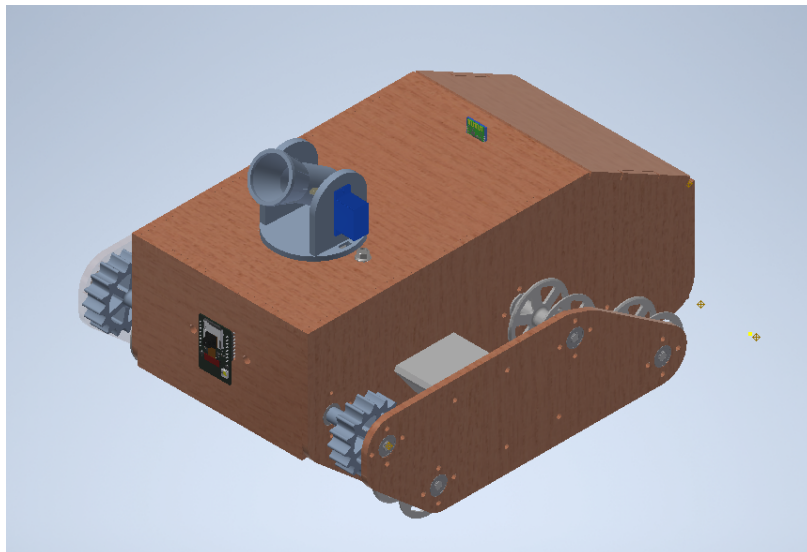


Brandweerrobot van de toekomst



Begeleiders:

- Dhr. Pierloot
- Dhr. Van Avermaet
- Dhr. Van den Hende
- Dhr. Mattheeuws

Chuitiev Iskhak
Tacquet Anthony

Elektromechanica



SCHOOLJAAR 2020 - 2021

Brandweerrobot van de toekomst

Begeleiders:

- Dhr. Pierloot
- Dhr. Van Avermaet
- Dhr. Van den Hende
- Dhr. Mattheeuws

Chuitiev Iskhak
Tacquet Anthony

Elektromechanica

WOORD VOORAF

Wij zijn Anthony Tacquet en Iskhak Chuitiev van 6 Elektromechanica uit het Emmaüs Instituut Aalter. Om te tonen dat we de kennis van de voorbije jaren onder de knie hebben, sluiten we dit jaar af met een geïntegreerde proef.

Voor ons eindwerk hebben we een robot gebouwd die brand kan bekampen. Brandweerman is een gevaarlijke job en de bescherming die brandweermannen krijgen, is soms onvoldoende. Zo zijn ze niet beschermd tegen instortingen, flashovers of backdrafts. Wij willen ervoor zorgen dat ze hun job op een veiligere manier kunnen uitoefenen. De gevaarlijke zones die brandweermannen niet kunnen bereiken zouden geen hinder mogen opleveren voor de robot die wij ontworpen hebben. De robot zal ook veel eerder aan de slag gaan met blussen dan de brandweer, de robot is nu eenmaal al ter plaatse, wat er in sommige gevallen zal voor kunnen zorgen dat de brand heel snel terug onder controle raakt.

We willen graag onze begeleiders bedanken die ons gedurende het schooljaar geholpen hebben met het maken van ons eindproject. We willen Dhr. Pierloot bedanken voor het nakijken van alle tekeningen, Dhr. Van den Hende die ons op het juiste spoor zette voor de berekening en Dhr. Mattheeuws, voor de begeleiding op taalkundig vlak.

Daarenboven willen we Meetjesland Brandweerpost Aalter bedanken voor het interview en de rondleiding in de brandweerkazerne in Aalter.

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|-----------|
| WOORD VOORAF | 4 |
| INLEIDING | 9 |
| 1 Opdrachtomschrijving | 10 |
| 1.1 Algemeen | 10 |
| 1.2 Beoogde werking | 10 |
| 2 Doelstelling | 11 |
| 2.1 Bezoek brandweer | 11 |
| 2.1.1 Vragen betreffende materiaalkeuze | 11 |
| 2.1.2 Vragen betreffende water | 11 |
| 2.1.3 Algemene vragen | 12 |
| 2.1.4 Na de brand | 14 |
| 2.2 Veiligheid van de brandweermannen | 14 |
| 2.3 Veiligheid van grote bedrijven verzekeren | 14 |
| 2.4 Snel ter plaatse zijn | 14 |
| 2.5 Praktisch | 14 |
| 2.6 Theoretisch | 14 |
| 3 Geschiedenis | 15 |
| 3.1 Vóór de 21ste eeuw | 15 |
| 3.2 In de 21ste eeuw | 15 |
| 4 Theoretische uitwerking | 16 |
| 4.1 Eerste visie | 16 |
| 4.1.1 Materiaalkeuze frame | 16 |
| 4.1.2 Gebruikte materiaal voor de rupsbanden | 16 |
| 4.1.3 Materiaal gebruikt voor bescherming van de elektronica | 16 |
| 4.1.4 Isolierend materiaal voor de batterij | 16 |
| 4.2 Tweede visie | 17 |
| 4.2.1 Water | 17 |
| 4.2.2 Schuim | 18 |
| 4.2.3 Poeder | 19 |
| 4.3 Eind visie | 19 |
| 4.3.1 FM-200 | 19 |
| 5 Toepassing in een kantoorruimte | 20 |
| 5.1 Grondplan en brandalarmen | 20 |
| 5.1.1 Uitleg locatie brandweerrobot | 21 |
| 5.2 Volgorde evacuatie | 21 |
| 5.3 Hoe gealarmeerd (schema) | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4 Grafcet | 23 |
| 6 Berekeningen | 24 |
| 6.1 Wrijving berekening | 24 |
| 6.2 Materiaaleigenschappen | 25 |
| 6.2.1 Aluminium | 26 |
| 6.2.2 Inox | 27 |
| 6.2.3 Titanium | 27 |
| 6.2.4 Staal | 27 |
| 6.2.5 Tantaal | 28 |
| 6.2.6 Chroom | 28 |
| 6.2.7 Nikkel | 28 |
| 6.3 Berekeningen waterslang | 29 |
| 7 Aansturing (Praktisch) | 30 |
| 7.1 Motoren | 30 |
| 7.2 Arduino UNO | 30 |
| 7.2.1 Arduino programma bluskanon (test) | 31 |
| 7.2.1.1 Werking bluskanon | 31 |
| 7.2.1.2 Aansluitschema | 32 |
| 7.2.1.3 Programma | 32 |
| 7.2.2 Arduino totaal schema | 35 |
| 7.3 Programma totaal | 35 |
| 7.3.1 Programma | 35 |
| 7.3.2 Initialisatie & Library's | 35 |
| 7.3.3 Motoren | 37 |
| 7.3.4 Void Loop | 38 |
| 7.3.4.1 Arduino camera schema | 40 |
| 7.3.4.2 Programma camera | 40 |
| 7.4 Batterij | 43 |
| 8 Alternatieve blusmiddelen | 43 |
| 8.1 CO ₂ | 43 |
| 8.2 Novec 1230 | 43 |
| 8.3 Keuze van blusmiddel | 44 |
| 8.3.1 Gas boven water, schuim en poeder | 44 |
| 8.3.1.1 Water | 44 |
| 8.3.1.2 Schuim | 44 |
| 8.3.1.3 Poeder | 45 |
| 8.3.2 Novec en FM-200 boven CO ₂ | 45 |
| 8.3.3 Novec vs FM-200 | 46 |
| 9 Toepassingsgebied van de brandweerrobot | 46 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 10 Risico-analyse | 47 |
| 11 Opstelplaats brandweerrobot | 48 |
| 11.1 Watertoevoer | 48 |
| 11.1.1 Met waterreservoir | 48 |
| 11.1.2 Met centrifugaalpomp | 49 |
| 12 Traject | 49 |
| 13 Onderdeelbespreking | 49 |
| 13.1 Lagers | 50 |
| 13.1.1 Wenteltaatslager | 50 |
| 13.1.2. Eenrijig groefkogellager | 50 |
| 13.2 Tand/gewone wielen | 51 |
| 13.2.1 Tandwielen | 51 |
| 13.2.2 Gewone wielen | 51 |
| 13.3 Steunstuk | 52 |
| 13.4 Draaischijf en Servo onderplaat | 52 |
| 13.5 Elektrische onderdelen | 53 |
| 13.5.1 Arduino | 53 |
| 13.5.2 DC motor | 53 |
| 13.5.3 Servomotor | 53 |
| 13.5.4 Powerbank | 54 |
| 13.5.5 Camera (esp32-CAM) | 54 |
| 13.5.6 HC-05 | 55 |
| 13.5.7 L298N | 55 |
| 13.6 Frameplaten | 55 |
| 13.7 Rupsbanden | 55 |
| 14 2D Tekeningen | 56 |
| 14.1 Steunwiel | 56 |
| 14.2 Aandrijf wiel | 63 |
| 14.3 Houten frame | 67 |
| 14.4 Bluskanon | 73 |
| 15 Bijlage | 79 |
| BESLUIT | 80 |
| BIBLIOGRAFIE | 81 |
| LOGBOEK | 84 |

INLEIDING

Brandweerman is een gevaarlijke job en de bescherming die brandweermannen krijgen, is soms onvoldoende. Zo zijn ze niet beschermd tegen instortingen, flashovers of backdrafts. Het beroep van brandweerman is gevaarlijk en wij gaan daar iets aan doen. Wij willen ervoor zorgen dat ze hun job op een veiligere manier kunnen uitoefenen. De gevaarlijke zones die brandweermannen niet kunnen bereiken zouden geen hinder mogen opleveren voor de robot die wij ontworpen hebben. Onze oplossing is een robot die de brand zal detecteren. Om de brand te detecteren zijn branddetectoren in elke ruimte verspreid. Met behulp van sterke motoren en wielen die de rubberen rupsband strak aanspannen kan de robot zich verplaatsen. Blussen gebeurt met een blusmiddel, al dan niet met blusgas, blusschuim of bluswater.

1 Opdrachtomschrijving

1.1 Algemeen

In deze GIP zullen wij uitleggen hoe we gezocht hebben naar een manier om het beroep van brandweer veilig te maken. We zijn gaan kijken en gaan luisteren bij de Hulpverleningszone Meetjesland Brandweerpost Aalter. We hebben verschillende ontwerpen besproken wat betreft de constructie van de wielen en de keuze van het blusmiddel in functie van het bedrijf. We hebben een risicoanalyse gemaakt voor bepaalde onderdelen om te zien hoe ze zich zullen gedragen bij bepaalde belasting.

Een gerei, een machine of een toestel is zeer behulpzaam bij de brandweer maar kan hoofdzakelijk niet zelfstandig het werk uitvoeren. Met ons eindwerk willen wij een machine construeren die zoals andere hulpmiddelen, waarvan gebruik gemaakt wordt bij de brandweer, behulpzaam is en gelijktijdig bescherming kan bieden of het risico voor een ongeval matigen. Zo kan de brand door besturing onder controle gebracht worden vooral op momenten of plaatsen waar mensen aanwezig zijn. We willen een stukje bijdragen aan een veiligere werkcontext voor brandweermannen en werknemers, waardoor zij minder risico lopen bij brand.

1.2 Beoogde werking

De robot zal gebruik maken van een fles FM200, een blusgas dat veel gemeen heeft met de CO2 blusser, dat zich al binnen in de brandweerrobot bevindt. De brandweermannen bedienen de robot via een afstandsbediening die gebruik maakt van een stuurcamera die voorop het voertuig geplaatst zal worden. De robot zal in staat zijn het gaskanon te richten naar de gepaste locatie. Om onze robot te laten rijden is het noodzakelijk dat we gebruik maken van rupsbanden waarin er per rupsband vier wielen zijn, er is één aandrijf wiel per helft verbonden met een DC-motor. De bron of de voeding die nodig is voor de elektronische componenten is bevestigd aan de onderkant van de robot. Omdat dit de meest beschermde plek is tegen vonken, vlammen en ongewenste voorwerpen.

2 Doelstelling

2.1 Bezoek brandweer

Op 22 december zijn we naar de brandweerkazerne van Aalter geweest. Daar hebben we uitleg gekregen over hoe er gehandeld wordt bij een oproep en hoe de brandweerkazerne en de gereedschappen allemaal in elkaar zitten. Ook werden onze vragen goed en volledig beantwoord met extra informatie erbij.

2.1.1 Vragen betreffende materiaalkeuze

1. Welk materiaal wordt er gebruikt bij jullie brandweer outfit?

De buitenkant van het pak is vaak uit een mengsel van Nomex en Aramide gemaakt. Deze materialen zijn bestand tegen extreme temperaturen. De schoenen zijn gefabriceerd van leder met een metalen tip. De leverancier is "Dräger".

2. Welk materiaal wordt gebruikt bij jullie helmen?

De helmen zijn eveneens gemaakt van het materiaal Nomex. De binnenschaal is van PUR-schuim voor een betrouwbare bescherming tegen thermische en mechanische invloeden. De helmen zijn ook vaak reflecterend en hebben een ingebouwd lichtje dat de omgeving verlicht bij weinig rook.

