing componenten zakelijk 1	95	Fig. 172 Led strip buiten in behuizing 2	119
Fig. 44 Concept 8	53	Fig. 88 Detail kap 2	71	Fig. 129 Plaatsing componenten zakelijk 2	95	Fig. 173 Led strip buiten in behuizing 3	119

In het verslag is een bepaalde onderzoeksmethode gebruikt. De Heinze Oost methode. Er is een hoofdvraag opgesteld en een vijftal deelvragen. Al deze deelvragen zijn uitgebreid beantwoord in het verslag.

Tabel 1 Contact en beschrijving bedrijven 1	20
Tabel 2 Programma van eisen 1	22
Tabel 3 Programma van eisen 2	24
Tabel 4 Kostprijs zonnepaneelfolie	36
Tabel 5 Soorten zonnepanelen	37
Tabel 6 Rd-waardes	41
Tabel 7 U-waardes	41
Tabel 8 Componenten	62
Tabel 9 Prijzen componenten burgerversie	66
Tabel 10 Prijzen componenten zakelijke versie	94
Tabel 11 Prijzen onderdelen burgerversie	140
Tabel 12 Prijzen burgerversie	141
Tabel 13 Prijzen onderdelen zakelijke versie	142
Tabel 14 Prijzen zakelijke versie	143

1. Het Bedrijf

Er wordt afgestudeerd aan Fontys-GreenTechLab (GreenTechLab) in Venlo. GreenTechLab is gevestigd op de Fontys International Campus in Venlo. GreenTechLab is onderdeel van het Centre of Expertise High Tech Systems and Materials*. (COE HTSM)

GreenTechLab werkt samen met bedrijven om zo innovatieve technologieën te ontwikkelen voor de agri&food sector

De speerpunten van GreenTechLab en waar ze zich vooral mee bezighouden met innovatie vraagstukken van regionale ondernemers. Enkele voorbeelden zijn IoT apparaten, adaptive robotics, vaak gerelateerd aan mechatronica.



Fig. 1 GreenTechLab

* <https://fontys.nl/Innovatie-en-onderzoek/High-Tech-Systems-and-Materials/Fontys-Centre-of-Expertise-HTSM.htm>

2. Opdrachtomschrijving

2.1 Probleemstelling

GreenTechLab heeft een fijnstofmeter ontwikkeld voor pluimveehouderijen vanwege de volgende reden: Het is onduidelijk wat fijnstof rondom pluimveestallen doet. Er is geen goedmeetsysteem beschikbaar om rondom een stal continu te meten. Ook de invloed van de elementen op de fijnstofconcentratie is onbekend. Het innovatieve pluimveebedrijf Kipster wil samen met het burgerinitiatief Behoud de Parel meer inzicht krijgen in de fijnstofconcentraties."

Deze fijnstofmeter bevat componenten die deels zijn ingekocht en eigen ontworpen componenten die zijn gebruikt in het product. Zoals een zonnepaneel, een behuizing voor de accu's en een behuizing voor de sensoren samen met een eigen ontwikkelde printed circuit board (PCB).

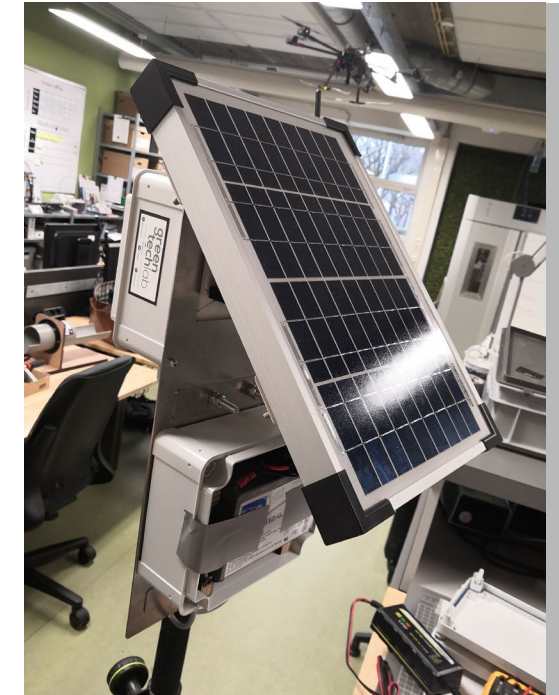


Fig 2. Zonnepaneel



Fig 3. Accu



Fig 4. Sensoren + microprocessor

Nu er een fijnstofmeter voor pluimveehouderijen bestaat wil GreenTechLab een fijnstofmeter ontwikkelen voor de burgers. In samenspraak met de volgende partijen: Centraal Bureau Statistiek, Kipster, H&F Electronics, Connecting Agri&Food, RIVM en Behoud de Parel is een nieuw project gedefinieerd. Genaamd Burger Snuffel Netwerk. Het project is voorgesteld aan het TEC4S* (fontys). Vanuit het TEC4S wordt dit project gefinancierd.

Fontys beschrijft TEC4S als:

“Met het oog op talentontwikkeling biedt Fontys studenten het vooruitzicht dat ze zich optimaal op kunnen ontwikkelen tot professionals die maatschappelijke verantwoordelijkheid nemen, bijdragen aan innovaties in hun werkveld én die zich blijvend ontplooiën.

Technologische, sociaal-maatschappelijke en economische ontwikkelingen beïnvloeden en veranderen de wereld om ons heen; nu en in de toekomst. Kennis en vaardigheden die volgens Fontys essentieel zijn om bij te dragen aan deze uitdagende wereld noemen we ‘TEC-Skills’, kort voor Technology, Entrepreneurship en Creativity.

Wie over deze TEC-skills beschikt, heeft oog voor maatschappelijke innovatie, wil begrijpen hoe technologie vraagstukken kan oplossen, durft te ondernemen en zoekt creatief de samenwerking met andere disciplines. Onze afgestudeerden, docenten en onderzoekers leveren middels ‘TEC for Society’ een proactieve bijdrage aan een duurzame en rechtvaardige samenleving.

TEC for Society is een profileringsimpuls van Fontys op zowel onderzoeks- als onderwijsgebied. Dat betekent dat zowel het onderwijs als het onderzoek bijdragen aan de ontwikkeling van professionals met TEC-skills. Fontys heeft de ambitie uitgesproken TEC for Society herkenbaar terug te laten komen in het onderwijs en onderzoek.”

De fijnstofmeter die voor de burgers wordt ontwikkeld kan worden gebruikt als een standalone apparaat. De fijnstofmeter is in omvang op dit moment te groot, te lomp en niet afgestemd op de doelgroep (burgerinitiatief). Hierdoor moet er een nieuwe stand-alone fijnstofmeter worden ontworpen. Deze kan geplaatst worden op de gewenste locatie (die verschilt per gebruiker) met een hoog plug&play gehalte.

Het probleem bevindt zich bij de gebruikers die een standalone fijnstofmeter willen aanschaffen. Hiervoor is nog geen compacte, stationair, toegankelijke fijnstofmeter met draadloze communicatie op de markt. Omdat er vraag naar een fijnstofmeter is voor burgers wordt er een ontwikkeld. De toegevoegde waarde hiervan is dat er een duidelijk beeld ontstaat wat de waardes zijn van de gemeten hoeveelheid fijnstof op een plaats. De waardes zijn uit te lezen via een webbrowser.

De onderzoeksvragen zijn opgesteld aan de hand van het “Heinze Oost model”. (Voor verdere uitleg zie Bijlage A) In dit model worden verschillende vragen beantwoord om zo een duidelijke omschrijving te creëren van de onderzoeksvragen.

Met deze onderzoeksvragen wordt een duidelijke afbakening gecreëerd waarnaar onderzoek moet worden gedaan.

2.2.1 Hoofdvraag

Hoe kan het GreenTechLab een behuizing ontwikkelen van een fijnstofmeter die in het burgersnuffelnetwerk kan worden gebruikt?

2.2.2 Deelvragen

1. Wat zijn de eisen die het GreenTechLab en de samenwerkende projectpartners en in het algemeen burgers stellen aan het ontwerp van de behuizing?
2. Wat is de specifieke doelgroep die de fijnstofmeters in gebruik willen nemen?
3. Wat is de reden waardoor burgers fijnstof willen meten?
4. Wat kan uit het concurrentieonderzoek worden gehaald om de fijnstofmeter van GreenTechLab te verbeteren?
5. Wat zijn de onderdelen die toegepast moeten worden in de fijnstofmeter met aandacht naar een zonnepaneel?

*<https://fontys.nl/Over-Fontys/TEC-for-Society.htm>

2.3 Opdrachtomschrijving

Er moet een fijnstofmeter worden ontworpen voor de burgers. Er wordt vooral gefocust op de behuizing van de fijnstofmeter. In de behuizing moet de fijnstofsensor worden geplaatst samen met andere sensoren en een printplaat.

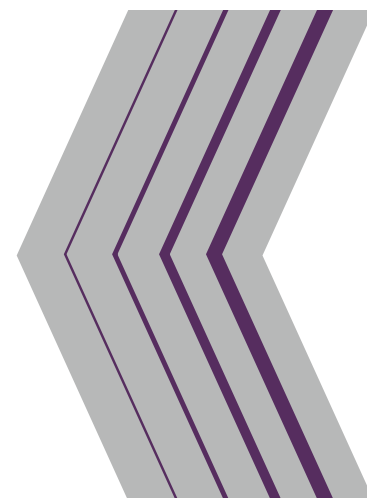
Naast een burgerversie wordt er ook aan een zakelijke versie gewerkt. Bij dit fijnstofmeetstation worden twee componenten toegevoegd waarover de burgerversie niet beschikt. Deze twee componenten zijn een zonnepaneel en een accu.

Er moet worden onderzocht in welke vorm het beste een zonnepaneel kan worden toegepast. Verder moet er worden gekeken naar verschillende afdichtingen. Het ontwerp moet tegen verticaal vallend regen kunnen. De plaats waar de sensoren komen te zitten is ook van belang omdat er bepaalde eisen worden gesteld aan de sensoren hoe ze geplaatst moeten worden. De sensoren moeten optimaal kunnen functioneren in het ontwerp (denk aan de juiste hoogte en de positie van het zonnepaneel richting de zon).

De behuizing wordt ontworpen dat het te produceren is voor 0 tot 50 stuks. Dit is de eerste productielijn. De behuizing is ook zo ontworpen dat het gereed is voor massa productie. Hiermee wordt bedoeld als later grote aantallen nodig zijn zoals 5000 stuks kan het met behulp van bijvoorbeeld spuitgieten worden geproduceerd. De productietechniek moet worden onderzocht welke het beste is. Uiteindelijk moet er een kostencalculatie worden gemaakt. Hieruit kan worden geconcludeerd of het product op de markt kan worden gebracht.

Bij de industriële fijnstofmeter zijn bepaalde componenten erg groot. Er zitten verschillende elektrische componenten/printplaten in de behuizing van het meetstation. Bij de fijnstofmeter die wordt ontwikkeld voor de burgers worden de verschillende elektrische componenten ontworpen op één printplaat. Hierdoor worden de componenten in zijn geheel compacter die in een behuizing van 190*160*85mm moeten passen. Hierdoor kan de behuizing compacter worden ontworpen voor de burgers.

In hoeverre het project wordt uitgewerkt wordt in de "Verwachte Resultaten" uitgelegd.

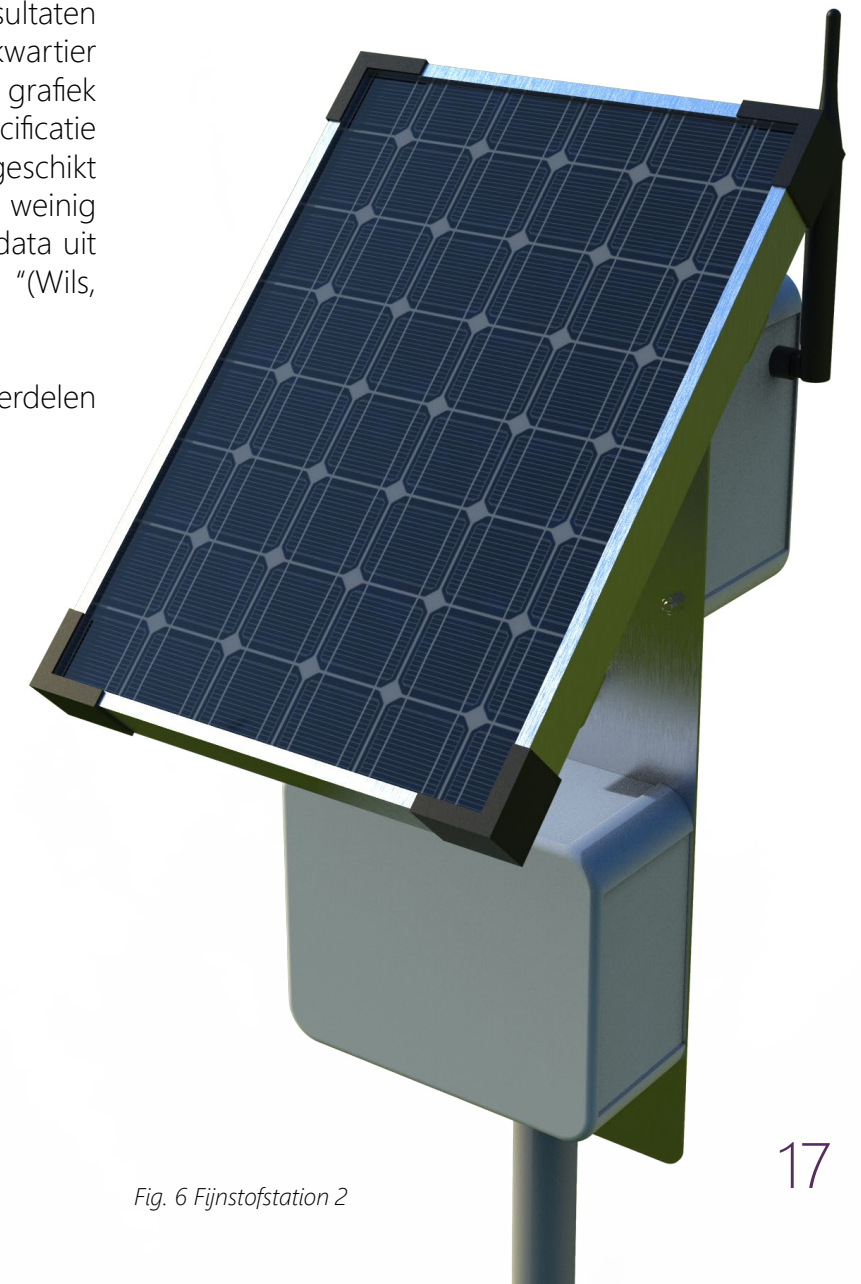
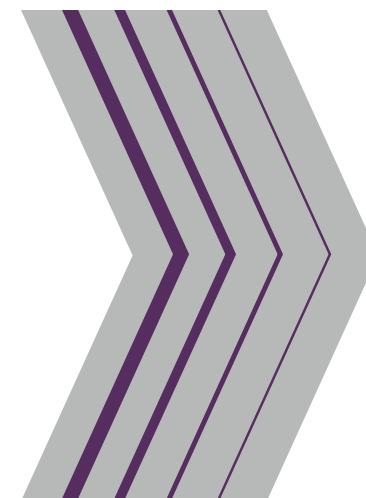


2.4 Productbeschrijving

Het huidige fijnstofmeetstation van het GreenTechLab meet de hoeveelheid fijnstof buiten de stal en in de stal waar de werknemers aan het werk zijn. Dit geldt niet in het deel van de stal waar het pluimvee zich bevindt. Met de fijnstofmeter wordt doormiddel van een fijnstofsensor de hoeveelheid fijnstof in de lucht gemeten. Het meet de fijnstof niveaus van PM1, PM2,5 en PM10. In het fijnstofstation zit ook een temperatuursensor, vochtsensor en GPS. De Fijnstofmeter maakt gebruik van een zonnepaneel. Hierdoor is de fijnstofmeter onafhankelijk van het stroomnet en kan hij overal geplaatst worden waar genoeg zonlicht is.

Door de draadloze communicatie (LoRaWan) kan de gebruiker op afstand de meetresultaten uitlezen. De resultaten worden elk kwartier doorgestuurd en wordt in een simpele grafiek weergegeven. "LoRaWAN is een specificatie voor een telecomnetwerk en is geschikt voor langeafstandscommunicatie met weinig vermogen. Het is uitermate geschikt om data uit te wisselen tussen verschillende objecten "(Wils, 2016)

Op de volgende pagina's worden de onderdelen die de fijnstofmeter bevat benoemd.



In de behuizing zitten de volgende onderdelen:

1. MicroPython microcontroller IoTplatform
2. Custom made Printplaat PCB
3. GPS module
4. Fijnstof sensor
5. Sensor voor Temperatuur, Vochtigheid en Druk.

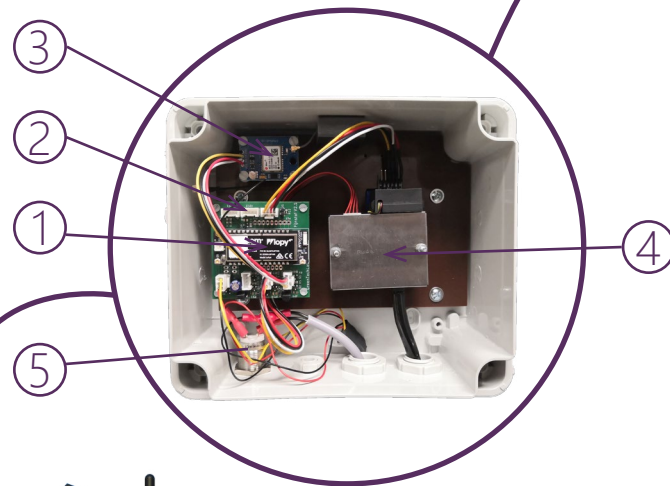


Fig. 7 Elektronica 1 fijnstofmeter

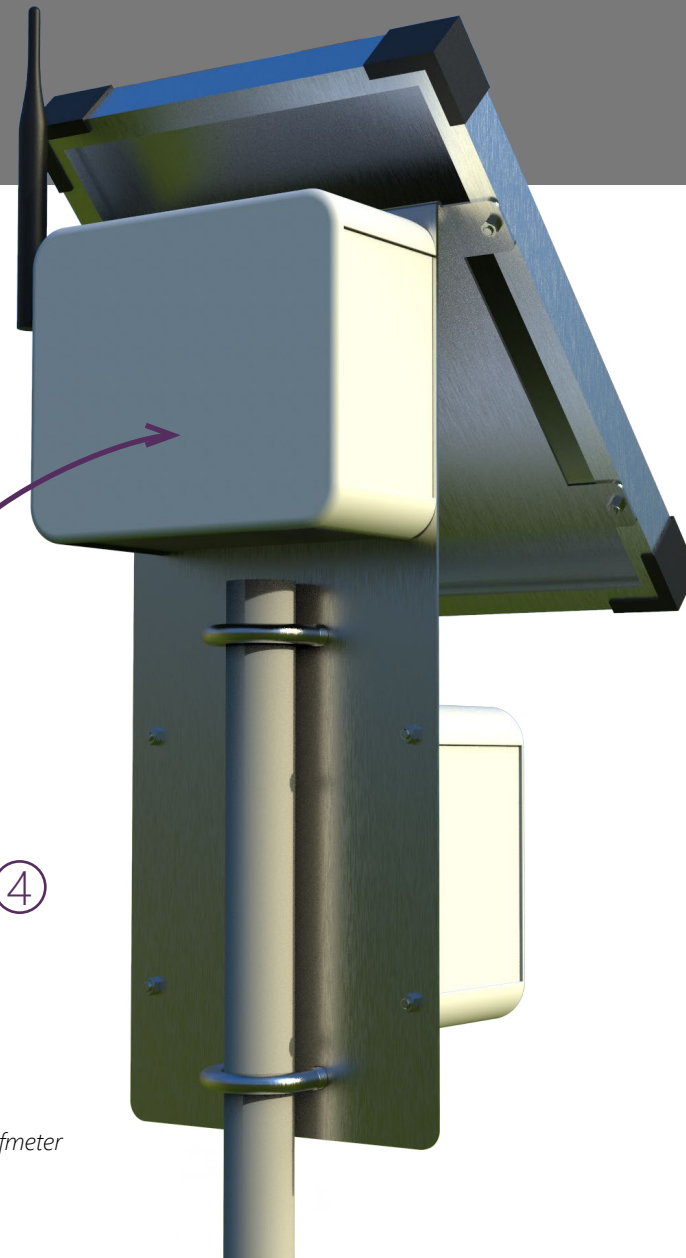


Fig. 8 Behuizing 1 fijnstofmeter

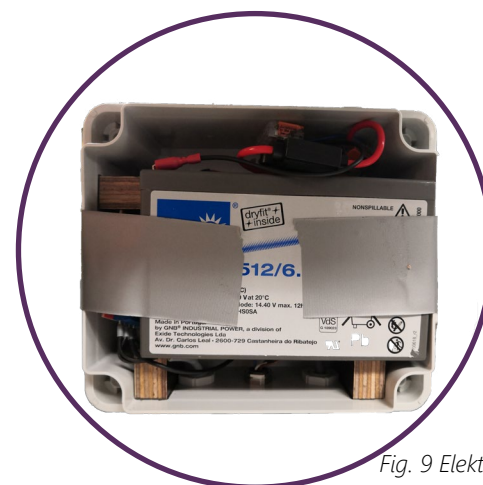


Fig. 9 Elektronica 2 fijnstofmeter

De behuizing bevat de accu.
en de stroom regelaar

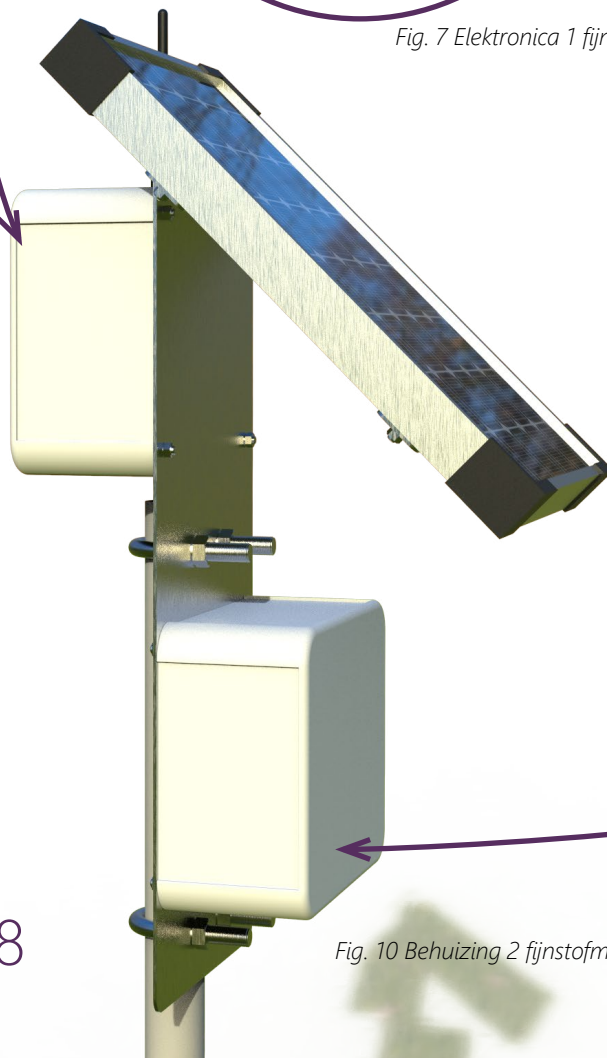


Fig. 10 Behuizing 2 fijnstofmeter

Aan het einde van de afstudeerstage wordt er een prototype afgeleverd van een standalone fijnstofmeter en een uitgewerkte behuizing. Schetsen worden gemaakt met een keuzeonderbouwing. Er worden 3D modellen ontwikkeld en renders gemaakt. Voor een uiteindelijk product kan er worden gekozen om een Mock-up model te maken van het concept. Dit Mock-up bevat zijn uiteindelijk maten is op werkelijke grootte. Er wordt overlegd in welke vorm het Mock-up model wordt geleverd. Een optie hiervoor is dat het Mock-up model met een 3D printer geprint kan worden. Met het Mock-up model worden testen uitgevoerd of het concept voldoet aan de eisen en of alle componenten in de behuizing passen. Met deze testen wordt er teruggekoppeld of alles werkt of en past. Vervolgens wordt er gekeken of het ontwerp volgens de eisen en doelstelling klopt. Als dit niet het geval is wordt er weer gekeken naar het ontwerp en een nieuw Mock-up model gemaakt. Voor deze testen kan er gebruikt worden gemaakt van de klimaatkast waar GreenTechLab over beschikt. Als laatste moet er een kostencalculatie worden gemaakt.

Er wordt een verslag ingeleverd met daarin al het onderzoek dat is uitgevoerd. Resultaten van de onderzoeken zijn:

- Wat is fijnstof en wat veroorzaakt fijnstof
- Uit welk materiaal kan het beste de behuizing worden gemaakt.
- Welke afdichtingen moet de behuizing hebben.
- Wat voor soort zonnepaneel kan er worden toegepast in de behuizing
- Hoe kan de fijnstofmeter worden bevestigd; bijvoorbeeld op een weerstation
- Productietechnieken
- Werking van de fijnstofmeter
- Doelgroepsanalyse
- Gebruikersonderzoek

Het verslag moet duidelijke afbeeldingen bevatten en ontwerp iteraties (schetsen van verschillende concepten en ideeën) samen met een niveau van een afstudeerstage.

2.6 Randvoorwaarden

Voor de afstudeerstage zijn verschillende middelen beschikbaar die het GreenTechLab te bieden heeft. Zoals: een eigen laptop, bureau, muis, keyboard, 3D printers en een freesmachine.

De projectpartners waarmee samengewerkt wordt zijn op de volgende pagina beschreven. Één samenwerking bij beide opdrachten is nog niet bekend: wie kan de behuizingen produceren? Uit het onderzoek van verschillende productietechnieken zal ik een keuze moeten maken dat het beste past bij de oplossing. In onderzoek zelf zal ik met bedrijven contact hebben, indien er een sluitende oplossing is zal dit bedrijf benaderd worden om ook deelnemer van dit project te worden.

In onderstaande tabellen zijn de projectpartners genoemd waarmee samengewerkt wordt.

Tabel 1 Contact en beschrijving bedrijven 1

Bedrijf	Contactpersoon	URL	Toelichting
Centraal Bureau Statistiek	Ralph J. Meijers	https://www.cbs.nl/	Het Centraal Bureau voor de Statistiek verzamelt data over de Nederlandse samenleving. Deze data wordt verwerkt tot statistische informatie over allerlei maatschappelijke en economische thema's.
Kipster	Ruud Zanders	https://www.kipster.nl/	Kipster staat bekend om de meest dier-, milieu- en mensvriendelijke kippenboerderij ter wereld.
H&F Electronics	Michiel Hovens	http://www.hf-electronics.com/	Een electronica bedrijf die een belangrijke bijdrage levert op het gebied van de productieontwikkelingen
Connecting Agri&Food	Monique van der Graag	https://www.connectingagriandfood.nl/nl/	Connecting Agri- en Food streeft naar een goede toekomst voor veehouderijketens die werken met oog voor de markt en het gezicht naar de samenleving. Om dat te bereiken moeten alle schakels in de voedselketen vraaggericht werken, hun activiteiten op elkaar afstemmen en informatie delen.
RIVM	Joost P. Wesseling	https://www.rivm.nl/	Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu is een kennis- en onderzoeksinstituut in Nederland, gericht op de bevordering van de volksgezondheid en een gezond en veilig leefmilieu
Behoud de Parel	Teus Hagen	www.behouddeparel.nl	Vereniging "Behoud de Parel" wil de leefbaarheid van Grubbenvorst op een goed niveau houden en waar nodig op een goed niveau brengen.

3. Onderzoek

3.1 Onderzoeksvragen

3.1.1 Wat zijn de eisen die het GreenTechLab en de samenwerkende projectpartners en in het algemeen burgers stellen aan het ontwerp van de behuizing?

Tabel 2 Programma van eisen 1

Gebruikers	Fabricage	Voorwaarden/Eisen	Vast	Variabel	Wens		Succescriteria	Onderzoek of voldaan
X		Het fijnstofstation moet opgehangen worden op een hoogte van 1,50 meter	X				Geen product mag lager dan 1,50 meter hangen	Onderzoek naar waarom het fijnstofstation op 1,50 meter hoogte moet hangen
	X	De stroomvoorziening van het fijnstofstation moet bekabeld zijn of via een accu		X			Elk product moet een stroomaansluiting hebben.	Er moet worden onderzocht welke accu wordt gebruikt en met welke afmetingen. Verder moet er onderzoek worden gedaan naar welke aansluiting voor de stroom moet worden gebruikt.
	X	Het fijnstofstation moet voorzien zijn van een temperatuur en vochtsensor.	X				De zakelijke versie en de burgerversie moet deze sensor hebben.	
	X	Als er voor een accu wordt gekozen kan er worden gekozen voor zes 18650 accu's. (zie bijlage C)			X		Elke zakelijke versie moet zes 18650 accu's hebben.	
	X	De IPW-classificatie moet IPW 53 zijn	X				Geen product mag meer water/ stof doorlaten dan toegestaan is bij IPW 53	
	X	Het fijnstofstation moet voorzien zijn van een condens afvoer	X				Elk fijnstofmeetstation moet voorzien zijn van een condens afvoer.	Onderzoek naar verschillende condens afvoeren en technieken om deze toe te passen. Ook kan er worden onderzocht of condensvorming kan worden voorkomen
X		Er moet onderhoud kunnen worden gepleegd aan het fijnstofstation waardoor componenten toegankelijk moeten zijn om ze te vervangen. Het onderhoud moet 15 minuten duren en mag alleen door een monteur/ deskundige worden uitgevoerd.	X				Het onderhoud mag niet opgehouden worden en moet altijd binnen 15 minuten worden gedaan.	
	X	Er moet een antenne (standaard lora Antenne voor de LoPy) aanwezig zijn voor de draadloze communicatie	X				Elk fijnstofmeetstation moet voorzien zijn van een antenne.	Onderzoek naar hoe de antenne bevestigd moet worden.
	X	Er moet een luchtrooster toegepast worden voor het tegenhouden van ongedierte.	X				Er mag ongedierte binnendringen in de behuizing.	Onderzoek naar verschillende roosters en de soort ongedierte.
X		Er moet 3 jaar garantie op het fijnstofstation zijn	X				Geen product afbreuk binnen 3 jaar, langere levensduur is beter	
	X	Een bevestigingspunt voor op te hangen		X			De burgerversie en de zakelijke versie moet op een manier kunnen worden bevestigd aan een muur of een paal.	Onderzoek naar verschillende bevestigingspunten
	X	De instraling van de zon moet beperkt worden om zo de stijgingen van de binnentemperatuur van de behuizing te minimaliseren.		X			De binnentemperatuur van de behuizing mag niet oplopen tot een bepaalde temperatuur.	
	X	Het fijnstofstation moet een robuuste uitstraling hebben en moet ook robuust zijn.		X			De fijnstofstations mogen er niet goedkoop uitzien	Onderzoek naar verschillende uitstralingen

In onderstaande tabellen zijn de eisen opgesteld voor de burger- en zakelijke versie. Als eerste wordt er onderverdeeld of een gebruiker of fabricage eis is. Vervolgens wordt er gekeken of het een vaste of variabele eis is of een wens. Als laatste wordt er beschreven of er een succescriteria is en of er nog onderzoek moet worden gedaan naar de eis.

Tabel 3 Programma van eisen 2

Gebruikers	Fabricage	Voorwaarden/Eisen	Vast	Variabel	Wens		Succescriteria	Onderzoek of voldaan
		Er moet een zonnepaneel worden toegepast die 10 Watt oplevert.					Er mag niet minder als 10 Watt aan stroom opgeleverd worden met een oppervlakte van maximaal 255*360mm	Onderzoek naar zonnepanelen die 10 watt kunnen opleveren in een bepaald formaat.
X		De fijnstofsensors moeten dichtbij de buitenkant van de behuizing zitten met behulp van grote openingen in de behuizing	X				De fijnstofsensoren mogen niet te ver van de buitenkant van de behuizing zitten.	
	X	De in- en uitlaat van de Sensirion fijnstofsensor moet richting de onderkant van de behuizing wijzen	X					
	X	De inlaat van de Sensirion fijnstofsensor moet altijd boven de uitlaat zitten.	X					
	X	De groene zijde van de Sensirion fijnstofsensor moet naar de grond wijzen.	X					
	X	De behuizing moet een isolerende werking hebben	X				De binnentemperatuur mag niet oplopen tot een bepaalde temperatuur.	Onderzoek naar isolerende materialen
	X	Er mag geen water op de behuizing blijven staan	X				Geen enkele behuizing mag een plaats hebben waar water blijft staan.	
	X	De behuizing mag niet verkleuren door de zon.	X				Geen enkele behuizing mag zijn oorspronkelijke kleur verliezen	
	X	De behuizing moet UV bestendig zijn.	X				Er mogen geen UV stralen de behuizing doordringen	Onderzoek naar materialen die UV bestendig zijn.
	X	Het zonnepaneel moet in een ideale hoek worden gemonteerd	X				De beste hoek voor het zonnepaneel om het hoogste rendement te krijgen.	Er moet onderzoek worden gedaan welke hoek optimaal is.
	X	De Antenne van de GPS module moet parallel geplaatst zijn de horizon	X				Elk fijnstofmeetstation moet voorzien zijn van een GPS module	
	X	De inlaat van de Nova fijnstofsensor moet richting de lucht (omhoog) gepositioneerd worden	X					
	X	De inlaat van de Nova fijnstofsensor moet links gericht zijn parallel aan de horizon.	X					
	X	De burgerversie zou 150 euro moeten gaan kosten			X			

3.1.2 Wat is de specifieke doelgroep die de fijnstofmeters in gebruik willen nemen?

Burgers

Het zijn burgers die zich zorgen maken over de luchtkwaliteit in hun omgeving. Ze willen de hoeveelheid fijnstof meten om zo bewust te worden wat de hoeveelheid fijnstof is in de lucht.

Burgersnuffelnetwerk

Een deel van de burgers wil een fijnstofstation willen aanschaffen zijn burgers die deel willen nemen aan het burgersnuffelnetwerk. Hierbij worden alle fijnstofstations gekoppeld aan één netwerk en worden alle gegevens verzameld. Hierdoor wordt er een duidelijk beeld gecreëerd waar er veel of weinig fijnstof in de lucht zit.

Burgers nemen soms ook zelf het initiatief om fijnstofstations in elkaar te zetten. Deze worden geplaatst bij de burgers zelf. Zo kan men kijken wat de resultaten zijn van de metingen.

Gemeentes

Een andere doelgroep die fijnstofstations willen aanschaffen zijn gemeentes. Deze worden geplaatst op verschillende plaatsen in de gemeente. Hierdoor wordt net zoals bij het burgersnuffelnetwerk de hoeveelheid fijnstof in de lucht in kaart gebracht.



Fig. 11 Doelgroep
(Macrovector, z.d.)

3.1.3 Wat is de reden waardoor burgers fijnstof willen meten?

Onderzoek fijnstof

Fijnstof zijn kleine deeltjes in de lucht en kan worden ingedeeld in PM_{2,5} en PM₁₀. (PM = Particulate Matter) Fijnstof komt vooral af van het uitstoten van verbrandingsprocessen. Uit het onderzoek kan ook worden geconcludeerd dat fijnstofdeeltjes kleiner zijn dan PM_{2,5} het schadelijkst zijn voor de gezondheid van de mens. Omdat het schadelijk kan zijn willen burgers vaak zelf fijnstof gaan meten. Dit was ook te zien in een aantal nieuwsartikelen.

Reden

Een andere reden waarom burgers een fijnstofstation willen aanschaffen is omdat ze worden gestimuleerd door hun gemeente. (zie Omroep Gelderland) Hierdoor wordt de hoeveelheid fijnstof beter in kaart gebracht en kunnen er maatregelen worden getroffen.

Zie bijlage C voor het gehele onderzoek.

3.1.4 Wat kan uit het concurrentieonderzoek worden gehaald om de fijnstofmeter van GreenTechLab te verbeteren?

Het concurrentieonderzoek toont aan wat er op de markt is. Het geeft ook aan of er functies of ontwerpen toegepast kunnen worden op het nieuwe ontwerp van het fijnstofmeetstation.

PCE-instruments

Bij PCE-instruments hebben ze een aantal verschillende fijnstofmeters. Ze variëren in prijs en in functies. De fijnstofmeters kunnen in twee verschillende categorieën worden ingedeeld. Handheld en een staande fijnstofmeter.

Er worden drie verschillende staande fijnstofmeters weergegeven met drie prijs categorieën:



Fig. 12 Fijnstofmeter PCE-RCM 05
(Fijnstofmeter PCE-RCM 05, z.d.)

1. Fijnstofmeter PCE-RCM 05

De fijnstofmeter PCE-RCM 05 is ontwikkeld om het fijnstofgehalte op een werkplek te meten. De fijnstofmeter geeft, naast het fijnstofgehalte in PM 2,5, ook de temperatuur en luchtvochtigheid weer. (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 119,67

Fijnstofmeter PCE-AQD 20

De fijnstofmeter PCE-AQD 20 is hét ideale meetinstrument voor de controle van de luchtkwaliteit op de werkvloer. Met de fijnstofmeter PCE-AQD 20 kunnen verschillende parameters continu in de gaten gehouden worden. Denk hierbij aan: luchttemperatuur en -vochtigheid, CO₂-gehalte, PM 2,5 deeltjesgehalte en luchtdruk. (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 647,23



Fig. 13 Fijnstofmeter PCE-AQD 20
(Fijnstofmeter PCE-AQD 20, z.d.)

Fijnstofmeter PCE-PQC 23EU

De fijnstofmeter PCE-PQC 23EU meet deeltjesgroottes van 0,3 µm tot 25 µm met massaconcentratie en slaat aanvullend de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, CO₂ en TVOC-waarden op. (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 7.332,48



Fig. 14 Fijnstofmeter PCE-PQC 23EU
(Fijnstofmeter PCE-PQC 23EU, z.d.)

Er worden net zoals bij de staande fijnstofmeters drie handheld fijnstofmeters weergegeven in drie prijs categorieën.



Fig. 15 Fijnstofmeter PCE-RCM 10
(Fijnstofmeter PCE-RCM 10, z.d.)

Fijnstofmeter PCE-RCM 10

De fijnstofmeter PCE-RCM 10 meet de stoflading in de eenheden PM 2,5 en PM 10. De meetwaarden worden weergegeven op een display met heldere kleuren. De fijne stoffen die door de fijnstofmeter gemeten worden kunnen zich in de longen ophopen en de longen beschadigen. (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 175,33

Fijnstofmeter PCE-PCO 2

De fijnstofmeter PCE-PCO 2 kan in verschillende bereiken gebruikt worden. Daarbij kan de fijnstofmeter zowel de deeltjes- als ook de massaconcentratie meten. De fijnstofmeter PCE-PCO 2 kan overal worden ingezet waar fijnstofdeeltjes een gezondheidsrisico kunnen vormen. Meetbare deeltjesgroottes: 0,3 / 0,5 / 1,0 / 2,5 / 5,0 en 10 µm. (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 1.203,95



Fig. 16 Fijnstofmeter PCE-PCO 2
(Fijnstofmeter PCE-PCO 2, z.d.)



Fig. 17 Fijnstofmeter PCE-PQC 15EU
(Fijnstofmeter PCE-PQC 15EU, z.d.)

3. Fijnstofmeter PCE-PQC 15EU

De fijnstofmeter PCE-PQC 15EU meet de concentratie aan deeltjes, zoals stof, roet, pollen en vele andere aerosol soorten die zich in de lucht bevinden. De vervuiling wordt vooral veroorzaakt door verbranding, materiaalverwerking, productie, energieopwekking, auto emissies en de constructie industrie. Meetkanaal groottes: 0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10,0, 30,0 μm (Fijnstofmeter, 2020)

Prijs: € 4.956,04

Andere concurrenten

Er zijn vijf verschillende fijnstofmeters beschreven samen met de prijs en de verschillende functies van de fijnstofmeters.

1. Luchtkwaliteitsmeter van Ibought

Luchtkwaliteit, luchtvochtigheid, temperatuur, fijnstof PM2.5, CO2 en andere schadelijke stoffen, dit meet de luchtkwaliteitsmeter van Ibought allemaal. Doormiddel van een app kan er in één oogopslag de resultaten van de metingen worden bekeken. (Ibought Health, sd)

Prijs: € 69,95



Fig. 18 Luchtkwaliteitsmeter van Ibought
(Luchtkwaliteitsmeter van Ibought, z.d.)



Fig. 19 Atmotube Pro
(Atmotube Pro – Draagbare luchtkwaliteitsmeter, z.d.)

2. Atmotube Pro – Draagbare luchtkwaliteitsmeter

Atmotube PRO meet ook de luchtdruk, temperatuur en vochtigheid en helpt u om in de meest comfortabele en veilige omgeving te blijven.