3. Hoe zorgen jullie ervoor dat de brandweerslang geen brand vat?

Daarvoor zorgt het water dat al in de slang aanwezig is, dus daar heeft de brandweer zelden problemen mee.

4. Wat is uw suggestie voor een sterk en brandbestendig materiaal?

Gezien jullie robot op bedrijven gericht is, zullen jullie niet enkel op brandbestendig materiaal moeten letten maar ook op de chemische stoffen die in dat bepaald bedrijf aanwezig zijn. De blusmiddelen en het materiaal van de robot zal dus sterk afhangen van het soort bedrijf waar jullie robot gebruikt zal worden.

2.1.2 Vragen betreffende water

1. Hoe kiezen jullie de straal van de bluslans wanneer die breed of smal is?

Bij brand gaat men eerst een paar keer "flooshen" of een straalpijp techniek toepassen. Enkele keren met een wijde straal (hoek van ca 60°) sproeien over heel de ruimte. Vervolgens de straal smaller maken en het vuur zelf bestrijden. Daarna weer de eerste stap herhalen en zo totdat het vuur geblust is.

2. Hoeveel water is er opgeslagen in jullie brandweerauto en is het voldoende?

Een brandweerauto kan een watertank van 20 400 liter of 27 500 liter water vervoeren. Hiermee heeft de brandweer voldoende voor een behoorlijke brand. Op die auto is een waterpomp gemonteerd die water rechtstreeks van de watertank naar de robot pompt. Het merk is "Ziegler" en kan 2000 liter/min pompen.

3. Is er een ander alternatief dan een waterslang voor de watertoevoer?

Neen, water wordt bij 90 procent van de gevallen gebruikt en een waterslang is het meest effectieve. Water wordt overigens toegevoerd met een druk van 6-10 bar voor rookgaskoeling en per 100 meter verliezen we

1 bar. Er zijn natuurlijk ook andere formaten van waterslangen, maar wij gaan ons focussen op het kleinste formaat van 30 mm omdat deze het minste terugslag geeft. (zie 2.1 Bezoek brandweer).

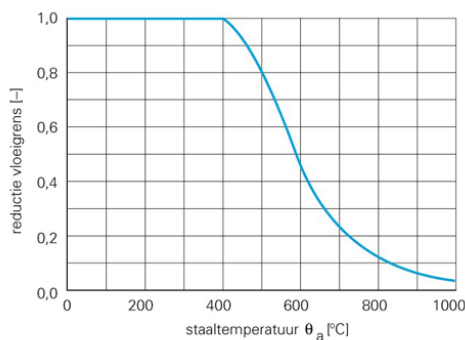
4. Worden er andere blusmiddelen gebruikt dan water zoals poeder of iets anders?

Poeder, schuim en een zuil kunnen in andere gevallen gebruikt worden. Dat hangt allemaal af van geval tot geval.

2.1.3 Algemene vragen

1. Hoe gaan jullie te werk als er een groot bedrijf in brand staat?

Dat hangt ook veel af van welk materiaal in het gebouw is opgesteld. Deze informatie weet men niet op voorhand dus moet men dat ter plaatse bepalen. Metaal blijkt niet het beste materiaal te zijn tegen brand. Bij brand wordt een staalconstructie warmer en nemen de sterkte en stijfheid van staal af. En dan valt het gebouw in een oogwenk in elkaar. Beton is al wat beter. Maar in functie van het best brandbestendig, zijn houten dwarsbalken beter dan metaal en beton als dwarsbalken. Omdat die ongeveer 1 centimeter per 15 minuten branden en dat geeft meer tijd om te blussen.



Brandklassen ¹

2. Is er iets dat jullie missen bij de brandweer of dat handig zou zijn?

Een van de gevaarlijkste dingen is instortingsgevaar en zeker bij complexen die uit metaal vervaardigd zijn.

3. Welk blus gereedschap wordt er gebruikt afhankelijk van de situatie?

- Bij elektrische apparaten of computerlokalen wordt er vaak gebruikt gemaakt van CO₂ blussers.
- Bij 90% van de gevallen wordt er water gebruikt.
- Bepaalde stoffen en vloeistoffen reageren slecht met water waardoor het blussen de situatie juist verergert. Een goed voorbeeld hiervan is olie. Dan wordt er gebruik gemaakt van schuim.

4. Hoe lang duurt het gemiddeld om bij de brand te zijn?

Gemiddeld neemt het 12 minuten in beslag om op elke plaats te zijn. De dichtstbijzijnde kazerne wordt automatisch door de computer gekozen met de benodigde materialen en het aantal uitzendkrachten.

5. Heeft het waterkanon een grote terugslag zodat de robot niet "omvalt"?

Die terugslag hangt af van welke diameter er benut wordt. De diameter van 70mm zal sterkere druk creëren van 20-40 bar. Diameter van 40mm heeft een druk van 14-20 bar en diameter van 30mm heeft een druk van 6-10 bar.

¹ https://www.brandveiligmetstaal.nl/upload/Image/Kantoren-Draagconstructies/BB_0919.gif

6. *Wat gebeurt er al automatisch bij de brandweer van Aalter?*

Oproepen worden doorgestuurd naar het centrum van de 112 die dan alle gegevens ingeeft daarna verloopt alles automatisch: de computer kiest het aantal personen (specialisatie, chauffeur, pompier, ...) en soorten voertuigen in minder dan een seconde.

7. *Wat raadt u aan van branddetectoren; rookdetector, optische, CO, hitte?*

Hittedetector en rookdetector.

8. *Hoe gaan jullie te werk met het blussen, blussen jullie eerst de bron of eerst de omgeving zodat het vuur zich niet kan verspreiden?*

Eerst zullen we starten met rookgaskoeling om de lucht en de omgeving af te koelen en daarna zullen we een korte nauwe straal op de oorzaak van de brand richten. Dus ook als het geen zin heeft om iets te blussen wordt er geblust wat er te redden valt zodat het vuur niet kan verspreiden.

9. *Als er rook in de lucht hangt, hoe zien jullie er doorheen (welke lichten)?*

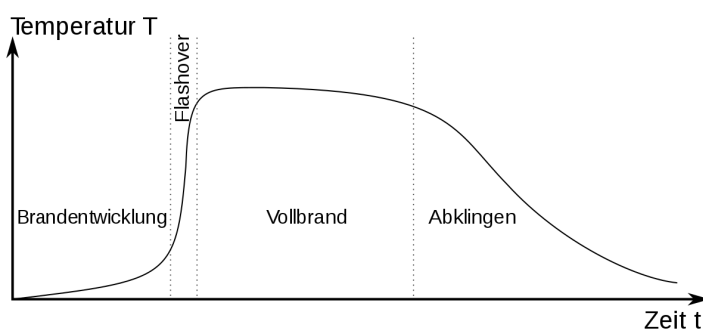
De rook stijgt eerst naar boven en vult de kamer geleidelijk vanaf het plafond, dan zoekt het zijn weg verder naar beneden tot de kamer geheel gevuld is met rook. Het meeste zicht krijg je dus als je laag bij de grond blijft. Dus veel kan er niet gespot worden in een met rook gevulde kamer. Een infraroodcamera maakt het mogelijk om toch je weg te vinden in zo'n kamer en dingen te kunnen spotten. Als je die op iets richt meet de camera de temperatuur. Bij brandweer van Aalter gebruikt men IR-camera van "Flir" die een bereik heeft van 0 - 200 °C.

10. *Hoe hoog lopen de temperaturen op in een lokaal of ruimte die jullie binnentreden?*

De temperaturen lopen zeer hoog op, zelfs tot 550-800°C. Het is ook gevaarlijk om naar binnen te treden omdat er een flashover kan ontstaan. De flashover is een opeenstapeling van hete rookgassen, in deze rooklaag blijft de temperatuur stelselmatig oplopen tot deze rooklaag zijn zelfontbrandingstemperatuur bereikt en ontsteekt.

11. *Gaan jullie direct het gebouw in?*

We beginnen met rookgaskoeling voor we het gebouw binnengaan, want als we binnengaan tijdens de flashover kan dat levensgevaarlijk zijn voor ons. Er komen dampen vrij van de voorwerpen wat pyrolyseren heet en dat kan snel ontvlammen.



*flashover*²

² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raumbrand-flashover.svg>

2.1.4 Na de brand

1. Hoe wordt de plaats opgeruimd na de brand?

Dat wordt bijna nooit gedaan door de brandweer zelf. Ook omdat je water moeilijk kan opruimen.

2. Hoelang blussen jullie nog na de brand?

Rook kan uit zichzelf in brand schieten dus van de rook moet men zeker verlost geraken. Men blust de restanten van de brand totdat men zeker is dat er geen spontane ontsteking van het materiaal mogelijk is.

2.2 Veiligheid van de brandweermannen

Brandweerman blijft een gevaarlijke job door gevaren zoals instortingsgevaar, flashover, backdraft... Ons doel is daarom ook om deze gevaren te verminderen.

2.3 Veiligheid van grote bedrijven verzekeren

De brandweer gaat meestal een groot bedrijf laten afbranden omdat het niet voordelig is en de veiligheid moeilijk gegarandeerd kan worden. Ze laten daarom het gebouw gecontroleerd uitbranden en zorgen ervoor dat de brand zich niet kan verspreiden. Deze situaties willen we met onze robot vermijden. De robot zou er wel in veilige omstandigheden voor kunnen zorgen dat het bedrijf niet volledig afbrandt.

2.4 Snel ter plaatse zijn

Het duurt gemiddeld 12-15 minuten voordat dat de brandweer ter plekke is, dan is de brand al verspreid. Maar bij onze robot zal dat een tweetal minuten zijn omdat hij al ter plaatse is. De robot is al ter plaatse omdat grote of kleine bedrijven onze robot op voorhand zouden kunnen aankopen en deze wordt dan geconstrueerd afhankelijk van de soort industrie.

2.5 Praktisch

We willen een brandweerrobot realiseren die zich zal kunnen verplaatsen aan de hand van een app op de smartphone. Het zal ook mogelijk zijn om beeld te krijgen doordat er een camera voorop de robot geplaatst wordt, de camera zal zijn beeld sturen naar een ip adres dat iedereen kan bekijken in de browser. Het gaskanon zal ronddraaien en verticaal kunnen richten. Een blusgas genaamd FM200, waarover verder uitleg, is redelijk duur ook al is er voor een brand maar een kleine hoeveelheid nodig, ondanks dit hebben we dit niet in ons eindwerk gerealiseerd.

2.6 Theoretisch

In theorie is onze robot gemaakt uit aluminium omdat in de toegepaste situatie er geen hoge temperaturen zullen voorkomen, voor de brand zich zal kunnen verspreiden zal de robot al ter plaatse zijn om het vuur te blussen.

3 Geschiedenis

3.1 Vóór de 21ste eeuw

In de Middeleeuwen bluste men met emmertjes die van leer waren gemaakt. Die moesten dan gevuld worden in een sloot of put. En dan door rijen mensen aan elkaar doorgegeven worden om op het vuur te gooien. Op 11 juni 1614 ontdekte Pauwels Auleander de brandspuit dit noemde hij zelf de wonderspuit. Vanaf die tijd gaat het allemaal veel gemakkelijker.³



*Pauwels Auleander*⁴

De eerste ladders die de brandweer bij het blussen gebruikten, waren mechanische ladders. Op een grote kar bevond zich een ladder. Met de hand werd een tandwielmechanisme in werking gebracht waardoor de ladder uitschoof. Zo konden de brandweermannen hoger gelegen verdiepingen bereiken. Nog een grote vordering was het motoriseren van het materiaal. De auto deed zijn intrede en het gebruik van paarden verminderde. Tegen het einde van de jaren vijftig deden de **persluchtapparaten** hun intrede. Ook bijzonder materieel, zoals schuim- en poederblussers en hogedrukautosputten, werden stilaan een vertrouwd beeld in de kazernen.⁵

3.2 In de 21ste eeuw

Zoals vermeld in onze eindvisie zullen grote bedrijven een robot bestellen, wij zullen die robot dan samenstellen in functie van het soort bedrijf. Met andere woorden als het in een houtzagerij is zal onze robot hoogstwaarschijnlijk gebruik maken van water omdat er zich weinig elektronische componenten bevinden in een houtzagerij. Voor het frame zouden we dan kiezen voor titanium, omdat vuur in aanraking met hout zich snel verspreidt en kan leiden tot hoge temperaturen.

³ <https://www.brandweer.nl/ons-werk/geschiedenis-van-de-brandweer>

⁴

https://www.brandweer.nl/media/2834/jan_van_der_heiden.jpg?anchor=center&mode=crop&width=640&height=640&upscale=false&rnd=131289661970300000

⁵ <http://www.kluisbergen.net/Geschiedenis.htm>

4 Theoretische uitwerking

4.1 Eerste visie

Een van onze eerste ideeën was dat de robot mee vervoerd werd in de brandweerwagen naar de plaats van de oproep. Aangekomen op de bestemming kan de brandweerrobot uitgeladen worden en aan de hand van een afstandsbediening gestuurd worden. Op het scherm kan men de live beelden zien die de camera, gemonteerd op de robot, streamt. Om de brand te blussen hadden we toen besloten water te gebruiken. Die werd toegevoerd door middel van een waterslang.

4.1.1 Materiaalkeuze frame

Voor ons frame zullen we gebruik maken van silicium carbide (SiC) en molybdeen(Mo), omdat silicium carbide redelijk duur is, weinig weegt en het tegen grote temperaturen kan, zullen we dit voornamelijk gebruiken. Molybdeen is een overgangsmetaal en heeft één van de hoogst mogelijke smeltpunten. Dit gebeurt bij een temperatuur van meer dan 2500 graden Celsius. Het heeft een grijsachtige kleur en is corrosiebestendig. Het is bijvoorbeeld terug te vinden in raketmotoren. Voor onze toepassing is molybdeen gepast voor de plaatsen waar vuur het meeste in aanraking komt met het frame. Het zal niet bij elk onderdeel gebruikt worden omwille van het gewicht. SiC en Mo zijn overigens makkelijk bewerkbaar met CNC-machines, dat is ook een reden waarom we niet voor titanium gaan. En natuurlijk blijft de robot met deze materialen een sterke slagvastheid hebben.⁶

4.1.2 Gebruikte materiaal voor de rupsbanden

Voor onze rupsbanden zullen we gebruik maken van silicone omdat het goed tegen hitte kan en het 3D printbaar is. Omdat we onze rupsband in opgevouwen vorm moeten printen kunnen we als bevestiging een titanium pin gebruiken. Hiervoor zullen we wel gebruik maken van titanium omdat deze pin tegen grote krachten bestendig moet zijn en zeker niet mag buigen of plooiën.

4.1.3 Materiaal gebruikt voor bescherming van de elektronica

Om onze elektronica en de aansturingen te beschermen dienen we gebruik te maken van Ceramic Fiber Paper in de plaats van Teflon omdat dit ook elektrisch isolerend en minder zwaar is. Ceramic Fiber Paper is een folie die we kunnen gebruiken om onze elektronica in te wikkelen waardoor het minder last zal hebben van de hoge temperaturen.

4.1.4 Isolierend materiaal voor de batterij

Om onze batterijen te beschermen tegen hitte moeten we ze isoleren met polyolefin (C_nH_{2n}). Dit materiaal wordt het meest gebruikt in de industrie om batterijen te isoleren. Om de ontploffing van de batterijen door oververhitting te vermijden, kan er gebruik gemaakt worden van afzonderlijke Lithium-ion batterij. Die werkt op een aqueous-based electrolyte die veel betrouwbaarder is in tegenstelling tot gewone Lithium-ion batterijen.

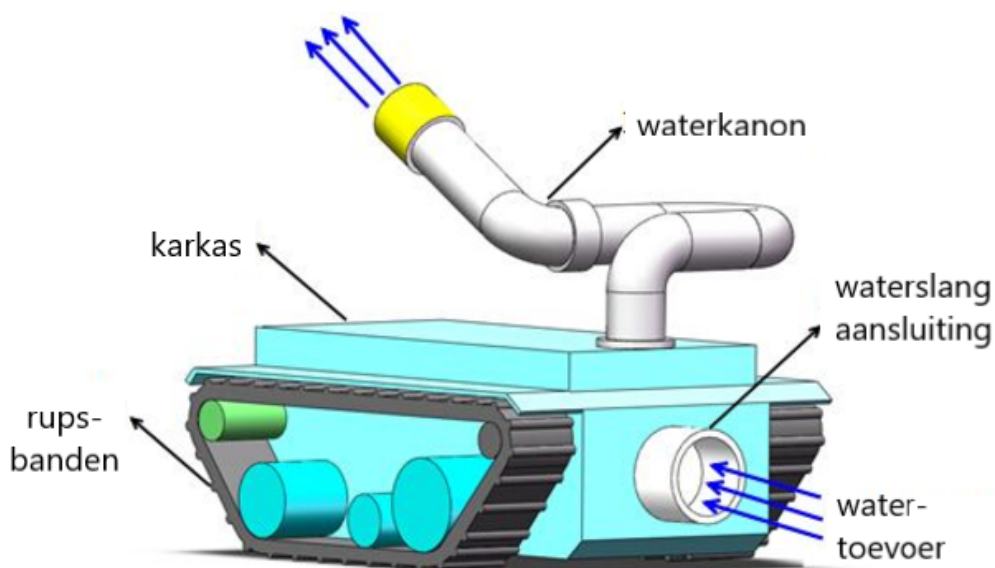
⁶ https://salomons-metalen.nl/images/general/salomon_catalog_2016.pdf

4.2 Tweede visie

Ons tweede idee was om de robot stationair aan bedrijven te verkopen en de robot zal gemaakt worden afhankelijk van het soort bedrijf. Als blusmiddel waren we nog niet volledig afgestapt van het water maar hebben we ook besloten dat er schuim mogelijk moest zijn, een chemische vloeistof zou dan toegevoegd worden aan het water om schuim te creëren.

4.2.1 Water

Hoofdzakelijk zullen we gebruik maken van water omdat ook in het blusschuim water een overheersende component is (hierop verder in 4.2.2 Schuim). Bovendien is bluswater een goedkoop middel met een groot koelend effect en (bij een slanghaspel) een onbeperkte aanvoer heeft. Het nadeel is dat water niet van toepassing is bij gebruik op brandende benzine of olie. Dat komt omdat water en olie verschillen in dichtheid, deze lossen niet, of slechts zeer gering in elkaar op. Als het water in contact komt met brandende olie, zal het beginnen uitzetten en een overgangsfase ondergaan van vloeistof naar gas in de vorm van stoom. De olie wordt daardoor nog eens naar alle kanten geslingerd. Er komt door het water meer zuurstof bij de olie waardoor de vlammen flink toenemen. Ook onder elektrische spanning staande apparatuur kan gevaar opleveren als er water als blusmiddel wordt gebruikt. Daarom zal het belangrijk zijn om onze robot, afhankelijk van het bedrijf, van een ander blusmiddel te voorzien.



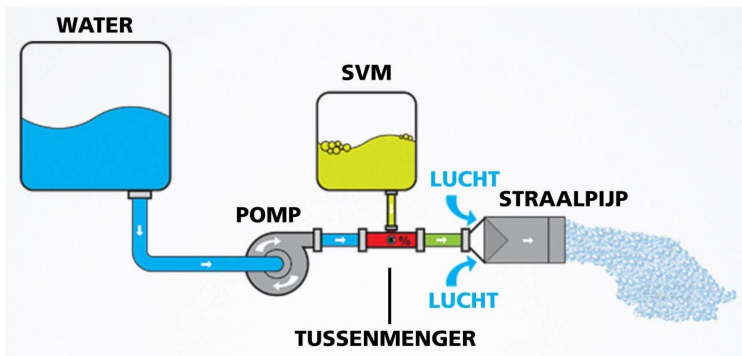
7

7

<https://www.semanticscholar.org/paper/Kinematic-analysis-of-fire-fighting-robot-under-the-Zhang-Ke/88fec0d80eec95958d19d93b15b209d491799d73>






4.2.2 Schuim

Wat is blusschuim? Blusschuim is een mengsel van water, schuimvormend middel (svm) en omgevingslucht. Blusschuim wordt verkregen door water en svm in een schuimmenger te mengen (de z.g. premix) en dit in een schuimmaker door toevoeging van lucht of gas te laten expanderen.



figuur 3: de premix⁸

In blusschuim wordt er gebruik gemaakt van PFAS (poly- en perfluoralkylstoffen), dit zijn door de mens gemaakte stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen. Er wordt dus nevenschade aangericht. Maar het Bedrijf Saval heeft een blusmiddel ontwikkeld dat op elk vlak een goede prestatie levert. Hun product is BC ABF BIO en behoort tot de Bioclass. Dat is zeer geschikt bij een brand op vaste stoffen (A) en vloeistoffen (B). Het dringt diep door in de brandende stof (A), laat een schuimdeken achter zodat er geen zuurstof meer bij de brand kan komen (B) en is geschikt voor brandklassen (F). BC ABF BIO is niet geleidend waardoor het veilig gebruikt kan worden met elektrische apparatuur onder spanning. Ook kiezen we hun product omdat het geen stoffen bevat die schadelijk zijn voor de mens en milieu. Eerst wilden we de B6P SC HR van hetzelfde bedrijf gebruiken maar de prijs daarvan is het dubbele van ABF BIO. Bij ongeveer dezelfde prestatie lag onze keuze bij de ABF BIO.

| Brandklassen volgens NEN-EN2 | | | | | |
|------------------------------|---|---|---|--|---|
| |  |  |  |  |  |
| | Vaste stoffen | Vloeistoffen | Gassen | Metalen | Vetten |
| | Hout, papier, textiel, niet smeltende kunststoffen | Koolwaterstoffen (benzine, olie), alcoholen, ketonen, oplosmiddelen, lijm, verf, smeervetten, smeeroilie, bij verhitting smeltende stoffen (kaarsvet, kunststoffen) | Propanaan, butaan, aardgas, LPG, acetyleen, methaan, waterstof | Ijzervijzel, aluminium poeder, magnesium, natrium, kalium | Bakolie, frituurvet, door oververhitting tot zelfontbranding gekomen oliën en vetten |
| Blusstof | | | | | |
| Water | Zeer geschikt | | | | |
| Bluspoeder ABC | Zeer geschikt | Zeer geschikt | Zeer geschikt | | |
| Bluspoeder BC | | Zeer geschikt | Zeer geschikt | | |
| Bluspoeder D | | | | Zeer geschikt | |
| Schuimblusser | Geschikt | Geschikt | | | |
| Koolzuurblusser | | Geschikt | | | |
| Blusschuim brandklasse F | | | | | Geschikt |

figuur 4: Brandklassen⁹

⁸ https://www.kenbri.nl/application/files/8915/0374/9546/Hoe_wordt_blusschuim_gemaakt.jpg

⁹ <https://www.brandveilig.com/wp-content/uploads/2017/07/Brandklassen-768x416.jpg>

Bovenop de robot zal een soort douche bevestigd zijn voor de robot zodat hij zichzelf kan blussen als de temperatuur van de robot te hoog wordt. Daarnaast zal het schuim de elektronica niet beschadigen in geval van breuk. We zullen ook gebruik maken van schuim om bijvoorbeeld brandende frietketels te blussen, dit schuim zal gemengd worden met het water dat aangevoerd wordt.

4.2.3 Poeder

Ook poeder wordt soms gebruikt bij het blussen. Men spreekt dan van een poederblusser. Het poeder van een ABC-blusser bestaat uit een mengsel van ammoniumfosfaat en ammoniumsulfaat. Het poeder van een BC-blusser bestaat uit een mengsel van natriumbicarbonaat en kaliumbicarbonaat, poeder van een D-blusser bestaat uit natriumchloride. Een poederblusser heeft een groot blussend vermogen, is geschikt voor vele soorten branden, niet elektrisch geleidend en niet vorstgevoelig. De blussende werking is ongeveer zes maal die van bijvoorbeeld CO₂. Een belangrijk nadeel van een poederblusser is de grote nevenschade aan elektronische apparatuur en de kans op herontsteking van de brand als er niet goed geblust is. Wanneer met een poederblusser is geblust, dan moet het overgebleven poeder met een industriële stofzuiger worden verwijderd, geen water. Het poeder kan, wanneer het in contact komt met de huid, diarree veroorzaken.¹⁰

4.3 Eind visie

Uiteindelijk is onze keuze gevallen op FM200 en het besturen van de robot vanop afstand door de brandweermannen in de kazerne. FM 200 wordt bewaard in kleine flessen onder grote druk en kan gebruikt worden in kamers waar mensen zich bevinden omdat het niet dodelijk is voor de mens.

4.3.1 FM-200

FM200 is een kleurloos en gasvormig blusmiddel dat gebruikt wordt in ruimten met computer- en elektronische apparatuur. Het heeft geen schadelijk effect als het in contact komt met de mens. Het is geschikt voor brandklassen A (vaste stoffen), B (vloeistoffen) en C (gassen). Het soortelijk gewicht of de massadichtheid van FM200 is bijna gelijk aan dat van lucht (1,29 kg / m³) wat plaatsbesparend werkt. FM-200 blusgas wordt als vloeistof in de bluscilinder opgeslagen en tijdens het blussen in gasvormige toestand omgezet.

Het aardopwarmingsvermogen of GWP (van global warming potential) is een aanduiding voor de mate waarin een broeikasgas kan bijdragen tot de klimaatverwarming. Voor FM-200 bedraagt de GWP een waarde van ±3200. Dat is groter dan bij Novoc1230 maar in vergelijking met andere broeikasgassen, waarvan de GWP factor aantal keren groter is, is het relatief klein. Het blijft dus nog steeds in grote mate veilig voor het milieu en veiliger dan bv schuim.