PM 1 / 2.5 / 10 en VOC-sensoren
Ingebouwd weerstation
Temperatuur en luchtvochtigheid
Batterij gaat lang mee
Functioneel ontwerp en uitstekende draagbaarheid
Altijd verbonden

(Atmotube Pro – Draagbare luchtkwaliteitsmeter, sd)

Prijs: € 199,00

3. FUYI FY78

PM2.5 Detector Luchtkwaliteit Handheld draagbare Smog-deeltjesmonitor ook voor Temperatuur en vochtigheid.

(FUYI FY78 PM2.5 Detector Air Quality Handheld Portable Smog Particle Monitor Temperature and Humidity, sd)

Prijs: € 50.99



Fig. 20 FUYI FY78
(FUYI FY78, z.d.)

4. Huma-i HI-120

De Huma-i laat u zien wat de luchtkwaliteit is. Doordat de lucht altijd en overal direct te meten helpt Huma-i u uit de vervuilde lucht te blijven. De Huma-i meet VOC, PM2.5 & PM10.
(Huma-i HI-120 draagbare luchtkwaliteitsmonitor (VOC, PM2.5 & PM10), sd)

Prijs: € 177,00



Fig. 21 Huma-i HI-120
(Huma-i HI-120, z.d.)

5. Particulate Meter

Deze fijnstofmeter meet PM2.5 deeltjes. Het laat de statistieken zien op een klein kleurenscherm zien.
(Mini PM2.5 Detector Air Quality Tester Particulate Meter Rechargeable Monitor, sd)

Prijs: € 36.99



Fig. 22 Particulate Meter
(Particulate Meter, z.d.)

De bovenstaande producten zijn concurrenten van de burgerversie die het GreenTechLab gaat ontwikkelen. Onderstaande twee producten zijn concurrenten van het huidige fijnstofstation (zakelijke versie) van het GreenTechLab. Voor de volledige beschrijvingen van de twee concurrenten zie bijlage D

De TSI BlueSky™ Air Quality Monitor



Fig. 23 BlueSky 1
(TSI, z.d.-a)

De Airbox



Fig. 24 Airbox
(Airbox, z.d.)

Conclusie

Hoe meer functies de fijnstofmeter heeft hoe hoger de prijs uitvalt. Ook is er gekeken naar de verschillende ontwerpen van de fijnstofmeters. Een fijnstofmeter moet lucht aanzuigen om de hoeveelheid fijnstof te meten. Bij de bovenstaande fijnstofmeters is er gekeken hoe dit toegepast wordt. De meeste fijnstofmeters hebben een display waarop de hoeveelheid fijnstof is af te lezen. De fijnstofmeter voor de burgers krijgt geen display waardoor de kosten van de fijnstofmeter omlaaggaan. Er geen fijnstofmeter op de markt met de eisen die het GreenTechLab aan zijn eigen fijnstofmeter stelt voor 150 euro.

3.1.5 Wat zijn de onderdelen die toegepast moeten worden in de fijnstofmeter met aandacht naar een zonnepaneel?

Onderdelen

Voor de burgerversie en de zakelijke versie zijn in onderstaande tabel beschreven welke onderdelen/funcities ze moeten bevatten.

Gemeenschappelijke onderdelen:

- Behuizing
- MicroPython microcontroller IoTplatform
- Custom made Printplaat
- Gps-module
- Fijnstofsensor
- Bevestigingspunt voor op te hangen
- Luchtroosters
- Condensafvoer
- Antenne
- Adapter
- LoPy4

De zakelijke versie beschikt over extra onderdelen:

- Accu
- Zonnepaneel
- Stroomregelaar
- Extra fijnstofsensor

Research zonnepanelen

Om een zonnepaneel toe te passen in het ontwerp is het belangrijk om te kijken naar verschillende uitvoeringsvormen van zonnepanelen.

Om een zonnepaneel in het ontwerp te integreren is er een mogelijkheid om zonnepaneelfolie te gebruiken.

Flexibele zonnepanelen

Zonnepanelenfolie is een flexibel materiaal bedekt met zonnecellen, licht van gewicht, meestal zelfs oprolbaar. Vanwege het lichte gewicht is het belangrijk om zonnepanelenfolie goed aan de ondergrond te bevestigen. Wegwaaien van zonnepanelenfolie is een reëel risico. Zonnepanelenfolie wordt daarom ook geleverd met een plaklaag of mogelijkheid om het folie vast te klikken of ritsen. Op dit moment is zonnepanelenfolie nog niet volledig uitontwikkeld en wordt het nog maar nauwelijks toegepast in de praktijk. De ontwikkelingen gaan echter snel, waardoor flexibele zonnepanelen in de nabije toekomst een goed alternatief voor normale zonnepanelen kan worden.

De grootste voordelen van flexibele zonnepanelen op een rij:

- Buigzaam
- Van lichtgewicht materiaal
- Beroepbaar
- Aanzienlijk beter betaalbaar
- Brengt energie op plaatsen waar geen netstroom is
- Voorzien van zonnecellen met uitstekend rendement

Rendement

10 jaar geleden was het rendement van flexibele zonnepanelen (de opbrengst per hoeveelheid oppervlak) een stuk lager dan de normale zonnepanelen. Inmiddels is dat verschil gelijkgetrokken en is het rendement vergelijkbaar met dat van de gebruikelijke zware zonnepanelen. Flexibele zonnepanelen bieden tegenwoordig een rendement van iets meer dan 20 procent. Dat betekent dat 20 procent van het licht omgezet wordt naar bruikbare energie. De meest efficiënte zonnepanelen hebben ter vergelijking een rendement van 30 tot wel 40 procent, maar zijn vooralsnog onbetaalbaar en experimenteel.

(Zonnepanelen folie: oprolbare zonnecellen, sd)



Fig. 25 Zonnepaneelfolie
(Zonnepaneelfolie, z.d.)

Kostprijs

De kostprijs van zonnepanelen folie is vandaag de dag nog steeds vrij hoog. Gemiddeld geldt er een prijsverschil van zo'n 10 procent in vergelijking met een systeem met zonnepanelen

Tabel 4 Kostprijs zonnepaneelfolie

Globale capaciteit van de zonnefolie	Gemiddelde kostprijs zonnefolie
2.700 kWh	Tussen 5.600 & 6.000 euro
4.000 kWh	Tussen 8.250 & 9.000 euro
4.800 kWh	Tussen 10.000 & 10.500 euro
5.400 kWh	Tussen 11.350 & 12.000 euro
6.200 kWh	Tussen 13.000 & 13.350 euro

Bovenstaande maakt reeds duidelijk dat vooral de capaciteit van de zonnefolie bepalend is voor het totale kostenplaatje. *(Zonnepanelen folie, sd)*

De bovenstaande tabel is voor grote oplages aan zonnepaneelfolie. Als er een kleine oplage is ligt de kostprijs natuurlijk een stuk hoger. Het zonnepaneel voor de fijnstofmeter moet 10 Watt aan stroom opleveren. Het is lastig om een definitieve prijs in te schatten wat de zonnefolie gaat kosten.

Andere zonnepanelen

Een vast zonnepaneel is toegepast in het huidige ontwerp van het fijnstofstation. Deze zonnepanelen zijn in vier categorieën opgedeeld. Zie onderstaande tabel:

Tabel 5 Soorten zonnepanelen

Soort	Kosten	Rendement	Pluspunt
1) Monokristallijn	Duurder dan polykristallijn en dunne film	Zeer hoog	Geschikt voor kleine daken, want er is minder m2 van nodig
2) Polykristallijn	Goedkoper dan monokristallijn	Goed	Ideaal voor grote oppervlaktes
3) Amorf (dunne film)	Goedkoper dan monokristallijn	Laag	Buigzaam, te gebruiken voor objecten (voertuigen, carports, zonwering, voorgevels etc.)
4) Glas-glas	Duurder dan andere soorten	Zeer hoog	Langere levensduur

Voor een fijnstofstation is geen groot zonnepaneel nodig. Het huidige zonnepaneel (monokristallijn) heeft een afmeting van 255*360*33mm.

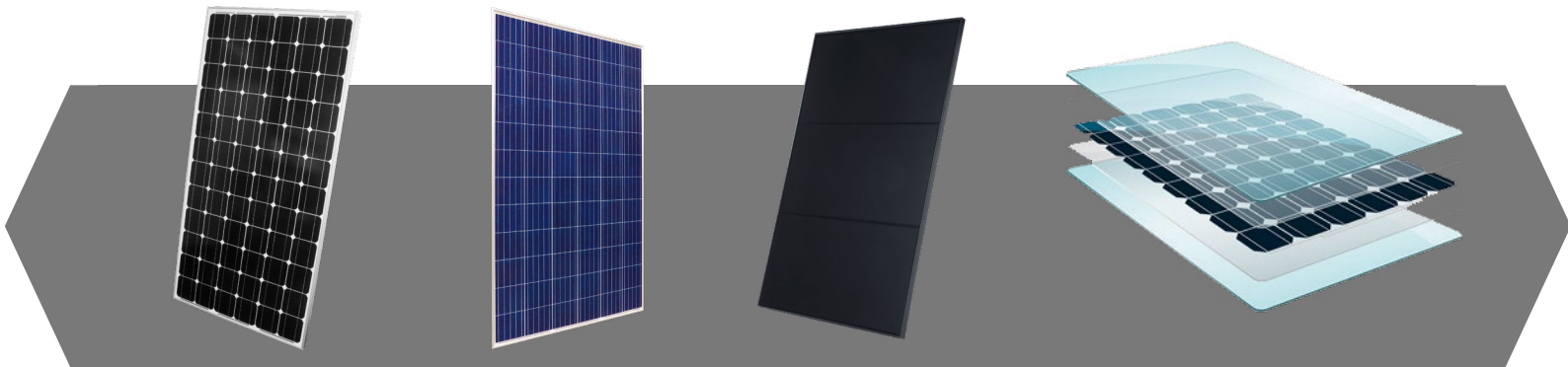


Fig. 29 Monokristallijn (Monokristallijn zonnepaneel, z.d.) Fig. 28 Polykristallijn (Polykristallijn, z.d.) Fig. 27 Amorf (dunne film) (Amorf, z.d.) Fig. 26 Glas-glas (Glas-glas, z.d.)

Conclusie

De keuze hangt af van het ontwerp van de behuizing. Als er wordt gekeken naar de prijs is een vast zonnepaneel goedkoper dan een flexibel zonnepaneel.

Er is geen groot oppervlakte nodig als zonnepaneel. Als een flexibel zonnepaneel in grote hoeveelheden wordt besteld dan gaat de kostprijs van het fijnstofstation omlaag.

Een belangrijk aspect van de behuizing is het materiaal dat wordt gebruikt. Het materiaal moet eigenschappen hebben zoals:

- UV bestendig
- Slagvast
- mag niet verkleuren in de zon
- een isolerende werking hebben.

De isolerende werking dient voor de levensduur van de componenten te verlengen. De componenten kunnen niet tegen grote temperatuurswisselingen. De kleur van het materiaal is ook heel erg belangrijk in verband met absorptie van licht en warmte

De materialen die zijn onderzocht zijn:

- ABS
- ASA
- EPS
- Biofoam
- EPP

Alle eigenschappen samen met voor-en nadelen van deze materialen zijn genoemd in bijlage E.

3.2.6 Berekeningen warmte isolatie

Het materiaal moet een isolerende werking hebben. Hiervoor zijn verschillende waardes die weergeven hoe goed een product isoleert. De Rd-waarde en de U-waarde geven aan hoe goed een materiaal isoleert. Deze waardes moeten berekend worden. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van de Lambda-waarde.

Wat is de lambda-waarde?

De lambda-waarde is een getal dat aangeeft hoe goed een materiaal warmte geleidt. Hoe lager de waarde, des te beter de isolatiewaarde is. We willen warmtegeleiding voorkomen en dus een lage lambda-waarde hebben. De lambda-waarde heeft overigens niets te maken met de dikte van het isolatiemateriaal. Een EPS-plaat van 30 mm heeft dezelfde lambda-waarde als een EPS-plaat van 120 mm.

De eenheid van een Lambda-waarde

De eenheid waarin de lambda-waarde wordt uitgedrukt is W/m.K (warmteverlies in Watt per meter per graad temperatuurverschil tussen beide zijden van het isolatiemateriaal). U heeft de lambda-waarde nodig om de Rc- en Rd-waarde van uw isolatie uit te rekenen.

De Rd-waarde van een materiaal

De Rd-waarde is de, door de fabrikant aangegeven, isolatiewaarde van een materiaal. De d staat in dit geval voor 'declared'. Een isolatiemateriaal heeft altijd een specifieke Rd-waarde, uitgedrukt in m²K/W. Deze wordt berekend door dikte van het materiaal te delen door de lambda-waarde. Hoe hoger de uitkomst, hoe beter de warmteweerstand (en dus de isolatiewaarde), dus des te hoger de Rd-waarde des te beter de isolatiewaarde. Materiaal met een hoge Rd-waarde is dus beter in staat om in de winter de warmte in uw huis te houden en in de zomer juist erbuiten!
(Isolatiewaarde: de Rd waarde, Rc waarde en lambdawaarde, sd)

U-waarde

De U-waarde geeft de thermische geleidbaarheid aan van een isolatiepakket en is het omgekeerde van de R-waarde ($U = 1/R$). Hoe beter het isolatiepakket, hoe lager de U-waarde. Formule: $U\text{-waarde} = \lambda\text{-waarde} / \text{dikte isolatie}$. (U-waarde isolatie berekenen, sd)

Er worden twee kunststoffen met elkaar vergeleken welke het beste isoleert. ABS en EPS. Andere materialen zoals ASA en EPP hebben ongeveer dezelfde waardes. ASA is gelijk aan ABS en EPP aan EPS.

De Lambda-waarde van EPS is 0.04
De Lambda-waarde van ABS is 0.2
(warmtegeleidingscoëfficiënt λ , sd)

De Lambda-waardes van andere kunststoffen zijn:
HDPE 0.42 - 0.51
LDPE 0.33
PMMA 0.17 - 0.25
PP 0.10 - 0.22
PTFE 0.25
PVC 0.19
(Lambda-waarde of isolatiewaarde van alle courante materialen, sd)

Op de site "isolatiemateriaal*" staat een calculator om de Rd-waarde uit te rekenen. Voor de materiaaldikte zijn verschillende diktes gekozen. Rd-waardes:

Tabel 6 Rd-waardes

	2mm	3mm	4mm	5mm
ABS	0.01	0.02	0.02	0.02
EPS	0.05	0.08	0.1	0.13

Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat EPS beter isoleert dan ABS.

Om het nog beter te onderbouwen is ook de U-waarde berekend. De uitkomsten zijn in onderstaande tabel te vinden.

Tabel 7 U-waardes

	2mm	3mm	4mm	5mm
ABS	100	66.67	50	40
EPS	20	13.33	10	8

Ook uit deze tabel blijkt dat EPS beter isoleert dan ABS.

3.2.7 Kleurinvloed

De kleur heeft een grote invloed op warmteabsorptie. Witte oppervlaktes warmen veel minder snel op dan zwarte oppervlaktes

* <https://www.isolatiemateriaal.nl/kenniscentrum/isolatiewaarde-de-rd-waarde-rc-waarde-en-lambdawaarde/>

Om later in het project een goede keuze voor de behuizing te kunnen maken is het van belang een overzicht van productietechnieken te hebben.

- De productiemethodes waarna onderzoek is gedaan zijn:
- Spuitgieten
 - Vacuümvormen
 - Conventioneel
 - 3D printen

In bijlage F zijn de verschillende productiemethodes uitgelegd.

In het project is besloten voor IPW53. Maar wat is een IP-rating eigenlijk?

De IP-beveiligingsklasse, ook wel International Protection Rating, is een codering voor elektrische apparatuur die staat voor de mate van beveiliging van het betreffende apparaat. De code geeft aan in hoeverre het elektronische apparaat of de behuizing is beveiligd tegen vocht, water, aanraking etc.
(Wat is de IP-beschermingsklasse?, sd)

In onderstaande afbeelding is beschreven tegen welke omstandigheden IPW 53 moet kunnen. Er is een verschil tussen een IP en een IPW-rating. De "W" geeft aan dat de rating weersomstandigheden omvat zoals condensatie en luchtvochtigheid.

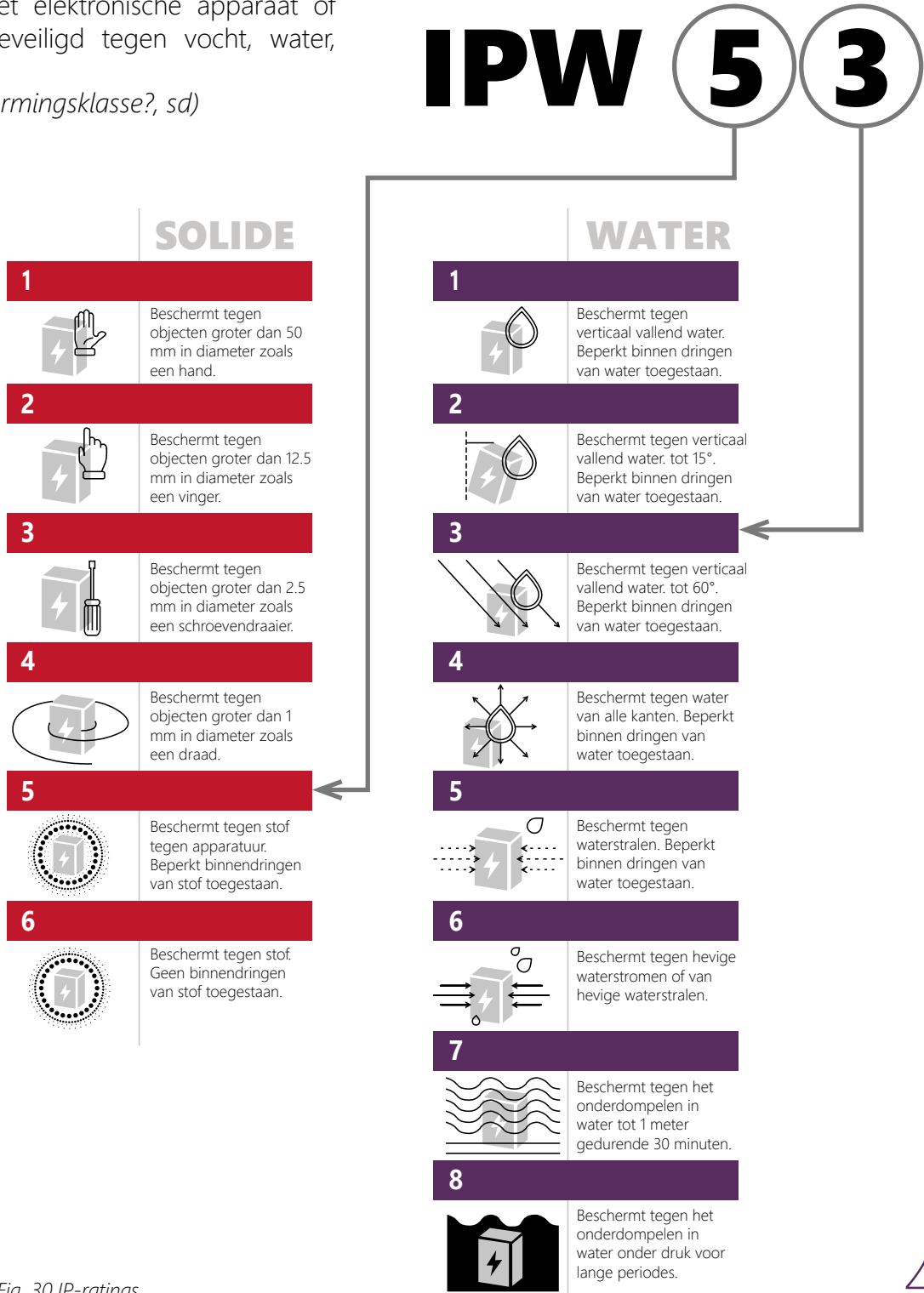


Fig. 30 IP-ratings

3.5 Resterend onderzoek

Onderzoek naar verdere punten uit het programma van eisen:

- Hoogte ophangen
- Hoek zonnepaneel
- Condens afvoer
- Ophangsystemen
- Isolerende werking
- Insecten tegenhouden

3.5.1 Hoogte ophangen

Waarom moet de fijnstofmeter op een hoogte van 1,5 meter worden geplaatst?

Sensoren kunnen het best worden geplaatst op een open plek (op enige afstand van muren en bomen/struiken) en niet te dicht boven de grond. De hoogte van officiële metingen is tussen 1,5 en 4 meter. Voor een eigen meting is het beter om tussen 1,5 en 2,5 meter aan te houden in verband met veiligheidsrisico's op grotere hoogte.

(Wat komt er allemaal kijken bij zelf meten, sd)

Fijnstof meten binnenshuis

De fijnstofmeter moet op minimaal 1 m hoogte worden geplaatst en niet in de directe toevoer van verse lucht, bijvoorbeeld onder een open raam of bij een inblaasrooster. Vaak is plaatsing op een kast aan de wand een praktische plaats in verband met minimale overlast.

Om opwervelingseffecten ten gevolge van lopen op met name de PM10 fractie te vermijden wordt aangeraden om op minimaal 1 m afstand van de vloer te meten. Zorg er ook voor dat de meetapparatuur niet in de directe toevoer van verse lucht staat, bijvoorbeeld onder een open raam of in de uitblaasrichting van een inblaasrooster. Bij een inblaasrooster bedraagt de afstand om de lucht op te mengen met de ruimte lucht typisch 30 maal de inblaasdiameter. ((VLA), 2014)

3.5.2 Hoek zonnepaneel

De zon komt op in het oosten en gaat onder in het westen. Als de panelen naar het zuiden laat kijken, krijgen ze dus de meeste zonne-uren mee. Maar niet voor ieder huis is een oriëntatie op het zuiden mogelijk; denk bijvoorbeeld aan rijtjeshuizen die in een andere windrichting staan of woningen in de schaduw van een hoog gebouw.

Ideale hellingshoek zonnepanelen: 35 graden

Voor Nederland worden hoeken tussen 10 en 50 graden aangeraden. Voor de duidelijkheid: 0 graden zou een volledig plat liggend zonnepaneel zijn, terwijl het bij 90 graden compleet op zijn kant staat.

(Contany, 2017)

3.5.3 Condens afvoer

Druk, temperatuur en luchtvochtigheid zijn sterk aan veranderingen onderhevig en zorgen bij elektrische apparatuur vaak voor problemen. Door condensvorming daalt de levensduur van elektronica telkens weer en het kan zijn dat op een gegeven moment de componenten niet meer functioneren. Hierdoor is een condens afvoer belangrijk.

Er zijn producten die condenswater voorkomen in een behuizing. "WISKA VentGLAND" is een product die de condensvorming voorkomt.

De WISKA VentGLAND® is een hoogwaardige luchtdoorlatende kabelwartel en drukvereffeningselement in één, verkrijgbaar in diverse varianten. Door het ventilerende ePTFE-membraan vindt er constant drukvereffening plaats tussen de binnenkant van de behuizing en de buitenkant. Hierbij blijft de beschermklasse van de behuizing intact.

(Venting: oplossingen die condensvorming voorkomen, sd)

Een andere oplossing is een klein gaatje in de behuizing. Door dit gaatje loopt het vocht weg wat is ontstaan in de behuizing. Deze oplossing wordt aangeraden bij condensvorming in koplampen van auto's. Ook zijn verschillende fabrikanten van producten die een gaatje in de behuizing hebben om condensvorming tegen te gaan.



*Fig. 31 VentGLAND
(VentGLAND, z.d.)*

3.5.4 Ophangsystemen

Er zijn verschillende manieren om de fijnstofmeetstations aan een muur/paal te bevestigen. Per versie (burger/zakelijk) is er een ander ophangstelsel. De zakelijke versie wordt bevestigd aan een muur of een paal. De burgerversie alleen aan de muur.

Verschiede ophangsystemen

- Een plakstrip (dubbelzijdig)
- Schuifstelsel
- Bevestigingsplaat
- Tie-raps
- Schroefjes aan de muur met gaten in de behuizing. Zie de afbeelding voor verduidelijking.



Fig. 32 Schuifstelsel



Fig. 34 Bevestigingsplaat
(Bevestigingsplaat, z.d.)



Fig. 33 Google home mini
(Google home mini, z.d.)

3.5.5 Isolerende werkingen

Om de behuizing een isolerende werking te geven is er gekeken naar de volgende opties:

- Soort materiaal
- Dubbele wand

Soort materiaal

Er zijn materialen die beter isoleren dan andere. In hoofdstuk 3.2 Materialen is er gekeken naar verschillende materialen.

Dubbele wand

Een tweede optie om de behuizing isolerend te maken is om gebruik te maken van een dubbele wand. Dit kan makkelijk toe worden gepast bij FDM printen. Zie onderstaande afbeelding.

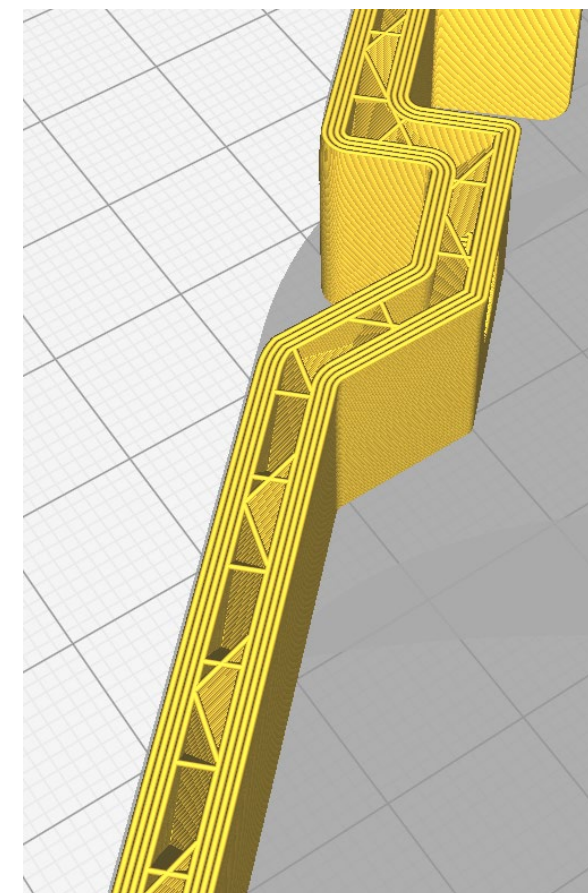


Fig. 35 Tussenruimte

3.5.6 Insecten tegenhouden

Er mogen geen insecten in de behuizing/fijnstofsensor komen. Door deze insecten is er een mogelijkheid dat de fijnstofsensor niet kan functioneren. Hierdoor zijn er naar mogelijkheden gekeken. De beste optie voor het fijnstofmeetstation is gebruik maken van insectengaas/horren gaas. Dit is flexibel gaas en wordt gebruikt om insecten te weren.

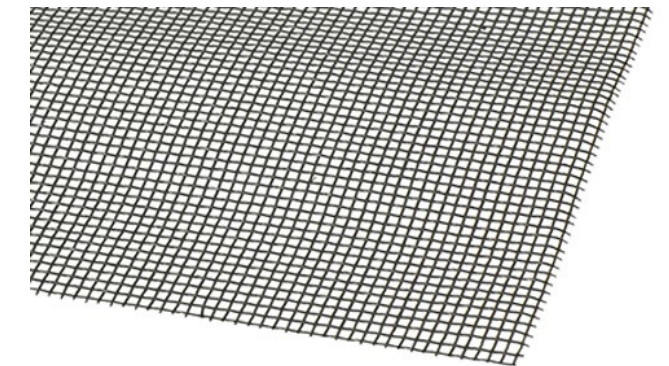


Fig. 36 Insectengaas
(Insectengaas, z.d.)

3.6 Conclusie onderzoek

Productieaantal

Het productieaantal is van grote invloed op een aantal keuzes. Binnen het huidige project is het productieaantal op 50 gesteld. Dat betekent dat FDM printen de goedkoopste methode is.

Er zijn geen opstartkosten of investeringen nodig omdat GreenTechLab al over een 3D printer beschikt.

De behuizing wordt zo ontworpen dat deze ook later kan worden gebruikt voor spuitgieten of matrijsvormen.

Materiaal

Het gekozen materiaal ASA. Er bestaan ASA filamenten voor FDM 3D printers. ASA is UV-bestendig, slagvast en weersbestendig. Hierdoor is dit een geschikt materiaal voor de kleine oplage behuizingen.

Als de productieaantallen oplopen en de productiemethode spuitgieten/matrijsvormen wordt dan wordt EPP aanbevolen. Dit materiaal isoleert beter dan ASA en is ook slagvast.

Warmteresistentie

Voor de materialen EPS en EPP zijn er geen 3D filamenten verkrijgbaar. Door het toepassen van een dubbele wand met luchtruimtes ertussen kan toch een goede isolatie worden verkregen.

De kleur die wordt gebruikt is wit. Hiervoor is gekozen omdat wit het meeste zonlicht weerkaatst waardoor de behuizing minder snel op zal warmen. Lage interne temperatuur is van belang voor de elektronica.

Ophangen

Voorgestelde ophanghoogte is 1,5 tot 2,5 meter.

Voor het ophangstelsel moet een goedkope en gemakkelijke oplossing worden bedacht. Het fijnstofmeetstation moet met een simpele handeling worden opgehangen en mag niet uit te veel onderdelen bestaan om de productiekosten laag te houden. Verder in het verlag wordt deze oplossing beschreven en ook hoe het werkt.

Vocht

Om het probleem van condensvorming op te lossen is er gekozen voor een gaatje te maken in de behuizing. Dit beïnvloed het design van het product niet en het is een goedkope en eenvoudige oplossing.

4. Schetsen

Na het onderzoek is er een start gemaakt met het maken van schetsen. Allereerst zijn verschillende basisvormen voor de behuizing geschetst. Daarbij zijn de meest geschikte gekozen. Verder in het traject zijn een aantal schetsen verder ontwikkeld in ontwerp concepten

In onderstaande afbeeldingen zijn een paar schetsen te zien samen met digitale schetsen die zijn gemaakt. Alle andere schetsen zijn in bijlage G te vinden.

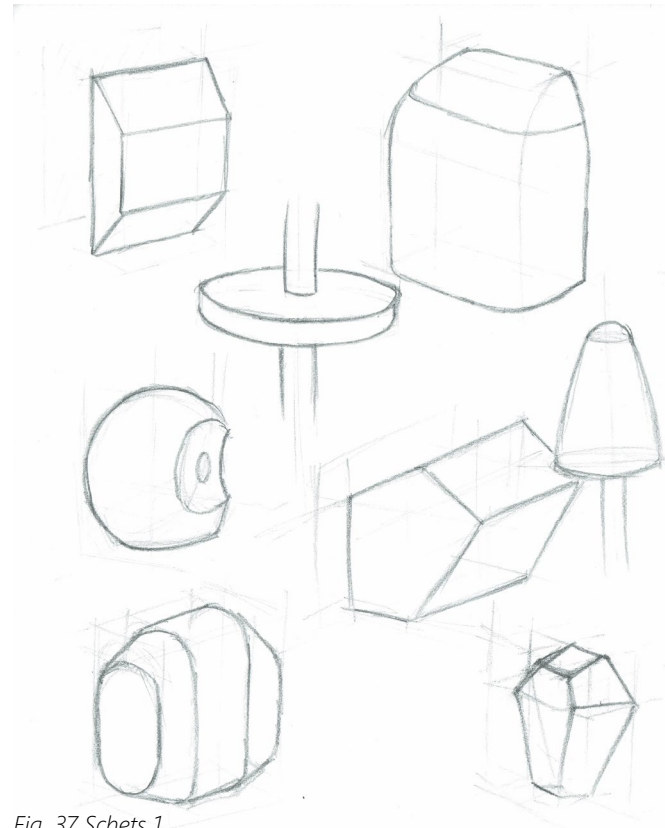


Fig. 37 Schets 1

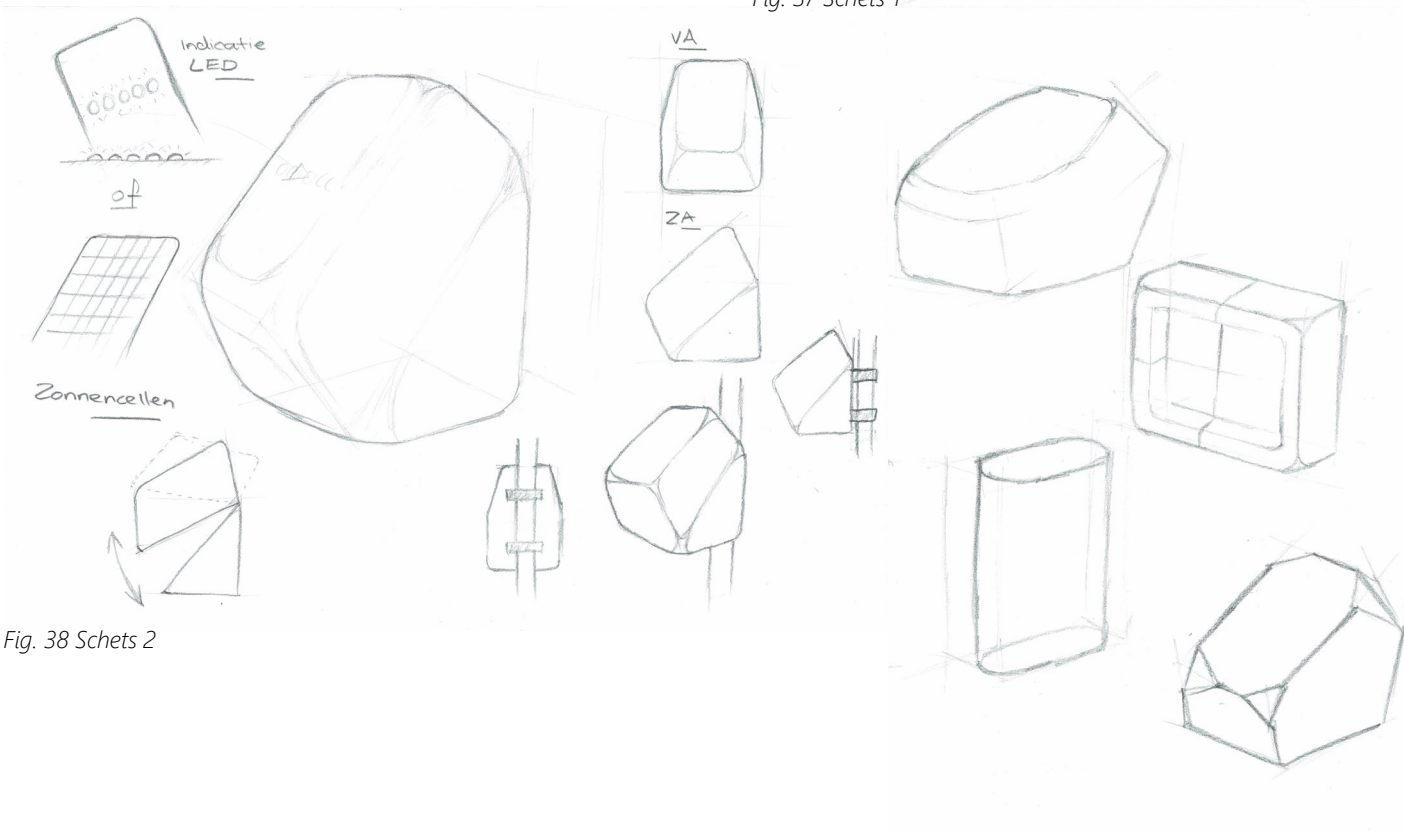


Fig. 38 Schets 2

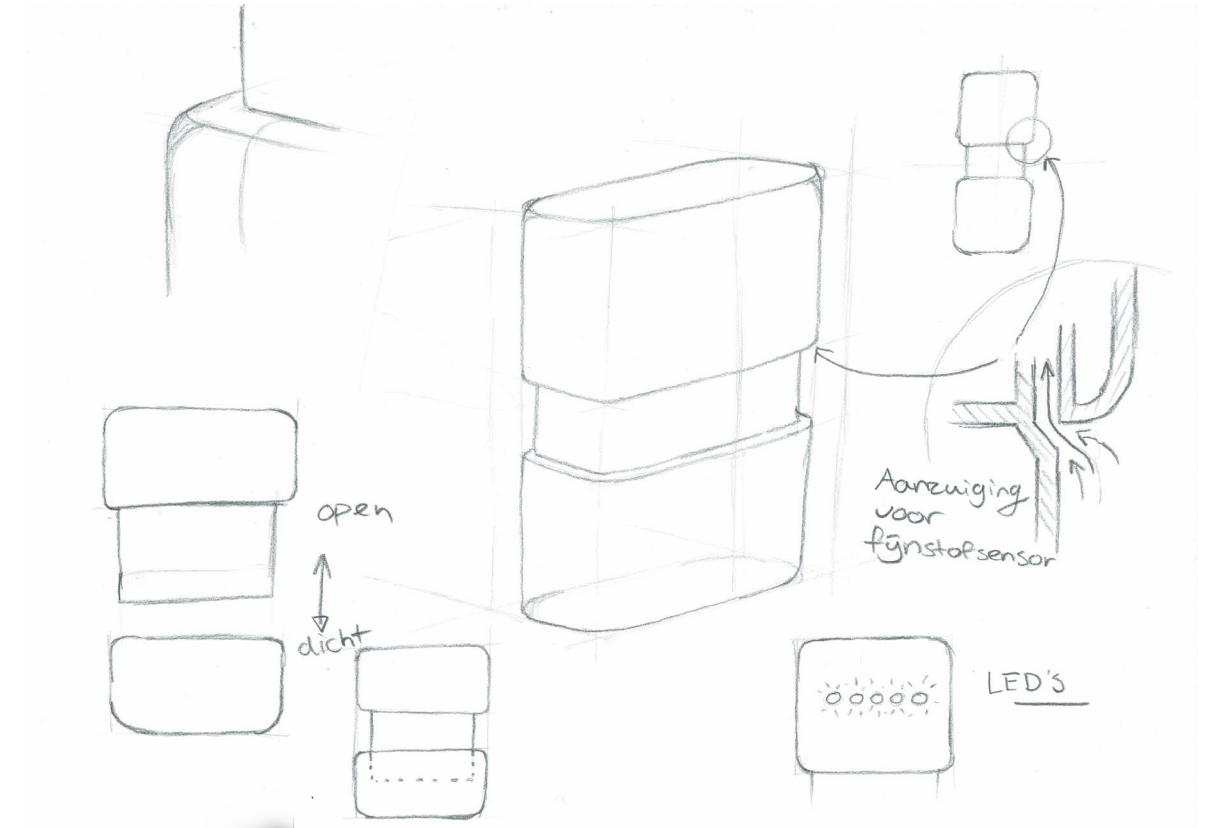


Fig. 39 Schets 3

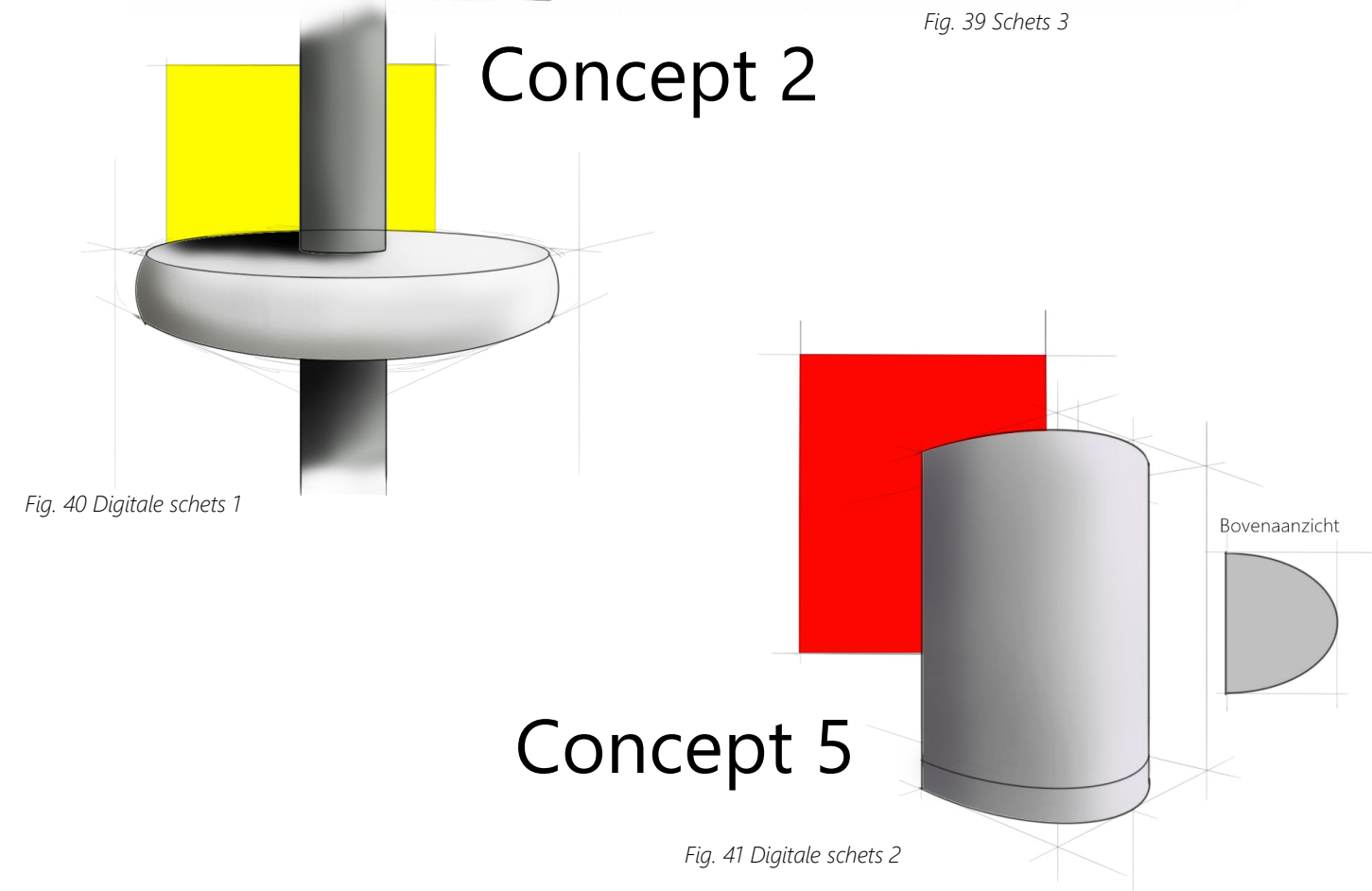


Fig. 40 Digitale schets 1

Fig. 41 Digitale schets 2

5. Keuzemoment

Om vanuit het negental concepten te komen naar een keuze is de Kesselring methode toegepast.