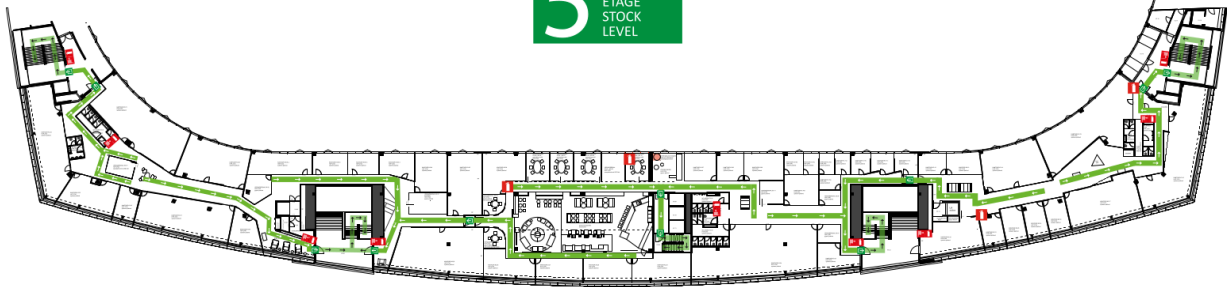
¹⁰ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Brandblusser>

5 Toepassing in een kantoorruimte

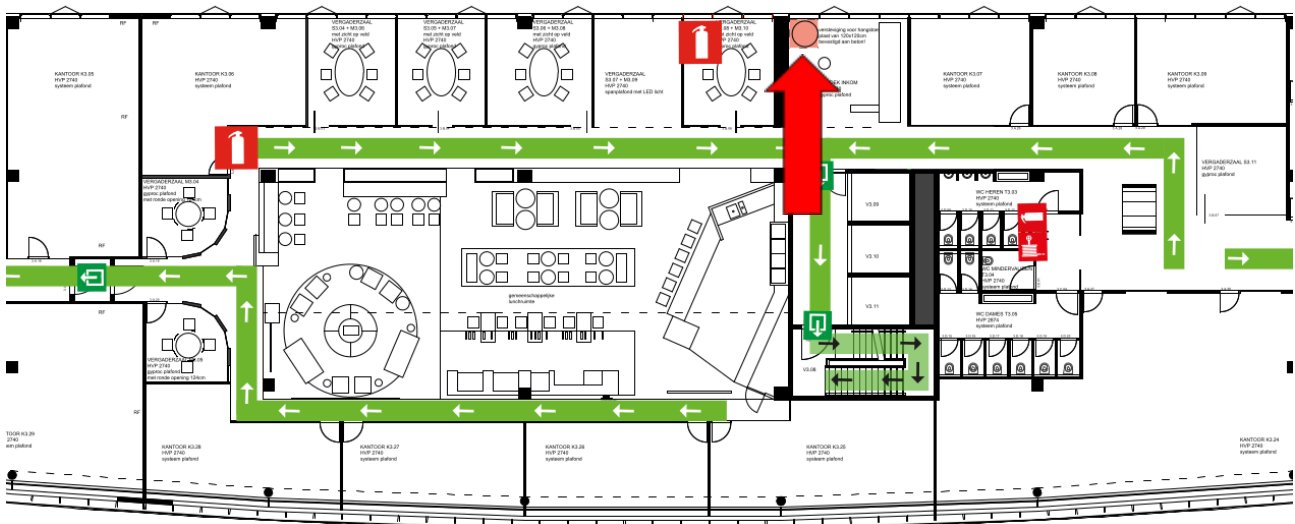
5.1 Grondplan en brandalarmen

EVACUATIEPLAN - PLAN D'EVACUATION - EVAKUIERUNGSPLAN - EVACUATION PLAN

5 VERDIEPING
ETAGE
STOCK
LEVEL



| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| <p>BIJ BRAND EN CAS D'INCENDIE BEI BRAND IN CASE OF FIRE</p> | <p>1 MELDEN AVERTIR MELDEN ALERT</p> | <p>2 BLUSSEN ETEINDRE LOSCHEN EXTINGUISH</p> | <p>3 EVACUEREN EVACUER EVAKUIEREN EVACUATE</p> | <p>EVACUATIEROUTE VOIE D'EVACUATION RETTUNGSWEG ESCAPE ROUTE</p> <p>TRAP ESCALIER TREPPE STAIRS</p> <p>RICHTING NOODUITGANG DIRECTION SORTIE DE SECOURS RICHTUNG NOTAUSGANG DIRECTIOIN EMERGENCY EXIT</p> <p>UITGANG + NOODUITGANG SORTIE + SORTIE DE SECOURS AUSGANG + NOTAUSGANG EXIT + EMERGENCY EXIT</p> |
| | <p>Druk de brandmelder in Poussez l'avertisseur d'incendie Auf dem Feuermelder drücken ACTIVATE FIRE ALARM</p> <p>BEL NR. SONNEZ LE N° RUF NR. CALL NR.</p> <p>112</p> | <p>HASPEL DEVIDOIR HASPPEL HOSE REEL</p> <p>BLUSSER EXTINCTEUR FEUERLOSCHER EXTINGUISHER</p> | | |

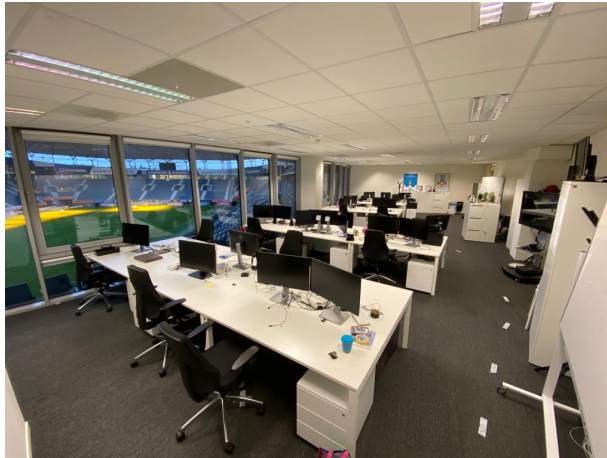


5.1.1 Uitleg locatie brandweerrobot

De robot zal zich centraal moeten bevinden in deze blok dit is één verdieping en één specifieke zone van de verdieping, op de kaart hierboven staat een rode cirkel dat is de plaats waar de robot en het oplaadstation zich zullen bevinden.

5.2 Volgorde evacuatie





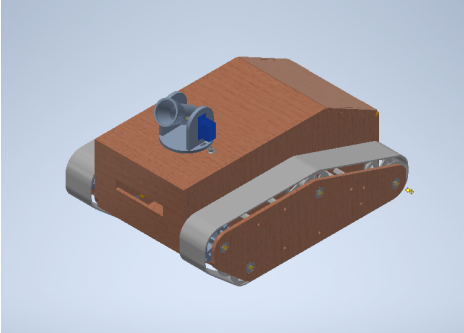
Om een concreet voorbeeld te geven, zullen we bovenstaand grondplan gebruiken. Stel dat er zich een brand voordoet in een lokaal met elektrisch apparaat. Dan worden de volgende acties ondernomen.



eigen foto

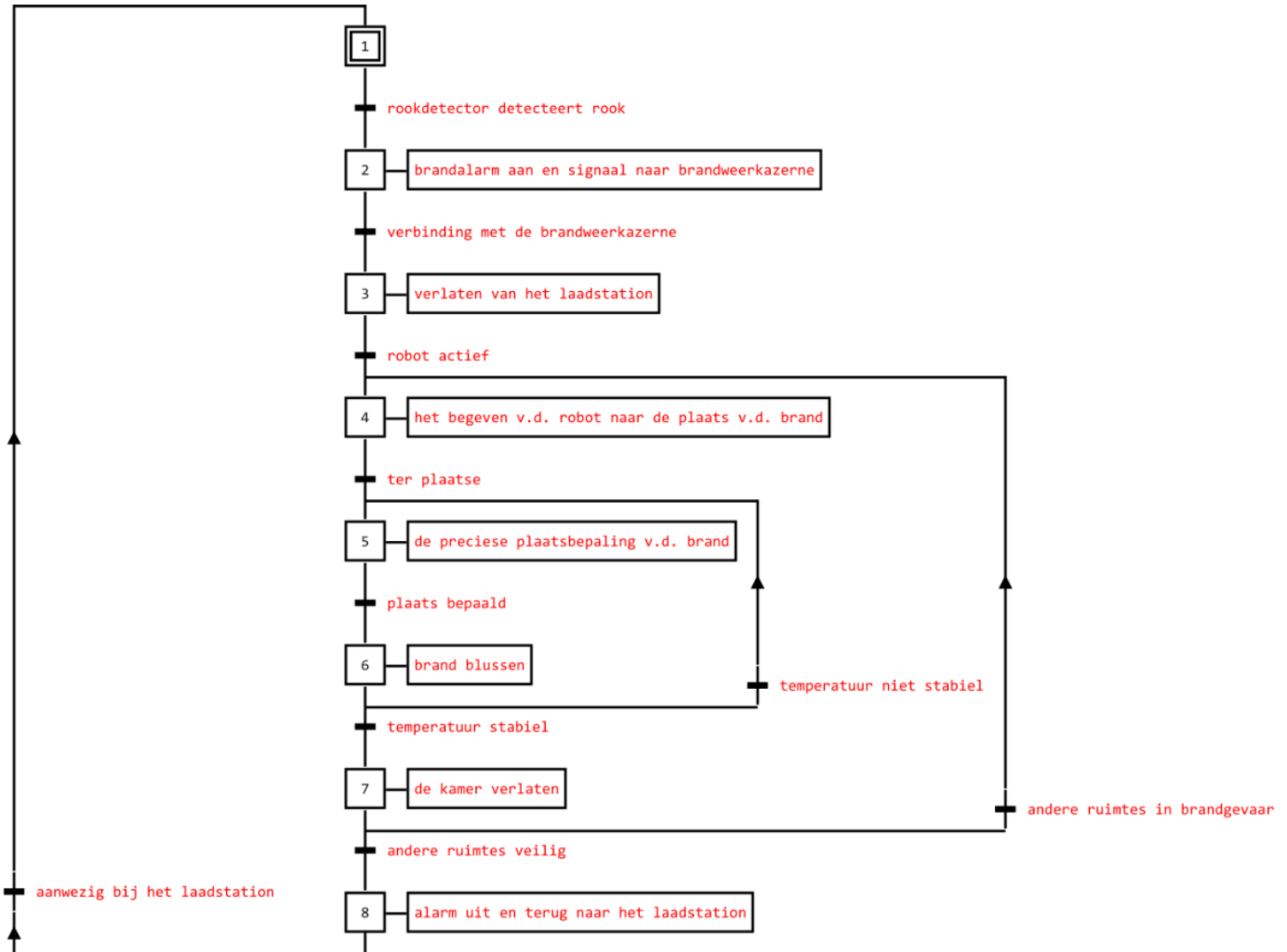
1. Eerst wordt het brandalarm geactiveerd door een rookdetector in één van de ruimtes. Die laatste stuurt een signaal naar de brandweer. Het personeel en bezoekers volgen gewoon het voorziene evacuatieplan en verzamelen buiten op de verzamelplek. Ze worden niet gehinderd door de redelijk kleine robot die in de deuropeningen en gangen past zonder een waterslang achter zich te slepen.
2. Dan zullen de dikke branddeuren sluiten en niet meer kunnen geopend worden, de deuren per ruimte zullen ook sluiten maar kunnen geopend worden (handmatig of elektrisch).
3. Daarna gaat de robot naar de ruimte waar het brandalarm afgaat. Hij zal de deur elektrisch openen door een signaal te sturen naar de deur van het lokaal waar het brandalarm afgaat. Achter hem zal hij de deur terug sluiten, om zo weinig mogelijk verse lucht binnen te laten. (De robot wordt bestuurd door een brandweerman in de kazerne aan de hand van een afstandsbediening en heeft zo controle over alle brandweerrobots in die gemeente).
4. Vervolgens zal hij met zijn gaskanon gericht de brand bestrijden met FM200 die onder hoge druk op het vuur zal gericht worden. Hierbij bespaart de robot blusmiddel omdat het meer doelgericht is dan een FM200 blussysteem, waarbij de kamer, waar er brand is, volledig gevuld wordt met het gas waaronder ook de plaatsen waar er geen brand aanwezig is. Het vuur dooft doordat de brandweerrobot met het snelwerkende blusmiddel alle zuurstof verdrijft.
5. Ten laatste komt de brandweer aan en hervullen zij de FM200 fles, de robot is op dat moment al teruggekeerd naar zijn laadstation om op te laden.