Multicriteria-analyse

Alle eisen worden opgedeeld in drie categorieën.

- Arbeid
- Functionaliteit
- Design, realisatie

Aan alle wordt een weegfactor gegeven. Vervolgens wordt er een schaalverdeling gemaakt hoeveel punten een concept kan krijgen. Bij deze Multicriteria-analyse loopt deze verdeling van 1 naar 4 punten. Als laatste wordt elk concept beoordeeld op het programma van eisen. Aan de concepten worden verschillende punten gegeven. Deze punten worden vermenigvuldigd met de weegfactor. Uiteindelijk komt er een totaal aantal punten per concept eruit. Deze punten worden omgezet in percentages.

Samen met medewerkers van GreenTechLab is er besloten om de beste concepten uit de Multicriteria-analyse in een enquête te stoppen. Alle concepten boven de 80% zijn meegenomen in de enquête. Dit zijn vier concepten.

In onderstaande afbeelding zijn de beste vier concepten te zien met de desbetreffende percentages. Voor de volledige Multicriteria-analyse zie de bijlage.

Concept 1

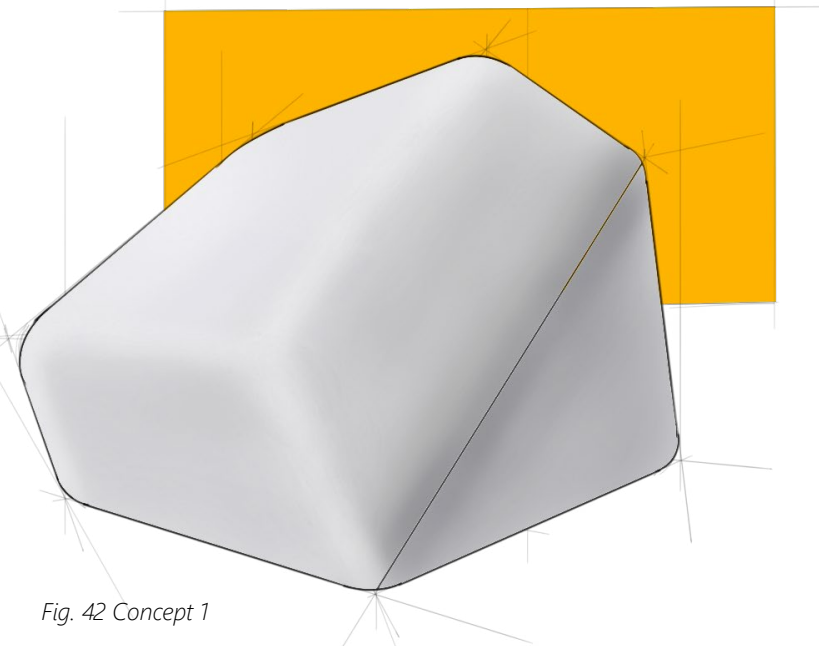


Fig. 42 Concept 1

85,7%

Concept 8

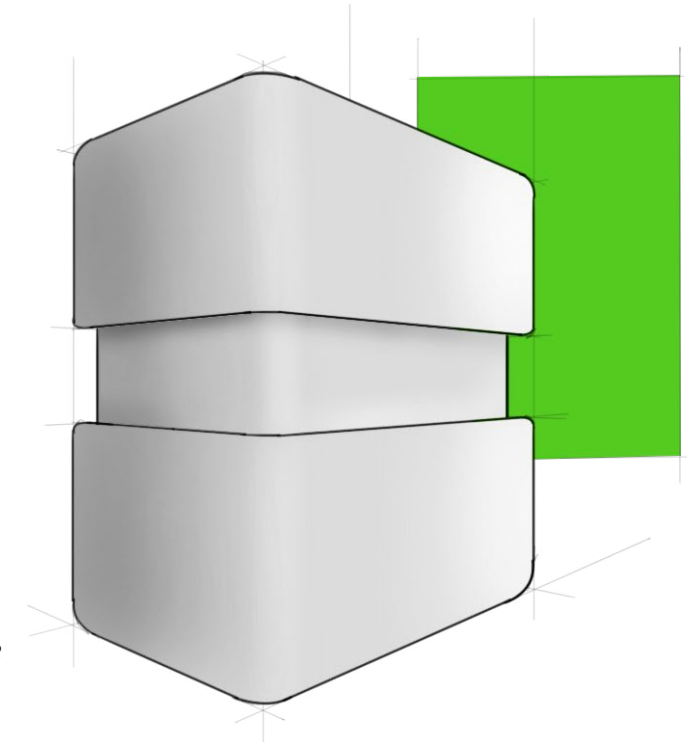


Fig. 44 Concept 8

86,9%

Concept 3

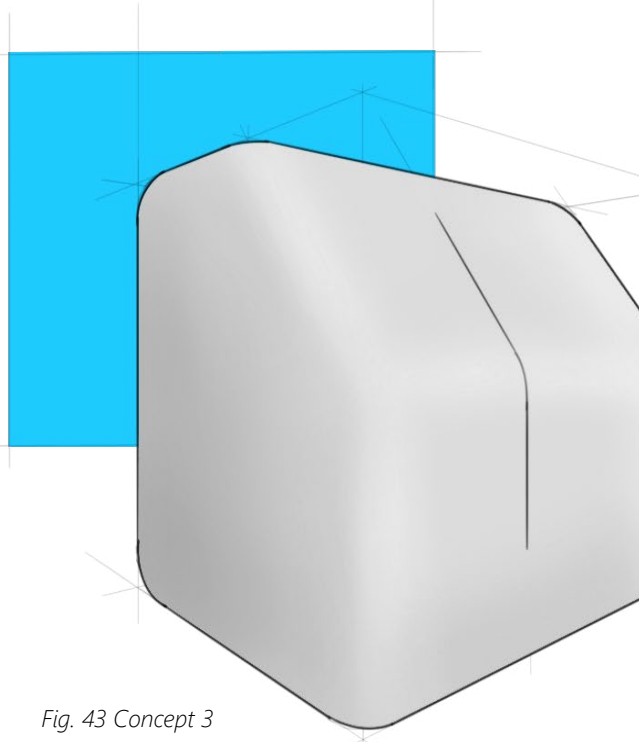


Fig. 43 Concept 3

82,1%

Concept 6

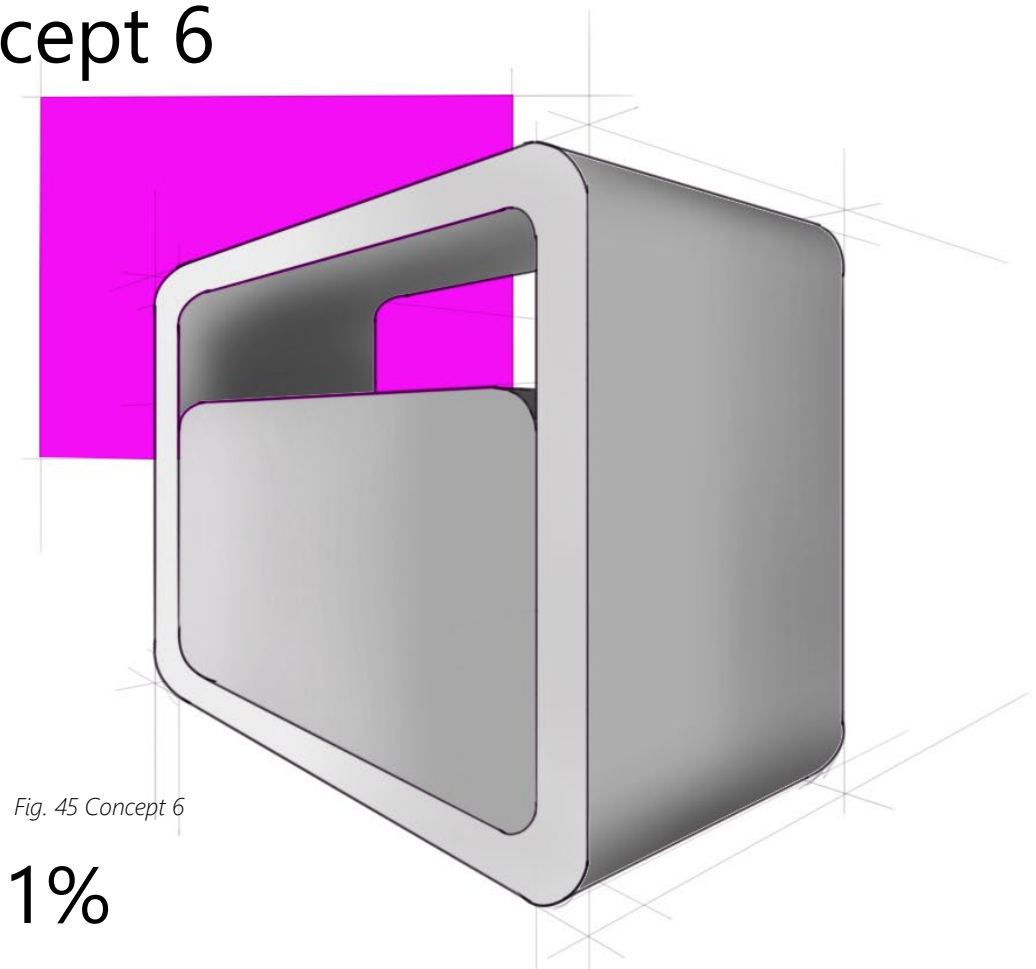
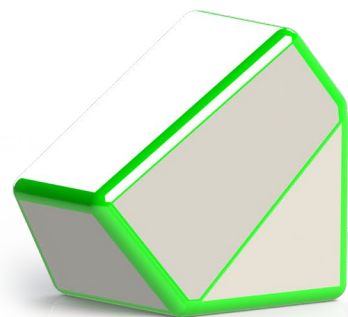


Fig. 45 Concept 6

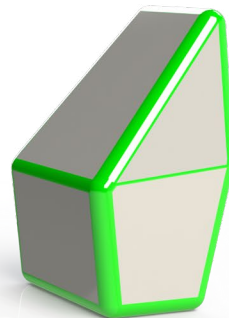
81%

6. Modellen

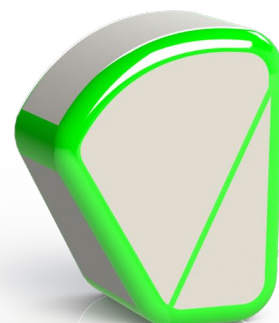
Met behulp van de Kesselring methode zijn een viertal concepten gekozen. Per concept zijn twee varianten gemaakt. Al deze varianten zijn in onderstaande afbeeldingen te vinden. Er bestaat ook nog een concept 5 dit is een combinatie van het ontwerp van concept 1 en de functie van concept 3. De functie van concept 3 wordt later in het verslag uitgelegd.



Concept 1

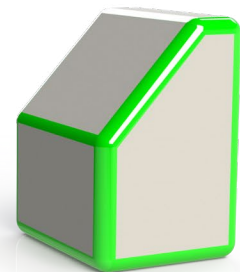


Concept 1.1

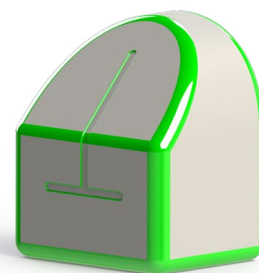


Concept 1.2

Fig. 46 Concepten 1



Concept 2

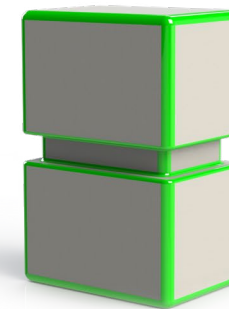


Concept 2.1



Concept 2.2

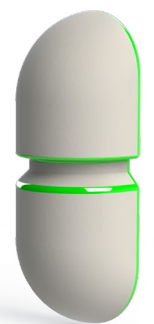
Fig. 47 Concepten 2



Concept 3

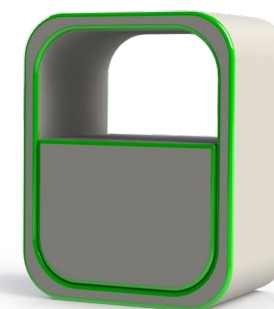


Concept 3.1

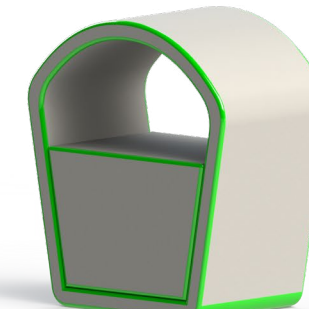


Concept 3.2

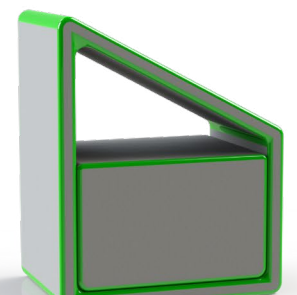
Fig. 48 Concepten 3



Concept 4

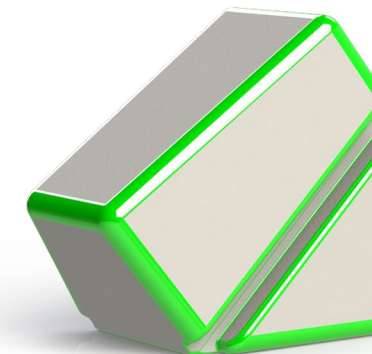


Concept 4.1



Concept 4.2

Fig. 49 Concepten 4



Concept 5

Fig. 50 Concept 5

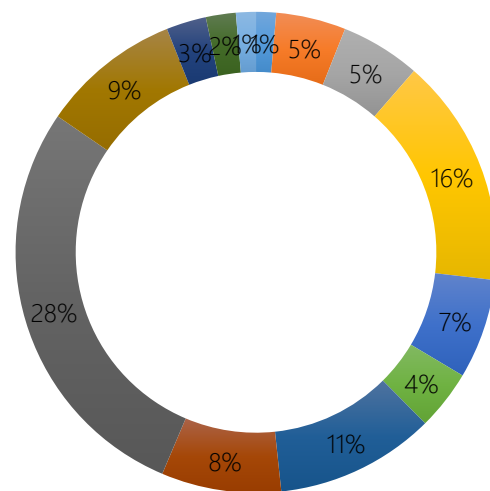
7. Enquête

Er is een enquête opgesteld om onder andere te kijken welk ontwerp mensen kiezen als ze een fijnstofmeter aanschaffen. Verder is er ook gevraagd of men interesse heeft in een indicatie. Met een indicatie wordt bedoeld: een simpele weergave met kleuren om aan te geven hoeveel fijnstof er wordt gemeten. Als voorbeeld is er gebruik gemaakt van de kleuren groen geel en rood.

- Rood = veel fijnstof
- Geel = matig
- Groen = Weinig fijnstof

Er zijn 158 antwoorden gekomen op de enquête. De resultaten van bovenstaande vragen zijn in onderstaande diagrammen te zien. De resultaten van bovenstaande vragen zijn in onderstaande diagrammen te zien.

Welk concept



■ Concept 1 ■ Concept 1.1 ■ Concept 1.2 ■ Concept 2 ■ Concept 2.1 ■ Concept 2.2 ■ Concept 3
■ Concept 3.1 ■ Concept 3.2 ■ Concept 4 ■ Concept 4.1 ■ Concept 4.2 ■ Concept 5

Fig. 51 Diagram concepten

Leeftijd

Er is door middel van de enquête ook onderzocht of keuzes voor een bepaald concept leeftijdsgebonden zijn. Dit onderzoek is in de bijlage van de enquêtes te vinden.

Concept 2



Fig. 53 Concept 2

Concept 3.2

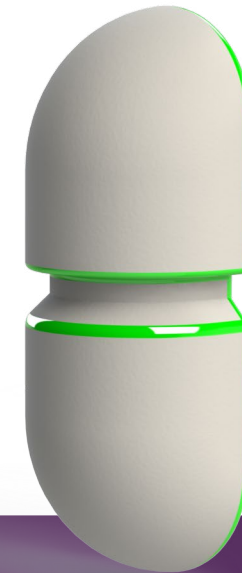


Fig. 52 Concept 3.2

Concept 3

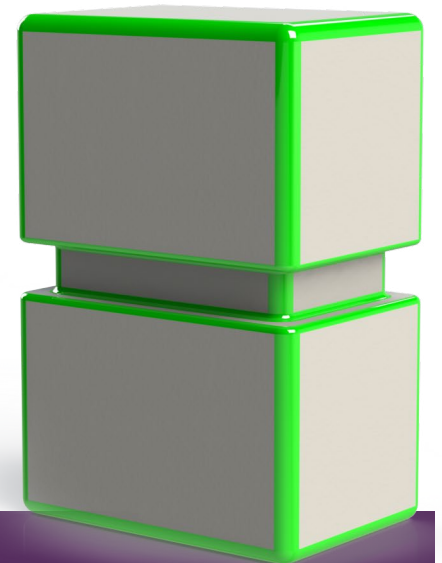


Fig. 54 Concept 3

De volgende vraag betreffend de indicatie was:
"Welke indicatie werkt voor u het beste?"
Hier waren vier vragen die werden voorgesteld:

1. Ledjes in de behuizing die rood geel of groen kleuren.



Fig. 57 Leds

2. Een schijf die draait als de hoeveelheid fijnstof veranderd.
Hij draait naar de juiste kleur

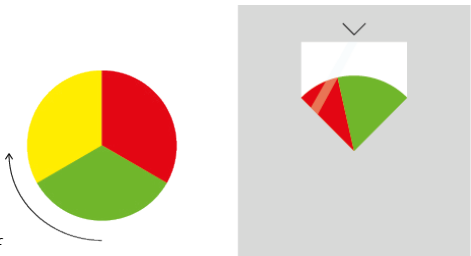


Fig. 58 Kleurenschijf

3. De behuizing is gemaakt van een melkachtig kunststof.
Met precies geplaatste ledstrips verlicht de gehele behuizing op



Fig. 55 Melkachtige behuizing
(Led met een verdeler, z.d.)

4. Er is een ledstrip geplaatst in de behuizing. Voor de ledstrip
zit een verdeler die onderdeel is van de behuizing. Met de
verdeler wordt het een egale kleur.

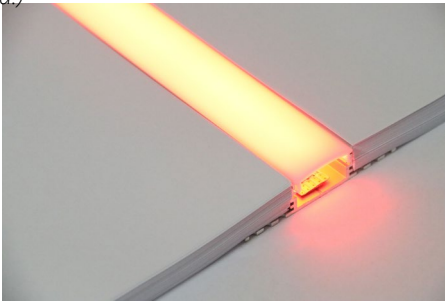
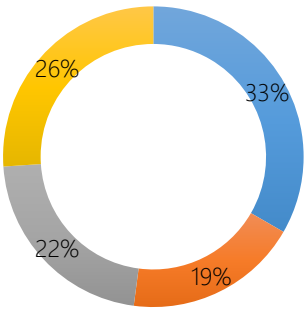


Fig. 56 Led met een verdeler
(Led met een verdeler, z.d.)

Indicatie



- Er is een LED strip geplaatst in de behuizing. Voor de LED strip zit een verdeler die onderdeel is van de behuizing. Met de verdeler wordt het een egale kleur. Zie afbeelding voor verduidelijking
- De behuizing is gemaakt van een melkachtig kunststof. Met precies geplaatste LED strips verlicht de gehele behuizing op
- Een schijf die draait als de hoeveelheid fijnstof veranderd. Hij draait naar de juiste kleur.
- Ledjes in de behuizing die rood geel of groen kleuren. Zie afbeelding

Fig. 59 Diagram indicatie

33% van de ondervraagden kiest voor een ledstrip geplaatst in de behuizing. Ook moet er worden gekeken welke functies de kleuren moeten hebben. De gebruiker moet niet verward worden door alle kleuren die de ledstrip kan geven. Hierdoor moet er worden bedacht welke functies verschillende kleuren krijgen.

De volledige enquête met alle uitslagen staan in Bijlage J

8. Keuzemoment productiemethode

De eerste oplage aan fijnstofmeters zijn 50 stuks. Dit heeft grote invloed op de productiemethode. Er zijn bij verschillende bedrijven prijzen opgevraagd wat de opstartkosten (matrijskosten) en de productkosten bij een bepaald aantal zijn. Met deze gegevens kan een grafiek worden gemaakt om te kijken welke productiemethode het meest rendabel is om toe te passen bij n bepaald productieaantal.

In onderstaande grafieken is te zien welke productiemethode het beste is voor een bepaald productieaantal. Voor de getallen die de grafiek vormen zie bijlage I In de grafiek is te zien dat 3D printen rendabel is tot 500 stuks. Hierna worden de andere productiemethodes interessant. Met het huidige model is vacuümvormen niet mogelijk omdat er geen ribben en bijvoorbeeld mounting bossen mogelijk zijn.

Bekeken productiemethodes

- Vacuümvormen
- Matrijsvormen
- spuitgieten
- 3D printen

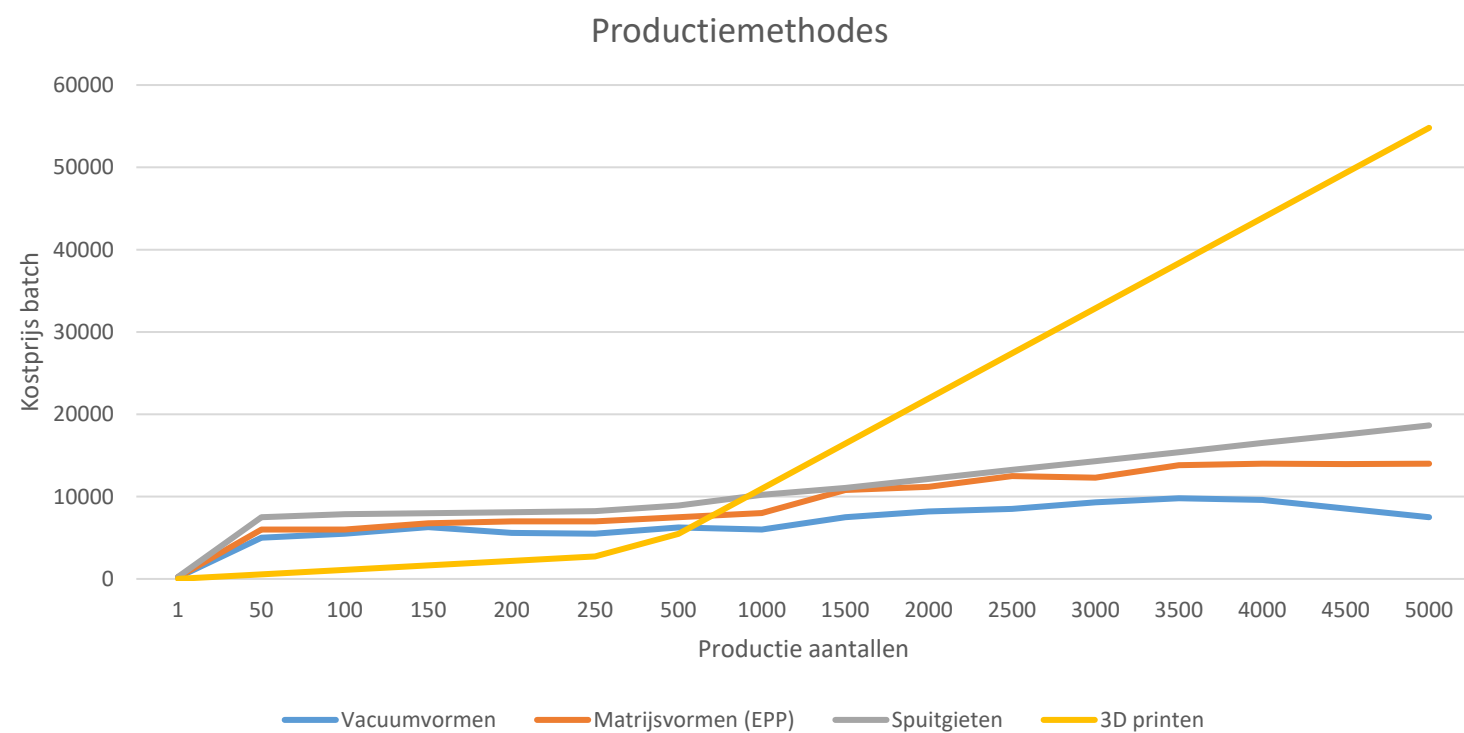


Fig. 60 Productiemethodes 1

9. Eindmodel

De burger en zakelijke versie bestaan uit verschillende onderdelen en componenten. In dit hoofdstuk worden alle plaatsingseisen van de componenten en onderdelen beschreven.

9.1 Componenten

Tabel 8 Componenten

Component	Eisen voor plaatsing in de behuizing
Sensirion sensor	De sensor moet op een bepaalde manier in de behuizing worden geplaatst zie bijlage plaatsing sensoren
Sensor temperatuur, vocht en druk (Joy-it SEN-BME680 Sensormodule)	De sensor moet in contact staan met de buitenlucht.
GPS module (GY-NEO6MV2)	De antenne moet parallel geplaatst worden met de horizon.
Power Connector en adapter	De connector moet aan de achterkant zitten van de behuizing.
PCB burgerversie	Geen plaatsingseisen
LoPy4	Moet op de PCB worden geplaatst
Plakantenne	Verticaal geplaatst worden
Verschillende schroeven	Geen plaatsingseisen
O-ring snoer	Komt in de zakelijke versie
18650 accu's	Komen in de accuhouder
Accuhouder	Geen plaatsingseisen
PCB zakelijke versie	Geen plaatsingseisen
Nova PM sensor	Zie bijlage plaatsing sensoren
Led strip	Dicht bij buitenkant van de behuizing.

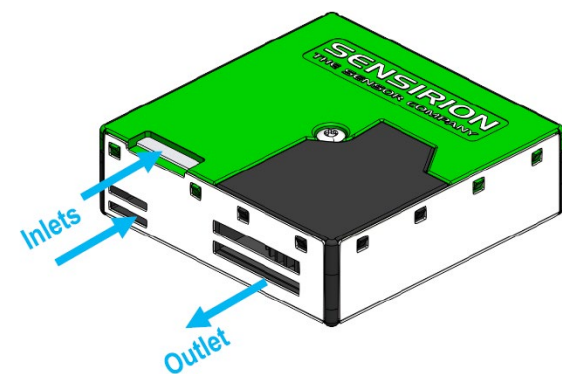


Fig. 62 Fijnstofsensor

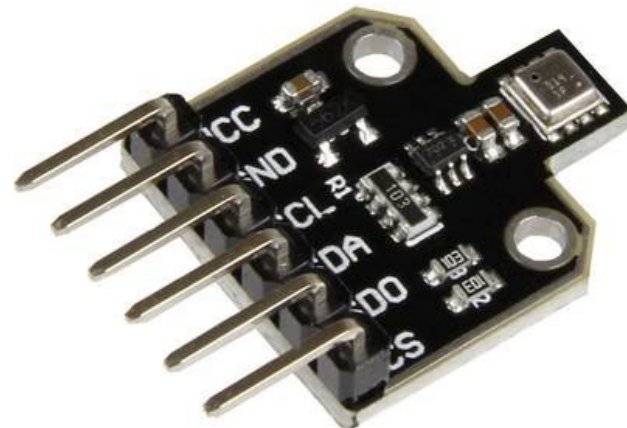


Fig. 63 Temperatuur, vocht en druk sensor
(Temperatuur, vocht en druk sensor, z.d.)



Fig. 64 GPS module
(GPS module, z.d.)



Fig. 65 DC power connector
(DC power connector, z.d.)

Fig. 66 Adapter
(Adapter, z.d.)



Fig. 68 LoPy4
(LoPy4, z.d.)

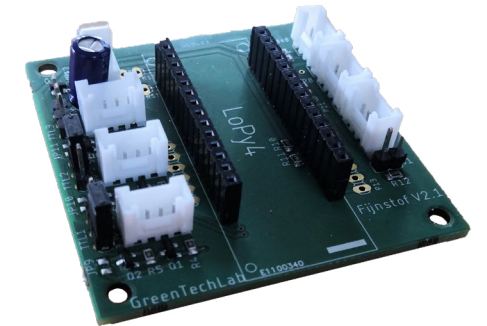


Fig. 67 PCB burgerversie



Fig. 69 Verschillende schroeven

Inlaat



Fig. 70 Plakantenne
(Plakantenne, z.d.)

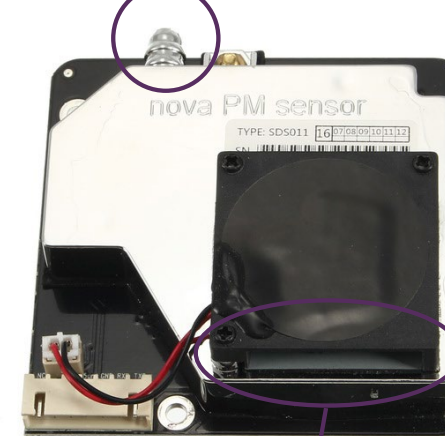


Fig. 71 Nova PM sensor
(Nova PM sensor, z.d.)

Uitlaat



Fig. 72 18650 accuu
(18650 accu, z.d.)

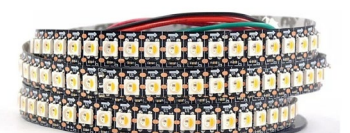


Fig. 73 Led strip
(Led strip, z.d.)

Zonnepaneel

Bij een aantal bedrijven geïnformeerd of ze iets kunnen betekenen voor het leveren van zonnepaneelfolie en of ze tips hebben over het plaatsen ervan. Wat al bekend is, is dat zonnepaneelfolie een slechter rendement heeft dan normale zonnepanelen. Het desbetreffende bedrijf met informatie was "Powerfilmsolar". Er was een afbeelding opgestuurd met de plaatsen waar het zonnepaneelfolie moest komen. Zie de groene vlakken in onderstaande afbeelding.

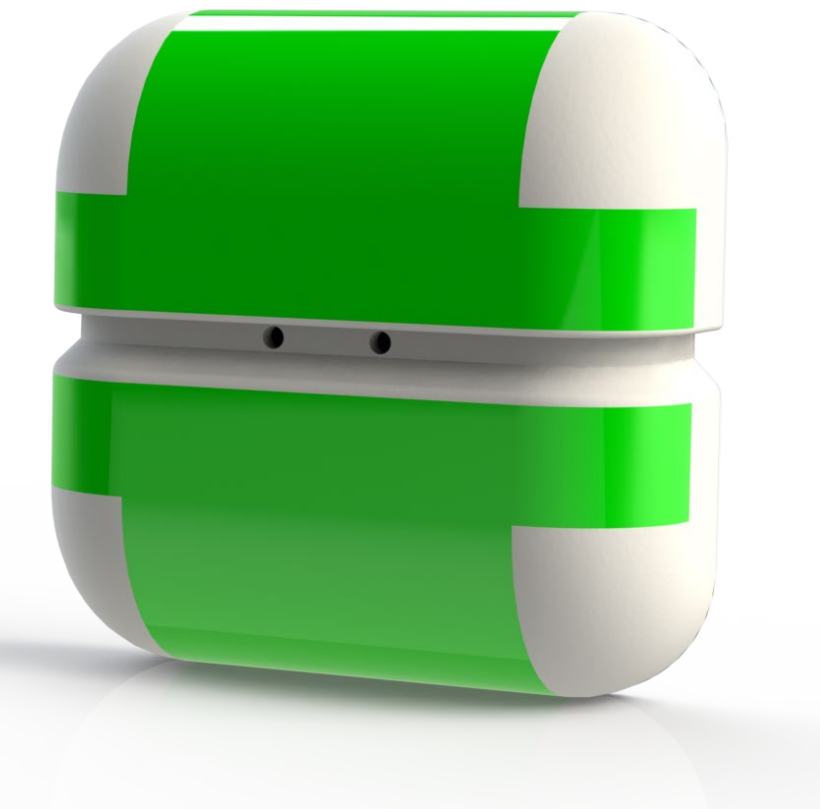


Fig. 74 Plaatsing zonnepaneelfolie

Hieruit kan worden geconcludeerd dat zonnepaneelfolie geen optie is om toe te passen.

Een oplossing is een Solarmodule van 1 Watt. Onderstaande Solarmodule heeft de volgende afmetingen: 110*60*3mm. Er zijn er tien nodig voor 10 Watt vermogen.

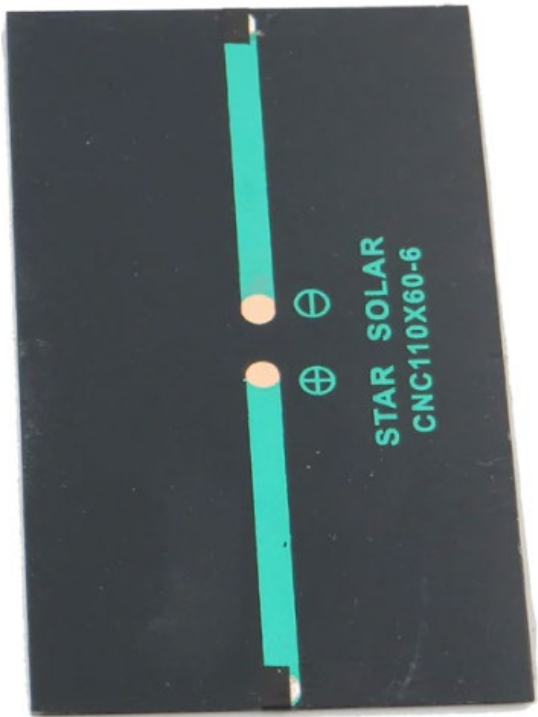


Fig. 75 Achterkant Solarmodule (Solarmodule, z.d.)



Fig. 76 Solarmodule (Solarmodule, z.d.)

Voor de vormgeving zijn er verschillende ontwerpen gemaakt waarbij tien Solarmodules zijn toegepast. Onderstaand model is het beste model omdat het gemakkelijk te produceren is. Het ontwerp wordt gelaserd uit één staal plaat en wordt vervolgens gebogen tot onderstaand ontwerp. Voor de vergelijking is een 10 Watt zonnepaneel gemonteerd op het fijnstofmeetstation. Het gekozen zonnepaneel is een 10 Watt zonnepaneel. De optie met tien Solarmodules is niet rendabel voor het GreenTechLab. Het is niet rendabel door:

- Extra assembleer koste
- Kabel moeten weggewerkt worden
- Testen moeten worden uitgevoerd

Voor de andere ontwerpen zie bijlage L.



Fig. 77 Zonnepaneel

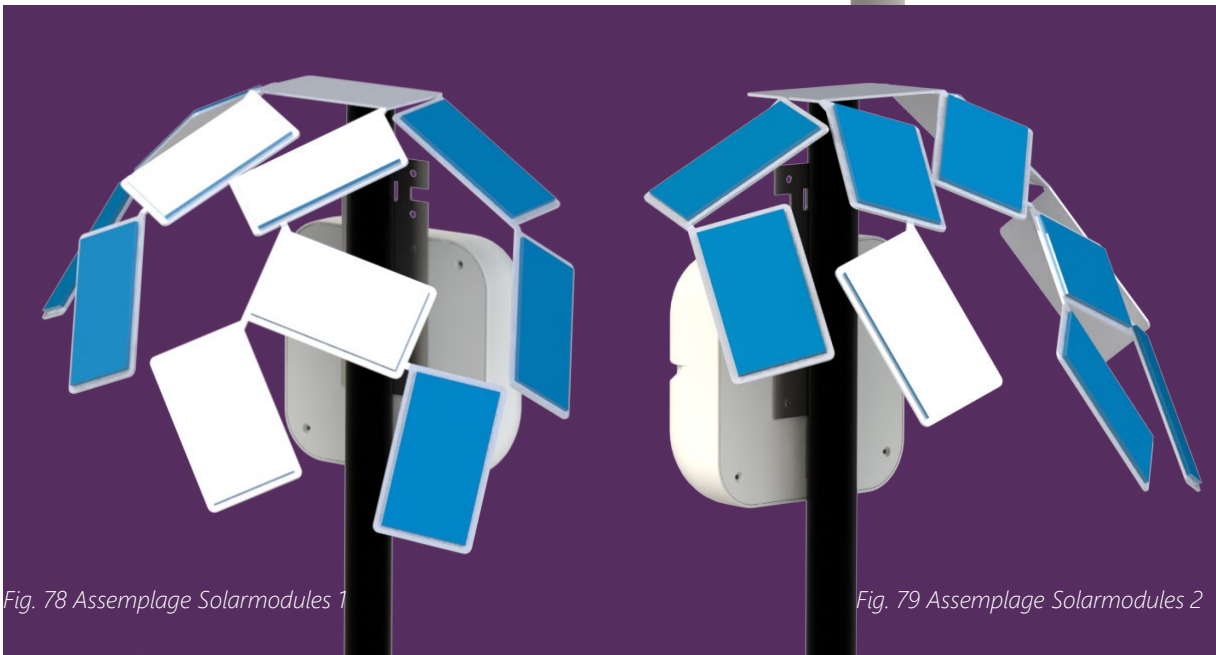


Fig. 78 Assemblage Solarmodules 1

Fig. 79 Assemblage Solarmodules 2

9.2 Burgerversie

9.2.1 Componenten burgerversie

Componenten lijst:

Tabel 9 Prijzen componenten burgerversie

Componenten	Prijs (euro) per stuk	Prijs (euro) per stuk; 50 stuks
Joy-it SEN-BME680 Sensormodule	23,99	21,59
Sensirion SPS30 - PARTICULATE SENSOR	42,04	29,26
GY-NEO6MV2 GPS MODULE	13,60	11
1613 18 - DC Power Connector	3,24	1,89
PCB	21,5	10
Adapter	2,31	2,31
LoPy4	39,87	39,87
Plakantenne	8,09	5,85
Diffuser	0,01	0,01
Insectengaas	0,01	0,01
Schroeven totaal + muurpluggen	1	0,5
Led strip	0,88	0,88
Totaal kosten componenten	154,92	122,57

De led strip kost 22 euro per één meter. Er is maar vijf centimeter nodig. Hierdoor kost één led strip voor in de behuizing $0,04 \cdot 22 = 0.88$ euro

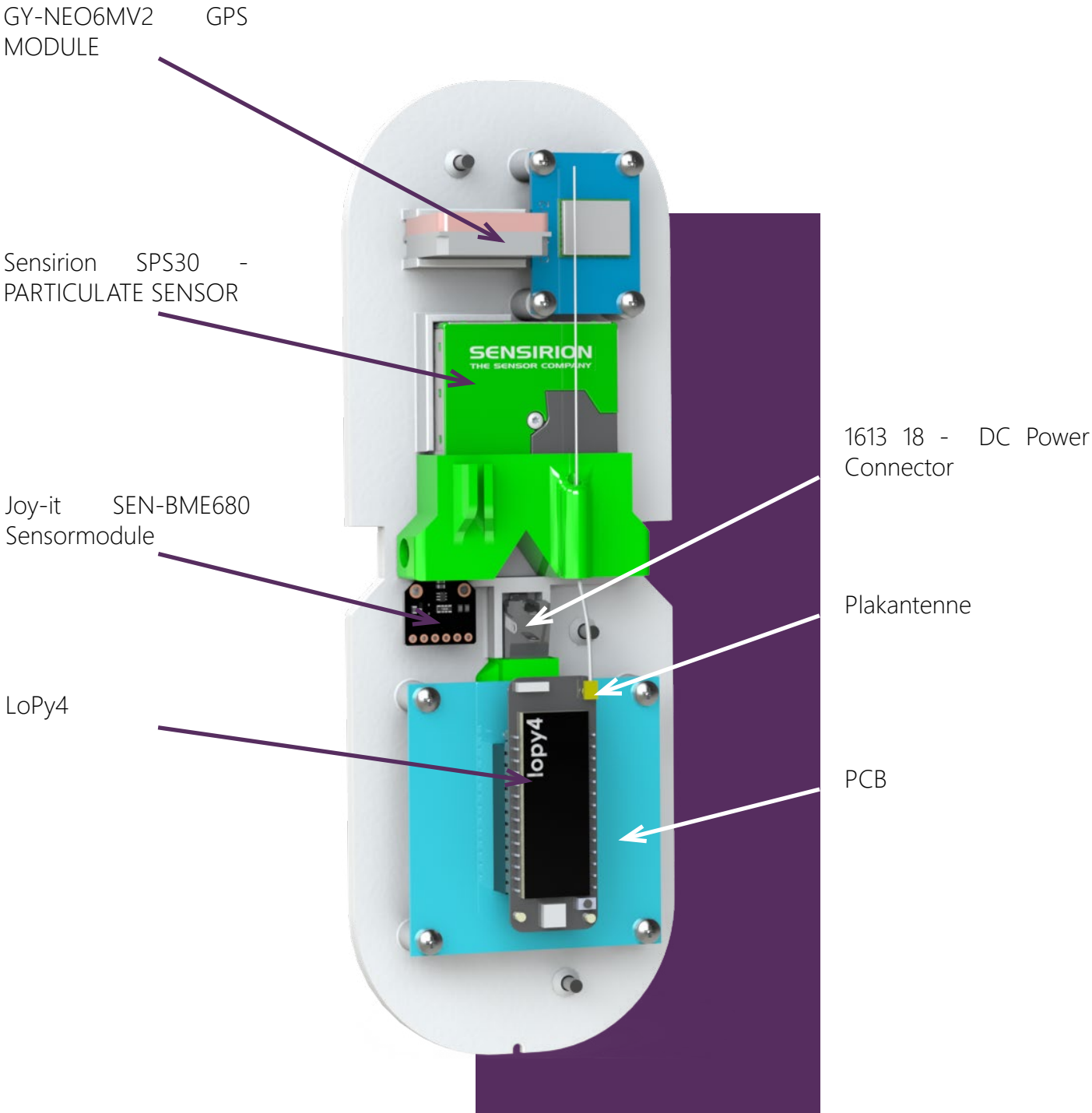


Fig. 80 Plaatsing componenten

9.2.2 Onderdelen burgerversie

Achterkant

Bijna alle componenten zijn op de achterkant gemonteerd. Dit is gedaan doormiddel van klemming en vastschroeven. Er is gekozen om bijna alle componenten op de achterkant te monteren omdat er geen problemen kunnen ontstaan met demonteren van het product als het nodig is. De kap zit dan bijna volledig los op de achterkant. Ook maakt dit het monteren van alle componenten gemakkelijker. De wanddikte van de achterkant is 5 mm. Dit onderdeel wordt 3D geprint. Voor de 3D printinstellingen zie de bijlage.

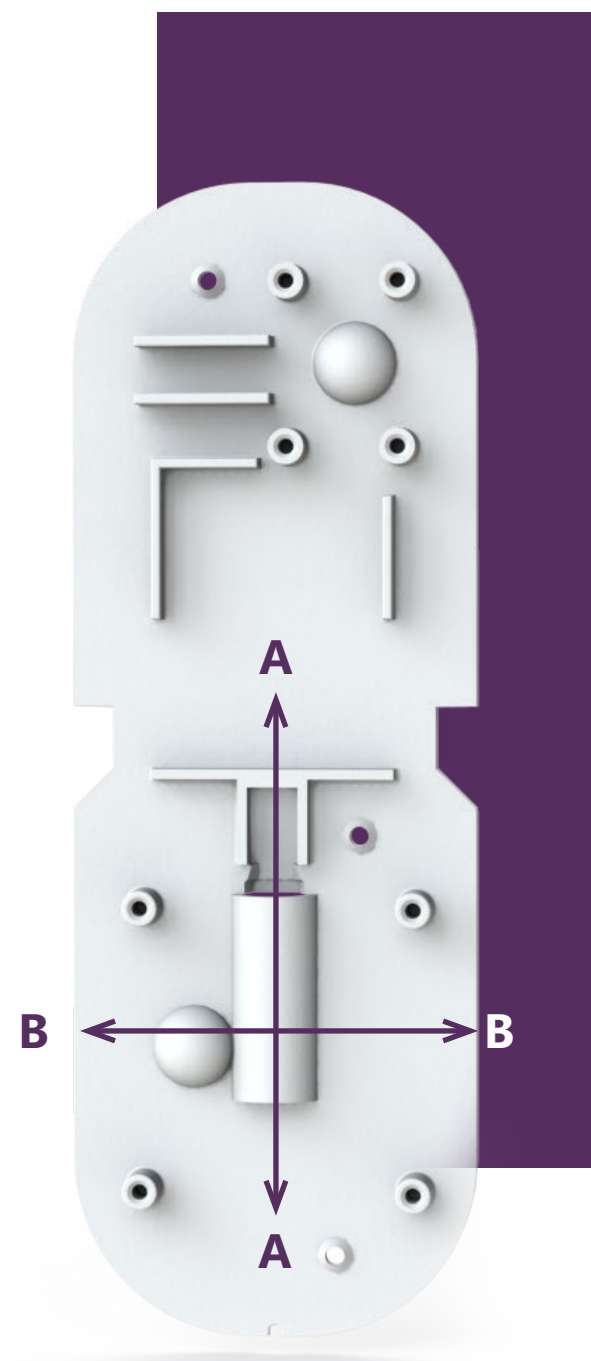


Fig. 81 Achterkant 1



Fig. 82 Achterkant doorsnede 1

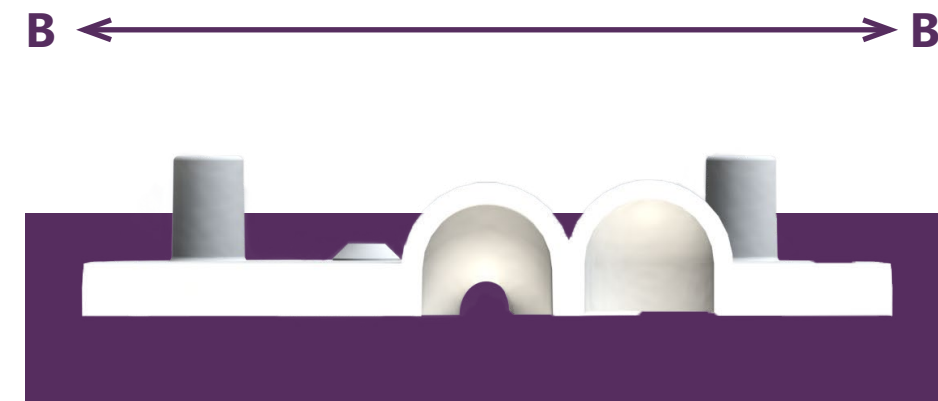


Fig. 83 Achterkant doorsnede 2



Fig. 84 Achterkant 2

Kap

De kap wordt gemonteerd op de achterkant doormiddel van mounting bosses. De led strip wordt in de kap gemonteerd. In de kap zijn ribben geplaatst voor stevigheid. Verder is de wanddikte van de kap 5mm en is voorzien van een sleuf waar de led strip wordt geplaatst. Er zitten twee gaten aan de zijkanten. Deze dienen voor de lucht in- en uitlaat.



Fig. 85 Kap 1



Fig. 86 Kap 2

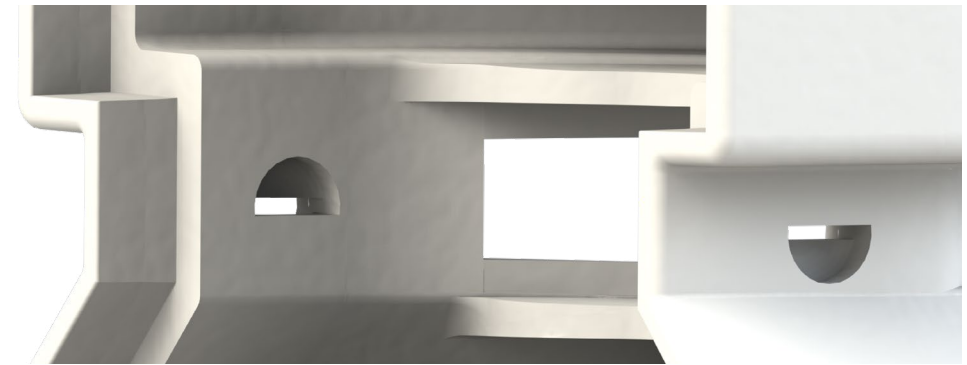


Fig. 87 Detail kap 1



Fig. 88 Detail kap 2

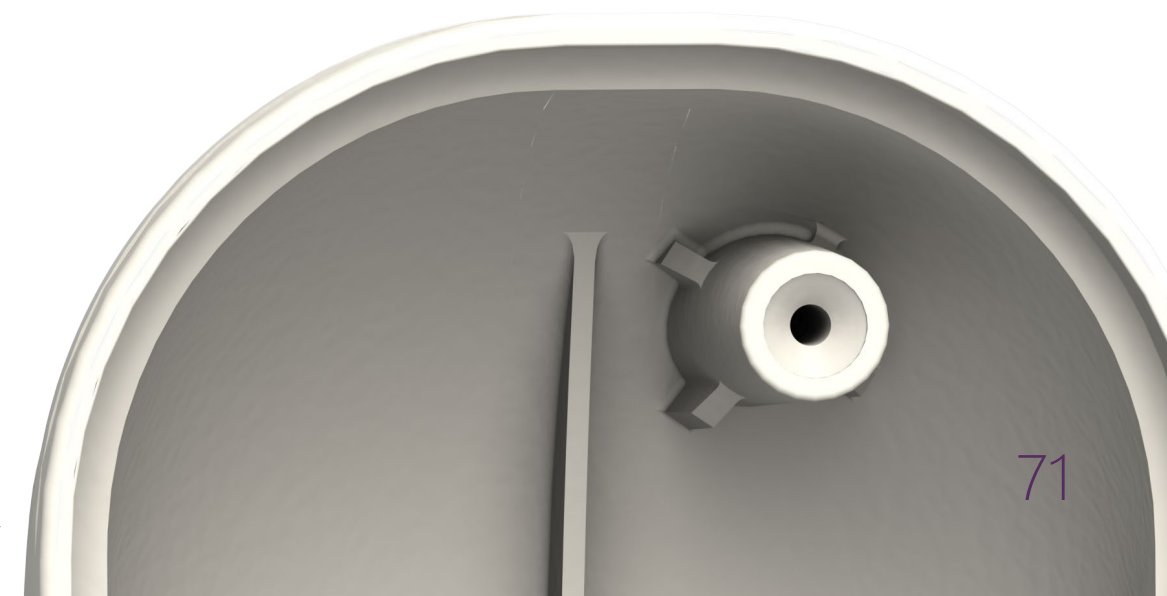


Fig. 89 Detail kap mounting bosses

Koppelstuk sensor

Dit onderdeel heeft verschillende functies.

- Geleiden van de luchtstroom naar en van de fijnstofsensor
- Plaatsen van de plakantenne
- Kabelgeleiding/management
- Plaatsing van de Joy-it temperatuursensor

Het onderdeel is 3D geprint van flexibel materiaal. (NinjaFlex filament) Hierdoor ontstaat een klemming samen met de fijnstofsensor en de behuizing. Door deze klemming blijft het onderdeel stevig in de behuizing zitten. Er zijn verschillende test prints gemaakt en getest om zo de juiste afmetingen te creëren.

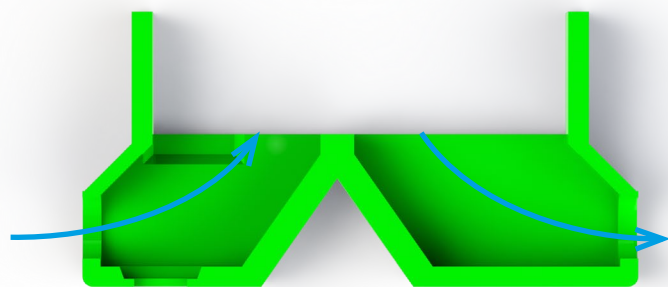


Fig. 90 Koppelstuk sensor lucht



Fig. 91 Koppelstuk sensor 1

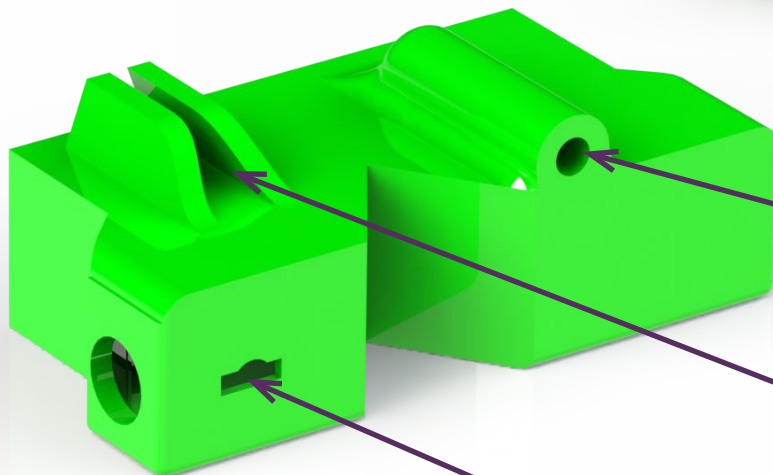


Fig. 92 Koppelstuk sensor 2

Plaats voor de plakantenne

Plaats voor verschillende kabels

Plaats voor de Joy-it sensor module

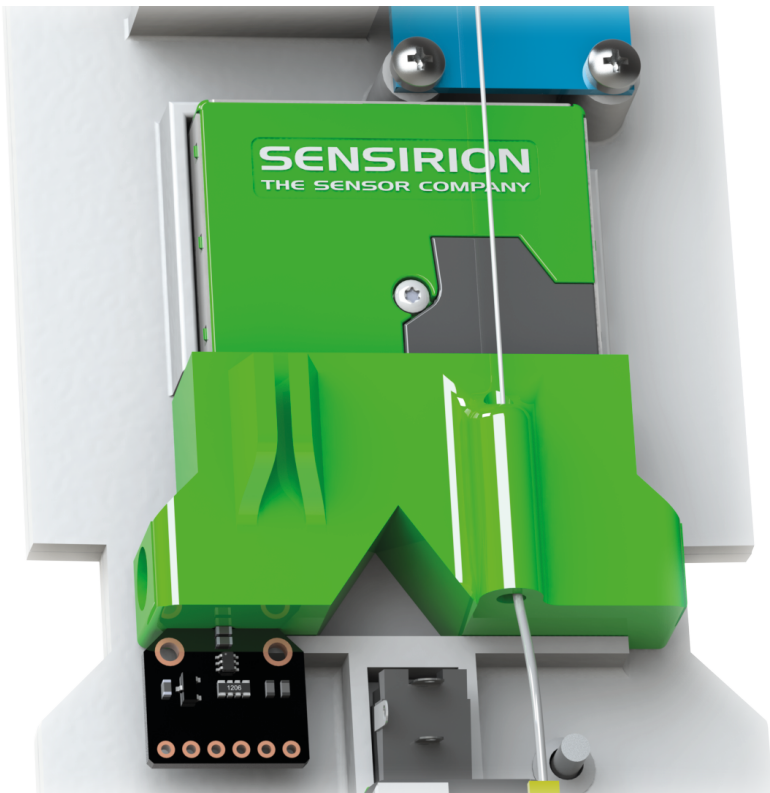


Fig. 93 Koppelstuk sensor gemonteerd

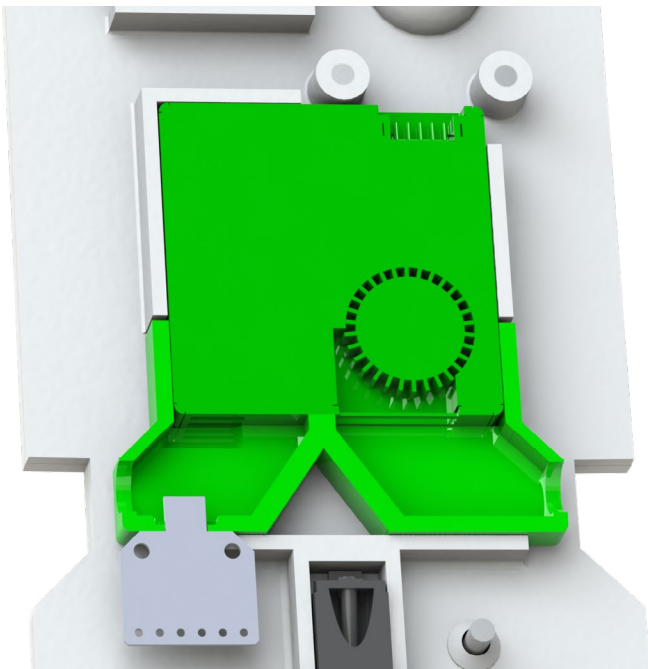


Fig. 94 Doorsnede koppelstuk sensor

Koppelstuk adapter

Dit onderdeel is ontworpen om de behuizing zo veel mogelijk lucht en waterdicht te maken. Het onderdeel sluit de opening af die gecreëerd is voor de adapter.

Het onderdeel is ook 3D geprint van flexibel materiaal.

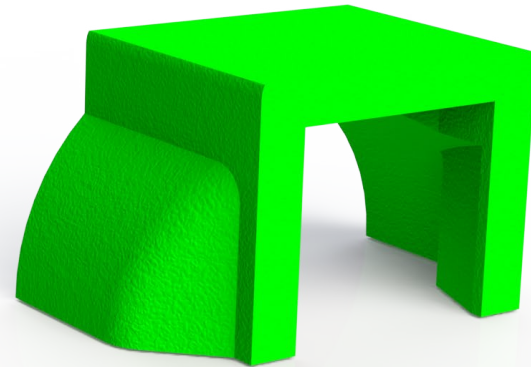


Fig. 95 Koppelstuk adapter

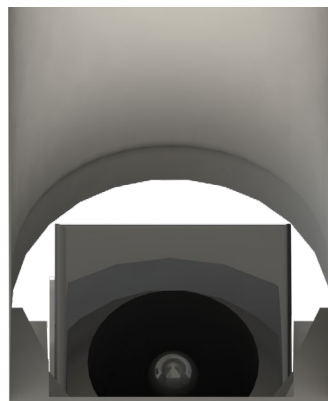


Fig. 96 Voor monteren koppelstuk adapter



Fig. 97 Na monteren koppelstuk adapter

Voor en na het installeren van het koppelstuk

Fig. 98 Koppelstuk adapter gemonteerd

Ophangring

Onderstaand onderdeel is ontworpen om het product op een zo simpele mogelijke manier op te hangen. Met deze oplossing wordt er geen openingen gemaakt in de behuizing en blijft de behuizing afgesloten.

Het onderdeel is ook geprint met flexibel materiaal. Door het flexibel materiaal krijgt het onderdeel zijn functie. De bedoeling is dat de gebruiker op twee plaatsen zijn schroeven met muurpluggen in de muur monteert. Het onderdeel worden dan over de twee schroeven geplaatst. Er zit een kleine uitsparing in het onderdeel. Dit is goed in Figuur 101 te zien. Doordat het flexibel is vervormd het materiaal een beetje en kan de schroef in het onderdeel worden geschoven. Door deze kleine uitsparing houdt het de schroef tegen om er weer uit te gaan.

De type schroeven zijn "Spaanplaat Schroef VZ CK PZ-2 3.5x30 mm". Ze hebben een ronde kop waardoor het gemakkelijker is om de behuizing aan de muur te hangen. Met deze ronde kop wordt het onderdeel ook minder snel beschadigd.

Het onderdeel wordt doormiddel van lijm in de behuizing vast gemaakt.



Fig. 99 Ophang ring

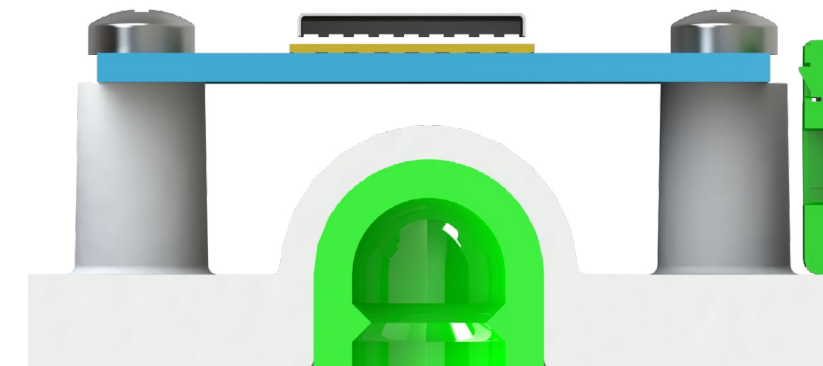


Fig. 100 Doorsnede ophang ring gemonteerd

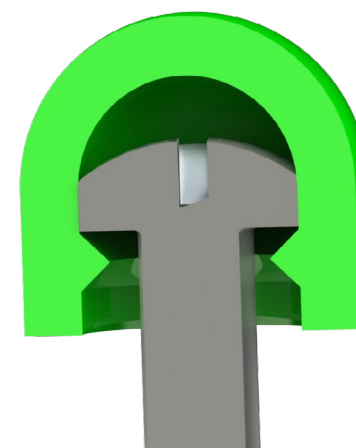


Fig. 101 Ophang ring met schroef

Houder Led strip

Voor de led strip moest is houder ontworpen om zo een afstand te creëren tussen de led strip en de diffuser. De houder wordt gemonteerd aan de kap doormiddel van klemming en lijm. Op de houder wordt de led strip geplakt.

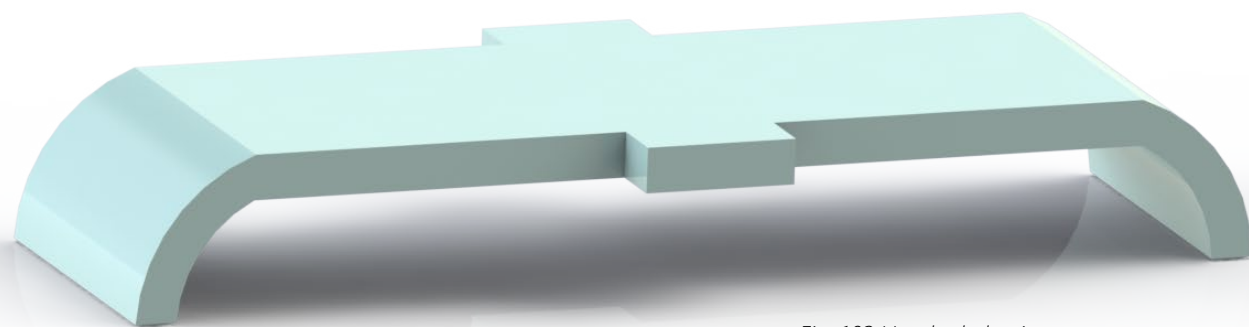
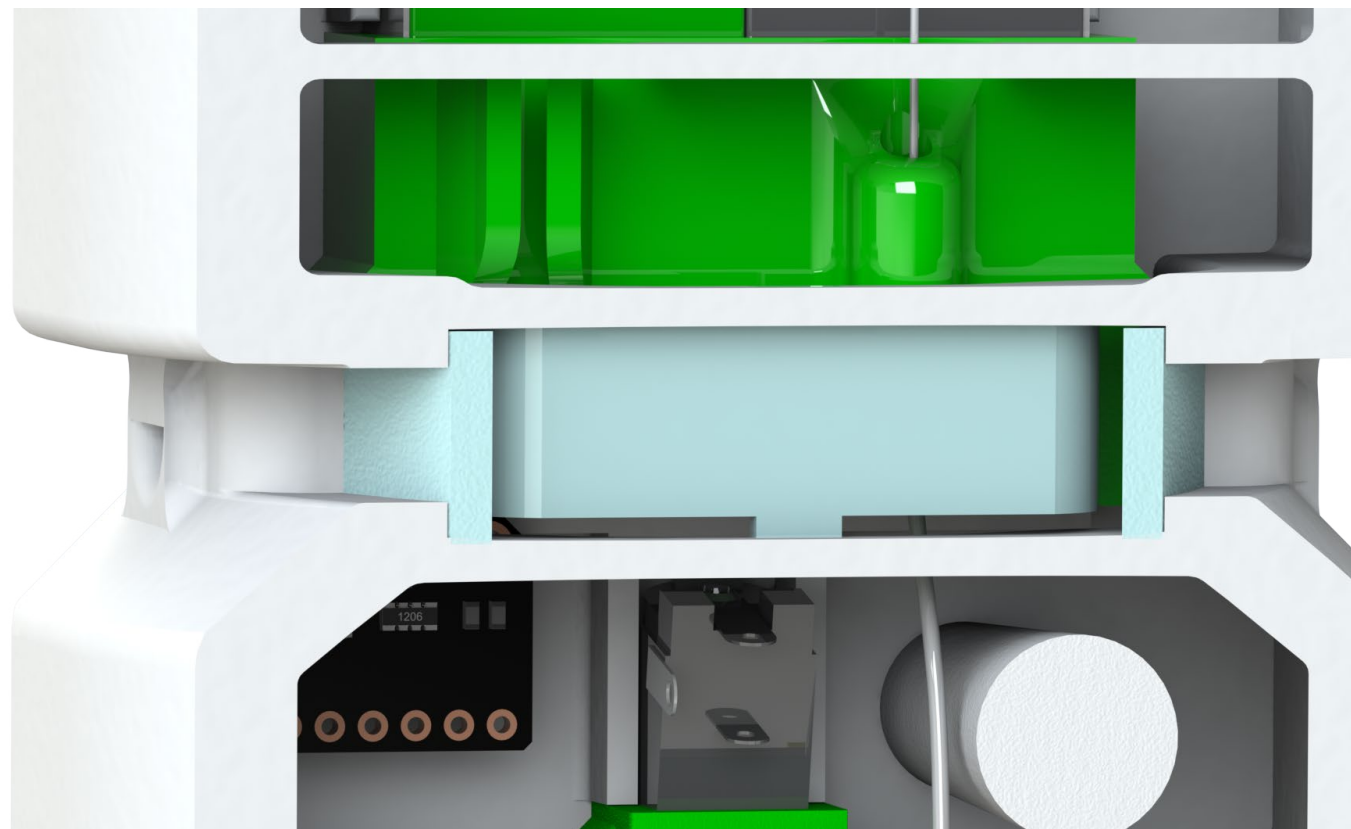


Fig. 102 Houder led strip

Fig. 103 Houder led strip gemonteerd



9.2.3 Model

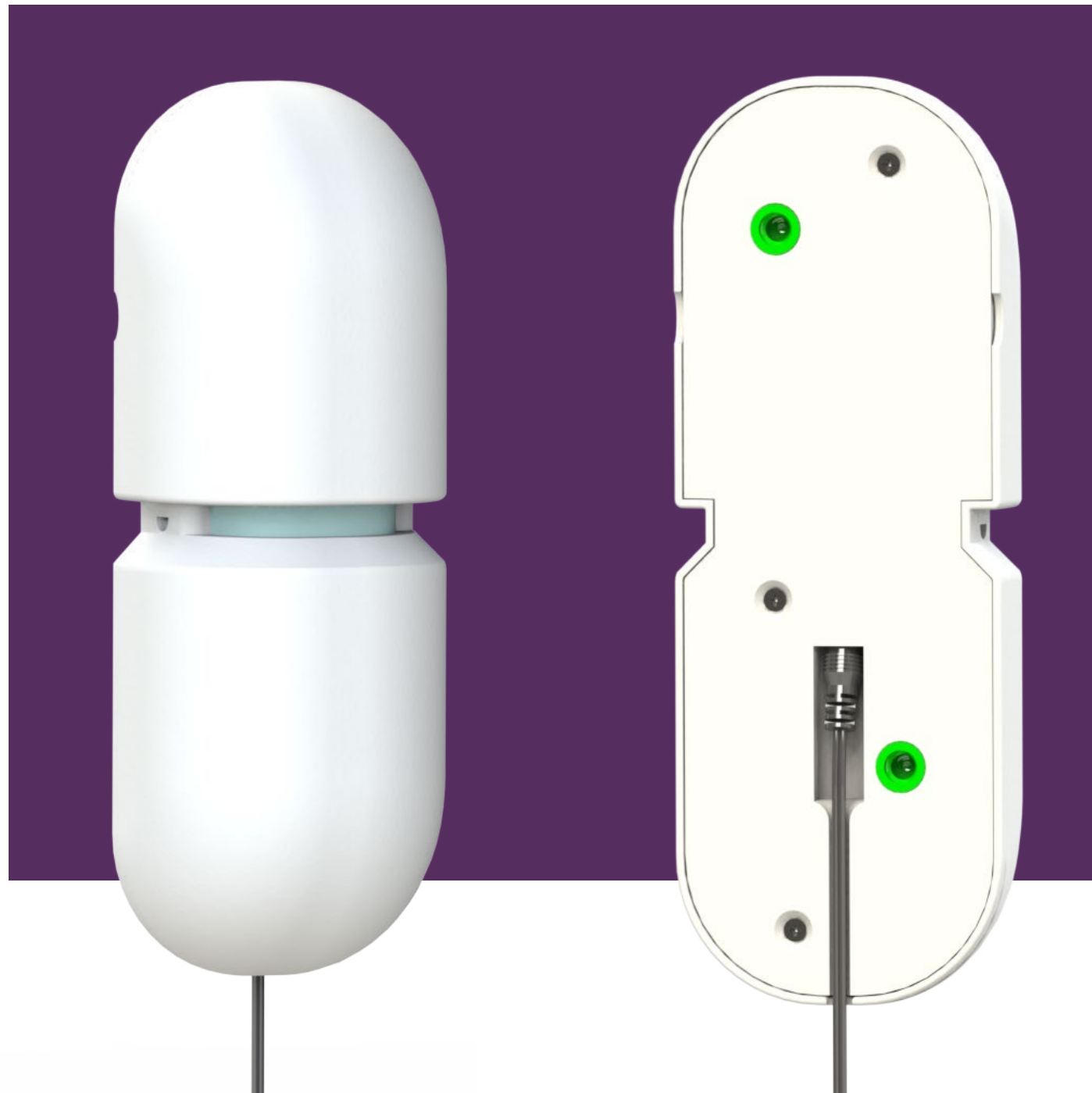


Fig. 104 Burgerversie 1

Fig. 105 Burgerversie 2

Bij de burgerversie zijn twee opties om de stroomkabel weg te werken.

- De eerste optie is dat de kabel achter het product loopt. (Zie vorige pagina)
- De tweede optie is een gat in de muur maken waardoor de stroomkabel kan lopen.

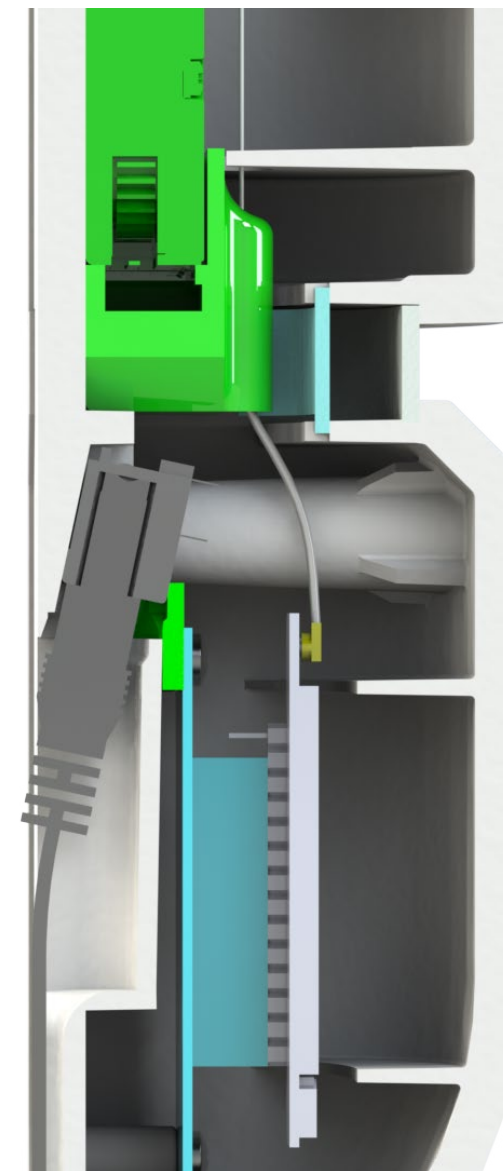


Fig. 106 Doorsnede adapter 1

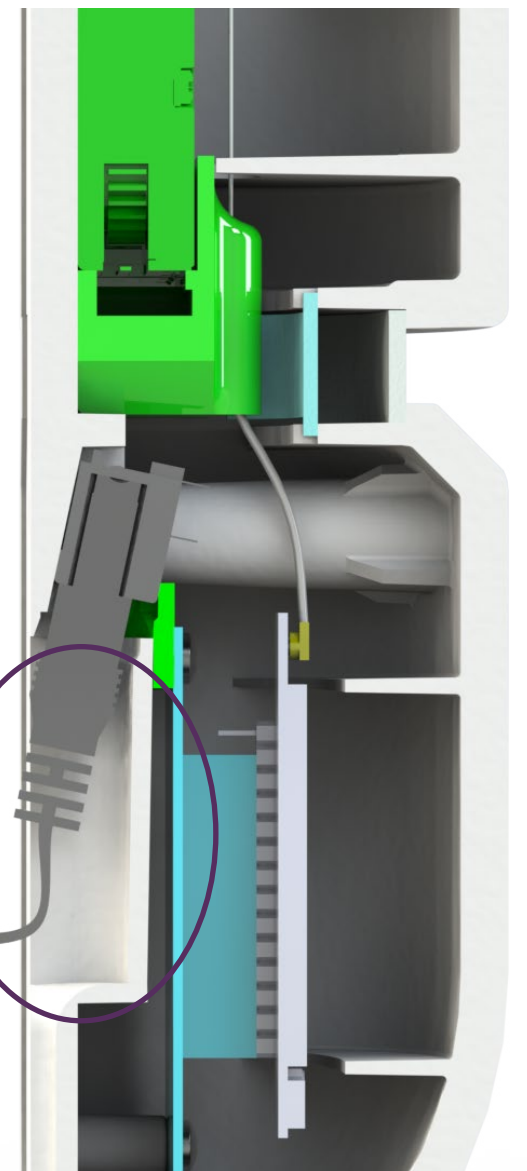


Fig. 107 Doorsnede adapter 2

Ruimte om de kabel te buigen.

Om het koppelstuk van de sensor op zijn plaats te houden is een klemming gemaakt doormiddel van een rib.

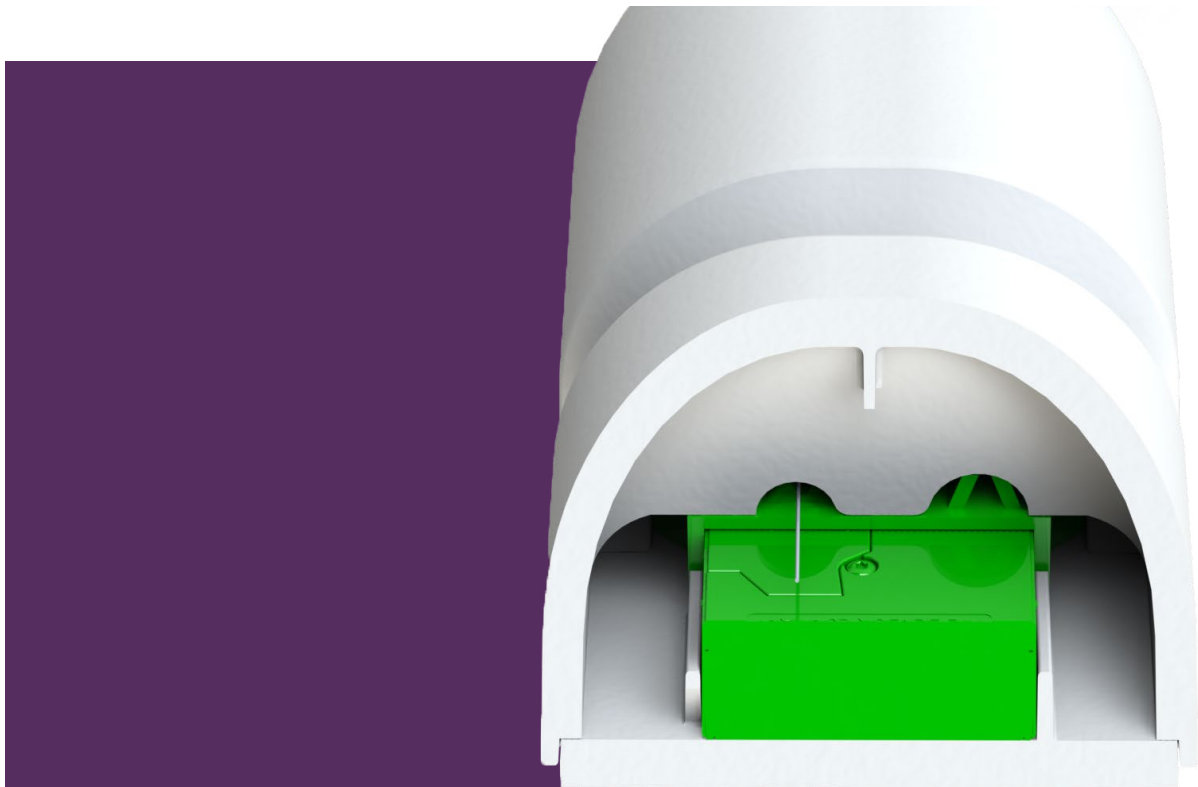


Fig. 108 Doorsnede klemming 1

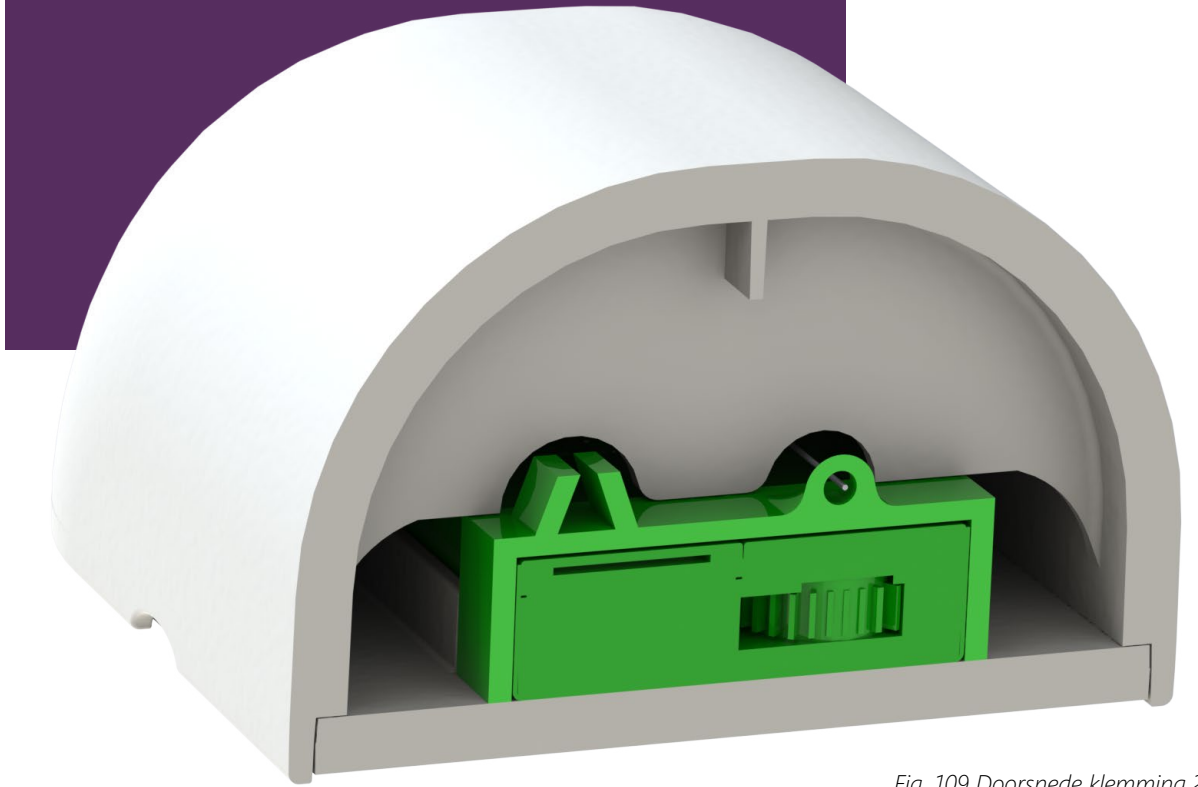


Fig. 109 Doorsnede klemming 2

Voor de diffuser is er een gleuf gemaakt waarin de diffuser kan worden gemonteerd. Dit wordt gedaan doormiddel van lijm om het volledig waterdicht te maken.