5.3 Hoe gealarmeerd (schema)

| | |
|---|--|
|  | <p>Brandalarm wordt getriggerd (google nest protect, vuur, rook en CO).</p> |
|  | <p>Signaal naar de brandweer, de brandweer zal signaal binnenkrijgen waar de brand zich bevindt.</p> |
|  | <p>De brandweer wordt verwittigd en zal de robot kunnen besturen vanop afstand, zij zullen ook de plaats van brand doorkrijgen. Branddeuren in het gebouw zullen gesloten worden en enkel door de robot opgedaan worden.</p> |
|  | <p>Vanop afstand zal de brandweer de robot kunnen besturen.</p> |
|  | <p>De robot zal met het gas (FM200) de brand bestrijden.</p> |

5.4 Grafcet

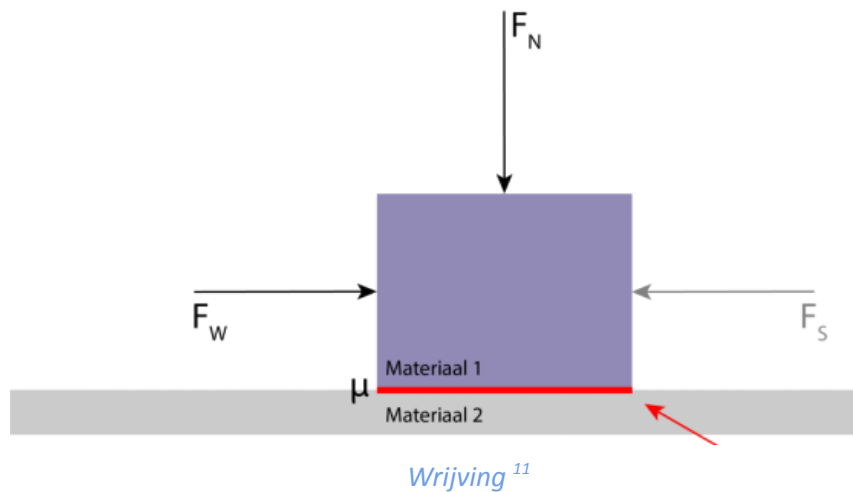
Grafcet dient ervoor om in een kort schema de werking de robot te visualiseren of begrijpbaar te maken. De blokken stellen een actie voor. Tussen elk blok is er een streep, deze controleert of de voorgaande stap voltooid is of niet. Voldoet de voorgaande stap niet aan de eisen van die streep, dan moet het terug de acties uitvoeren zoals bij blok 7 en 6 die terug naar blok 5 en 4 moet.



6 Berekeningen

6.1 Wrijving berekening

Er zijn twee soorten wrijvingscoëfficiënten, de statische en de dynamische wrijvingscoëfficiënt. De dynamische wrijvingscoëfficiënt treedt op wanneer de robot reeds in beweging is en is kleiner dan de statische wrijvingscoëfficiënt. Bij de berekeningen gaan we te werk gaan met de statische wrijvingscoëfficiënt. Omdat de rupsbanden in theorie niet over het contactoppervlak schuren of glijden maar rollen.



μ = wrijvingscoëfficiënt [zonder eenheid]

m = massa [kg]

F_w = wrijvingskracht [N]

r = straal [m]

$F_{toe} = F_{trek}(Nm)/r$

T = koppel [Nm]

| rubber op | hout | nat beton | droog beton | staal |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| μ | 0,53 | 0,58 | 0,90 | 1,20 |
| massa | 3 | 3 | 3 | 3 |
| $F_w = m * g * \mu$ | $F_w = 3 * 9.81 * 0.53$ = 15,60N | $F_w = 3 * 9.81 * 0.58$ = 17,07N | $F_w = 3 * 9.81 * 0.90$ = 26,49N | $F_w = 3 * 9.81 * 1,20$ = 35,32N |
| Vermogen= $U * I$ | = 12V * 0,61A = 7,32 W | | | |
| $F_{toe} = (3.5488 * P) / \text{speed}$ | speed = 100 rpm = $\frac{3,5488 * 7,32}{0,267}$ = 97,3 N | | | |

¹¹ <https://roybosch.nl/wp-content/uploads/2019/01/Wrijvingskracht-e1547031497869.png>

| | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| r | 0,0255 m | | | |
| $T = F * r$ | =97,3*0,025 =2,48 Nm | | | |
| Ftoe | =97,3 N | | | |
| Fnuttig = Ftoe-Fw | = 97,3-15,6 = 81,70 N | = 97,3-17,07 = 80,23 N | = 97,3-26,49 = 70,81 N | =97,3-35,32 = 61,98 N |

Het probleem, dat bij gebruik van water als blusmiddel ontstaat, is het ophopen van water onder de rupsbanden waardoor er geen grip is met de ondergrond. Het water vormt een soort van een oliefilm die de wrijving tegenhoudt en op die manier de robot's grip met het contactoppervlak verstrooit en moeilijk te besturen maakt door de slip. Er doet zich een kleine vorm van aquaplaning voort.

6.2 Materiaaleigenschappen

De robot moet aan verschillende eisen voldoen en specifieke eigenschappen hebben om behoorlijk te kunnen functioneren. Deze zijn...

- hittebestendig
- een lage soortelijke massa
- goede weerstand tegen corrosie
- sterkte
- niet te duur

| materiaal | massadichtheid (g/cm ³) | hittebestendigheid (tot ... °C) | treksterkte (1x10 ⁶ N/m ²) | prijs (€/kg) | afschuiving (1x10 ⁶ N/m ²) | algemeen |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|---|--------------|---|----------|
| Aluminium(AlMg 4) | 2,7 | 560 | 305 | 1,67 | 276 | ✓ |
| Roestvaststaal Inox (stainless steel 316) | 8,9 | 1400 | 215 | 5 | 580 | x |
| Titanium | 4,6 | 1400 (300) | 900 | 28 | 760 | ✓ |
| Staal (CrAl 7) | 7,8 | 800 | 420 | 0,88 | 200-300 | x |
| Tantaal | 16,6 | 2800 | 276 | 100 | 60-250 | x |
| Chroom | 7,19 | 2600 | 131 | 85 | 400-730 | x |
| Nikkel | 8,9 | 1453 | 160 | 14 | 380-723 | x |

hittebestendig

Zoals al eerder besproken, kan de temperatuur in een brandende ruimte in een oogwenk toenemen. Het is dus belangrijk dat de robot heel hoge temperaturen aan kan, we spreken dan tussen “minimum” 500°C en “maximum” 800°C.

6.2.1 Aluminium

Voordelen:

bewerking of vormgeving

Het levert geen grote problemen op bij het verspanen of persen.

een lage soortelijke massa

Aluminium heeft een dichtheid van 2,7 g/cm³, dat wil zeggen dat het een zeer lichte materiaal is. Dankzij deze eigenschap kan er meer materiaal gebruikt worden terwijl de massa behoorlijk laag blijft.

corrosievast

Aluminium is niet gevoelig voor andere stoffen die kunnen voorkomen in een kantoor.

prijs

Alle prijzen die in de tabel hierboven vermeld werden hebben we op Alibaba gevonden. Deze prijzen voor aluminium zijn uitstekend.

www.alibaba.com (1.67€/kg)

Nadelen:

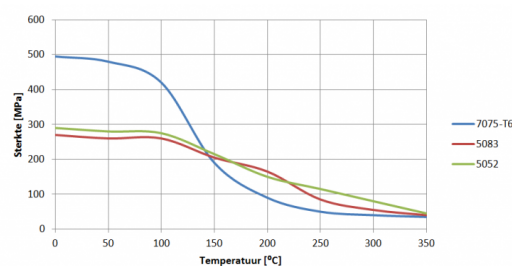
hittebestendig

Het smeltpunt van aluminium ligt bij 660°C en deze behoort niet tot de werktemperatuur waarin de robot zich zal bevinden.

sterkte

Aluminium heeft ook een groot nadeel waar vaak weinig rekening mee wordt gehouden: de sterkte bij bepaalde temperaturen. Er moet bij aluminium goed rekening worden gehouden met de temperatuur. Bij een temperatuur van ongeveer 100 °C of hoger, neemt de sterkte van de meeste aluminiumkwaliteiten namelijk drastisch af. In de grafiek hieronder is te zien hoe de sterkte in verhouding tot temperatuur staat bij aluminiumkwaliteiten 7075-T6, 5083 en 5052. De dalende lijn is karakteristiek voor aluminium. De 7075-T6 is dus een extreem voorbeeld, maar bij de 5083 en 5052 is er ook een grote daling te zien in sterkte vanaf 100 °C.

Over het algemeen daalt de sterkte van staal pas drastisch vanaf een temperatuur rond 450°C. Wanneer het materiaal de sterkte moet behouden bij hoge temperaturen, moet je dus een goede afweging maken tussen verschillende materialen.



Aluminium¹²

- Het lassen van aluminium is niet even eenvoudig als het lassen van bv. staal.

¹² <https://www.mcbcampus.nl/aluminium-bij-hoge-temperaturen/>

6.2.2 Inox

Voordelen:

hittebestendigheid

Inox kan tegen hoge temperaturen zoals Titanium maar zal niet bij 300°C gassen opnemen, Inox is overigens ook corrosievast.

afschuiving

De afschuiving weerstand van Inox is dan beter dan zijn treksterkte. Goede afschuiving is vereist voor het realiseren van de assen voor de wielen van onze robot.

Nadelen:

treksterkte

De treksterkte van Inox is zwakker tegenover andere materialen, als Inox een hogere treksterkte had gehad zou hij een gepast materiaal geweest zijn voor onze robot.

6.2.3 Titanium

Voordelen:

corrosievast

Titanium is heel goed bestand tegen corrosie, zuren en andere chemicaliën. Deze eigenschap verkrijgt hij door een oxidatielaag te vormen die het metaal beschermd houdt in vrijwel alle omstandigheden.

treksterkte

Treksterkte bij Titanium is één van de beste in zijn materiaalklasse, $900 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ is een zeer hoge treksterkte voor een materiaal.

afschuiving

Zoals bij treksterkte is afschuiving één van de goede eigenschappen van Titanium, deze is $760 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Nadelen:

prijs

Titanium is een dure metaalsoort, maar levert op andere vlakken wel goede prestaties op.

hittebestendigheid

Het materiaal zal hittebestendig moeten zijn, Titanium neemt bij 300°C al dampen op. Doordat Titanium dampen in zijn nabijheid opneemt verliest hij zijn sterkte zeer snel. We hebben een oplossing voor dit probleem gevonden, Titanium Nitride is een coating voor titanium en andere metaalsoorten die de oppervlakte capaciteiten verbeteren en ervoor zorgt dat Titanium tegen hogere temperaturen kan zonder gassen op te nemen en zijn sterkte te verliezen.

6.2.4 Staal

Voordelen:

treksterkte

De treksterkte van staal is goed maar de afschuiving is minder, voor onze robot moeten we ons meer op afschuiving focussen ook al is treksterkte ook zeer belangrijk.

prijs

staal CrAl 7 is relatief goedkoop tegenover andere materialen van zijn sterkte klasse.

Nadelen:

afschuiving

De afschuiving kracht die nodig is om staal te penetreren is relatief weinig.

massadichtheid

De massa dichtheid van staal is bijna het dubbele als dat van Titanium, de robot zal al een gasfles met zich meedragen en is het dus niet nodig voor meer onnodige massa toe te voegen.

6.2.5 Tantaal

Voordelen:

hittebestendigheid

Tantaal is een zeer hittebestendig materiaal twee keer zo groot als dat van Titanium.

Nadelen:

massadichtheid

De massa dichtheid van Tantaal is veel te groot, die is wel het dubbele van Staal.

treksterkte

De treksterkte van Tantaal is zwak.

prijs

De prijs is veel te hoog voor de eigenschappen die in het algemeen veel de slecht zijn voor wat wij zoeken voor onze robot.

afschuiving

De afschuiving weerstand van Tantaal is één van de zwakste van onze tabel en dit zou een sterke eigenschap moeten zijn als we een materiaal gebruiken in onze robot.

6.2.6 Chroom

Voordelen:

hittebestendigheid

Chroom heeft een hoge temperatuurgrens maar in contact met zuurstof begint deze te oxideren dus is dit geen gepast materiaal voor onze robot.

afschuiving

Chroom kan afschuivings krachten weerstaan zoals Titanium.

corrosievast

Chroom wordt toegevoegd bij staal om een betere corrosiebestendigheid te bekomen.

Nadelen:

prijs

De prijs van puur Chroom is zeer hoog, meestal wordt Chroom gebruikt in legeringen.

treksterkte

Chroom is eerder een hard metaal waardoor de treksterkte veel slechter is dan de afschuiving. Het metaal is ook de zwakste van onze tabel.

6.2.7 Nikkel

Voordelen:

corrosievast

Nikkel wordt net zoals koolstof toegevoegd bij staal om een betere corrosiebestendigheid te bekomen.

Nadelen:

De massadichtheid is veel keren zwaarder in vergelijking met aluminium en terzelfdertijd heeft het ook een lagere treksterkte.