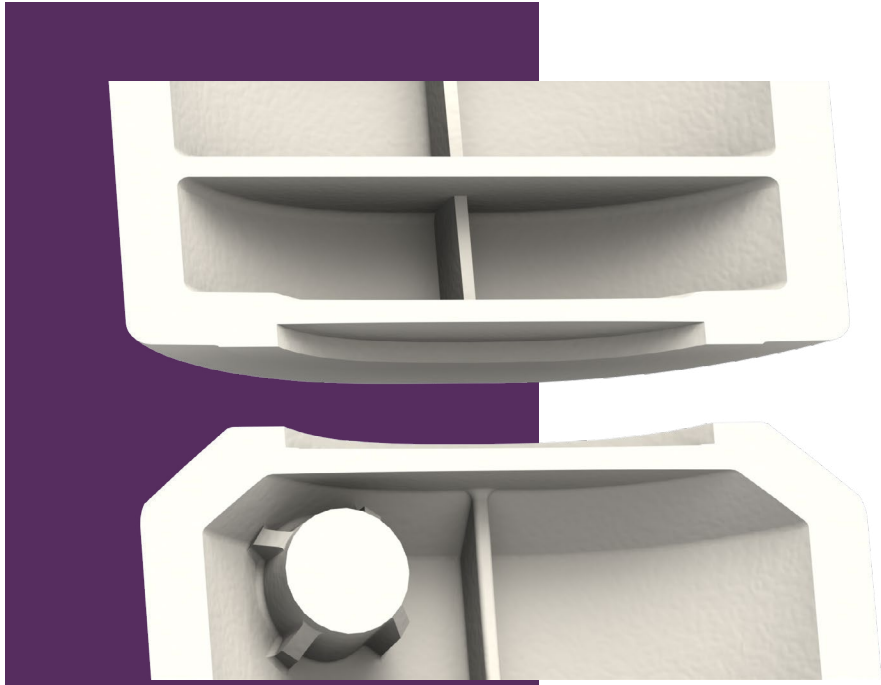


Fig. 110 Doorsnede zonder diffuser

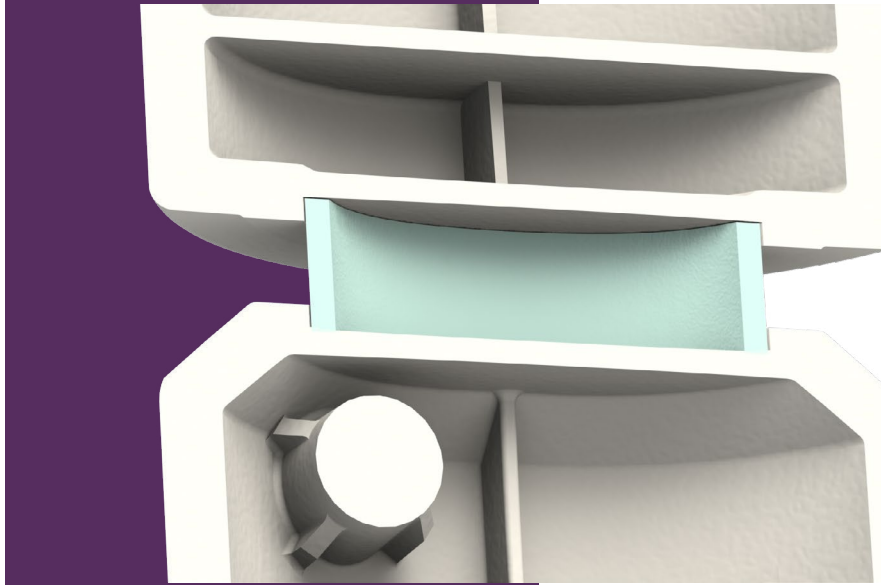


Fig. 111 Doorsnede met diffuser

Mounting bosses worden gebruikt om de kap en achterkant te assembleren. Het gat van de mounting boss heeft een diameter van 2,7mm. Er wordt gebruik gemaakt van een M3 schroef. De schroef creëert zijn eigen schroefdraad in de mounting boss waardoor de twee helften stevig tegen elkaar zitten. Het zelfde principe wordt toegepast bij het monteren van de PCB en de gps module.

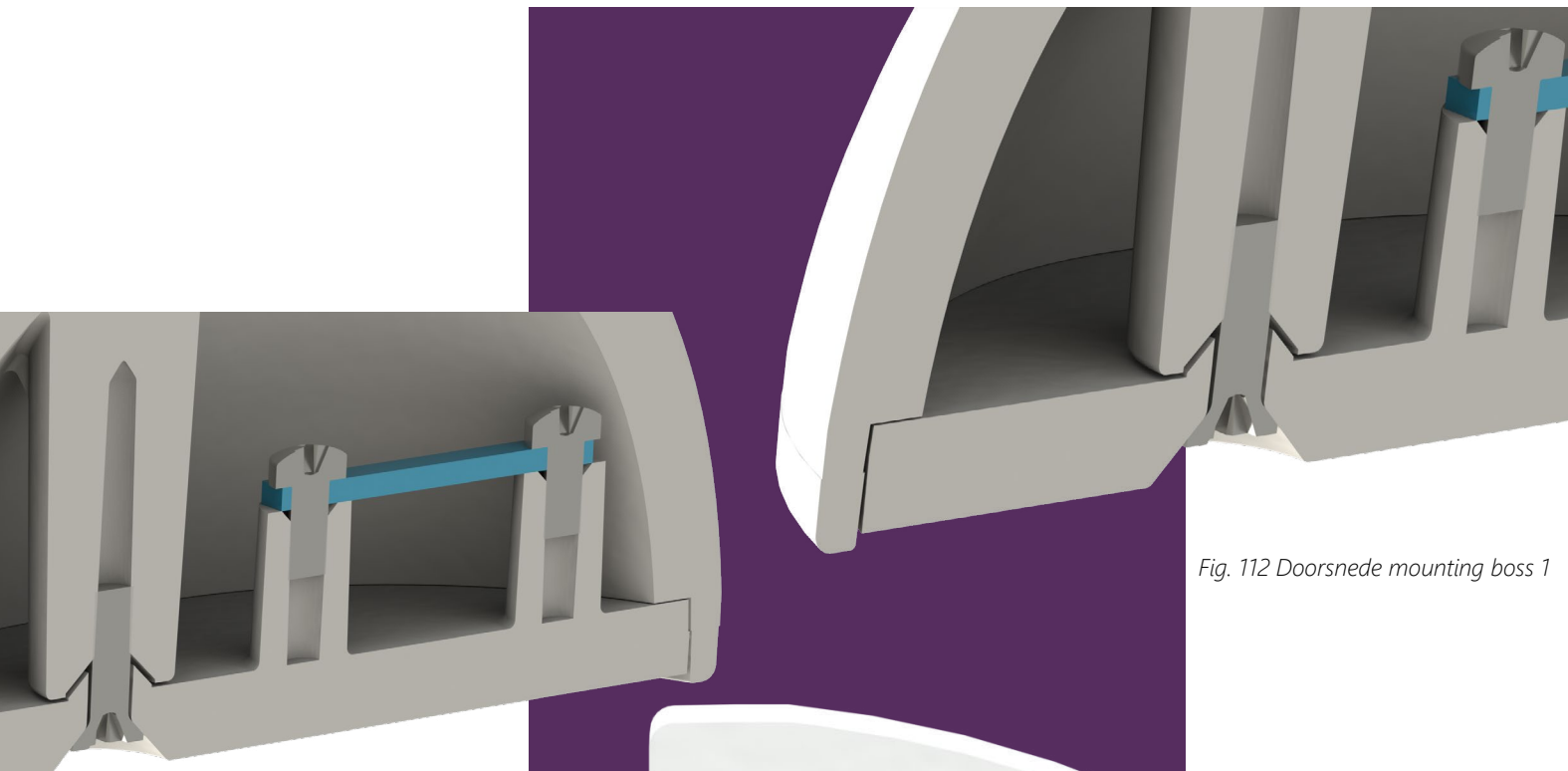


Fig. 113 Doorsnede monteren GPS module

Fig. 112 Doorsnede mounting boss 1

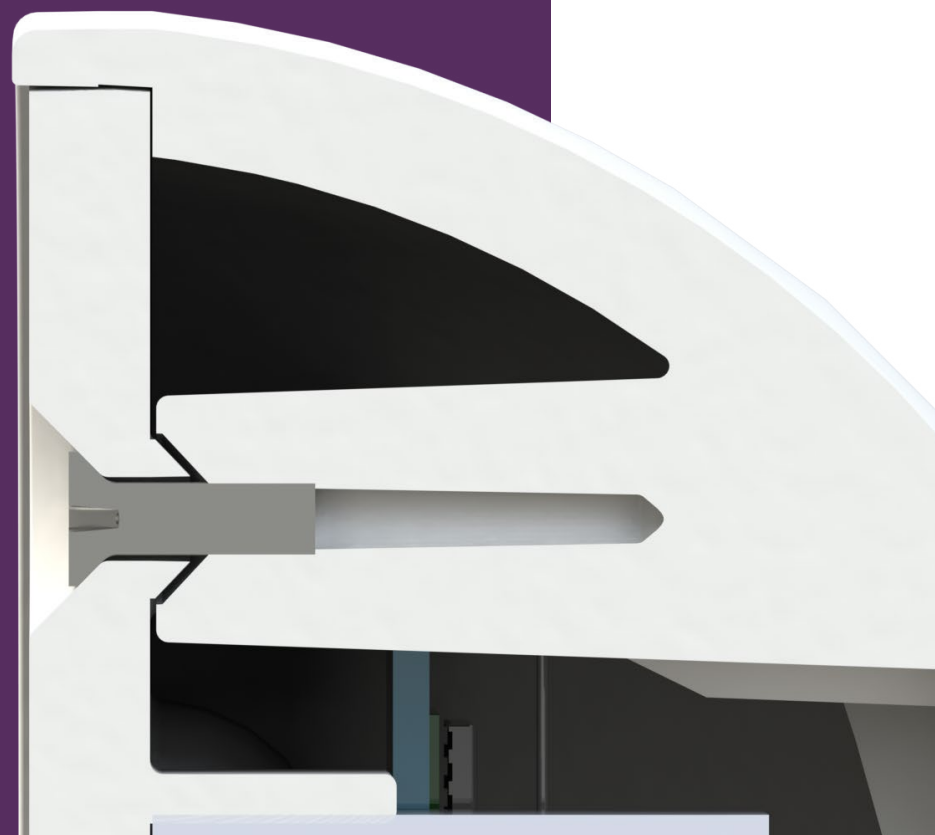


Fig. 114 Doorsnede mounting boss 2

Als het product uit elkaar moet worden gehaald voor een specifieke reden moet dit natuurlijk gebruikersvriendelijk zijn. Hiervoor is een simpele oplossing bedacht. De achterkant en de kap hebben een nauwe passing waardoor de achterkant moeilijk van de kap te verwijderen is.

Er zijn twee inkepingen gemaakt aan de bovenkant van de behuizing. Met twee vingers kun je de achterkant vastgrijpen en van de kap los maken.



Fig. 115 Model twee helften

Fig. 116 Bovenzijde model

Door de achterkant wat verder in de kap te plaatsen wordt er wat extra ruimte gecreëerd. Hierdoor is de kans op binnendringen van water veel geringer. Dit is ook getest



Fig. 117 Ruimte twee helften 1

Fig. 118 Ruimte twee helften 2

De functie van dit gaatje is om condensvorming te voorkomen en eventueel ophopend vocht uit de behuizing te laten lopen. Het gaatje is zo geplaatst dat er geen water van bijvoorbeeld regen in de behuizing kan komen.

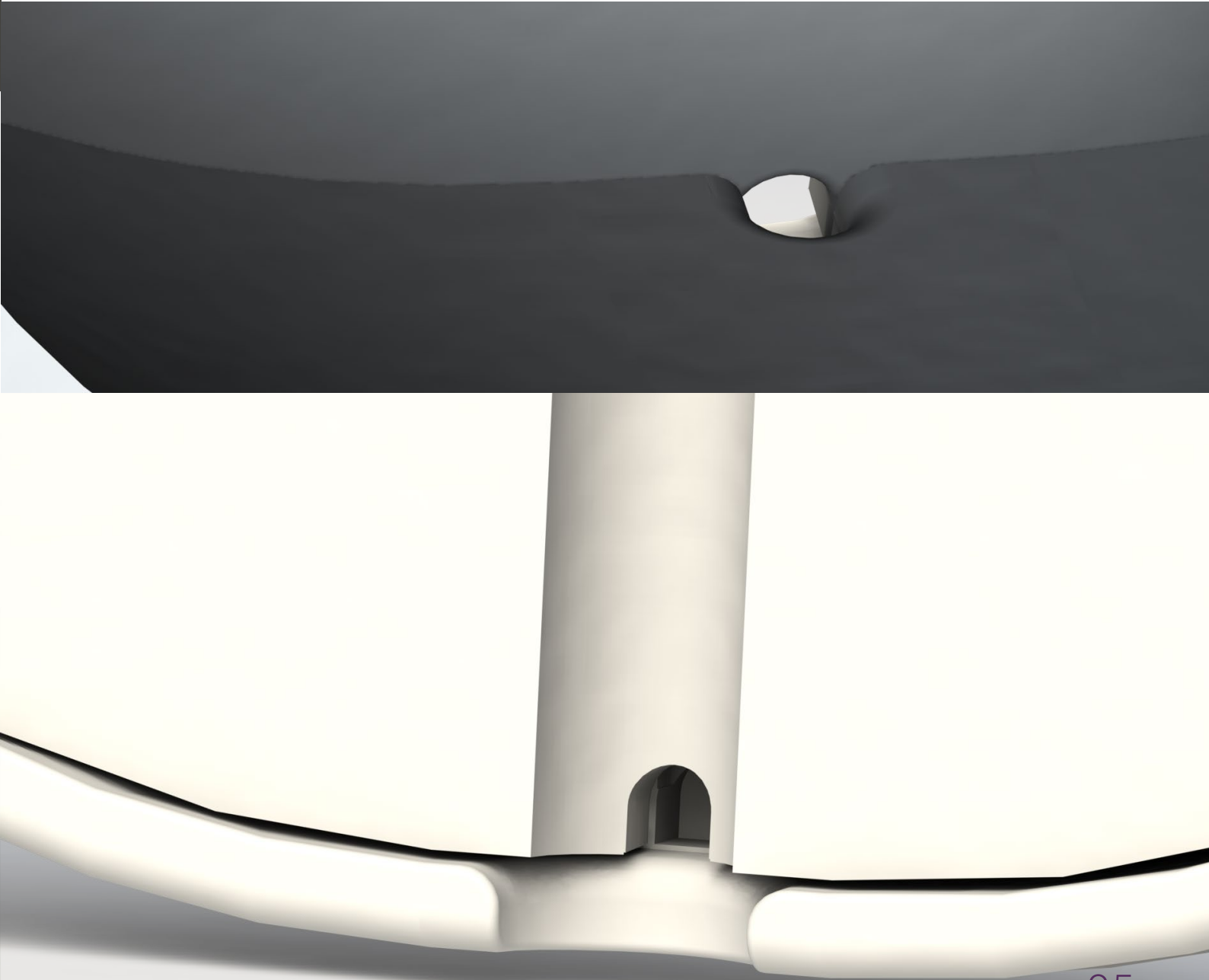


Fig. 121 Condens afvoer gat 2

Fig. 120 Condens afvoer gat 1

Prototype

Alle onderdelen zijn het de fijnstofmeter gemonteerd. Dit is het eerste werkend prototype. Zie onderstaande afbeeldingen.

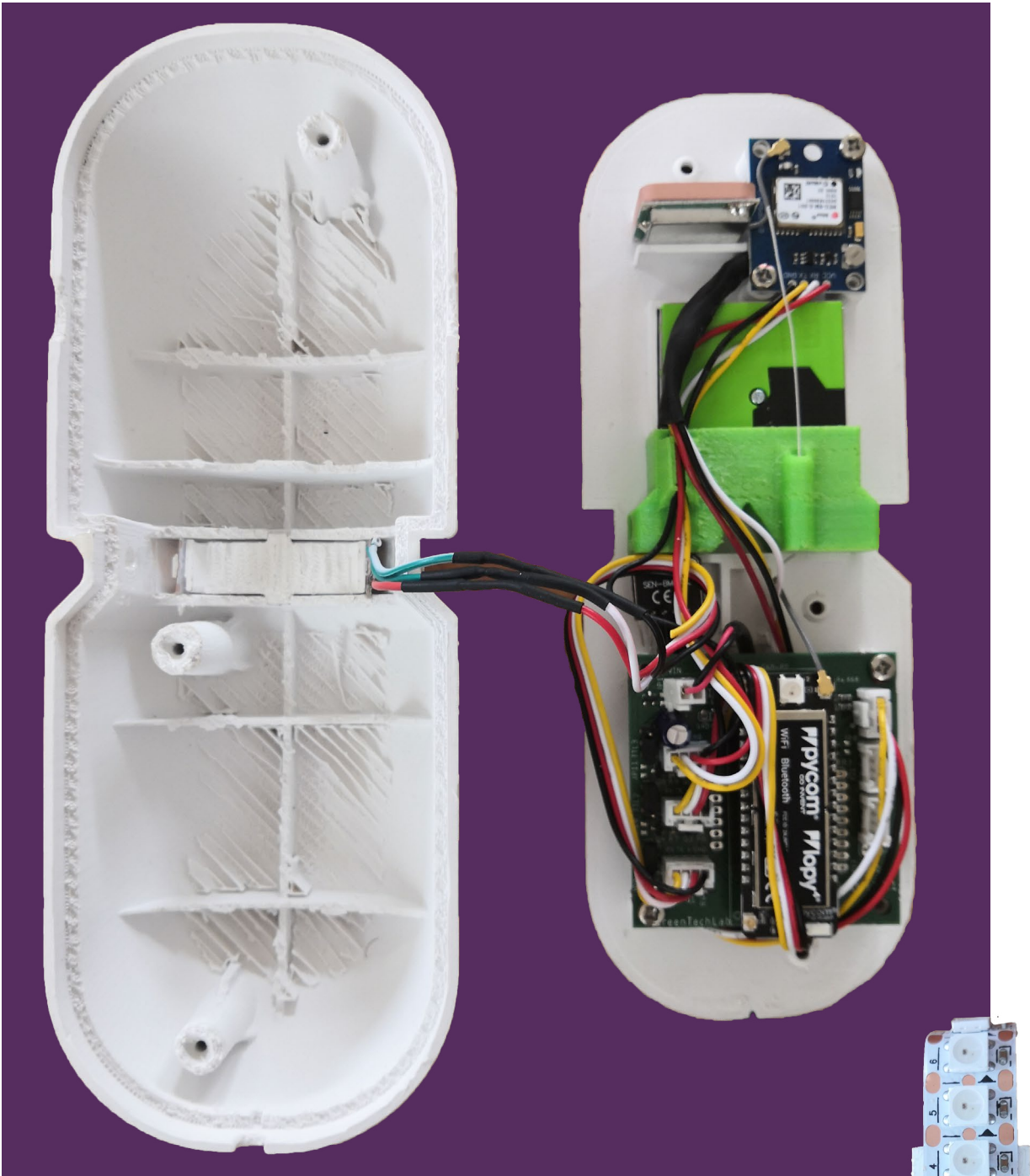


Fig. 122 Fijnstofmeter volledig gemonteerd

Fig. 123 Led strip gemonteerd

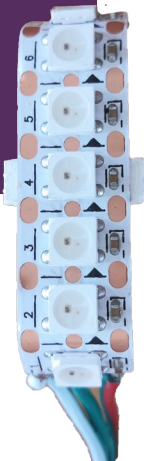




Fig. 122 Render 1



Fig. 123 Render 2



Fig. 124 Foto 1

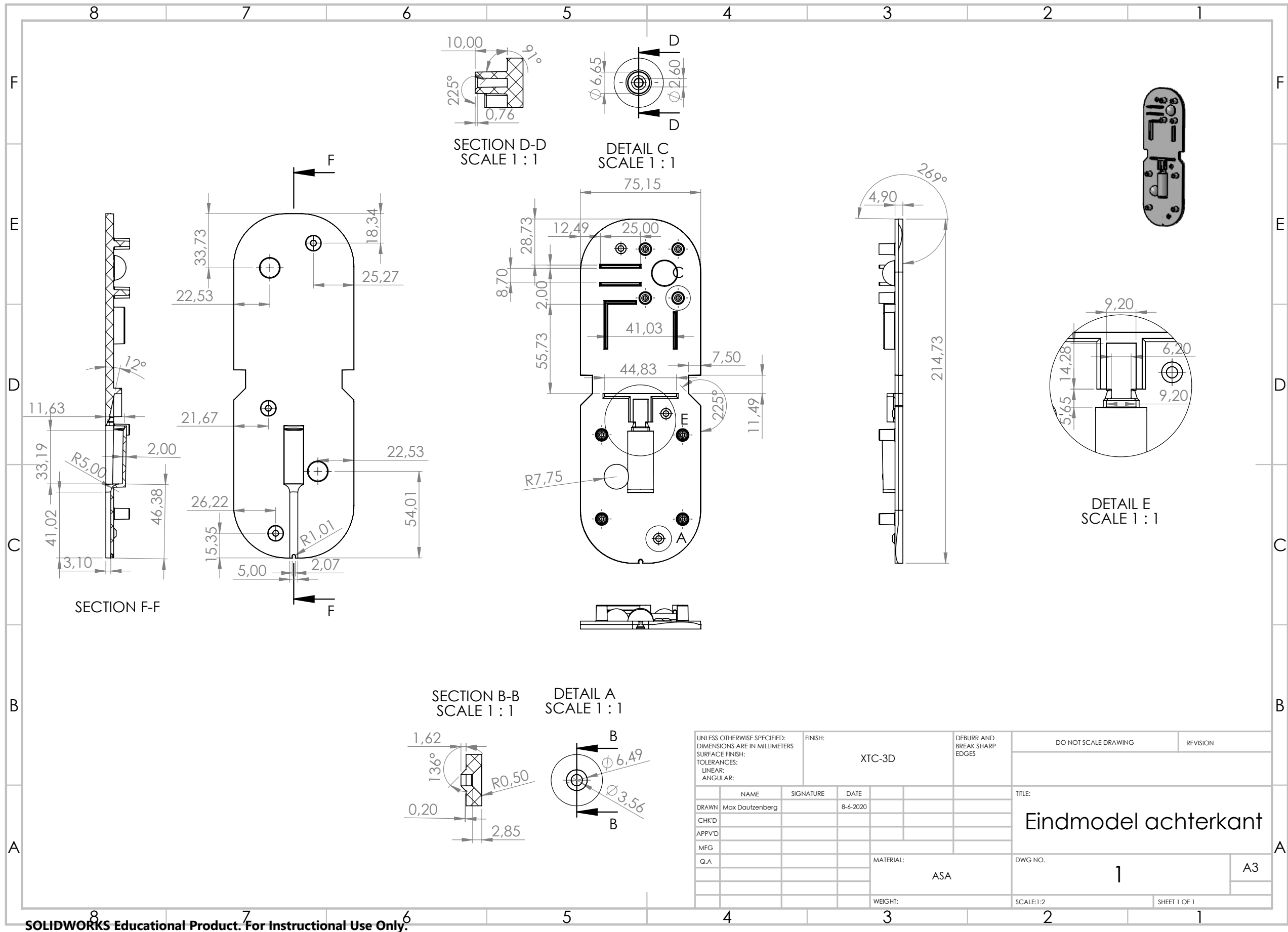
Verdere foto's zijn in de bijlage te vinden.



Fig. 125 Foto 2

Fig. 126 Technische tekening 1

Verdere technische tekeningen zijn te vinden in de bijlage.



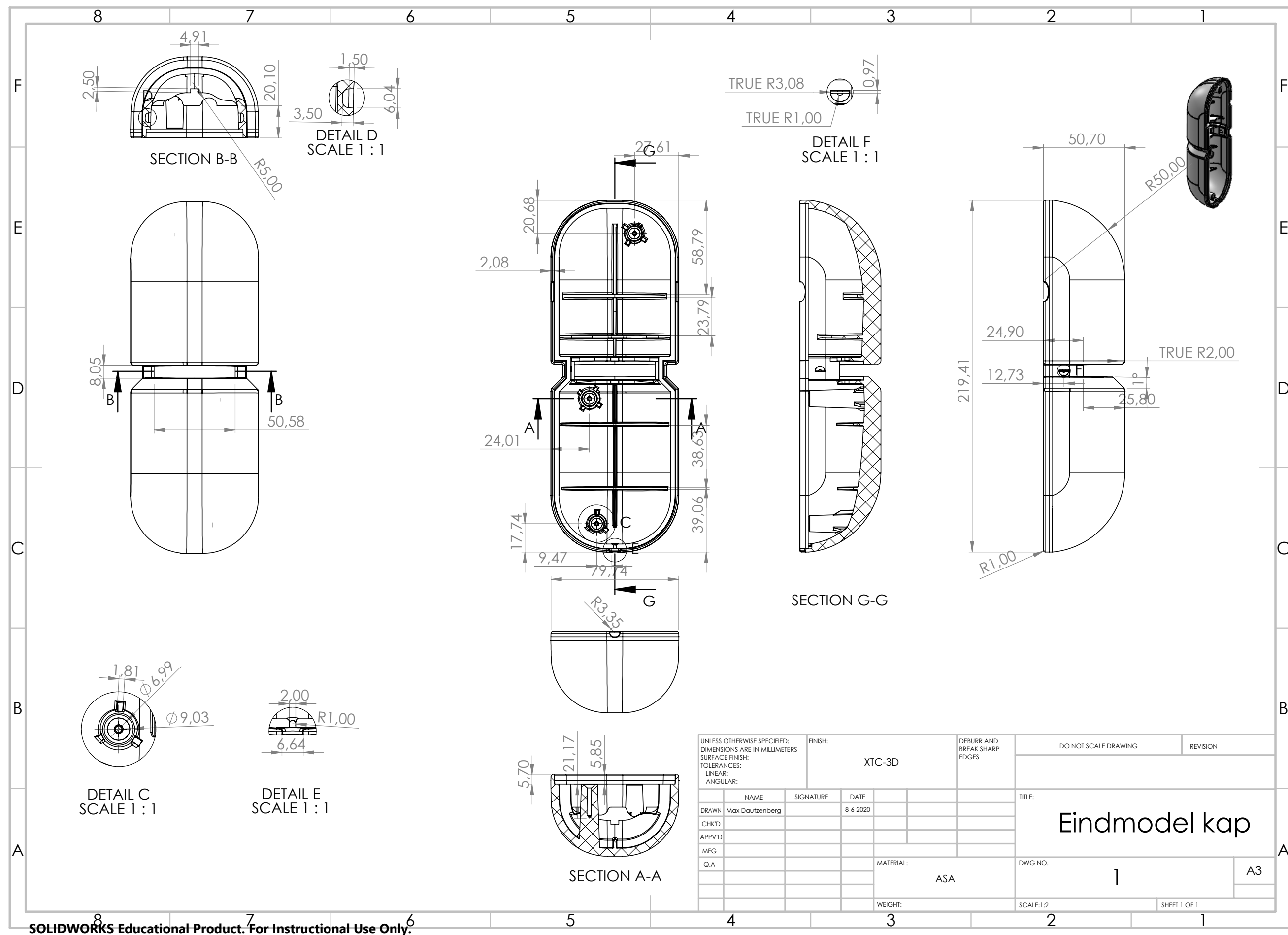


Fig. 127 Technische tekening 2

9.3 Zakelijke versie

9.3.1 Componenten zakelijke versie

Tabel 10 Prijzen componenten zakelijke versie

Componenten	Prijs (euro) per stuk	Prijs (euro) per stuk; 50 stuks
Joy-it SEN-BME680 Sensormodule	23,99	21,59
Sensirion SPS30 - PARTICULATE SENSOR	42,04	29,26
Nova PM sensor	25	21
GY-NEO6MV2 GPS MODULE	13,60	11
1613 18 - DC Power Connector	3,24	1,89
PCB	21,5	10
Adapter	2,31	2,31
Solarmodules	10,2	10,2
Accu's totaal	45 (7,5 per stuk)	45 (7,5 per stuk)
Accu houder	3,84 (1,28 per stuk)	3,84 (1,28 per stuk)
Plakantenne	8,09	5,85
Schroeven totaal	1	0,5
O-ring snoer	0,67	0,4
Slang	0,15	0,15
U-beugel	2,54	2,54
Insectengaas	0,01	0,01
Totaal kosten componenten	203,18	165,54

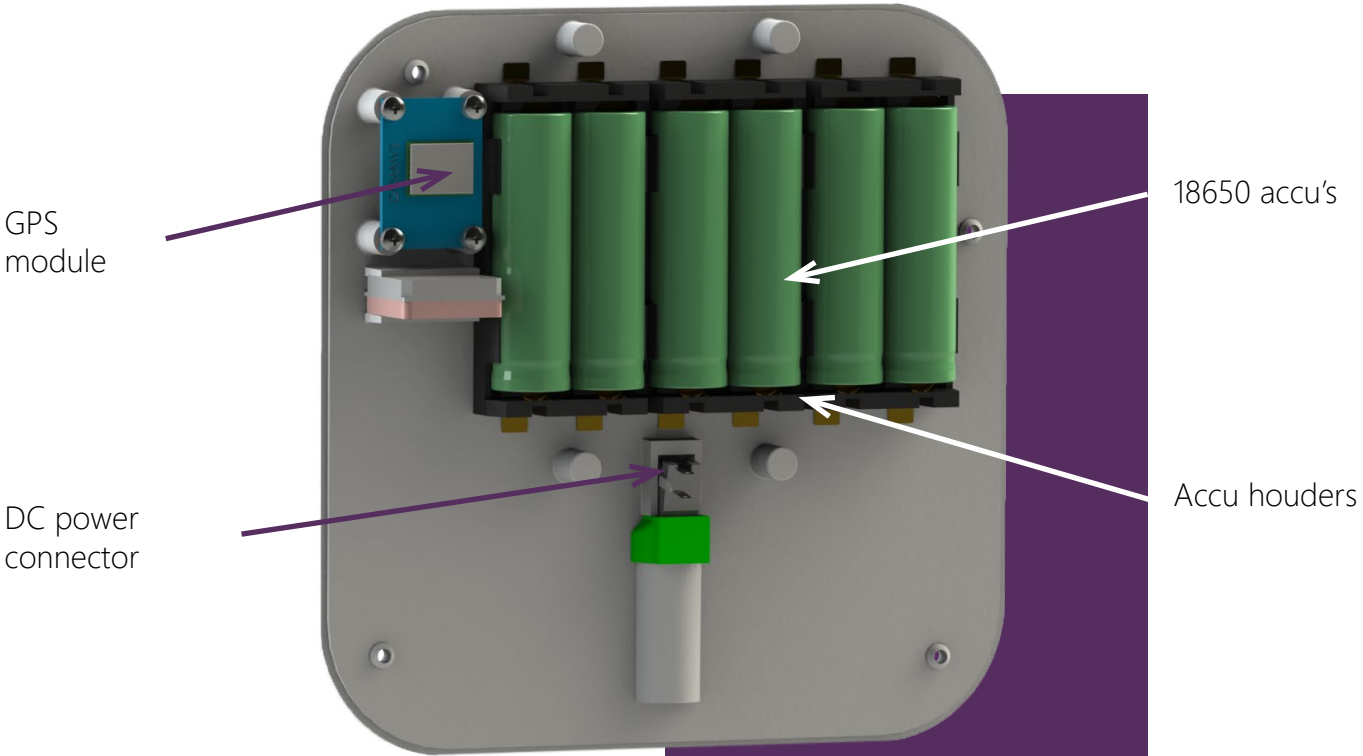


Fig. 128 Plaatsing componenten zakelijk 1

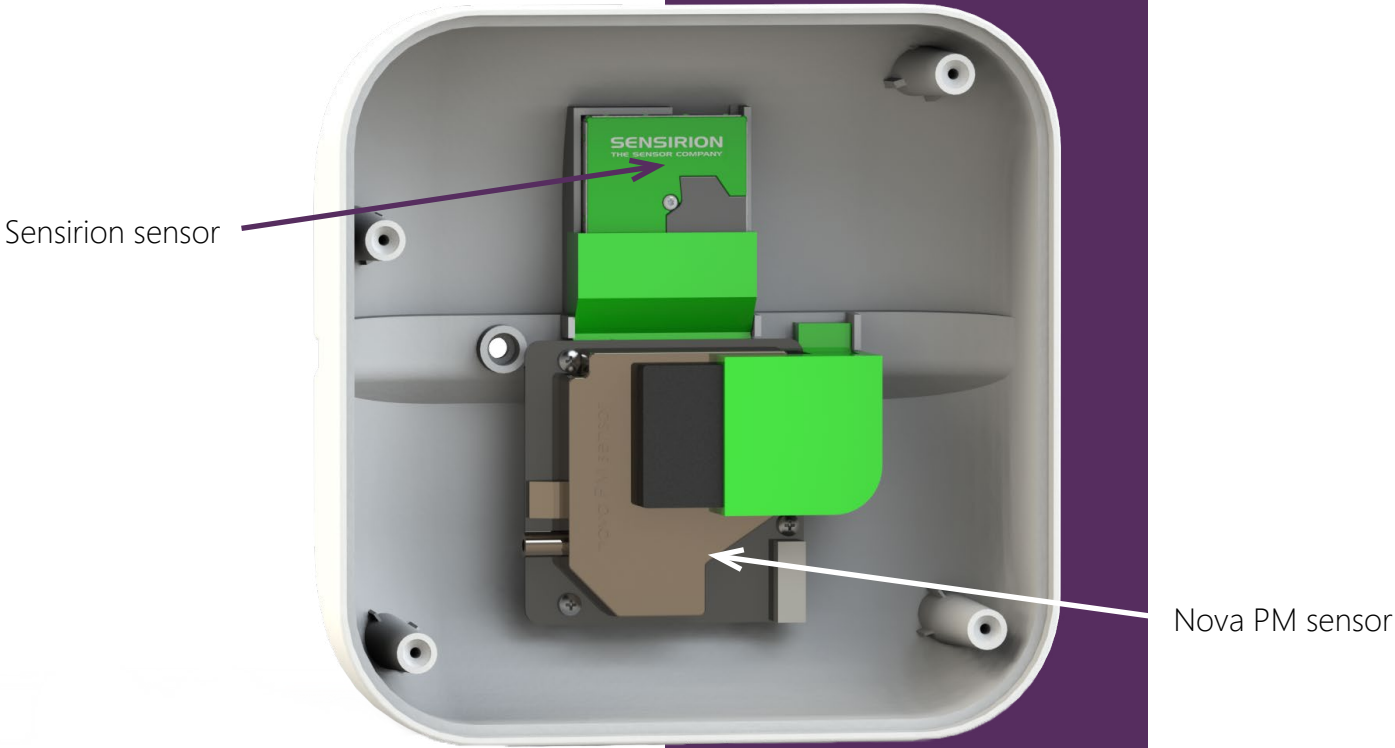


Fig. 129 Plaatsing componenten zakelijk 2

9.3.2 Onderdelen zakelijke versie

Achterkant

Op de achterkant worden verschillende componenten gemonteerd.

- GPS module
- PCB
- Accuhouders
- Accu's
- Power connector

Er is een gleuf in de achterkant gemaakt voor de O-ring. Deze wordt opmaat gemaakt. De PCB en de GPS module worden op dezelfde manier bevestigd als bij de burgerversie.



Fig. 130 Achterkant zakelijk

Fig. 131 Detail achterkant zakelijk 1

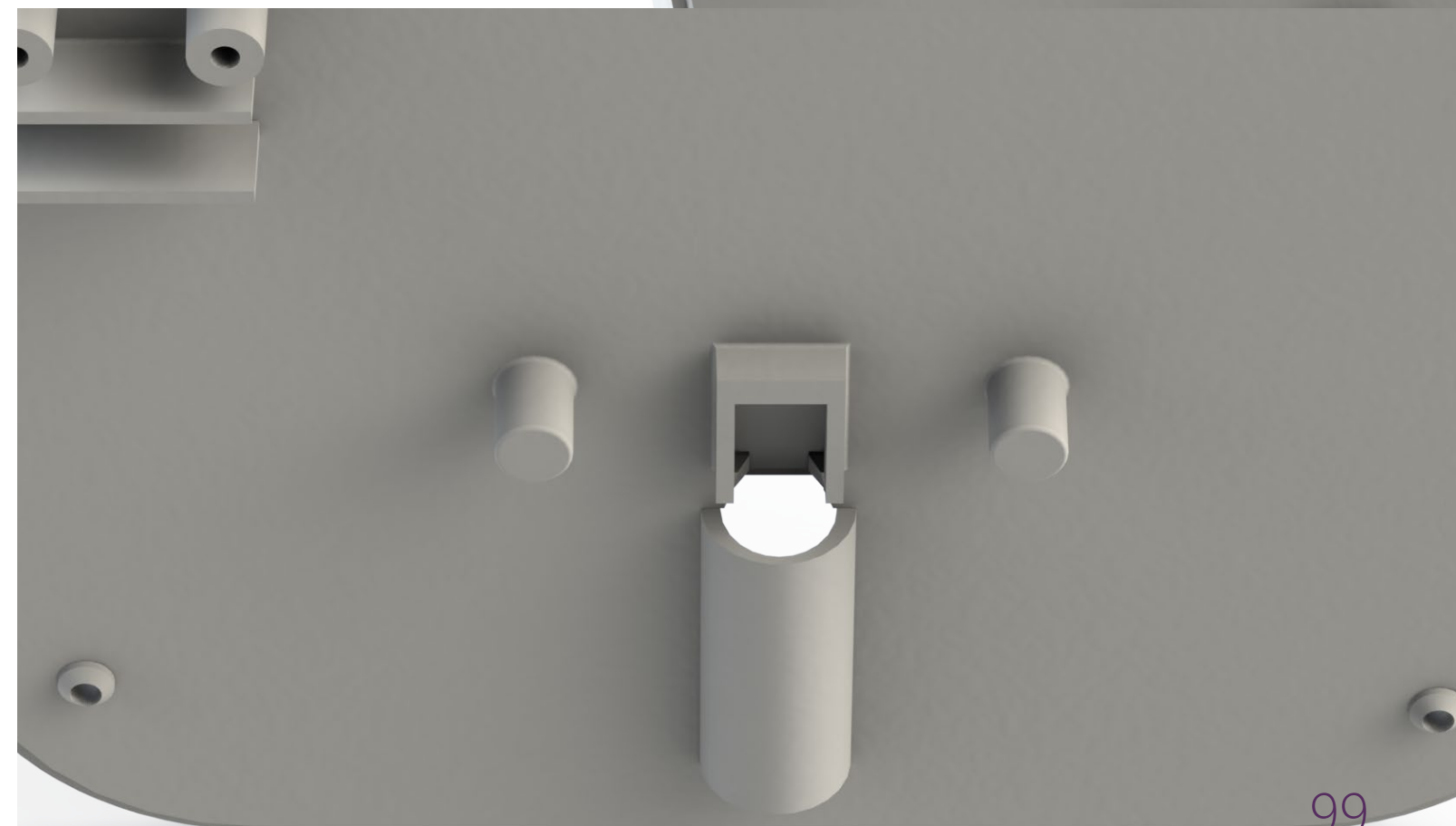
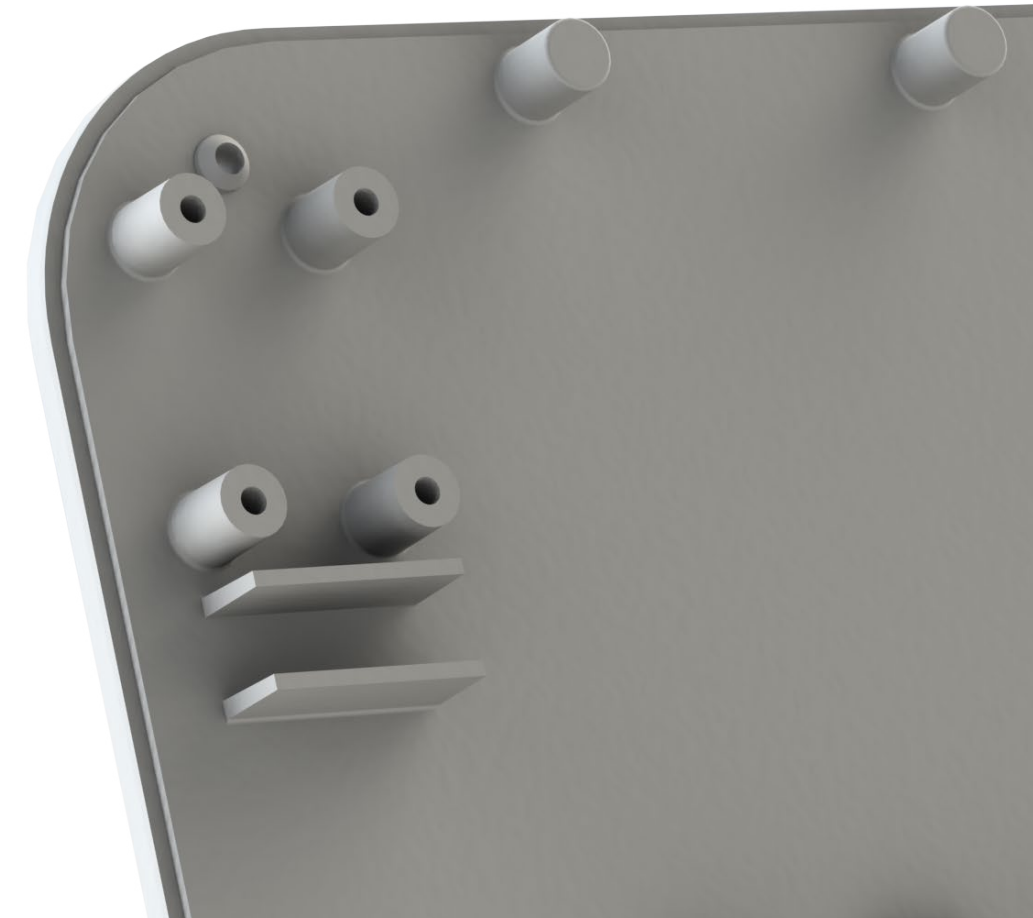


Fig. 132 Detail achterkant zakelijk 2

Kap

In de kap worden de twee fijnstofsensors geplaatst. Hiervoor is gekozen omdat er geen plaats was meer op de achterkant. Hierdoor zitten de fijnstofsensoren ook dicht bij de in- en uitlaat van de lucht. De Sensirion wordt gemonteerd doormiddel van klemming. De Nova PM sensor wordt vastgeschroefd in de kap.