6.3 Berekeningen waterslang

Om te weten hoeveel kracht er onder een bepaalde druk ontstaat op de robot, zullen we die moeten berekenen aan de hand van de gegevens uit het interview. Uit het interview met de brandweer van Aalter weten we dat de druk, die gebruikt wordt bij een waterslang, 6 - 10 bar bedraagt (2.1.2 vraag 3). Met deze gegevens kunnen we de kracht, het debiet, de snelheid,... berekenen.

gegeven: $p = 6 \text{ bar} = 6 * 10^5 \text{ N/m}^2$ $l = 50\text{m}$ $d = 30\text{mm} = 0,03\text{m}$ $V = 2000 \text{ liter} = 2 \text{ m}^3$

gevraagd: $A = ?$ $\Phi = ? \text{ m}^3/\text{s}$ $v = ?$ $F = ?$

oplossing:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 0,03^2}{4} = 7,0686 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi = \frac{V}{t} = \frac{2}{60} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{\Phi}{A} = \frac{0,03}{7,0686 * 10^{-4}} = 47,15792 \text{ m/s}$$

$$F = p * A = 6 * 10^5 * A = 424,11501 \text{ N}$$

conclusie: De kracht die de robot zal moeten aankunnen bedraagt 424 N. Anderzijds zal de robot weggeduwd worden of in het slechtste geval kantelen.

Om te zorgen dat de gewenste druk bereikt wordt aan het uiteinde van de leiding, moeten we rekening houden met de drukverliezen die optreden in de leiding zelf. Deze mogen niet groter zijn dan de geleverde druk in het begin van de leiding bekomen wordt.

ν = kinematische viscositeit van water in functie van temperatuur (geen eenheid)

Re = Reynoldsgetal → bepaalt of een stroming turbulent of laminair is

Re > 2300 → turbulente stroming

Re < 2300 → laminaire stroming

pwl = drukverlies van de rechte leiding

gegeven: stel $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $\nu = 1 * 10^{-6}$ $l = 50\text{m}$ $d = 30\text{mm} = 0,03\text{m}$ $v = 47,15792 \text{ m/s}$

gevraagd: $Re = ?$ $\lambda = ? \text{ m}^3/\text{s}$ $pwl = ?$

oplossing:

$$Re = \frac{v * d}{\nu} = \frac{47,15792 * 0,03}{1 * 10^{-6}} = 1414737,6 \rightarrow \text{turbulente stroming}$$

$$1414737,6 > 2300 \rightarrow \text{turbulente stroming}$$

$$\lambda = 0,47 * \sqrt[4]{\frac{1}{Re}} = 0,47 * \sqrt[4]{\frac{1}{1414737,6}} = 0,0136278983$$

$$p_{wl} = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{v^2}{2} * \rho = 0,0136278983 * \frac{50}{0,03} * \frac{47,15792^2}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 = 25,256 \text{ MN/m}^2$$

conclusie: De toegevoerde druk zal zeker groter moeten zijn dan 25 MN/m^2 omdat dat de drukverliezen zijn die tijdens het stromen door de leiding optreden.

7 Aansturing (Praktisch)

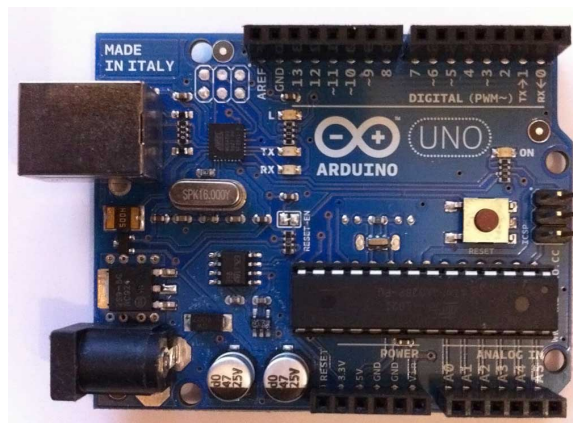
7.1 Motoren

De motoren die zich zullen bevinden in de aandrijving van onze rupsbanden moeten gelijkstroommotoren zijn omdat deze makkelijker te besturen zijn en we geen gebruik willen maken van een transformator die de gelijkstroom van de batterij zal transformeren in wisselstroom. Om onze kop van de waterslang te kunnen bewegen zullen we krachtige en precieze servomotoren gebruiken.

7.2 Arduino UNO

Om onze robot te besturen zullen we gebruik maken van Arduino, specifiek Arduino UNO.

Met Arduino is het mogelijk apparaten en objecten te creëren die reageren op hun omgeving door middel van digitale en analoge inputsignalen. Op basis van deze input kan een Arduinoschakeling autonome actie initiëren door het afgeven van digitale en analoge outputsignalen. Input kan bijvoorbeeld worden gegenereerd door schakelaars, lichtsensoren, bewegingsmeters, afstandsmeters, temperatuursensoren of op basis van commando's afkomstig van internet, een radiomodule of een ander apparaat met een seriële interface. Outputsignalen kunnen bijvoorbeeld motoren, lampjes, pompjes en beeldschermen aansturen, maar ook input genereren voor een andere Arduinomodule.¹³



Arduino UNO¹⁴

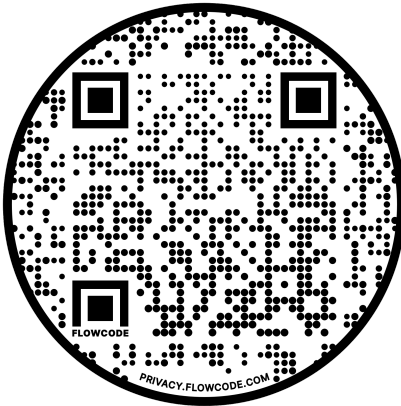
¹³ [https://nl.wikipedia.org/wiki/Arduino_\(computerplatform\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Arduino_(computerplatform))

¹⁴ <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ArdurinoUno.jpg>

7.2.1 Arduino programma bluskanon (test)

7.2.1.1 WERKING BLUSKANON

Om te testen hoe het bluskanon zich zal gedragen bij het bedienen ervan, hebben we met een kleine aparte test programma de twee servomotoren aangestuurd. Het filmpje hiervan kan u bekijken via de onderstaande QR-code.

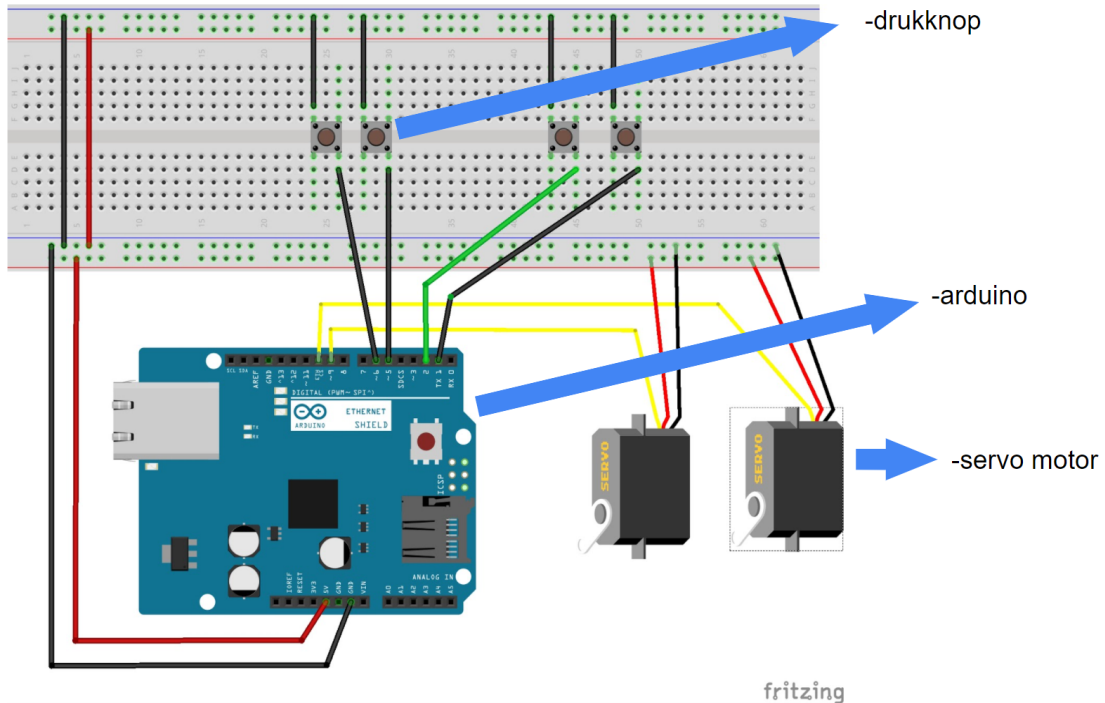


QR-code ¹⁵

¹⁵ https://drive.google.com/file/d/1xu7PsyG79KohHBRSHRQCK_4MiMLO8AC/view?usp=sharing

7.2.1.2 AANSLUITSCHEMA

De twee servomotoren krijgen een voedingsspanning van 5V vanuit de Arduino en krijgen de ingangssignalen vanuit de pinnen 9 en 10. De vier drukknoppen geven aan naar welke kant de motoren moeten draaien. Twee drukknoppen voor elke servomotor.



aansluitschema

7.2.1.3 PROGRAMMA

In de eerste kolom staat het programma voluit uitgeschreven dat gebruikt werd voor deze test. En in de tweede kolom staat er kort hoe het programma in elkaar zit. Het programma is verdeeld in drie blokken. In het begin moeten alle componenten worden ingegeven die gebruikt zullen worden. Dat is de eerste blok. In de tweede blok (void.setup), worden de pinnen gedefinieerd. En in de laatste blok (void.loop), zijn de acties beschreven die de componenten, ingegeven in de eerste blok (void.setup), aan de hand van de gedefinieerde pinnen uit de tweede blok (void.loop), moeten uitvoeren.

| | |
|---|--|
| <pre>#include <Servo.h> Servo myservo; Servo myservo2; int angle =90; int angleStep = 5; #define LEFT 5 #define RIGHT 6 #define LEFT2 2 #define RIGHT2 1</pre> | <ul style="list-style-type: none"> -Servo invoegen van de bibliotheek -De 2 servo's een naam geven -De hoek en de verdraaiingshoek maken -De draairichting voor de twee servo's definiëren |
|---|--|

| | |
|---|---|
| <pre>void setup() { Serial.begin(9600); myservo.attach(9); myservo2.attach(10); pinMode(LEFT, INPUT_PULLUP); pinMode(RIGHT, INPUT_PULLUP); pinMode(LEFT2, INPUT_PULLUP); pinMode(RIGHT2, INPUT_PULLUP); myservo.write(angle); myservo2.write(angle); Serial.println("Robojax Servo Button "); }</pre> | <ul style="list-style-type: none"> -LCD-display invoegen -De pins van de twee servo's kiezen -De drukknoppen aanduiden als ingangssignalen |
| <pre>void loop() { while(digitalRead(RIGHT) == LOW){ if (angle > 0 && angle <= 180) { angle = angle - angleStep; if(angle < 0){ angle = 0; } } else{ myservo.write(angle); Serial.print("Moved to: "); Serial.print(angle); Serial.println(" degree"); } } delay(100); } while(digitalRead(LEFT) == LOW){ if (angle >= 0 && angle <= 180) { angle = angle + angleStep; if(angle >180){ angle =180; } } else{ myservo.write(angle); Serial.print("Moved to: "); Serial.print(angle); Serial.println(" degree"); } } delay(100); }</pre> | <ul style="list-style-type: none"> -“Lezen” of de knop ingedrukt is of niet -De hoek is gelijk aan de hoek min de hoekverdraaiing -Zorgen dat de hoek altijd tussen 0° en 180° blijft - Servo de ingestelde hoek laten draaien - Honderd milliseconden wachten - Hetzelfde voor de andere drukknoppen |