Fig. 133 Buitenkant kap

Fig. 134 Buitenkant kap

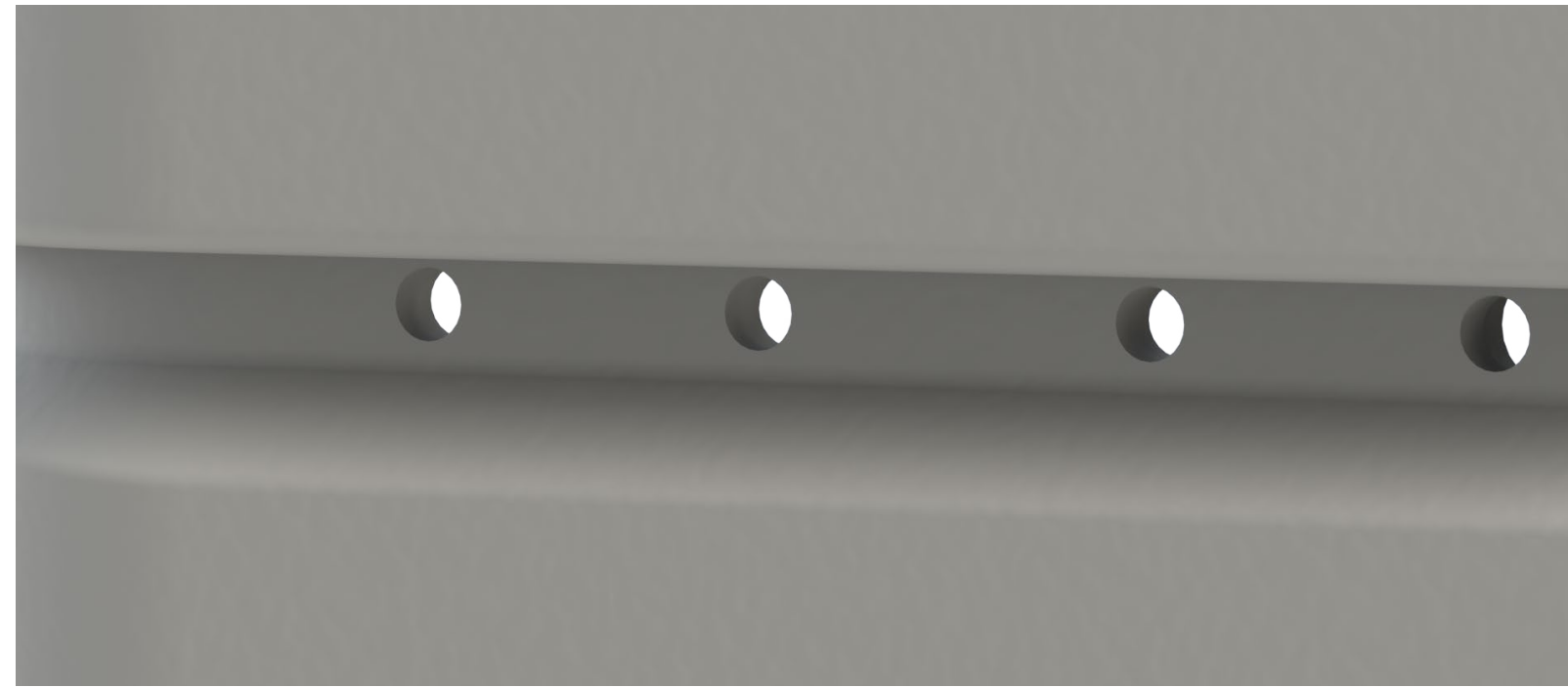


Fig. 135 Luchtgaten kap

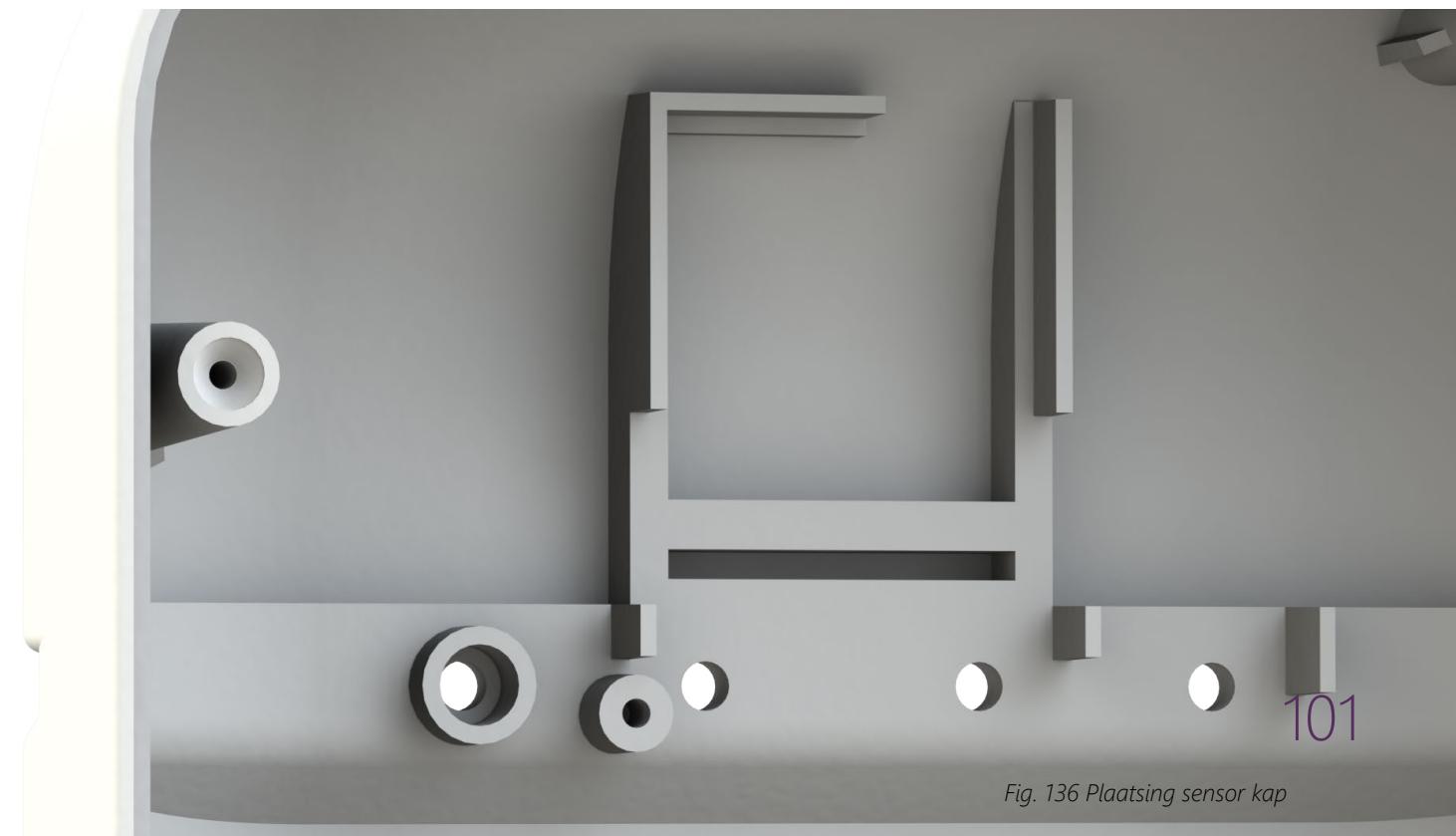


Fig. 136 Plaatsing sensor kap

In- uitlaat

Elke fijnstofsensor heeft zijn eigen in en uitlaat gekregen. Hiervoor is gekozen na de luchtstroomsimulaties. Zie het volgende hoofdstuk. De in- en uitlaat wordt net zoals bij de burgerversie flexibel geprint. Net zoals bij de burgerversie wordt er in de inlaat de temperatuursensor geplaatst. De totale in- en uitlaat van de zakelijke versie bestaat uit drie onderdelen. Het eerste onderdeel is voor de Sensirion. Het onderdeel bevat de in- en uitlaat. Het tweede onderdeel is voor de uitlaat van de Nova PM sensor. Voor de inlaat van de Nova PM sensor wordt een slangetje gebruikt.

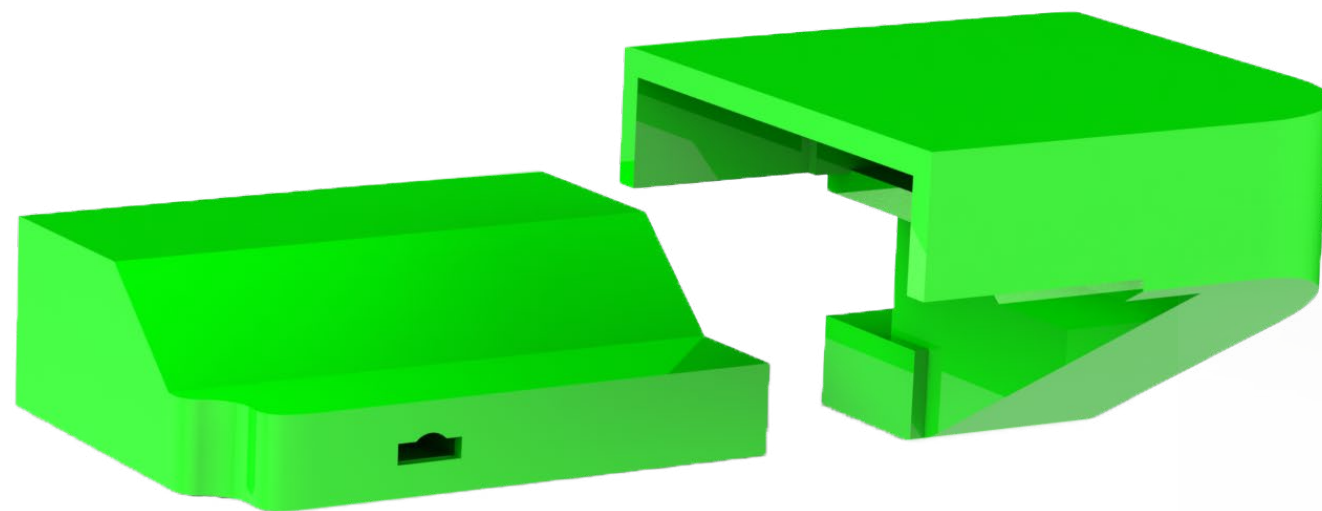


Fig. 137 In- uitlaat zakelijk 1



Fig. 138 In- uitlaat zakelijk 2

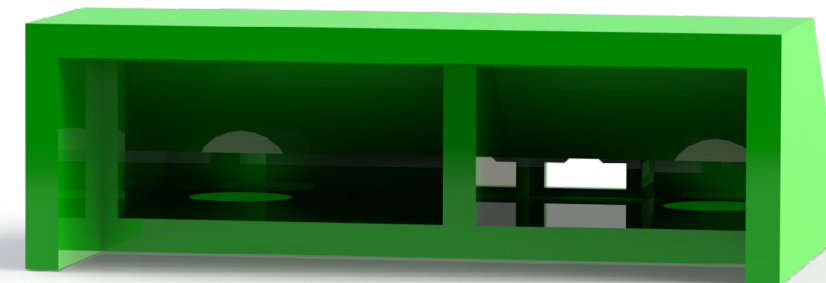


Fig. 139 In- uitlaat zakelijk 3

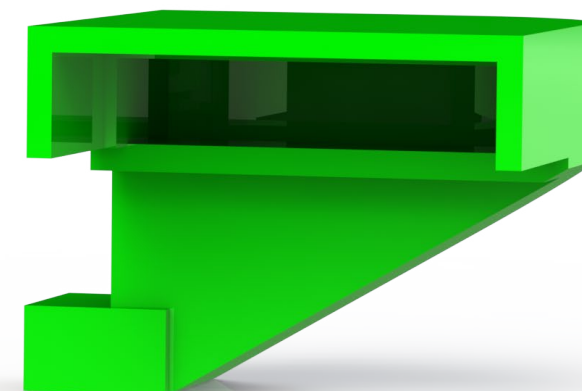


Fig. 140 In- uitlaat zakelijk 4

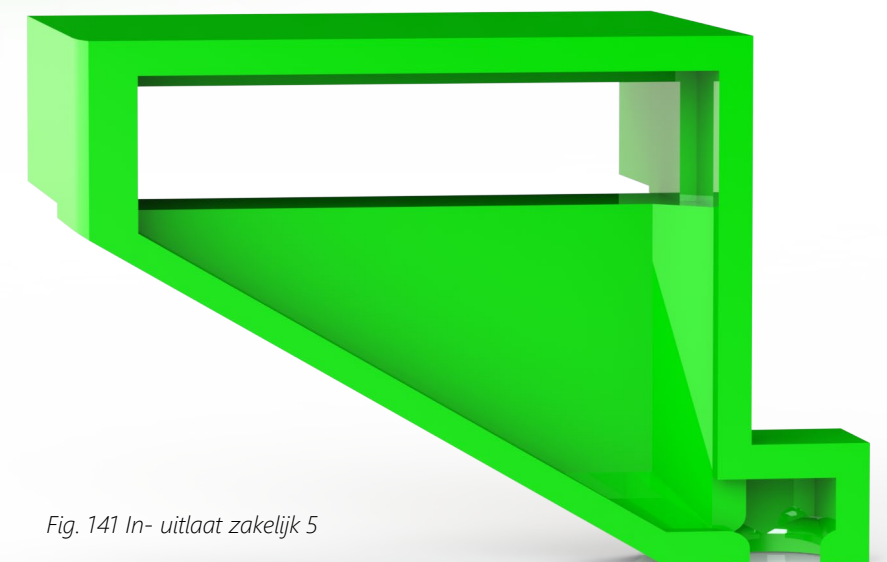


Fig. 141 In- uitlaat zakelijk 5

Bevestigingsplaat fijnstofmeter

Om de fijnstofmeter aan een muur of een paal te bevestigen is er een bevestigingsplaat ontworpen. Er zitten in totaal acht gaten in de plaat. Vier van deze gaten zijn om de plaat aan de behuizing te bevestigen. De andere vier gaten voor als de fijnstofmeter aan een muur moet worden bevestigd. Een andere optie is om de fijnstofmeter aan een paal te bevestigen. Hiervoor zijn de twee rondingen die uitsteken. Hierdoor kunnen tie-raps worden gestoken en die kunnen dan vervolgens om de paal heen.

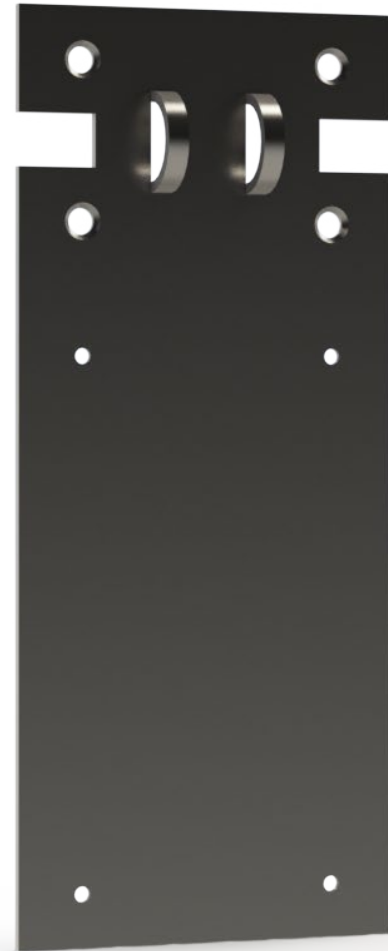
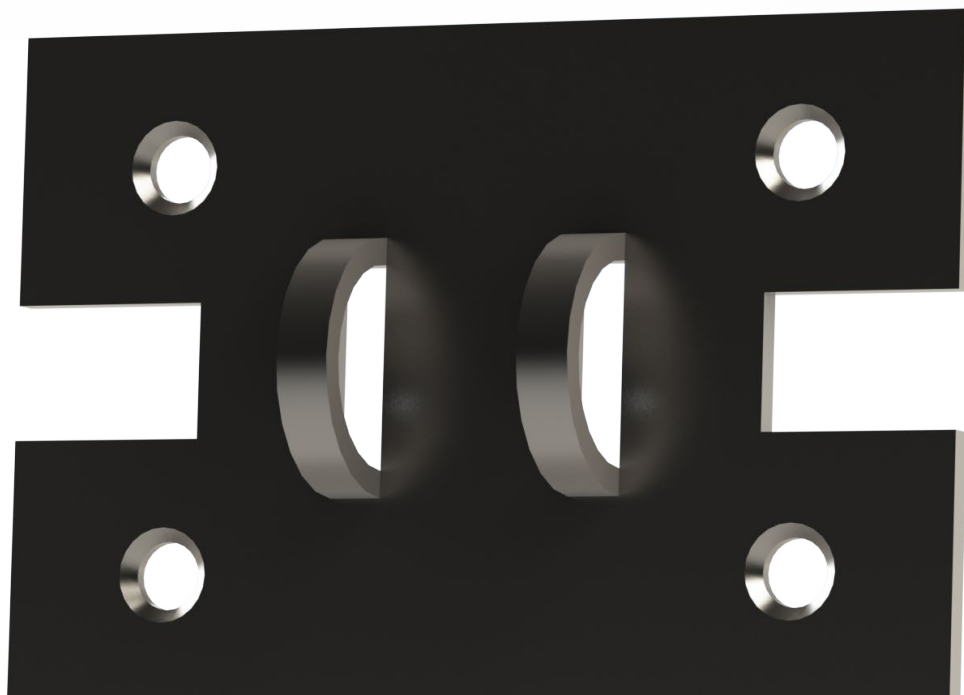


Fig. 142 Bevestigingsplaat fijnstofmeter 1



9.3.3 Model



Fig. 144 Zakelijke versie

Er is een gleuf gemaakt voor het O-ring snoer.

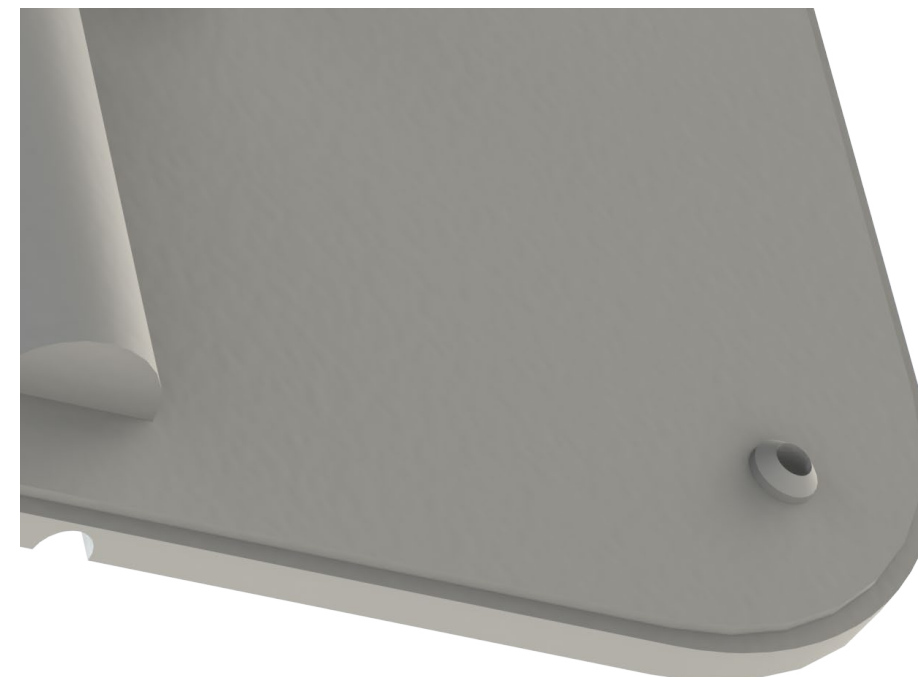


Fig. 145 Gleuf voor de O-ring 1



Fig. 146 Gleuf voor de O-ring 2

De Nova PM sensor zorgt voor een klemming bij een deel van de in- uitlaat. (waar de temperatuursensor zit) De Nova PM sensor wordt vast geschroefd met drie M3 schroefjes.

Door precies geplaatste ribben kunnen de twee onderdelen van de in- uitlaat nergens naar toe.



Fig. 147 Zakelijke versie met Sensirion

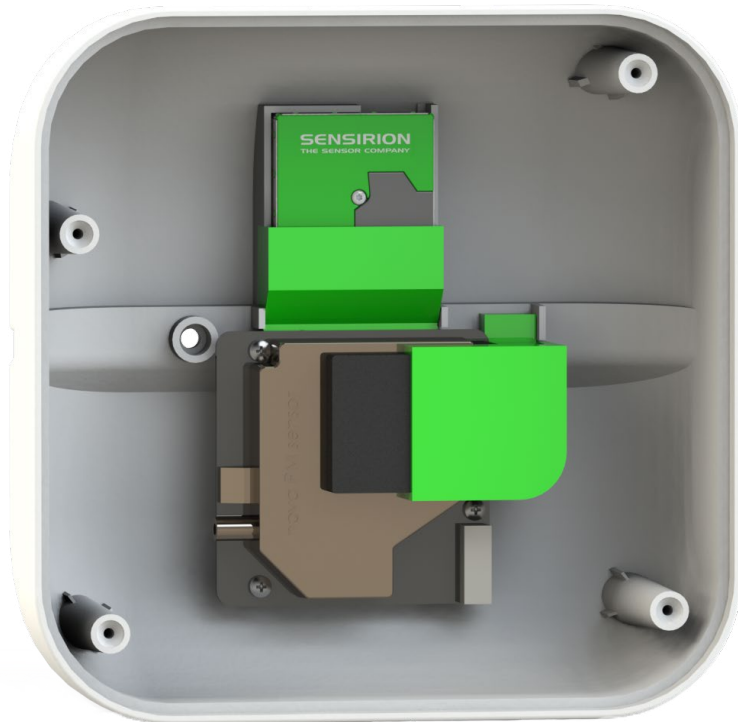


Fig. 148 Zakelijke versie met Nova PM

De PCB voor de zakelijke versie is er nog niet. Hierdoor is ruimte gereserveerd onder de accu's.

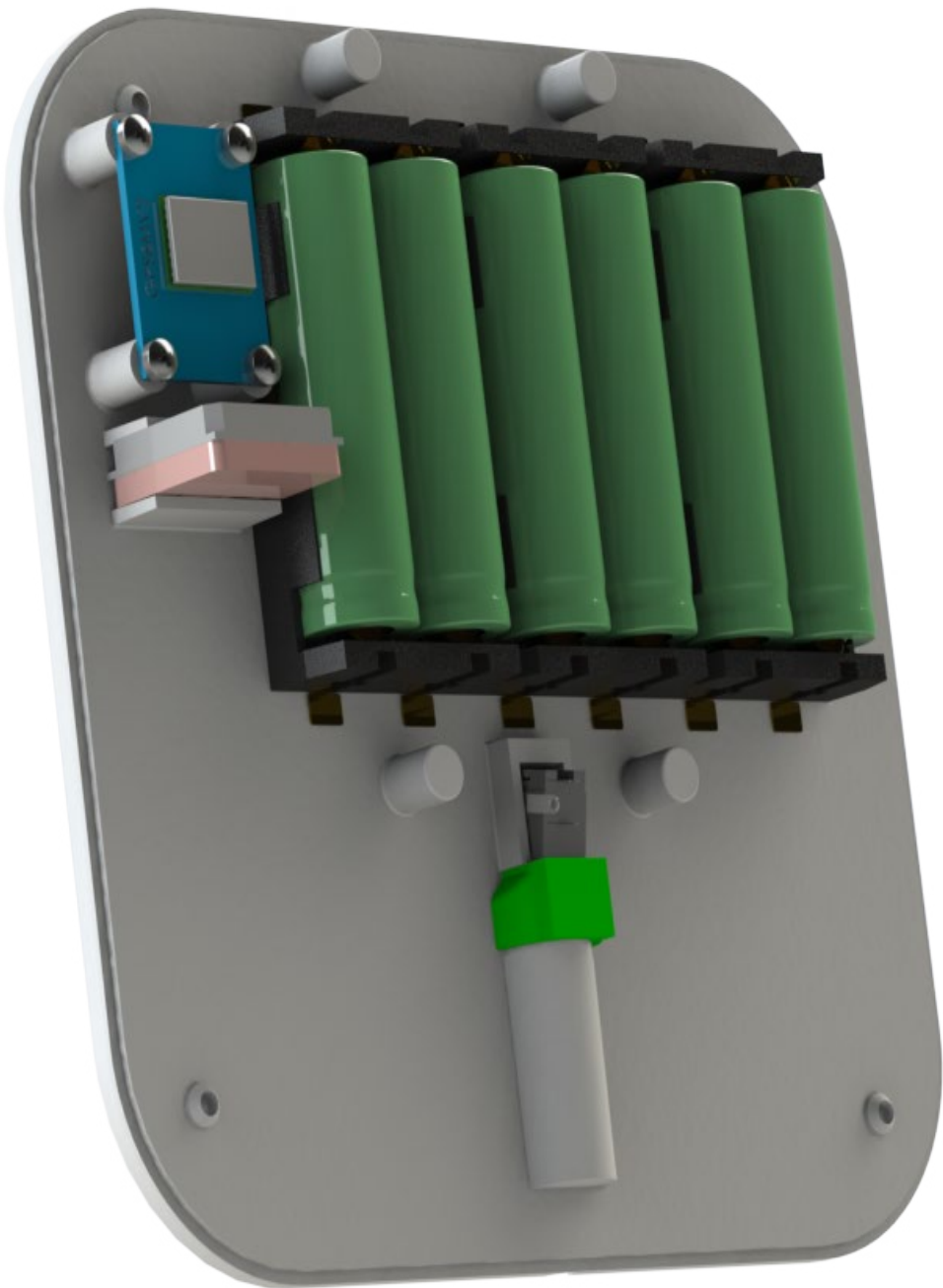


Fig. 149 Plaats voor zakelijke PCB

De bevestigingsplaat wordt op de achterkant van het fijnstofmeetstation gemonteerd. Hierdoor kan het aan een muur worden gemonteerd of aan een paal.



Fig. 150 Bevestigingsplaat van behuizing 1

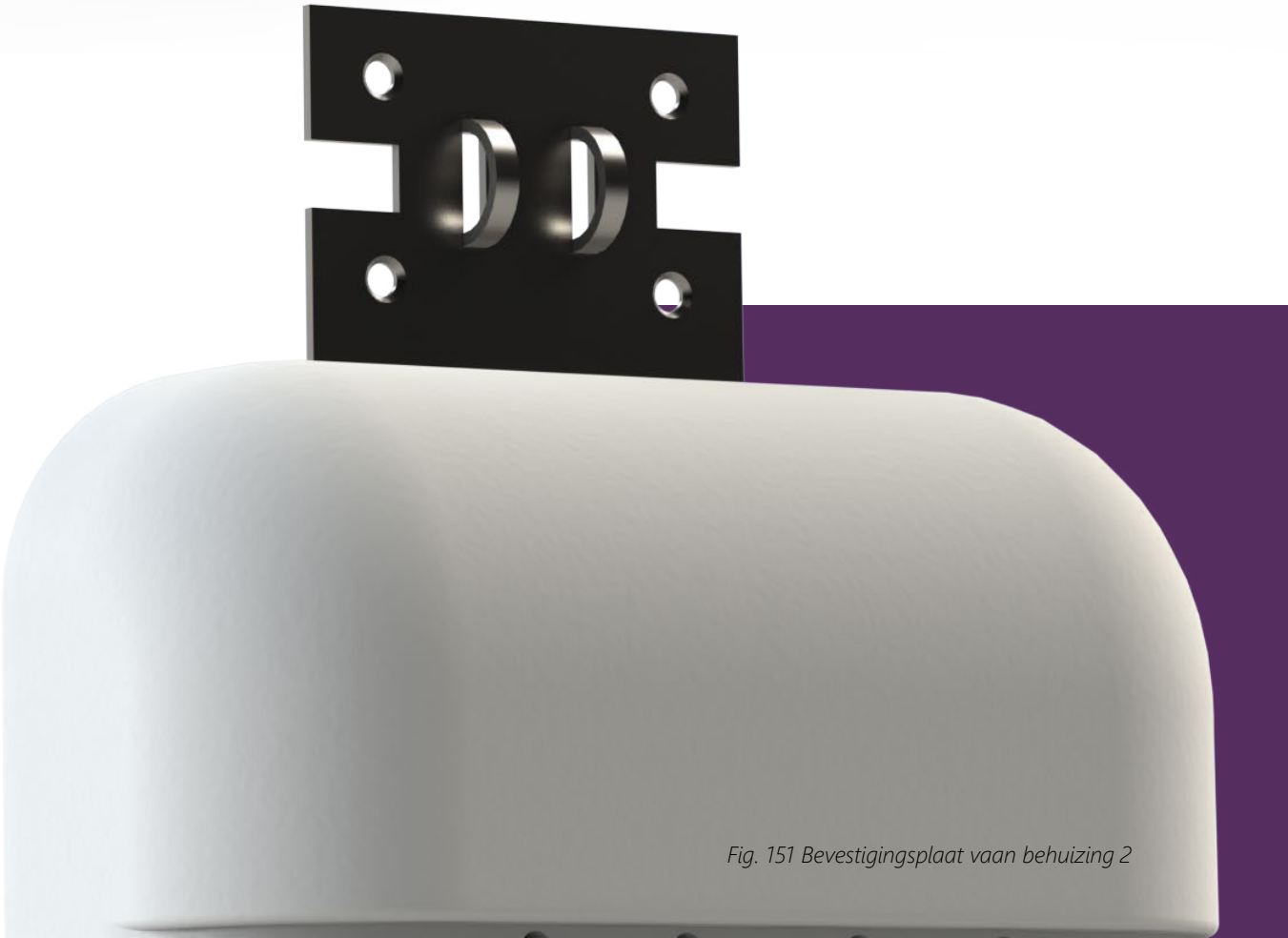


Fig. 151 Bevestigingsplaat van behuizing 2



Fig. 153 Render zakelijk 1



Fig. 154 Render zakelijk 2



Fig. 155 Render zakelijk 3



Fig. 156 Render zakelijk 4

10. Testen

Er zijn verschillende testen gedaan om ontwerpkeuzes te onderbouwen. Onder de testen vallen praktijk testen maar ook simulaties.

10.1 Temperatuur

Als eerste is getest of de behuizing voldoende isoleert. De buitentemperatuur en de temperatuur in de behuizing worden gemeten.

Waarom?

Elektronische componenten kunnen slecht tegen grote of snelle temperatuurswisselingen. Hierdoor gaat de levensduur achteruit. Ook werken bepaalde componenten niet goed bij te hoge temperaturen. Bij voorbeeld: de Sensirion sensor functioneert niet goed bij 60 graden Celsius en hoger.

Hoe?

De testopstelling meet een tweetal temperaturen:

- **Temperatuur binnen in de behuizing.** Hiervoor is een thermokoppel aangesloten op een "Fluke 287 True RMS Multimeter". De thermokoppel werkt als volgt: "als je twee draden van verschillend materiaal met elkaar verbindt, kan aan hun vrije uiteinden een spanning worden gemeten als de verbindingsplaats een andere temperatuur heeft dan deze vrije uiteinden." (*Thermokoppel werking en opbouw, 2017*) De Fluke Multimeter vertaalt dit in graden Celsius. Deze meter heeft een logging functie die meetgegevens over langere tijd op kan slaan.



Fig. 157 True multimeter

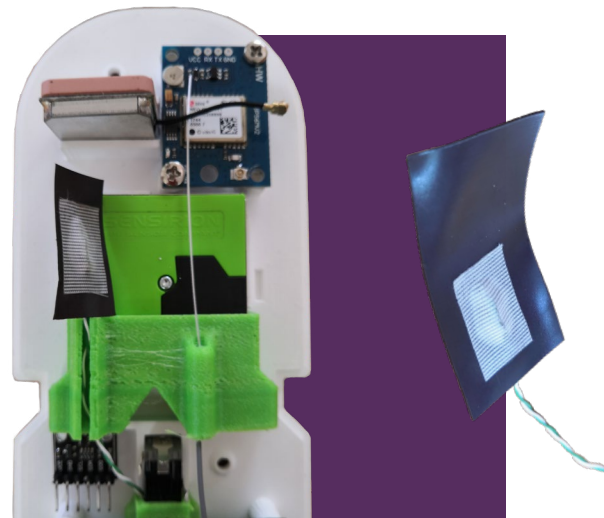


Fig. 158 Thermokoppel in de behuizing

Fig. 159 Thermokoppel

- **Voor de Buiten temperatuur.** Hiervoor is een vergelijkbare sensor als de "Joy-it" sensor gebruikt. Meetgegevens worden op een PC opgeslagen. Deze buitentemperatuur is op 1 meter hoogte in de schaduw gemeten

De tempartuurtesten hebben 12 uur of langer geduurd. Om de 10 minuten is een temperatuurmeting opgeslagen.

Er is onder twee verschillende omstandigheden getest :

- Behuizing verticaal opgehangen aan een tuinhuisje. Op 1,5 meter hoogte, richting zuiden. Gedurende de dag komt er ook schaduw op de behuizing vanwege omringende bomen etc. Dit boost het normale gebruikt van de fijnstofmeter na.
- De behuizing ligt horizontaal in de volle zon zonder enige schaduw. Dit bootst een 'worst-case' scenario na.

Verticaal opgehangen

De hoogste temperatuur die gemeten is **36 graden Celsius.**

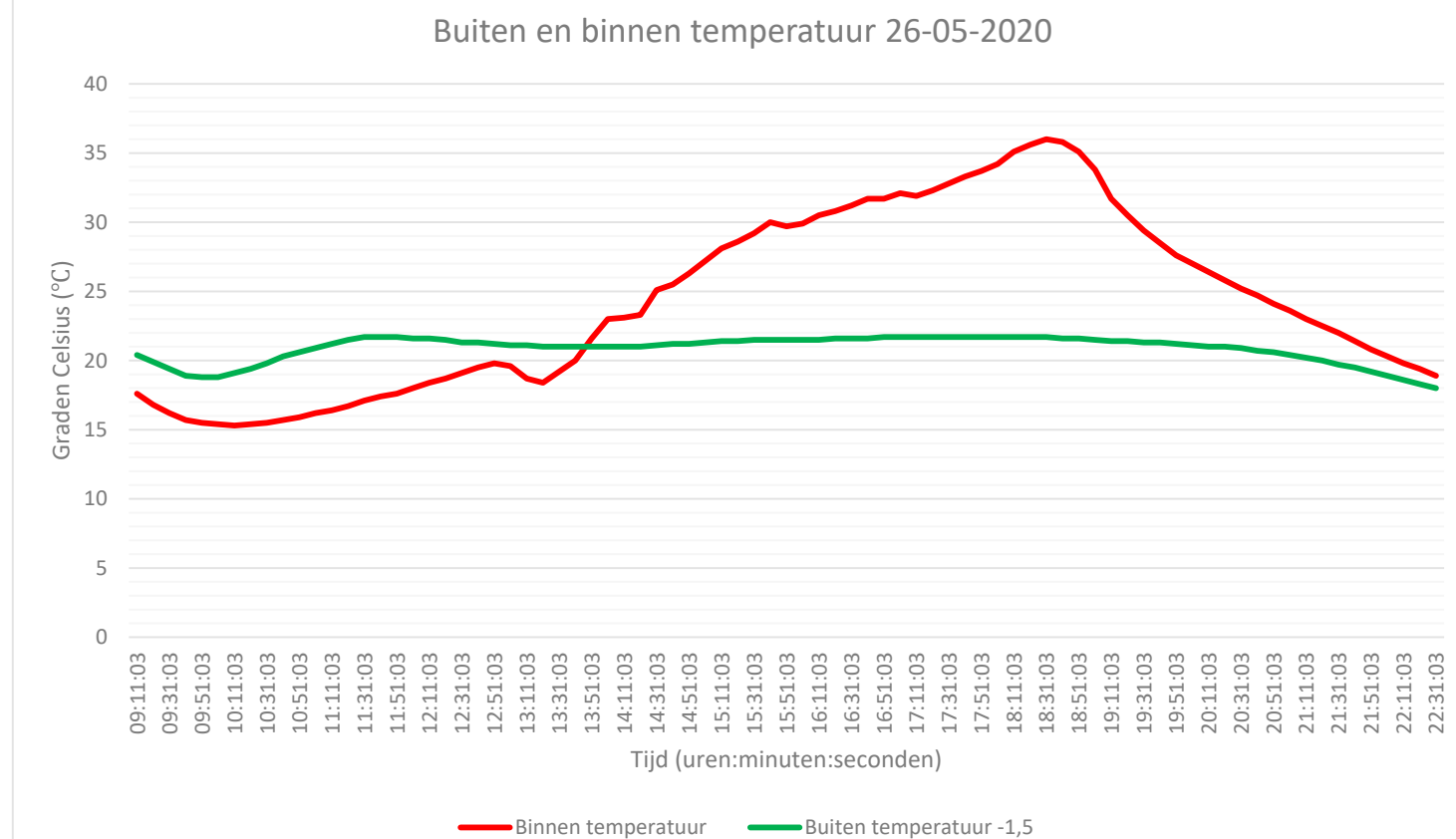


Fig. 160 Temperatuur test 26-05

In de volle zon

Deze test is twee maal doorlopen in verband met wisselende weersomstandigheden.

Maximale temperaturen die gemeten zijn : **32,4** en **40 graden Celsius**.

Verdere temperatuur gerelateerde metingen zijn in de bijlage te vinden.

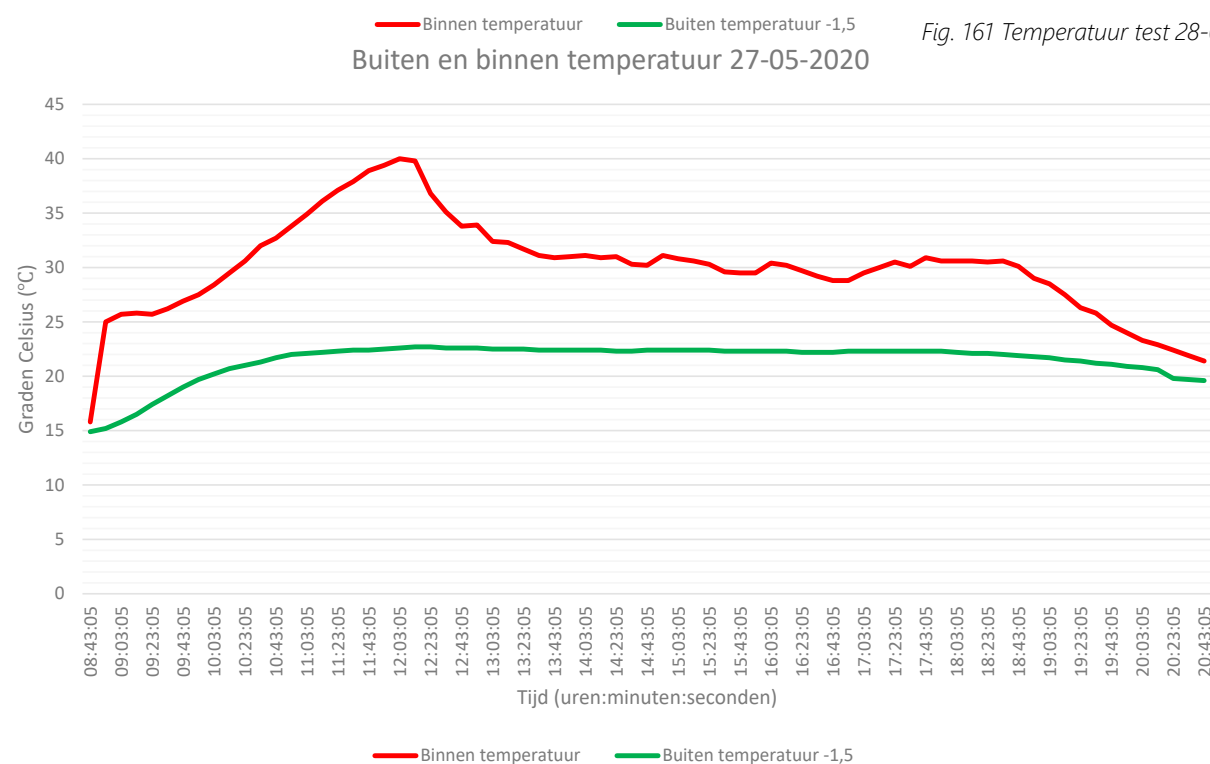
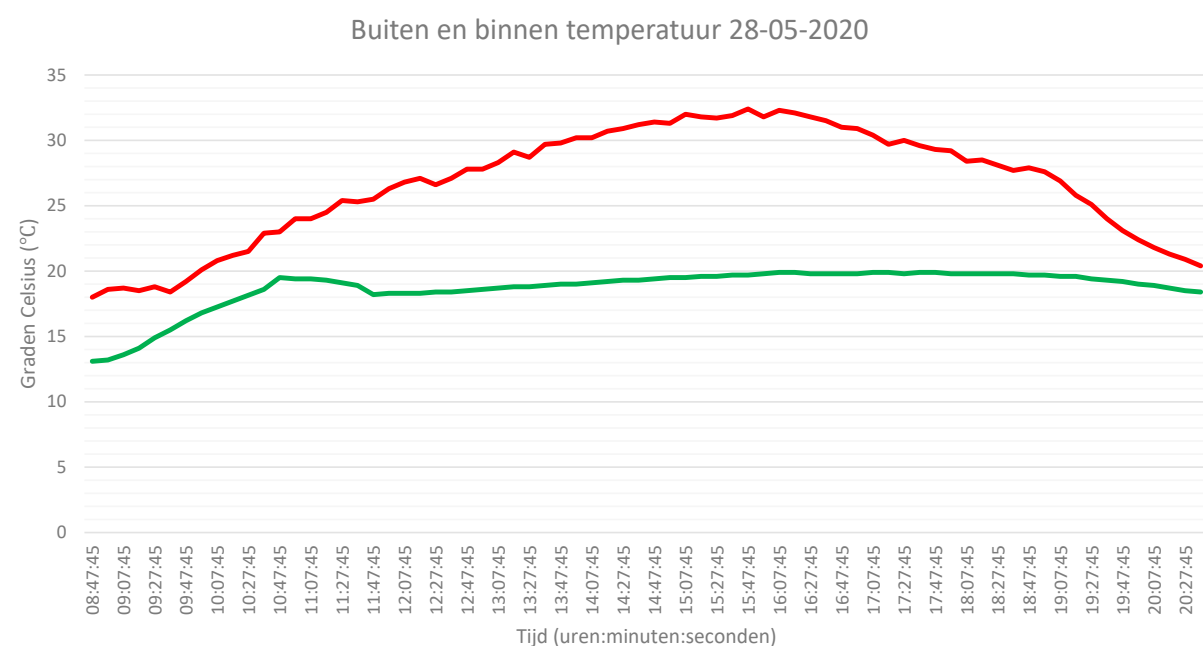


Fig. 161 Temperatuur test 28-05

Fig. 162 Temperatuur test 27-05

Uit de enquête is gekomen dat de gebruikers een indicatie willen op de behuizing.

Er zijn verschillende manieren om een led of led strip in de behuizing te integreren. Daarom zijn er meerdere testen uitgevoerd die de verschillende manieren toetsen.

1. Led strip binnen in de behuizing
De led-strip zit achter een dunner stukje wand. We zien dus het licht door de behuizing heen schijnen
2. Enkele led met gat in de wand van de behuizing
De led is dus direct te zien
3. Enkele led in de behuizing
De enkele led zit achter een dunner stukje wand
4. Led strip met diffuser
Er is een apart stukje materiaal in de behuizing geplaatst dat het licht verstrooit

1. Led-strip binnen in de behuizing

In deze test is de led-strip achter de wand geplaatst en schijnt er doorheen. Hoe dunner de wand hoe meer licht er doorheen schijnt. Om de dikte te bepalen zijn er meerdere testprints (platte rechthoek) gemaakt van verschillende diktes : 1,2,3,4 en 5mm dik. Er is snel gebleken dat 1mm de beste optie is. Deze laat het meeste licht door.

Vervolgens is er nog een test print gemaakt in de vorm van de behuizing en met een wanddikte van 1mm. Hierachter is een led strip geplaatst. Zie onderstaande afbeelding voor het resultaat van dit testje.

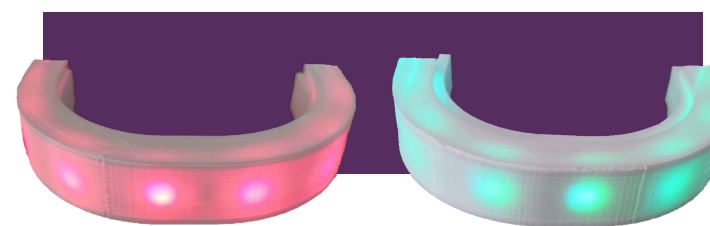


Fig. 163 Test Led 1

Fig. 164 Test Led 2

Uit de afbeelding wordt geconcludeerd dat de led strip niet tegen de binnenwand van de behuizing moet zitten. De individuele ledjes zijn namelijk zeer goed te zien. Omdat de ledjes een gemiddelde stralingshoek van 45 graden hebben kan het licht wat diffuser gemaakt worden door de ledjes wat verder van de wand te plaatsen. Hiervoor is een extra houder nodig. Om een egale kleur te krijgen is de afstand tussen de houder en de binnenwand 10mm. De houder wordt op de onderkant van de behuizing gemonteerd. Op de houder wordt de Led strip geplakt.

Om dit te testen is de kap geprint met een lokale (op de plek van de led-strip) wanddikte van 1mm. Zie afbeeldingen.



Fig. 165 Led strip in behuizing 1

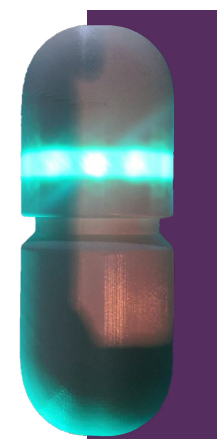


Fig. 167 Led strip in behuizing 3

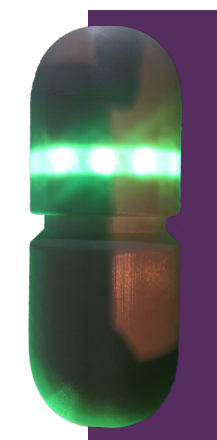


Fig. 166 Led strip in behuizing 2

Met de behuizing eenmaal buiten waren de kleuren van de led-strip niet meer goed te zien. In de volgende afbeelding schijnt de zon half op het product. Hierdoor zijn de kleuren aan de linkerkant niet of nauwelijks te zien. Aan de rechterkant zijn de kleuren wel te zien, maar niet zo duidelijk. Er zijn foto's op meerdere afstanden genomen.

In onderstaande afbeeldingen is te zien hoe de Led strip is geplaatst in de behuizing. De gleuf is in deze afbeelding te zien.

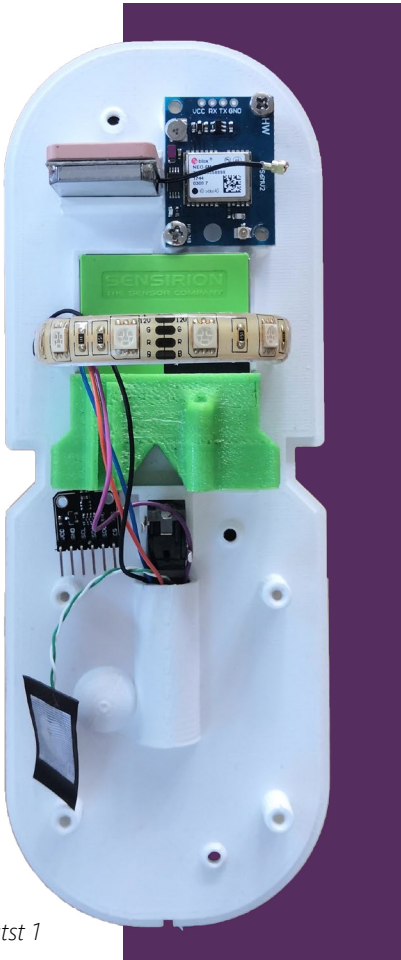


Fig. 169 Led strip geplaatst 1



Fig. 168 Gleuf 1mm

Fig. 170 Led strip geplaatst 2

Op 1 meter en 1,5 meter zijn de kleuren nauwelijks meer te zien ook aan de schaduw kant.



Fig. 171 Led strip buiten in behuizing 1



Fig. 172 Led strip buiten in behuizing 2



Fig. 173 Led strip buiten in behuizing 3

Bevinding

Een led strip achter de behuizing geen optie is. Het laat niet genoeg licht door waardoor de kleuren slecht te zien zijn in daglicht.

2 - Enkele led met gat in de wand van de behuizing

Er is een gat geboord in de behuizing waar de Led komt te zitten. De test is uitgevoerd met vier kleuren ledjes: rood, geel, groen en blauw. In onderstaande afbeeldingen zijn de ledjes geplaatst in de behuizing. Deze foto's zijn binnen genomen.



Fig. 174 Led binnenin behuizing geel



Fig. 176 Led binnenin behuizing groen



Fig. 175 Led binnenin behuizing blauw



Fig. 177 Led binnenin behuizing rood

Ook nu is er getest hoe de led-indicatie werkt bij daglicht.

De kleuren rood en blauw zijn het beste te zien vanuit alle hoeken. Dit geldt voor de afstanden tot vier meter. Na vier meter zijn de kleuren steeds slechter te zien als de afstand vergroot wordt.

Voor de kleuren geel en groen zijn ze van een hoek van 45 graden al vanaf 1,5 meter steeds slechter te zien.

Onderstaande afbeeldingen zijn vanaf 1 meter afstand gemaakt.



Fig. 182 Led buiten 45 graden

Met bovenstaande afbeelding wordt bedoeld met een hoek van 45 graden.



Fig. 178 Led buiten geel



Fig. 180 Led buiten groen

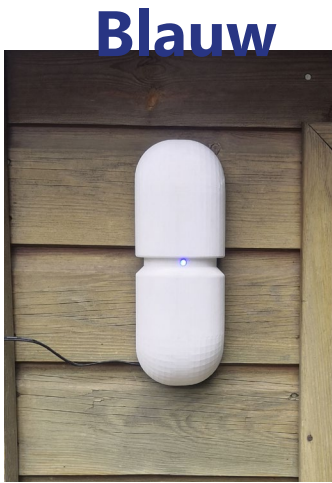


Fig. 179 Led buiten blauw



Fig. 181 Led buiten rood

Bevinding

Met enkele led als indicatie zijn in daglicht alle kleuren goed te zien op een afstand van 1 meter. Daarna neemt de zichtbaarheid snel af. De led is het beste te zien vanaf de voorkant

3 - Enkele led in de behuizing

De ledjes welke gebruikt in test 2 zijn erg fel. Daarom is ook geprobeerd hoe de zichtbaarheid is als ze (net zoals test 1) door de behuizing schijnen. De bestaande kap is aangepast : door een gaatje te boren is de wand dunner gemaakt tot een dikte van 1mm.

Allereerst zijn alle vier de kleuren weer binnenshuis getest. Zie onderstaande afbeeldingen.

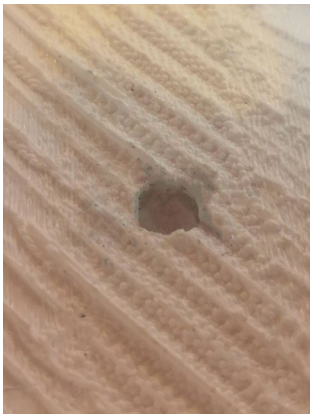


Fig. 183 Gaatje in de behuizing

De kleuren groen en blauw zijn vele male slechter te zien dan rood en geel. De kleur rood is van alle vier het beste te zien.

In onderstaande afbeelding is de behuizing buiten opgehangen met de rode led in de behuizing. De kleur is nauwelijks of niet te zien.

Bevinding

Met een enkele led in de behuizing wordt te weinig licht doorgegeven. De kleuren zijn zeer slecht te zien. Hierdoor valt dit concept af.



Fig. 184 Led tegen behuizing geel



Fig. 186 Led tegen behuizing groen



Fig. 185 Led tegen behuizing blauw



Fig. 187 Led tegen behuizing rood



Fig. 188 Buiten led tegen behuizing 1



Fig. 189 Buiten led tegen behuizing 2

4 - Led-strip met diffuser

Deze test is uitgevoerd is met een soort diffuser. Een diffuser is een stukje kunststof die het licht gelijkmatig verspreid. Er is een gleuf gemaakt in de behuizing. In deze gleuf wordt een stukje melkachtig PMMA gemonteerd. Dit zorgt ervoor dat er een diffuus licht wordt gecreëerd.

De onderstaande afbeeldingen zijn binnenshuis genomen. De kleuren zijn goed te zien en het PMMA maakt de kleuren mooi diffuus.



Fig. 190 Gleuf in de behuizing

Fig. 191 PMMA voor behuizing

Geel



Fig. 192 Diffuser geel

Groen

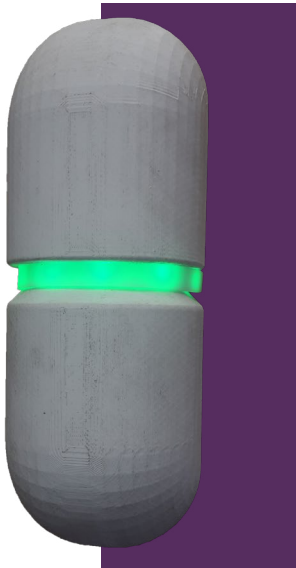


Fig. 194 Diffuser groen

Blauw



Fig. 193 Diffuser blauw

Rood



Fig. 195 Diffuser rood

Het model is net zoals in de andere testen buiten opgehangen in direct zonlicht. Hier wordt gekeken of de kleuren net zo zichtbaar zijn als binnenshuis. Zie onderstaande afbeeldingen voor het resultaat. Alle afbeeldingen zijn op 20 cm gefotografeerd.

Geel



Fig. 196 Diffuser buiten geel

Groen



Fig. 198 Diffuser buiten groen

Blauw



Fig. 197 Diffuser buiten blauw

Rood



Fig. 199 Diffuser buiten rood

Uit bovenstaande afbeelding kan worden geconcludeerd dat deze optie met een diffuser kan werken buiten in het zonlicht.

Ook op grotere afstanden zijn de kleuren van de Ledjes te zien. Op vijf meter waren de kleuren nog goed te zien. Bij de afbeeldingen op de vorige pagina wordt een schaduw gecreëerd in de gleuf. Hierdoor zijn de kleuren goed te zien. In onderstaande afbeelding wordt de behuizing in een bepaalde hoek gehouden waardoor er geen schaduw is bij de gleuf. Er valt alleen rechtstreeks zonlicht op. De kleuren zijn nog te zien alleen een stuk minder.



Fig. 200 Diffuser buiten 2meter



Fig. 201 Diffuser buiten 45 graden



Fig. 202 Diffuser buiten rechtstreeks zonlicht

Het uiteindelijke model bevat een diffuser van het materiaal polystyreen van 0.5mm dikte. Het model is buiten gehangen en de kleuren waren goed te zien. Als het model in rechtstreeks zonlicht wordt gehouden zijn de kleuren ook zichtbaar.

Bevinding

Een diffuser is gemaakt om licht gelijkmatig te verspreiden en goed door te geven. Dat is ook te zien in de testen : het licht van de led strip is goed te zien in daglicht. Dit is een goede optie.



Fig. 203 Eindmodel met led 1



Fig. 204 Eindmodel met led 1

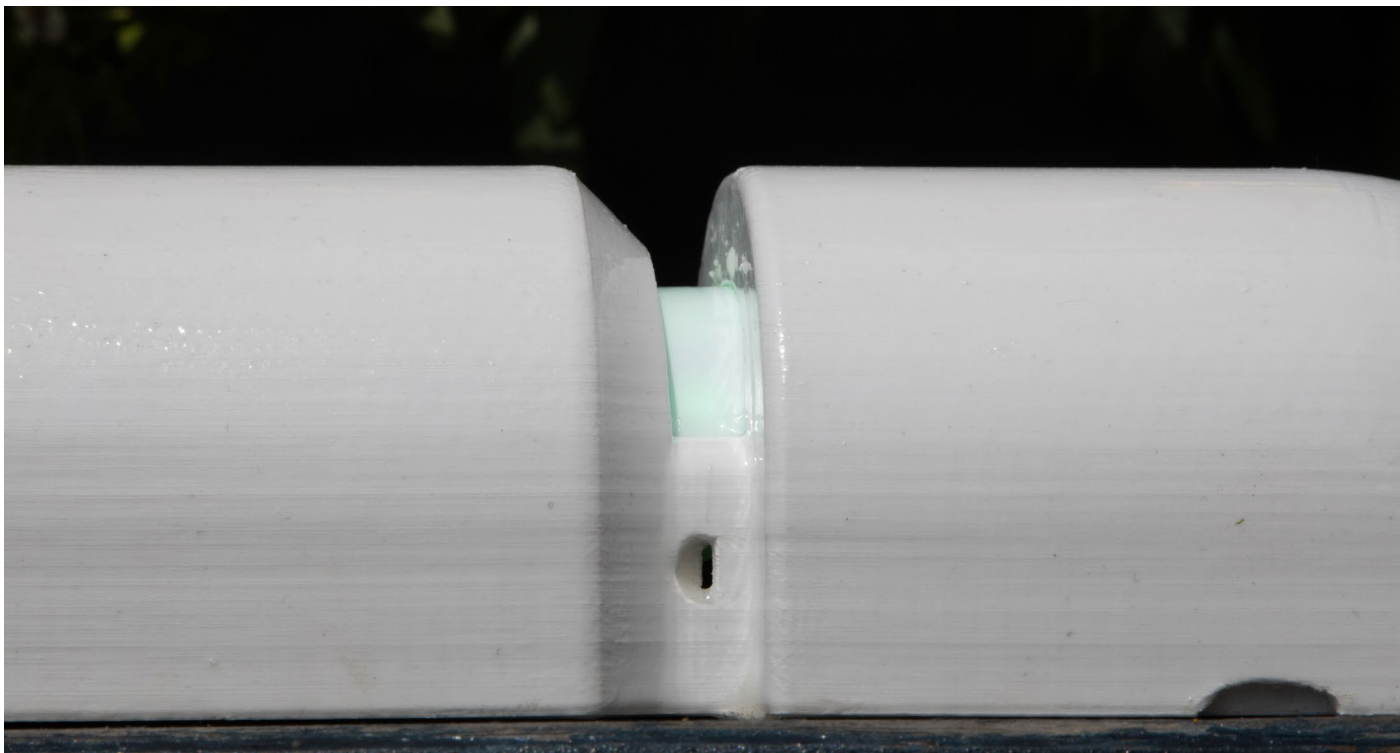


Fig. 205 Eindmodel met led 3

10.3 Schaduw

Bij deze test wordt gekeken hoe vaak er een schaduw ontstaat bij de inkeping. Als er wordt gekozen om een diffuser hier te plaatsen zal dit de plaats zijn waar de meeste warmte doorheen gaat. De binnentemperatuur van de behuizing wordt vooral op door rechtstreeks zonlicht op de behuizing.

Als er altijd een schaduw wordt gecreëerd bij de inkeping kan er worden gekozen om hier een diffuser te plaatsen. Hierdoor is er een test uitgevoerd. Het product midden op een grasveld geplaatst waardoor er geen schaduwen kunnen ontstaan van omringende gebouwen of bomen. Vervolgens is het product in vier verschillende richtingen geplaatst. Het noorden, oosten, zuiden en het westen. Het zonlicht kwam van het Zuidoosten af en er waren geen wolken aan de lucht.

Noorden



Fig. 206 Schaduw noorden

Oosten



Fig. 208 Schaduw oosten

Zuiden

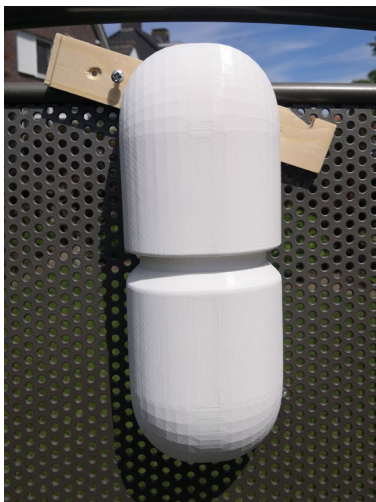


Fig. 207 Schaduw zuiden

Westen



Fig. 209 Schaduw westen

Uit deze afbeeldingen kan worden geconcludeerd dat er altijd een schaduw ontstaat in de inkeping. Er kan rechtstreeks zonlicht komen op een helft van de inkeping maar nooit beiden.

10.4 Waterdichtheid

Voor de behuizing was een eis gesteld dat hij IPW 53 moet hebben. Dit betekent dat de behuizing beschermt tegen verticaal vallend water tot 60 graden. Beperkt binnen dringen van water is toegestaan. Ook moet de behuizing beschermen tegen stof. Om te testen of er water binnendringt is er een testopstelling gemaakt. De behuizing is gemonteerd tegen een stuk hout. Vervolgens is er een sproeier die een regenbui na bootst. Zie afbeelding voor verduidelijking.



Fig. 210 Testopstelling water

Durende de test werd er al snel geconcludeerd dat er water door de gaten voor de lucht aan- en afvoer ging. De test is stopgezet en de gaten zijn dichtgeplakt om te kijken of er verder water in de behuizing komt. De test is opnieuw gestart en heeft één minuut geduurd. Na de test is de behuizing opengemaakt en bleek dat er waterdruppel in de behuizing zaten. Dit komt waarschijnlijk omdat er een gleuf aan de bovenkant zit. Hierdoor kan verticaal vallend water doorheen gaan gedurende de tijd.

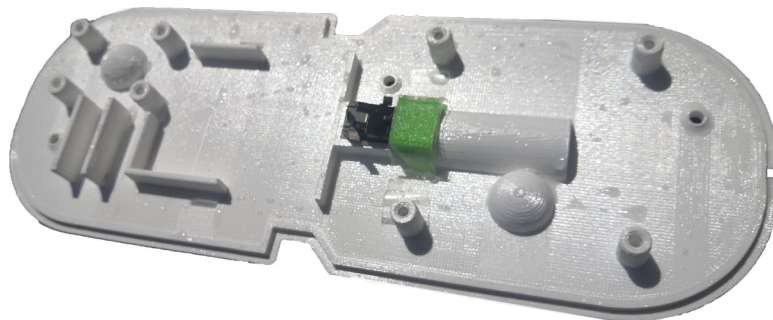


Fig. 211 Water in de behuizing



Fig. 212 Gleuf

Door deze ontdekkingen moeten hiervoor oplossingen worden bedacht. Eén voor de lucht in- en afvoer en één voor de gleuf.

Met het nieuwe ontwerp is nog een waterdichtheid test gedaan. Hieruit bleek dat de behuizing voldoet aan de IPX3 eis. Dit is natuurlijk geen officiële test. Er zijn normen opgesteld om een behuizing te testen. De norm die hiervoor geldt is: NEN 10529:1992 Beschermingsgraden van omhulsels van elektrisch materieel (IP-codering). (IEC, 2013) In deze norm wordt uitgelegd hoe de opstelling er uitziet en waar deze aan moet voldoen.

Er is een offerte aangevraagd bij een bedrijf die gespecialiseerd zijn in het testen volgens de normen. Het testen van de IP53 rating kost 2100euro. 1350euro voor de IP5X rating en 750euro voor de IPX3 rating. Het bedrijf waar de offerte is aangevraagd is Maser.

<https://www.maserengineering.eu/reliability-test/environmental-test-service.html>



Fig. 213 Watertest

10.5 Simulaties luchtstroming

Simulaties zijn uitgevoerd om te zien wat de luchtstroom doet in de in- uitlaat van de zakelijke versie. In eerste instantie was de bedoeling om de inlaat van de Sensirion en de Nova fijnstofsensor op de zelfde ingang aan te sluiten. Hetzelfde geldt voor de uitlaat. Op de inlaat van de Nova sensor wordt een slangetje bevestigd. Deze wordt dan ook bevestigd aan de in- uitlaat van beide fijnstofsensoren. Zie onderstaande afbeelding voor verduidelijking.

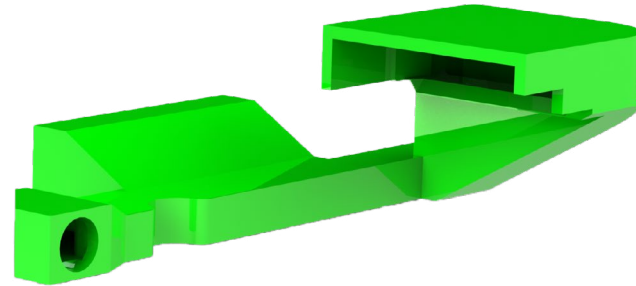


Fig. 214 Versie 1 in- uitlaat 1

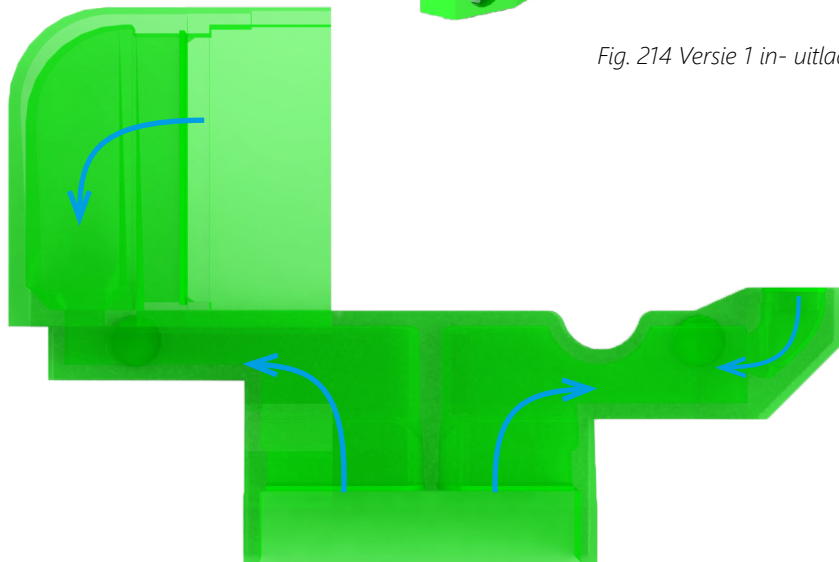


Fig. 215 Versie 1 in- uitlaat 2

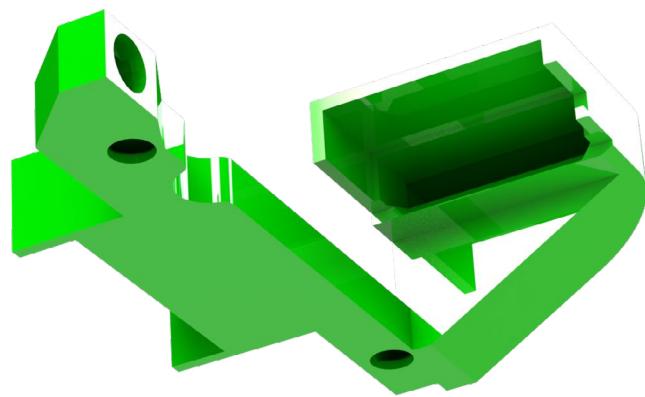


Fig. 216 Versie 1 in- uitlaat 3

Voor de snelheid is 0.55mm³/s gepakt. Het type ventilator is onderzocht die in de fijnstofsensoren worden gebruikt. In de Sensirion fijnstofsensor zit een "Sunon maglev mf20060v2" ventilator. De fabrikant gaf aan dat het een airflow heeft van 1.6 CFM. 1.6 CFM is 2,7 m³/h. Dit kan vertaald worden naar 0.55mm³/s wat gebruikt is in de simulaties. Voor de Nova sensor is niet bekend hoe hard hij de lucht aanzuigt of uitblaast. (Cooper, 2019) (DC Brushless Fan & Blower)

De eenheid die te zien is in de simulaties zijn mm/s. Dit is de snelheid van de lucht. In de simulaties is te zien dat er in de versmallingen de snelheid van de lucht toeneemt soms wel tot 15mm/s.

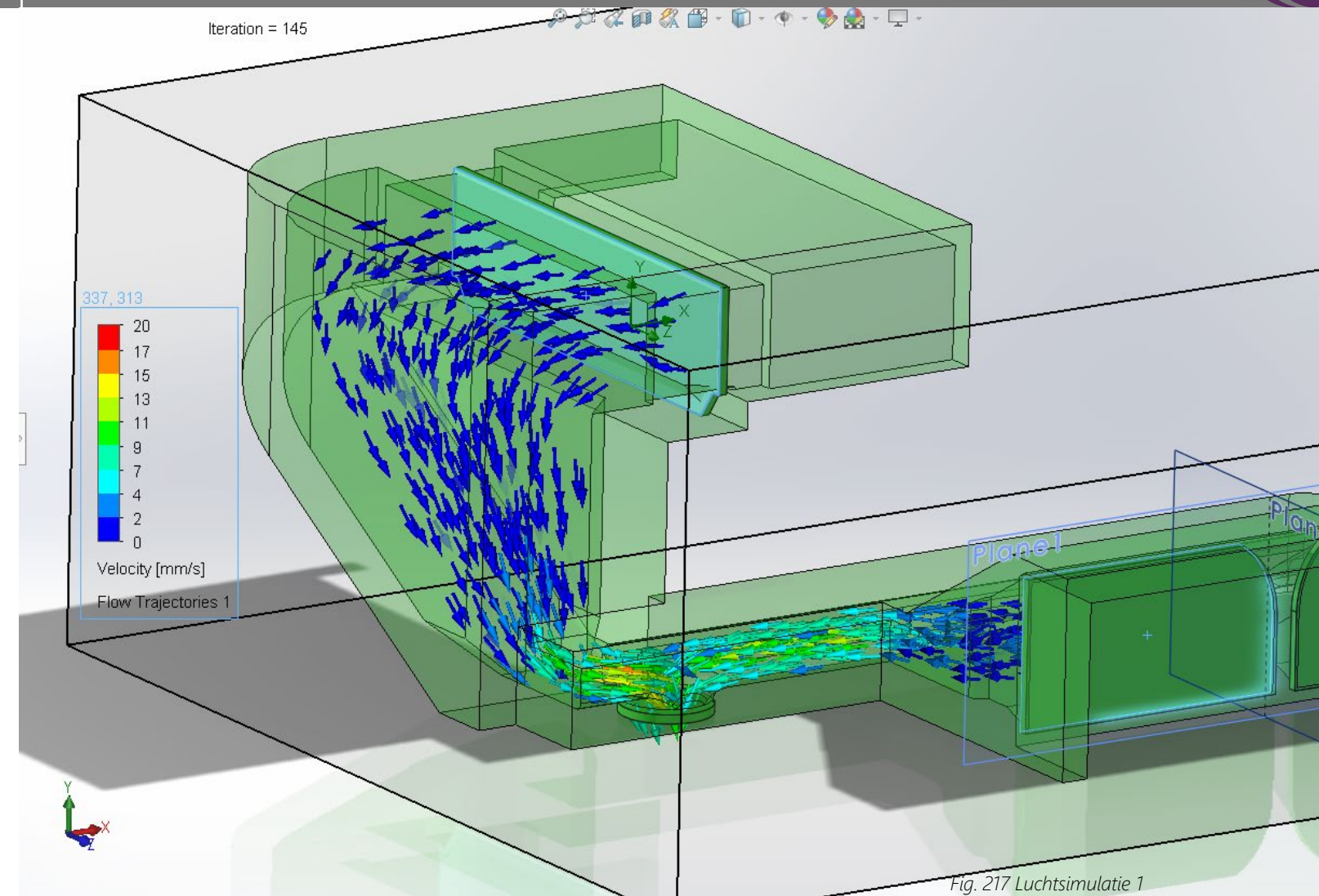


Fig. 217 Luchtsimulatie 1

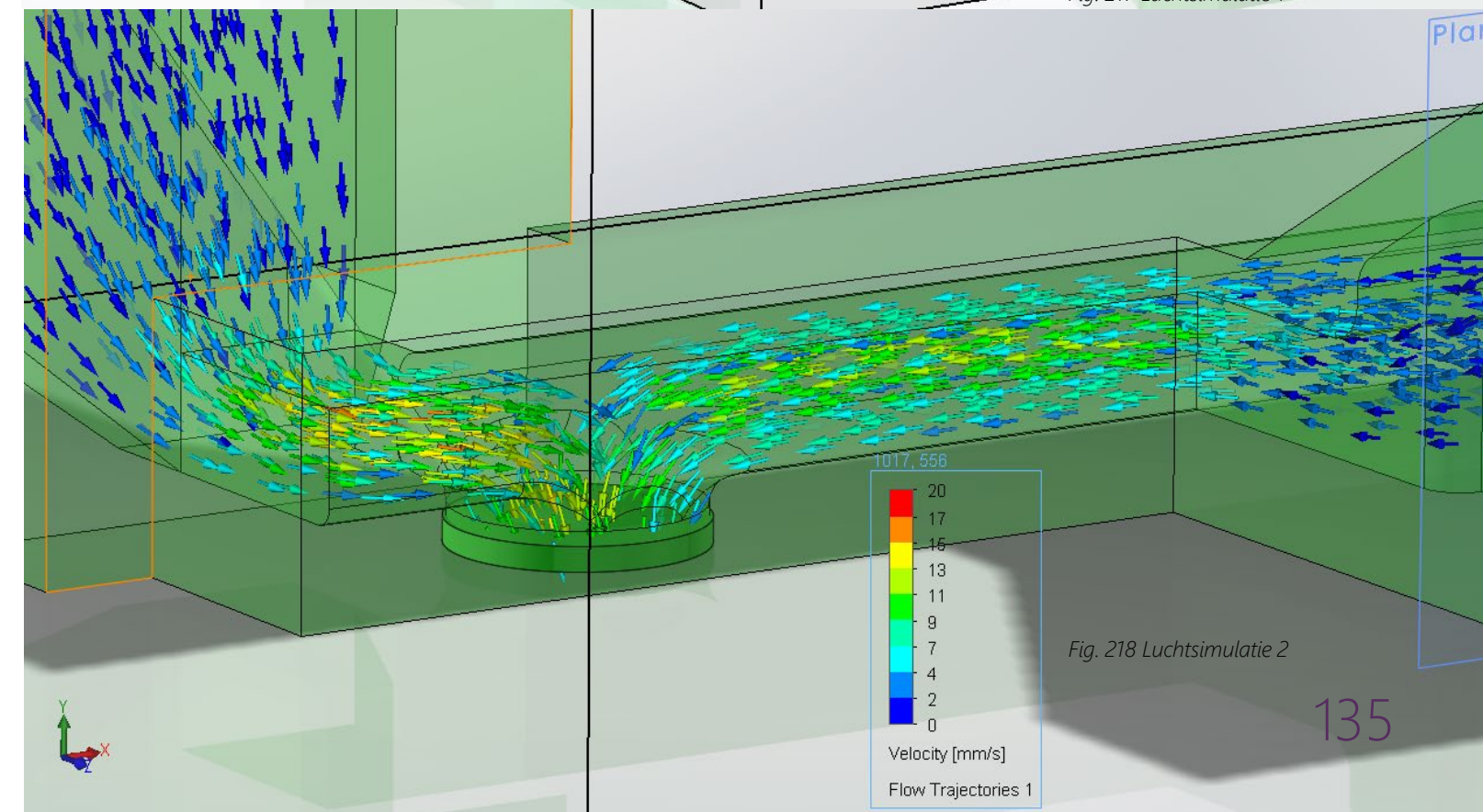


Fig. 218 Luchtsimulatie 2

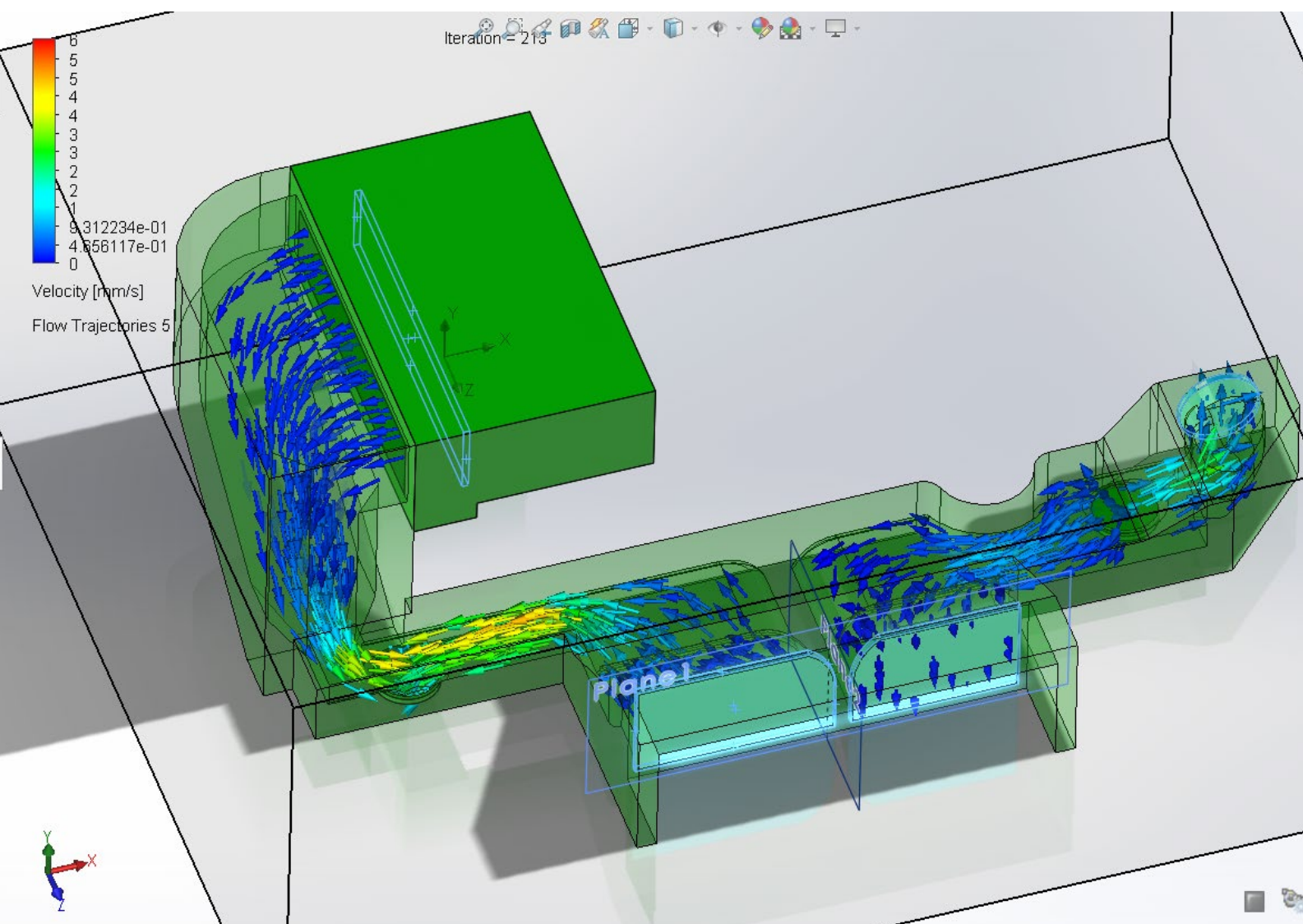


Fig. 219 Luchtsimulatie 3

Zie video via onderstaande link:
<https://youtu.be/q8vNDyZ6ErI>

De beslissing is genomen besloten om elke fijnstofsensor zijn eigen in- en uitgang te geven. Hiervoor is gekozen omdat er de mogelijkheid is dat de Nova fijnstofsensor een hogere snelheid heeft waarmee hij de lucht aanzuigt. Hierdoor kunnen er ongelijke luchtstromen ontstaan. Een ander argument is dat de fijnstofsensoren niet altijd gelijk de lucht aanzuigen.

Hierdoor is er een ander design gemaakt voor de in- uitlaat van de fijnstofsensoren. Op dit design zijn ook luchtsimulaties uitgevoerd om te kijken wat het verschil is tussen dit design en het eerste design.

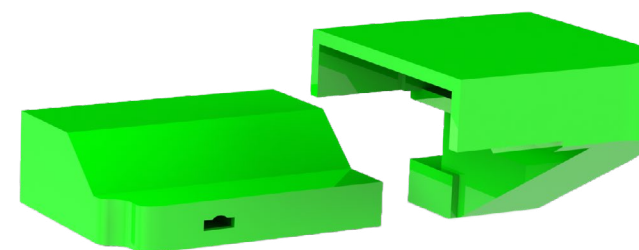


Fig. 220 In- uitlaat versie 2

In de simulaties van het nieuwe ontwerp is te zien dat de snelheid van de lucht op sommige punten is afgenomen. Het meest gunstige aan het nieuwe ontwerp is dat de twee fijnstofsensor apart van elkaar de lucht kunnen aanzuigen zonder dat de andere fijnstofsensor er last van heeft.