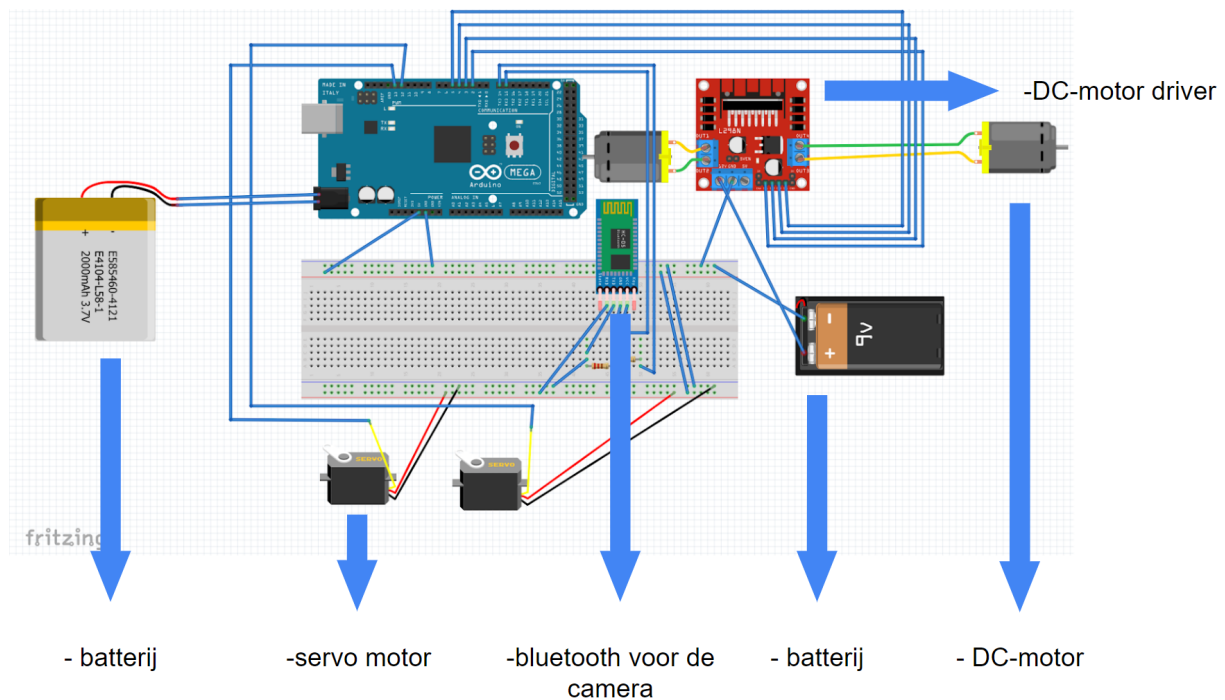
```
while(digitalRead(RIGHT2) == LOW){
  if (angle > 0 && angle <= 180) {
    angle = angle - angleStep;
    if(angle < 0){
      angle = 0;
    }
    else{
      myservo2.write(angle);
      Serial.print("Moved to: ");
      Serial.print(angle);
      Serial.println(" degree");
    }
  }
  delay(100);
}

while(digitalRead(LEFT2) == LOW){
  if (angle >= 0 && angle <= 180) {
    angle = angle + angleStep;
    if(angle >180){
      angle =180;
    }
    else{
      myservo2.write(angle);
      Serial.print("Moved to: ");
      Serial.print(angle);
      Serial.println(" degree");
    }
  }
  delay(100);
}
}
```

testprogramma ¹⁶

¹⁶ <https://robojax.com/learn/arduino/?vid=robojax-servo-push-button>

7.2.2 Arduino totaal schema



7.3 Programma totaal

7.3.1 Programma

Dit is het algemene programma om de motoren te besturen a.d.h.v. de smartphone.

7.3.2 Initialisatie & Library's

De library's zorgen ervoor dat je minder programma moet schrijven en variabelen te gebruiken die zich in die library's bevinden.

| | |
|--|--|
| <pre>#define WATCHDOG #define SPEED 9600 #define TURNDelay 100 #define ROTATEDELAY 1000 #include <Wire.h> #include <Servo.h> #include <ArduinoJson.h> StaticJsonDocument<256> doc; int i= 0; int flag = 0; int LED = A0; int state = 0;</pre> | <p>Speed, turndelay en rotatiedelay dienen voor de servomotoren in te stellen</p> <p>Library's voor servo en HC05.</p> <p>Initialisatie voor de leds en het later programma.</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <pre> Servo Servo1; Servo Servo2; int servoPin1 = 13; int servoPin2 = 12; int motor1pin1 = 2; int motor1pin2 = 3; int motor2pin1 = 4; int motor2pin2 = 5; void port_init() { Serial.begin(9600); Serial3.begin(SPEED); Serial.println("port init"); pinMode(motor1pin1, OUTPUT); pinMode(motor1pin2, OUTPUT); pinMode(motor2pin1, OUTPUT); pinMode(motor2pin2, OUTPUT); } void servo_init() { Serial.println("servo init"); Servo1.attach(servoPin1); Servo2.attach(servoPin2); } void setup() { port_init(); interrupt_init(); timer_init(); servo_init(); Serial.println("ready"); } void interrupt_init() { Serial.println("interrupt init"); } </pre> | <p>De naam van de servo's zijn Servo1 en Servo2 Op pin 13 en 12 zijn de puls kabels van de servo motoren aangesloten.</p> <p>Op pin 2, 3, 4 en 5 is de motor controller aangesloten voor de 2 DC-motoren.</p> <p>Hier staat er dat elke poort van de DC motoren een uitgang is.</p> <p>Servo1 en Servo2 hun puls kabels zijn bevestigd met servoPin1 en servoPin2.</p> <p>In de setup functie staan de vorige functies die alle poorten identificeren.</p> |
|--|--|

7.3.3 Motoren

Het deel motoren gaat over de positionering van de servo- en DC-motoren.

| | |
|--|--|
| <pre> void servo_turn(bool right) { int where = Servo1.read(); right?where+=10:where-=10; int new_servo_pos = max(5,min(where,157)); Servo1.write(new_servo_pos); } void servo_turn2(bool up) { int here = Servo2.read(); up?here+=10:here-=10; int new_servo_pos2 = max(5,min(here,157)); Servo2.write(new_servo_pos2); } void leftengine(int state = 0) { if (state == 1) { digitalWrite(motor1pin1, HIGH); digitalWrite(motor1pin2, LOW); } else if (state == 2) { digitalWrite(motor1pin1, LOW); digitalWrite(motor1pin2, HIGH); } else { digitalWrite(motor1pin1, LOW); digitalWrite(motor1pin2, LOW); } } void rightengine(int state = 0) { if (state == 1) { digitalWrite(motor2pin1, HIGH); digitalWrite(motor2pin2, LOW); } else if (state == 2) { digitalWrite(motor2pin1, LOW); digitalWrite(motor2pin2, HIGH); } else { digitalWrite(motor2pin1, LOW); digitalWrite(motor2pin2, LOW); } } void forward() { leftengine(1); rightengine(1); } </pre> | <p>Het werken met vraagtekens is een kortere manier om een 'if' functie te schrijven, we lezen de positie van de Servo motor, als die te dicht bij zijn max of min staat zullen we hem van de rand verplaatsen. We plaatsen direct ook de min en max positie in.</p> <p>De verschillende statussen zeggen hoe de linker motor moet bewegen, bij 1 zal hij naar wijzerzin draaien bij 2 tegenwijzerzin, als er geen status wordt doorgegeven dan doet deze motor niets</p> <p>Dit is hetzelfde als bij de linker motor maar dan voor de rechter motor.</p> <p>Als de functie forward actief is dan geeft hij de linker en rechter motor status 1.</p> |
|--|--|

| | |
|--|---|
| <pre>void backward() { leftengine(2); rightengine(2); } void fastleft() { leftengine(2); rightengine(1); } void fastright() { leftengine(1); rightengine(2); } void nomotion() { leftengine(0); rightengine(0); }</pre> | <p>Als de functie backward actief is dan geeft hij de linker en rechter motor status 2.</p> <p>Als de functie fastleft is dan geeft hij de linker motor status 2 en de rechter status 1.</p> <p>Als de functie fastright is dan geeft hij de linker motor status 1 en de rechter status 2.</p> <p>Als de functie nomotion actief is dan zullen geen van beide motoren actie ondernemen en de status 0 zijn.</p> |
|--|---|

7.3.4 Void Loop

De void loop geeft een gestructureerde vorm aan van het programma op de gsm, die dan de waarden in variabelen steekt.

| | |
|--|--|
| <pre>void loop() { //Timer(); if (Serial3.available()) { String text; while (Serial3.available()) { char data = Serial3.read(); text = String(text + data); } bool A,B,C,D,P,T; bool L,R,W,U; A=text=="a"; B=text=="b"; C=text=="c"; D=text=="d"; P=text=="stop"; T=text=="start"; L=text=="left"; R=text=="right";</pre> | <p>Hier staat er dat de hoofdletters die we in het programma gebruiken gelijk zijn aan de output van de app op de gsm. Deze app bevat een start, stop knop 4 letter en een joystick.</p> |
|--|--|

```

W=text=="down";
U=text=="up";

Serial.println("+abcd+xytp+");
Serial.println("-----");
Serial.print('l');
A?Serial.print("A"):Serial.print("_");
B?Serial.print("B"):Serial.print("_");
C?Serial.print("C"):Serial.print("_");
D?Serial.print("D"):Serial.print("_");
Serial.print('l');
(L)?Serial.print(char(16)):Serial.print("");
(R)?Serial.print(char(17)):Serial.print("");
(!L&&!R)?Serial.print("_"):Serial.print("");
(U)?Serial.print(char(19)):Serial.print("");
(W)?Serial.print(char(20)):Serial.print("");
(!W&&!U)?Serial.print("_"):Serial.print("");
T?Serial.print("T"):Serial.print("_");
P?Serial.print("P"):Serial.print("_");
Serial.print('l');
Serial.println();

if (A)
  servo_turn(true);

if (B)
  servo_turn(false);

if (C)
  servo_turn2(true);

if (D)
  servo_turn2(false);

if (U) {
  forward();
} else if (W) {
  backward();
} else if (L) {
  fastleft();
  delay(TURNDELAY);
  nomotion();
} else if (R) {
  fastright();
  delay(TURNDELAY);
  nomotion();
} else if (T) {
  fastleft();
  delay(ROTATEDELAY);
  nomotion();
} else if (P) {

```

Als er in deze blok op een knop of de joystick bewogen wordt dan zal de output daarvan geprint worden in de serial monitor van Arduino.

Dit zijn if-else functies die de functies van hierboven hun werk laten doen, dus als bijvoorbeeld B true is dan zal de functie servo_turn false zijn. Dit is enkel voor de servomotoren hieronder is de functie voor de DC-motoren.

In deze functies geven we de functies van hierboven een true of false waardoor de motor dan naar voor of naar achter gaat.

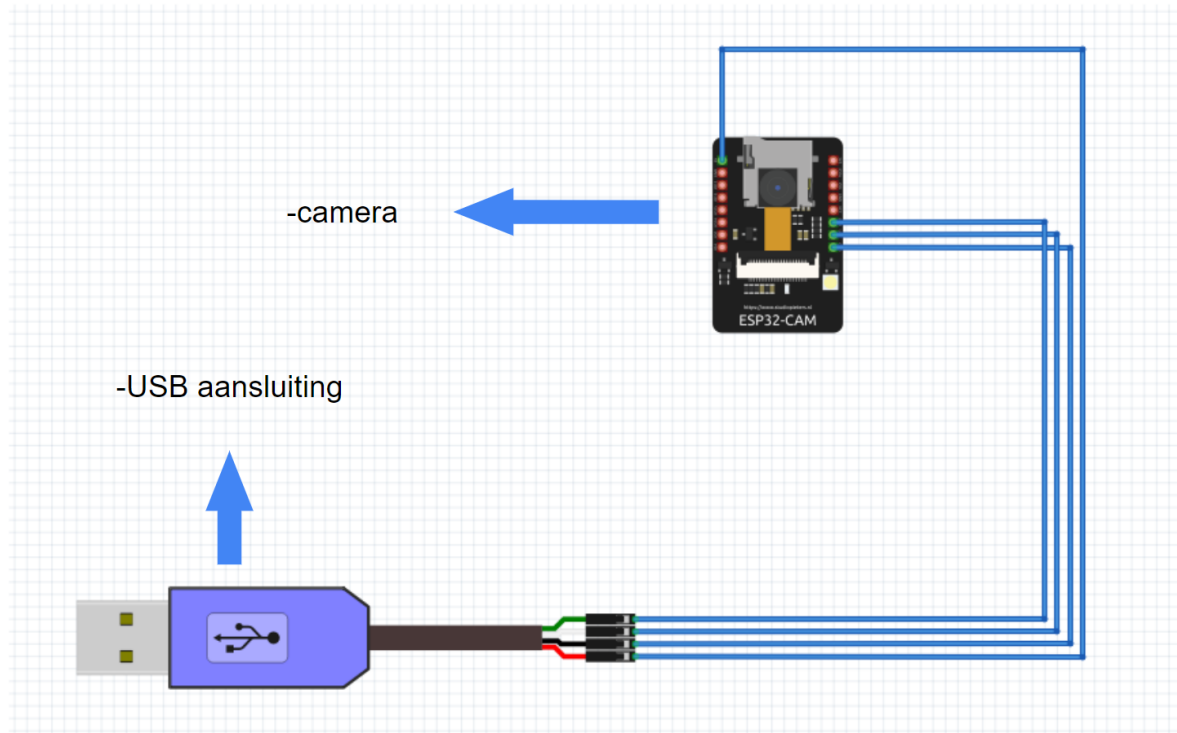
```

    nomotion();
  }
}
delay(100);
}

```

App gsm: Arduino bluetooth controller

7.3.4.1 ARDUINO CAMERA SCHEMA



7.3.4.2 PROGRAMMA CAMERA

```

#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

//
// WARNING!!! Make sure that you have either selected ESP32 Wrover Module,
//           or another board which has PSRAM enabled
//

// Select camera model
// #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
// #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