Zie video via onderstaande link:
https://youtu.be/9yHd_NY1e4U

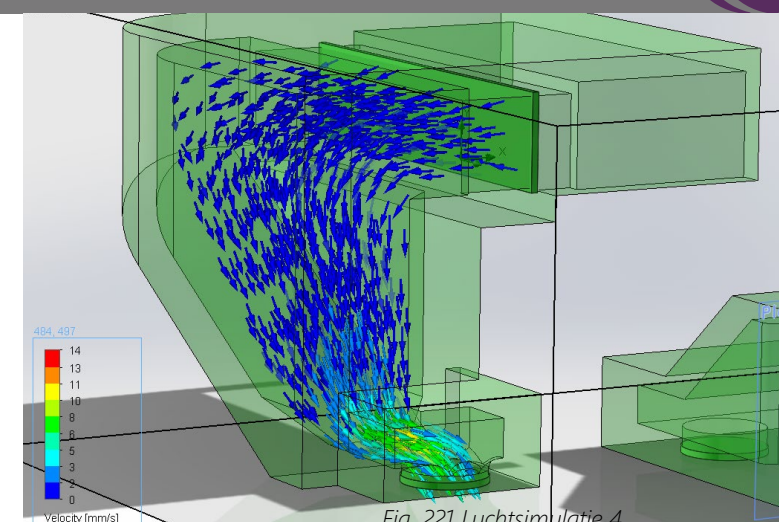


Fig. 221 Luchtsimulatie 4

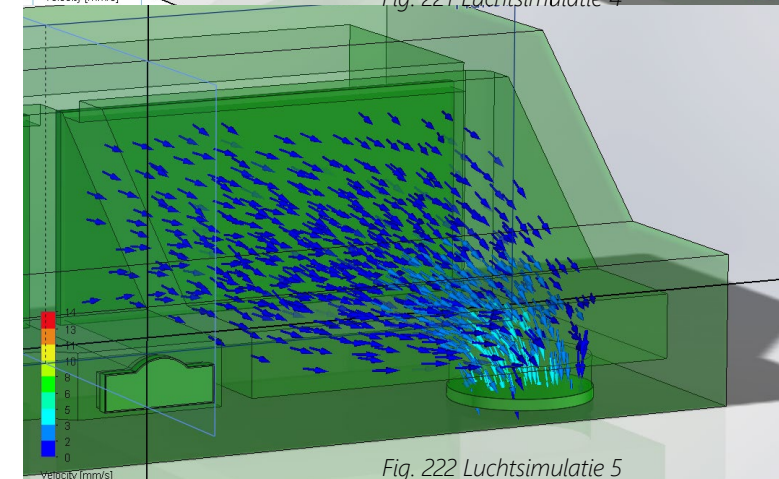


Fig. 222 Luchtsimulatie 5

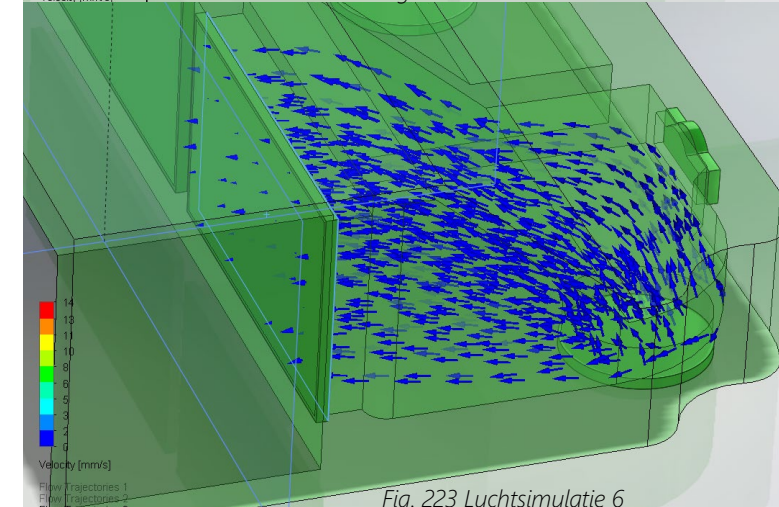


Fig. 223 Luchtsimulatie 6

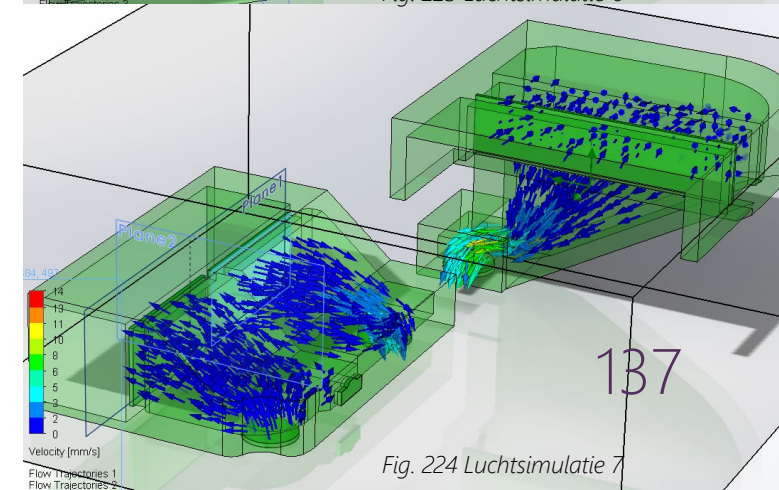
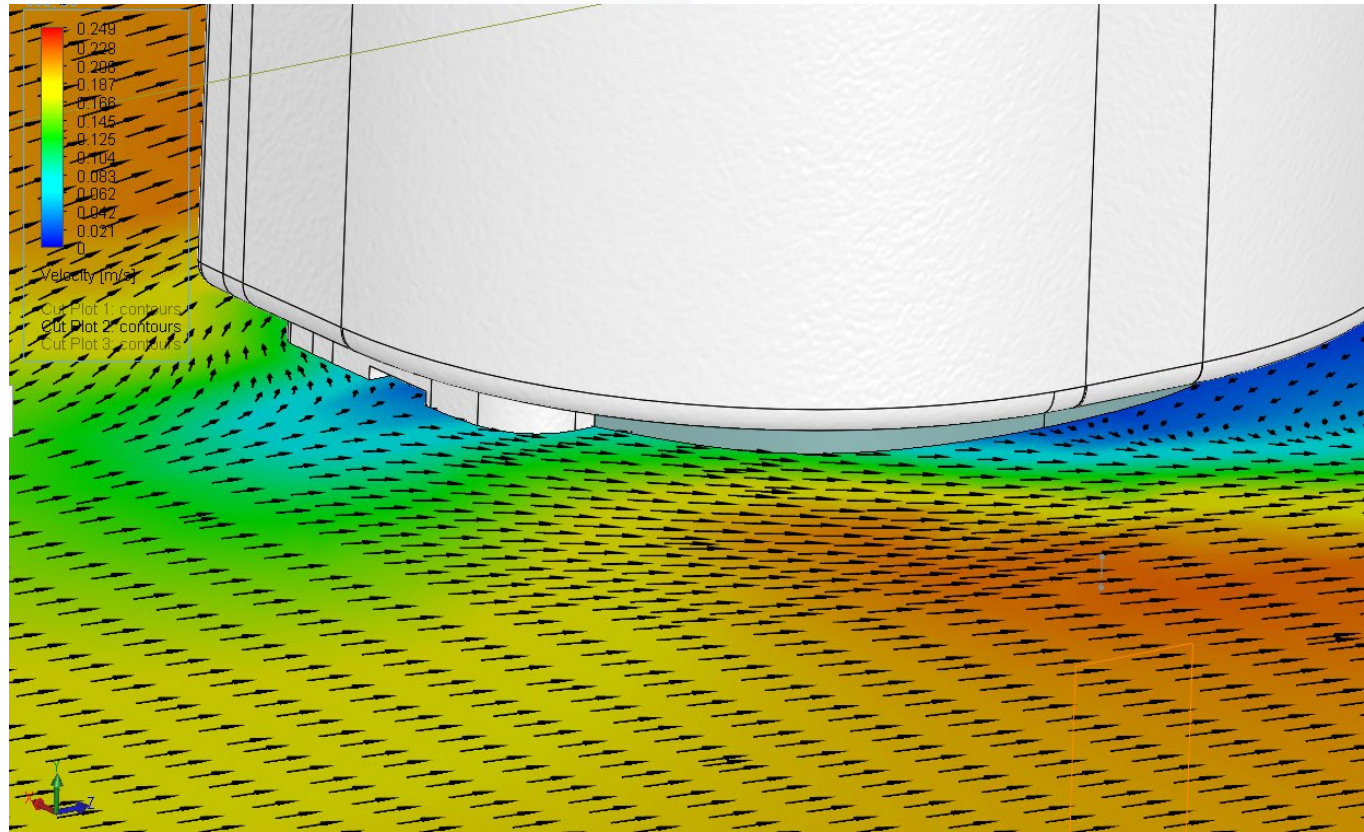
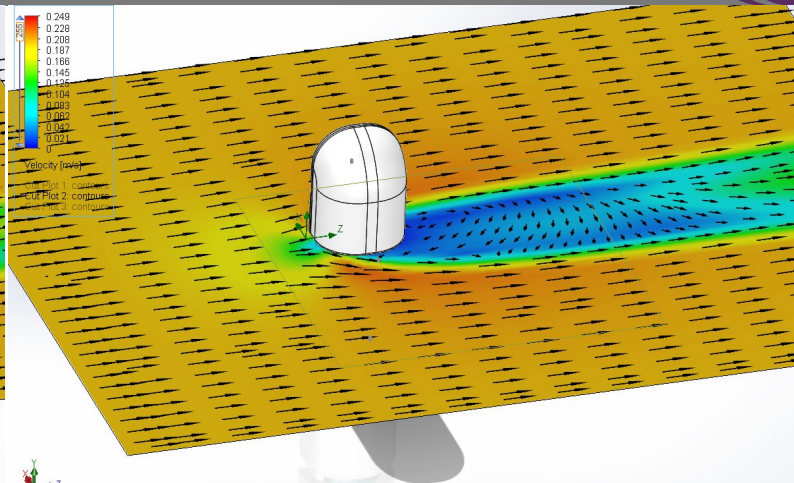
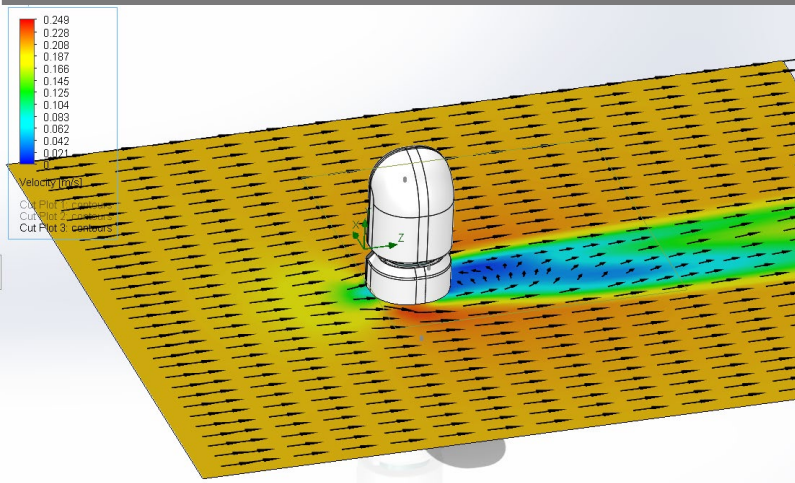
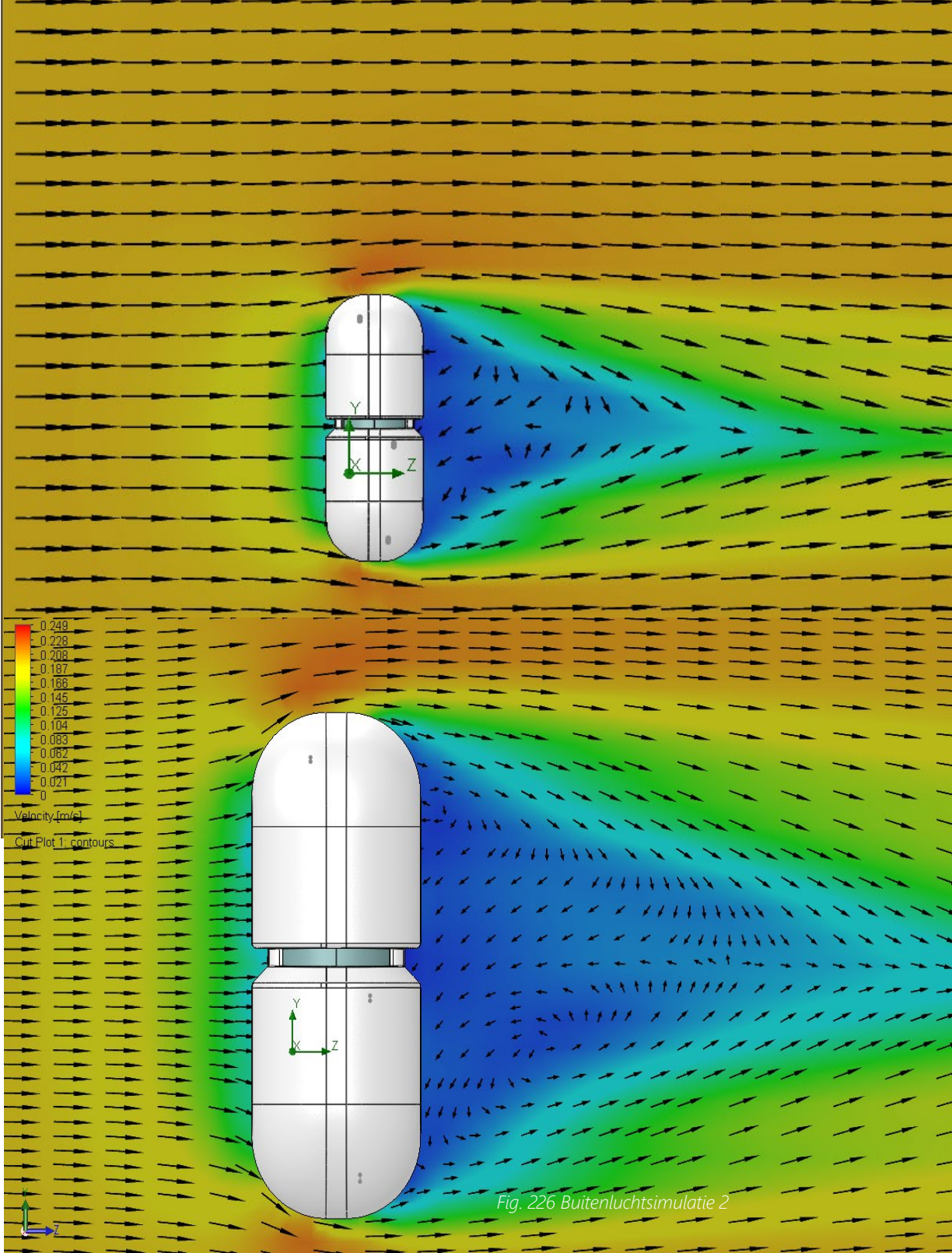


Fig. 224 Luchtsimulatie 7

Er is gekeken naar de luchtstroming in de in-uitlaat maar ook naar de luchtstroming buiten het product. In het specifiek naar de burgerversie. Er zijn simulaties gedaan om te kijken hoe de lucht stroom om het fijnstofstation. De luchtstromingen zijn in twee richtingen geplaatst. Zie onderstaande afbeeldingen.

Zie video via onderstaande link:
<https://youtu.be/fEhFNKS3wbo>

Fig. 225 Buitenluchtsimulatie 1



Zie video via onderstaande link:
<https://youtu.be/vUgPi5xnaRw>

De luchtsnelheid die ingesteld is bij de simulaties is 0.20m/s. Hiervoor is gekozen omdat er is gekeken naar de gemiddelde luchtsnelheid in Nederland. In de zomer ligt dit op 0.15m/s en in de winter ligt dit op 0.25m/s. Hier wordt het gemiddelde van gepakt 20m/s. In de simulaties is te zien dat er geen aparte luchtstromingen ontstaan. (Cox)

De informatie over de flowsimulations is uit een boek gehaald genaamd: "An introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2019. (Matsson, 2019)

Het product moet slagvast en waterdicht zijn. Om een 3D print na te bewerken wordt in de praktijk veel gebruik gemaakt van XTC-3D. Het is een epoxyhars voor 3D prints. XTC-3D maakt het oppervlakte van de 3D print slagvast en hard. Het zorgt ook ervoor dat de lagen van het 3D printen minder goed zichtbaar zijn. Er kunnen ook kleurpigmenten of metaaleffectpoeders worden toegevoegd aan het epoxyhars.

(XTC-3D Epoxyhars, sd)



Fig. 230 XTC-3D

Er zijn twee lagen epoxyhars op de behuizing geplaatst. Zie de afbeeldingen voor het verschil. Bij de tweede laag epoxyhars zijn de lagen van de 3d print nog minder te zien dan bij één laag.



Fig. 231 Eén laag epoxyhars



Fig. 232 Twee lagen epoxyhars

Fig. 233 Vergelijking lagen epoxyhars

Uit de testen met de temperatuur meten kan worden geconcludeerd dat de behuizing voldoende isoleert. De maximale temperatuur die gemeten is 40 graden. Dit was de "worst-case scenario" test. De behuizing was van 's morgens vroeg tot 's avonds in direct zonlicht geplaatst.

Test vier Led-strip met diffuser is als beste uit de test gekomen. Het laat genoeg licht door waardoor de kleuren goed buiten te zien zijn. Door deze optie krijgt het fijnstofmeetstation ook een duurdere uitstraling. De led strip geeft bepaalde kleuren. De kleuren die worden gebruikt zijn onder andere groen, geel oranje en rood. Voor alle kleuren zie bijlage P.

Het uiteindelijke model bevat een diffuser van het materiaal polystyreen van 0.5mm dikte. Dit materiaal laat genoeg licht door en heeft ook een witte kleur. Dit onderdeel wordt in de behuizing gelijmd.

Met de waterdichtheidstesten wordt geconcludeerd dat de behuizing voldoet aan de IPX3 rating. Er moet een officiële test worden uitgevoerd om de behuizing een IP53 rating te geven.

11. Kostprijsberekening

Er worden twee kostprijsberekeningen gemaakt per model. De eerste kostprijsberekening is voor één stuk. De andere kostprijsberekening is voor 50 stuks.

11.1 Burgerversie

De prijzen voor de componenten zijn al beschreven in hoofdstuk 8.2.1. Voor één stuk kosten de componenten **154,92** euro. Voor 50 stuks kosten de componenten voor één stuk **122,57** euro.

Tabel 11 Prijzen onderdelen burgerversie

Onderdeel	Materiaal	Duur	Gewicht (gram)	Prijs (euro)
Kap	ASA	2 dagen 10 uur 59 min	229	7,93
Onderkant	ASA	13 uur 39min	75	2,60
Houder Led	ASA	19 minuten	1	0,034
Koppelstuk senor, adapter en ophang ring	NinjaFlex	9 uur	12	0,94
Totaal		3 dagen 9 uur 57 min	317	11,5

Nabewerking kap en onderkant

Er wordt gebruik gemaakt van XTC-3D. Voor één behuizing worden twee porties van 7,5ml gebruikt. Totaal zit er in de twee flessen 150ml. Kostprijs XTC-3D: 19,95euro. Kosten nabewerking: $(15/150) \cdot 19,95 = \mathbf{1,99}$ euro.

Een andere kostenpost is het stroomverbruik. Er is gemeten wat een 3D printer ongeveer aan stroom gebruikt bij het printen. Dit is: 159 Watt. Dit betekent dat de printer voor één behuizing ($82\text{uur} \cdot 159\text{Watt}$) 13038 Watt verbruikt oftewel 13,038 kWh. De gemiddelde kosten van stroom zijn 0,2225 euro per kWh. De totale kosten aan stroom voor één behuizing is: $0,2225 \cdot 13,03813 = \mathbf{2,90}$ euro.

Er moeten manuren worden geteld voor verschillende handelingen. De handelingen zijn als volgt:

- Solderen: 30 min
- Lijmen: 5 minuten
- Monteren: 15 minuten
- 3D printers bedienen: 20 minuten
- Epoxy: 20 minuten
- Programmeren LoPy: 5min
- Testen systeem: 5min

Totaal is er 1,5 uren nodig om het product volledig klaar te krijgen. Een studentuurloon is 12,50 per uur. Een student gaat waarschijnlijk de behuizingen in elkaar zetten en produceren. Hierdoor kost het product volledig klaar te maken **18,75** euro. (intern uurloon GreenTechLab 50)

Tabel 12 Prijzen burgerversie

	Kosten 1 stuk [euro]	Kosten 1 stuk (50 stuks) [euro]
Componenten	154,92	122,57
Onderdelen	11,5	11,5
Nabewerking	1,99	1,99
Stroomkosten	2,9	2,9
Monteren	18,75	18,75
Totaal	190,06	157,71

Alle prijzen zijn exclusief BTW

11.2 Zakelijke versie

Net zoals bij de burgerversie zijn de prijzen van de componenten eerder in het verslag beschreven. Voor één stuk kosten de componenten **203,18** euro. Voor 50 stuks kosten de componenten voor één stuk **165,54** euro.

Tabel 13 Prijzen onderdelen zakelijke versie

Onderdeel	Materiaal	Duur	Gewicht (gram)	Prijs (euro)
Kap	ASA	4 dagen 20 uur 20 min	533	18,63
Onderkant	ASA	23 uur en 53 min	141	4,93
Koppelstuk senior, adapter	NinjaFlex	7 uur en 20 min	10	0,71
Bevestigingsplaat	RVS	-	-	-
Totaal		6 dagen 3 uur 33 min	684	24,27

De kosten van de bevestigingsplaat komt er nog bij. Voor de bevestigingsplaat is er 75*150mm nodig. De kostprijs voor een RVS plaat is 600*1000*2mm voor 16,95euro. De materiaalkosten zijn (75*150)/600000 = 0,02 euro. Om er achter te komen wat de productiekosten zijn moet er een offerte worden aangevraagd als het ontwerp definitief is.

Nabewerking kap en onderkant
Er wordt gebruik gemaakt van XTC-3D. Voor één behuizing worden twee porties van 15ml gebruikt. Totaal zit er in de twee flessen 150ml. Kostprijs XTC-3D: 19,95euro. Kosten nabewerking: (30/150)*19,95 = **3,99** euro.

Stroomkosten: 147,3uur * 159Watt) 23452,5 Watt verbruikt oftewel 23,45 kWh. De gemiddelde kosten van stroom zijn 0,2225 euro per kWh. De totale kosten aan stroom voor één behuizing is: 0,2225* 23,45 = **5,22** euro.

Er moeten manuren worden geteld voor verschillende handelingen. De handelingen zijn als volgt:

- Solderen: 45 min
- Lijmen: 2 minuten
- Monteren: 20 minuten
- 3D printers bedienen: 30 minuten
- Epoxy: 20 minuten
- Programmeren LoPy: 5min
- Testen systeem: 5min

Totaal is er 1,5 uren nodig om het product volledig klaar te krijgen. Een studeten uurloon is 12,50 per uur. Hierdoor kost het product volledig klaar te maken **18,75** euro. (intern uurloon 50)

Tabel 14 Prijzen zakelijke versie

	Kosten 1 stuk [euro]	Kosten 1 stuk (50 stuks) [euro]
Componenten	203,18	165,54
Onderdelen	24,27	24,27
Nabewerking	3,99	3,99
Stroomkosten	5,22	5,22
Monteren	18,75	18,75
Totaal	255,41	217,77

Alle prijzen zijn exclusief BTW

Burgerversie van de fijnstofmeter

De behuizing voor de burgerversie voldoet aan het programma van eisen. De behuizing is UV-bestendig, slagvast, waterdicht en voorkomt dat er insecten binnen komen. De componenten in de behuizing zijn volgens de eisen geplaatst.

Uit gedane testen is geconcludeerd dat de behuizing warmte voldoende isoleert om de levensduur van de elektronische componenten te garanderen.

De gebruikerswens voor een led-strip, voortkomende uit de enquête, is toegepast in het ontwerp. Diverse praktijktesten hebben aangetoond dat een led-strip goed zichtbaar is.

Er is een handleiding beschikbaar voor de eindgebruiker. Hierin wordt duidelijk uitgelegd hoe het fijnstofmeetstation gemonteerd dient te worden. Deze handleidingen zijn terug te vinden in de bijlage.

Zakelijke versie

De behuizing voor de zakelijke versie is ook volledig ontworpen, met als uitzondering de PCB. Deze is binnen het project nog niet gerealiseerd. Hiervoor is wel plaats gereserveerd.

Flexibele zonnepaneelfolie is helaas geen optie. Daarom wordt een zonnepaneel van 10 Watt wordt gebruikt bij de zakelijke versie.

Aanbevelingen

Om de behuizing een IP53 rating te geven moet er een officiële test worden gedaan. Deze test kan worden uitgevoerd bij eerder benoemde firma Maser. Dit bedrijf is gespecialiseerd in het testen van behuizingen.

Advies is om verdere duurtesten uit te voeren met een (of meerdere) geassembleerde meters. Dit om mogelijke problemen nog te ontdekken.

Het doen van verder onderzoek naar overige kosten voor zowel burgerversie als zakelijke versie. Zoals bijvoorbeeld assemblage, verpakkingen en marketing. Als voorbeeld het lijmen van de onderdelen kan ingekort worden door een snel drogende lijm.

De led-strip is zeer fel en goed zichtbaar. Gedurende de nacht kan het felle licht wellicht als hinderlijk worden ervaren. Advies is dan ook om mogelijk de led strip te dimmen. Dit kan door een interne klok in de software

Een passende naam voor de burgerversie en de zakelijke versie.

13. Literatuurlijst

- (VLA), V. L. (2014, Oktober 1). Publicatie meetprotocol fijnstof. Opgehaald van fijnstofmeter: https://www.fijnstofmeter.com/documentatie/Digitaal_Fijnstof-BMA_Publicatie.pdf
- 7 Verschillende Soorten Kunststof en hun Toepassing. (sd). Opgehaald van orangeplastics: <https://www.orangeplastics.nl/7-verschillende-soorten-kunststof-en-hun-toepassing>
- albedo. (sd). Opgehaald van encyclo: <https://www.encyclo.nl/begrip/Albedo>
- Atmotube Pro – Draagbare luchtkwaliteitsmeter. (sd). Opgehaald van fabertronics: https://www.fabertronics.nl/atmotube-pro-draagbare-luchtkwaliteitsmeter?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG4wI8R1HCSPQURBANE8kmLayIAK23RLlv2Smq5joSIWT4ULIBn1qRoCzBoQAvD_BwE
- behouddeparel. (sd). Opgehaald van behouddeparel: <http://www.behouddeparel.nl/>
- Bruijn, E. d. (2016, 12 31). RIVM zet tientallen fijnstofmeters in achtertuinen . Opgehaald van NOS: <https://nos.nl/artikel/2150841-rivm-zet-tientallen-fijnstofmeters-in-achtertuinen.html>
- cbs. (sd). Opgehaald van <https://www.cbs.nl/>
- Contany. (2017, Mei 5). Wat is de ideale hellingshoek bij ligging zonnepanelen? Opgehaald van degroenebron: <https://degroenebron.nl/blog/wat-is-de-ideale-hellingshoek-bij-ligging-zonnepanelen/>
- Cooper, S. (2019, 04 25). Teardown: Sensirion. Opgehaald van mistywest: <https://www.mistywest.com/posts/teardown-sensirion-particle-matter-sensor/>
- Cox, C. W. (sd). Normen en richtlijnen voor het binnenmilieu. Opgehaald van aivc: https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_4573.pdf
- DC Brushless Fan & Blower. (sd). Opgehaald van sunon: [https://www.sunon.com/eu/MANAGE/Docs/PRODUCT/299/367/Sunon%20DC%20Brushless%20Fan%20&%20Blower_\(240-E\).pdf](https://www.sunon.com/eu/MANAGE/Docs/PRODUCT/299/367/Sunon%20DC%20Brushless%20Fan%20&%20Blower_(240-E).pdf)
- Eigenschappen. (sd). Opgehaald van slimisoleren: <https://www.slimisoleren.nl/eigenschappen/>
- ENVIRONMENTAL. (sd). Opgehaald van maserengineering: <https://www.maserengineering.eu/reliability-test/environmental-test-service.html>
- Fijnstofmeter. (2020). Opgehaald van pce-instruments: https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-kat_162683.htm?_start=1
- FUYI FY78 PM2.5 Detector Air Quality Handheld Portable Smog Particle Monitor Temperature and Humidity. (sd). Opgehaald van dennisdeal: https://www.dennisdeal.com/products/fuyi-fy78-pm2-5-detector-air-quality-handheld-portable-smog-particle-monitor-temperature-and-humidity_1587733?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=gss&gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILGwMyzAQzodoOApdlPYxv_Amiaef8
- hf-electronics. (sd). Opgehaald van over H&F: <http://www.hf-electronics.com/nl/hf/over-HF-Electronics>
- Huma-i HI-120 draagbare luchtkwaliteitsmonitor (VOC, PM2.5 & PM10). (sd). Opgehaald van fabertronics: https://www.fabertronics.nl/huma-i-hi-120-geavanceerde-draagbare-luchtkwaliteit-voc-pm25-pm10?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILGyegmdJA15gd9X3NTI_39VuPGAqJEgKMIRWA3VBruWHMW4DEjunvrhoCimMQAvD_BwE
- Ibought Health. (sd). Opgehaald van Ibought: https://www.ibought.nl/a-55873926/lucht-kwaliteit-monitor-air-quality-monitor/smart-lucht-kwaliteit-monitor-smart-air-quality-monitor/?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG5Q2iq6TflksOsLVN-7ntE0KhqfKUMxNI1PWjgkOgCLOxsUwZCm-0hoC-VQQAvD_BwE#description
- IEC. (2013, 08). NEN 10529:1992. rue de Varembe, Zwitserland: IEC Central Office.
- Isolatie materialen. (2020). Opgehaald van eco-logisch: <https://www.eco-logisch.nl/kennisbank-Isolatie-materialen-292>
- Isolatiewaarde: de Rd waarde, Rc waarde en lambdawaarde. (sd). Opgehaald van isolatiemateriaal: <https://www.isolatiemateriaal.nl/kenniscentrum/isolatiewaarde-de-rd-waarde-rc-waarde-en-lambdawaarde/>
- Kipster. (sd). Opgehaald van Kipster: <https://www.kipster.nl/#kipster>
- Lambda-waarde of isolatiewaarde van alle courante materialen. (sd). Opgehaald van lambda: <https://www.lambda.be/nl/energie tips/lambda-waarde-van-alle-materialen>
- Markenhof, A. (2016). Een onderzoek voorbereiden. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- Matsson, J. (2019). An introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2019. Mission: SDC Publications.
- Mini PM2.5 Detector Air Quality Tester Particulate Meter Rechargeable Monitor. (sd). Opgehaald van dennisdeal: https://www.dennisdeal.com/products/mini-pm2-5-detector-air-quality-tester-particulate-meter-rechargeable-monitor_1434967?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=gss&gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG_9ke5yNydQRu6VsMq5wckmoP91SDaJM7ShN7mhpv22pu9IXj4-U6
- Nieuwenhuis, B. (2019, Oktober 31). Call 2020 TEC for Society.
- over arvalis. (sd). Opgehaald van arvalis: <https://www.arvalis.nl/over-arvalis/>
- Over Fontys GreenTechLab. (sd). Opgehaald van fontys: <https://fontys.nl/Innovatie-en-onderzoek/High-Tech-Systems-and-Materials/Fontys-GreenTechLab/Over-Fontys-GreenTechLab-1.htm>
- over ons. (sd). Opgehaald van connectingagriandfood: <https://www.connectingagriandfood.nl/nl/over-ons/>
- over rivm. (sd). Opgehaald van rivm: <https://www.rivm.nl/over-het-rivm>
- Powerfilmsolar. (sd). Opgehaald van Powerfilmsolar: <https://www.powerfilmsolar.com/>
- Sensorkastjes houden luchtkwaliteit Eindhoven realtime in de gaten. (2013, Maart 1). Opgehaald van bits-chips: <https://bits-chips.nl/artikel/sensorkastjes-houden-luchtkwaliteit-eindhoven-realtime-in-de-gaten/>

Soorten zonnepanelen. (sd). Opgehaald van zonne-energiegids: <https://www.zonne-energiegids.nl/soorten-zonnepanelen/>

Spuitsgieten (NL). (sd). Opgehaald van designerdata: <https://www.designerdata.nl/productietechnieken/Kunststof/Spuitsgieten>

TEC for Society. (sd). Opgehaald van Fontys: <https://fontys.nl/Sportfolio/Onderzoek/TEC-for-Society.htm>

Thermokoppel werking en opbouw. (2017). Opgehaald van langkamp-technology: <https://www.langkamp-technology.nl/kennisbank/thermokoppels/opbouw-en-werking-thermokoppels>

U-waarde isolatie berekenen. (sd). Opgehaald van bouw-energie: <https://bouw-energie.be/nl/bereken/u-waarde-isolatie>

Venting: oplossingen die condensvorming voorkomen. (sd). Opgehaald van hemmink: <https://hemmink.nl/nieuws/venting-oplossingen-condensvorming-voorkomen/>

vogels, W. e. (sd). Fijnstofmeter. Opgehaald van groensel: <https://groensel.be/schoon/fijnstofmeter/>

Waarom is zwarte kleding zo warm? (sd). Opgehaald van wibnet: <https://wibnet.nl/natuurkunde/natuurkundige-verschijnselen/waarom-is-zwarte-kleding-zo-war>

warmtegeleidingscoëfficiënt λ . (sd). Opgehaald van joostdevree: <https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/warmtegeleidingscoefficient.htm>

Wat is de IP-beschermingsklasse? (sd). Opgehaald van conrad: <https://www.conrad.nl/info/inspiration/installatietechniek/ip-beschermingsklasse>

Wat komt er allemaal kijken bij zelf meten. (sd). Opgehaald van samenmetenaanluchtkwaliteit: <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/zelf-meten>

XTC-3D Epoxyhars. (sd). Opgehaald van 3Djake: <https://www.3djake.nl/smooth-on/xtc-3d-epoxyhars>

Zonnepanelen folie. (sd). Opgehaald van zonnepanelen-info: <https://www.zonnepanelen-info.nl/zonnepanelen-folie/>

Zonnepanelen folie: oprolbare zonnecellen. (sd). Opgehaald van essent: <https://www.essent.nl/kennisbank/zonnepanelen/wat-zijn-zonnepanelen/flexibele-zonnepanelen-folie>

14. Literatuurlijst afbeeldingen

18650 accu. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.bol.com/nl/p/nitecore-18650-accu-li-ion-3400mah/9200000064960682/>

Adapter. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.allekabels.nl/ac-dc-adapter/7207/1307589/universele-ac-dc-adapter-5-v.html>

Atmotube Pro – Draagbare luchtkwaliteitsmeter. (sd). Opgehaald van fabertronics: https://www.fabertronics.nl/atmotube-pro-draagbare-luchtkwaliteitsmeter?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG4wL8R1HCSPQURBANE8kmLayIAK23RLiv2Smq5joSIWT4ULIBn1qRoCzBoQAvD_BwE

Amorf. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://paventosolar.nl/soorten-zonnepanelen/>

Bevestigingsplaat. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.voormeubels.nl/product/bevestigingsplaat>

DC power connector. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://nl.farnell.com/lumberg/1613-18/socket-dc-power-12v-1a/dp/1308873?ost=1613+18+-+DC+Power+Connector&cfm=true>

Fijnstofmeter PCE-AQD 20. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-aqd-20-det_5888823.htm?_list=k&_listpos=9

Fijnstofmeter PCE-PCO 2. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-pco-2-det_5888998.htm?_list=k&_listpos=12

Fijnstofmeter PCE-PQC 23EU. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-pqc-23eu-det_5893060.htm?_list=k&_listpos=28

Fijnstofmeter PCE-PQC 15EU. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-pqc-15eu-det_5893056.htm?_list=k&_listpos=26

Fijnstofmeter PCE-RCM 05. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-rcm-05-det_5891004.htm?_list=k&_listpos=1

Fijnstofmeter PCE-RCM 10. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.pce-instruments.com/dutch/meettechniek/meetapparatuur-voor-alle-parameters/fijnstofmeter-fijnstofmeter-pce-rcm-10-det_5888991.htm?_list=k&_listpos=3

FUYI FY78 PM2.5 Detector Air Quality Handheld Portable Smog Particle Monitor Temperature and Humidity. (sd). Opgehaald van dennisdeal: https://www.dennisdeal.com/products/fuyi-fy78-pm2-5-detector-air-quality-handheld-portable-smog-particle-monitor-temperature-and-humidity_1587733?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=gss&gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILGwMyzAQzodoOApdlPYxv_Amiaef8

Glas-glas. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.zonne-energiegids.nl/soorten-zonnepanelen/>

Google home mini. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.iculture.nl/gids/google-nest-home/>

GPS module. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://opencircuit.be/Product/GY-NEO6MV2-GPS-module>

Huma-i HI-120. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.fabertronics.nl/huma-i-hi-120-geavanceerde-draagbare-luchtkwaliteit-voc-pm25-pm10?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILGygmdJA15gd9X3NTI_39VuPGAqJEgKMiRWA3VBruWHMW4DEjunvrhoCimMQAvD_BwE

Insectengaas. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.horrenbouw.nl/webshop/horrengaas/detail/11734/horgaas-grijs-220-cm-breed-pm1.html>

Led met een verdeler. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://easinghome.en.made-in-china.com/productimage/iCxJjGUvbgWN-2f1j00IYUfzRVGRLkA/China-Frosted-Clear-Opal-Diffuser-Lens-Slim-Flat-Thin-LED-Profile-Aluminum-Extrusion-for-LED-Strip-High-Quality-LED-Profile-Extrusions-for-Ceiling.html>

Led strip. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1096460315-fita-led-ws2812b-ws2812-enderecavel-1-metro-144-leds-5-volts-_JM

LoPy4. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.tinytronics.nl/shop/nl/platforms/pycom/pycom-lopy4>

Luchtkwaliteitsmeter van Ibought. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.ibought.nl/a-55873926/lucht-kwaliteit-monitor-air-quality-monitor/smart-lucht-kwaliteit-monitor-smart-air-quality-monitor/?gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG5Q2iq6TfiksOsLVN-7ntE0KhqfKUmXNI1PWjgkOgCLOxsUwZCm-0hoC-VQQAvD_BwE#description

Macrovector, M. (z.d.). Doelgroep [Illustratie]. Geraadpleegd van <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/people>

Melkachtige behuizing. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://nl.aliexpress.com/item/32797538257.html>

Monokristallijn zonnepaneel. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://paventosolar.nl/soorten-zonnepanelen/>

Nova PM sensor. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.dennisdeal.com/products/nova-pm-sensor-sds011-high-precision-laser-pm2-5-air-quality-detection-sensor-module-super-dust-sensors-digital-output>

Particulate Meter. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.dennisdeal.com/products/mini-pm2-5-detector-air-quality-tester-particulate-meter-rechargeable-monitor_1434967?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=gss&gclid=CjwKCAjwsMzzBRACEiwAx4ILG_9ke5yNydQRu6VsMq5wckmoP91SDaJM7ShN7mhpv22pu9IXj4-U6hoCRZEQAvD_BwE

Plakantenne. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://nl.farnell.com/anaren/66089-0830/antenna-866mhz-30mm-air-module/dp/2380652?ost=66089-0830&ddkey=https%3Anl-NL%2FElement14_Netherlands%2Fsearch



Polykristallijn. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://paventosolar.nl/soorten-zonnepanelen/>

Solarmodule. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://nl.aliexpress.com/item/33024528396.html?spm=a2g0o.detail.100009.3.1212124fA0y2V1&gps-id=pcDetailLeftTopSell&scm=1007.13482.95643.0&scm_id=1007.13482.95643.0&scm-url=1007.13482.95643.0&pvid=a9314bdc-72df-400d-8221-5b8aa13a8cf6&t=gps-id:pcDetailLeftTopSell,scm-url:1007.13482.95643.0,pvid:a9314bdc-72df-400d-8221-5b8aa13a8cf6,tpp_buckets:668%230%23131923%2313_668%23808%236395%23423_668%23888%233325%239_668%232846%238113%23636_668%232717%237560%23220

Temperatuur, vocht en druk sensor. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.conrad.nl/p/joy-it-sen-bme680-sensormodule-1884870>

VentGLAND. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.wiska.com/en/30/cat/313/venting/>

XTC-3D . (2020). [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.3djake.nl/smooth-on/xtc-3d-epoxyhars>

Zonnepaneelfolie. (z.d.). [Foto]. Geraadpleegd van https://www.installatiejournaal.nl/energie/artikel/2019/05/zonnefolie-aan-vooravond-grootschalig-introductie-1019637?_ga=2.37117859.221034017.1584630331-215937881.1584630331