```



```
#include "camera_pins.h"

const char* ssid = "username";
const char* password = "wachtwoord";

void startCameraServer();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  Serial.println();

  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 20000000;
  config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
  //init with high specs to pre-allocate larger buffers
  if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
  } else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
  }

  #if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
  pinMode(13, INPUT_PULLUP);
  pinMode(14, INPUT_PULLUP);
  #endif
}
```

```
// camera init
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
  Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
  return;
}

sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
//initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated
if (s->id.PID == OV3660_PID) {
  s->set_vflip(s, 1);//flip it back
  s->set_brightness(s, 1);//up the blightness just a bit
  s->set_saturation(s, -2);//lower the saturation
}
//drop down frame size for higher initial frame rate
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);

#ifdef CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
  s->set_vflip(s, 1);
  s->set_hmirror(s, 1);
#endif

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("' to connect");
}

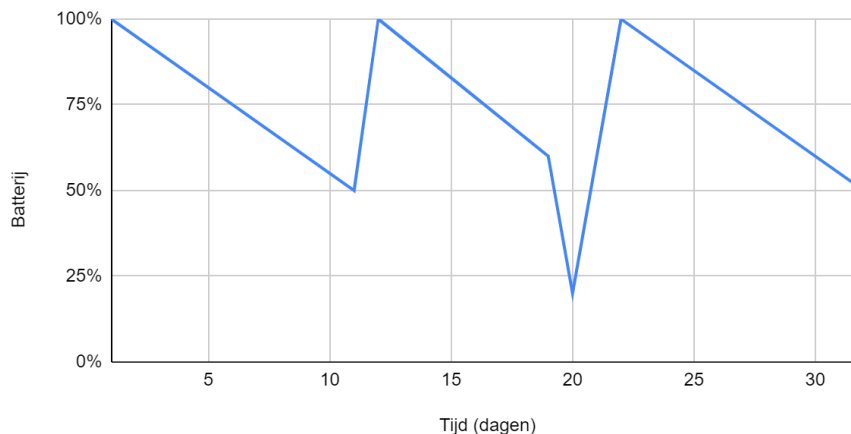
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  delay(10000);
}
```

7.4 Batterij

Om ervoor te zorgen dat onze batterij lang meegaat zullen we voor een efficiënte stroomtoevoer kiezen. De batterij ontladst vanzelf na een bepaalde tijd. Als die een percentage bereikt van 50%, zal het voorzien moeten worden van een oplaadbeurt. Wanneer de waarde 100% is, wordt de energietoevoer uitgeschakeld. De robot kan nu bij brand terug op zijn volle capaciteit functioneren.

Grafiek batterijverbruik

Verloop batterij status



8 Alternatieve blusmiddelen

8.1 CO₂

Een CO₂ brandblusser is een blusmiddel op basis van koolstofdioxide (CO₂). Een CO₂ blusser geschikt voor brandklasse B (vloeistoffen) en E (elektriciteitsbranden). Ze worden voornamelijk gebruikt voor elektronica omdat ze geen kortsluiting veroorzaken. Deze brandblussers laten geen reststoffen achter en er ontstaat eveneens geen nevenschade. Ze zijn daarom zeer geschikt voor kantoren, scholen en restaurants.

Het CO₂-gas verdrijft voor korte tijd de aanwezige zuurstof. Als er gestopt wordt met blussen, kan de brand door nieuwe zuurstoftoevoer weer opvlammen. Een voordeel van de CO₂-blusser is dat hij geen nevenschade veroorzaakt. Dit maakt de blusser erg geschikt voor ruimtes met elektronische apparatuur.¹⁷

8.2 Novec 1230

Novec 1230 wordt als een vloeistof opgeslagen, maar verandert in milieuvriendelijk gas zodra het vrijkomt. Het gas verspreidt zich in hoog tempo door de betrokken ruimtes en blust de brand door de warmte weg te nemen, zonder dat dit negatieve gevolgen heeft voor mensen en zonder waterschade te veroorzaken. Het wordt gebruikt bij bedrijven in afgesloten ruimtes. Het Novec 1230 blusmiddel heeft een snelle blustijd, is elektrisch niet-geleidend en laat geen residu achter.¹⁸

¹⁷ <https://www.asphalia.nl/wat-is-een-co2-blusser/>

¹⁸ <https://www.brandveilig.com/nieuws/bescherm-wat-belangrijk-is-met-innovatief-blusgas-54953>

De werking berust net als het FM200 blusgas op fysische koeling van de vlam op moleculair niveau. De hitte van de vlam wordt letterlijk uit het vlamfront onttrokken, zodat de brand stopt. Novec 1230 heeft mogelijk iets meer cilinders nodig dan FM200 door een verschil in dichtheid.

8.3 Keuze van blusmiddel

Bij de keuze van het blusmiddel dat het meest geschikt is voor onze robot hebben we ons op volgende criteria gebaseerd.

De criteria voor de keuze van het blusmiddel zijn:

- is niet gevaarlijk voor de mens
- kan brand snel en efficiënt blussen
- moet universeel zijn (geschikt voor de meeste brandklassen)
- geen milieuschade
- weinig inname van plaats

8.3.1 Gas boven water, schuim en poeder

8.3.1.1 WATER

Nadelen:

- Moet universeel zijn (geschikt voor de meeste brandklassen)

Het grootste nadeel van water is dat het kortsluiting veroorzaakt. Bijgevolg kan het al zeker niet universeel zijn doordat het niet geschikt is voor elektrische apparatuur.

- Weinig inname van plaats

Omdat er veel van nodig is om de brand stil te krijgen vraagt het veel opslagplaats, zo'n 20 400 liter voor een matige brand (zie 2.1.2 bezoek brandweer vragen i.v.m. water 2de vraag). Watertoevoer zorgt ook voor problemen, bv. een waterslang meesleuren waarvoor veel vermogen gevraagd wordt aan de aandrijvingsmotoren. Een drukverlies in de waterslang van 1 bar 100 meter. Een waterslang zorgt ook voor de dalende mobiliteit van de robot.

Voordelen:

- Kan brand snel en efficiënt blussen

Dat hangt af van welk type brand. Water reageert niet identiek met elk brandend materiaal. Olie blussen met water is bijvoorbeeld geen goed idee.

8.3.1.2 SCHUIM

Nadelen:

- Is gevaarlijk voor de mens

Omdat schuim een fluorverbinding is, bevat het elementen als zout en fluor. Bij langdurige blootstelling kan het irritatie tot gevolg hebben, zeker bij onopzettelijke inname en contact met de ogen.

- Milieuschade

Blusschuim kan fluorvrij zijn maar blijft milieuschadelijk.

- Veel inname van plaats

De grootste component waaruit schuim bestaat is water en dus gelden dezelfde redenen als bij water voor plaatsinname.

Voordelen:

- Kan brand snel en efficiënt blussen

Blusschuim creëert een filmlaagje dat een soort deken vormt rond het vuur waardoor die geen zuurstof meer krijgt. In verschil met water blijft schuim op het vuur en verdampt het niet.

- Moet universeel zijn (geschikt voor de meeste brandklassen)

Hoewel blusschuim geschikt is voor drie brandklassen, is het echter niet van toepassing bij C(gassen), D(metalen) en E(elektronika).

8.3.1.3 POEDER

Nadelen:

- Is gevaarlijk voor de mens

Omdat poeder een soort van zout is, is het wel erg corrosief naar de omgeving toe, en kan het dus elektrische apparaten of metalen oppervlaktes aantasten. Snel laten opruimen met een industriële stofzuiger is dan de boodschap. Net zoals bij schuim wordt blootstelling uiteraard zoveel mogelijk vermeden, bv. omwille van irritatie bij aanraking met de ogen.

- Moet universeel zijn (geschikt voor de meeste brandklassen)

Zoals het al hierboven aangehaald werd, beschadigt poeder elektronische toestellen en is vooral gericht op brandklassen A (vaste stoffen) en B (vloeistoffen).

- Milieuschade

Ook poeder veroorzaakt nevenschade aan elektronische apparatuur. Poeder moet na het gebruik opgeruimd worden met een industriële stofzuiger.

Voordelen:

- Kan brand snel en efficiënt blussen

Het nadeel is dat tijdens het blussen zich een vrij grote hoeveelheid wit poeder in de omgevende lucht opstapelt wat voor een verslechterd zicht zorgt.

8.3.2 Novec en FM-200 boven CO₂

- Is niet gevaarlijk voor de mens

De werking van een CO₂ blusmiddel is het verdrijven van zuurstof. Bijgevolg is het verstikkend voor mensen. Dat is de voornaamste reden waarom we dit soort gas niet zullen gebruiken. Op andere vlakken scoort dit behoorlijk goed.

8.3.3 Novec vs FM-200

| | Water | Schuim | Poeder | FM-200 | CO ₂ | Novec 1230 |
|---------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------------|------------|
| Veilig voor de mens | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Snel en efficiënt | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Universeel | ☆☆☆ | ☆☆☆☆ | ☆☆☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Milieuvriendelijk | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆ | ☆☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆☆ |
| Compact | ☆☆ | ☆☆ | ☆☆ | ☆☆☆☆ ☆ | ☆☆☆☆ | ☆☆☆☆ |

9 Toepassingsgebied van de brandweerrobot

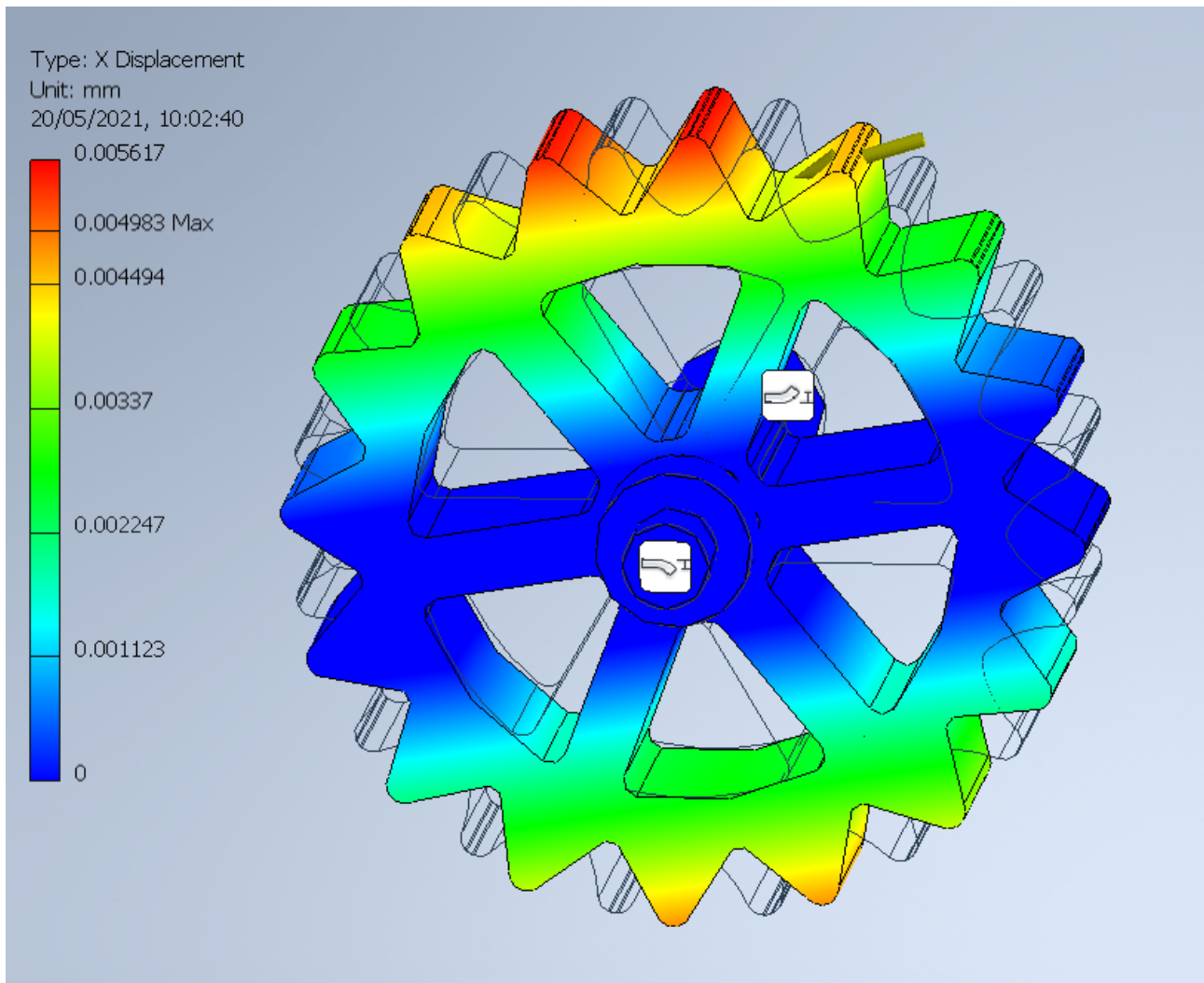
Bij een brand moet de brandweer natuurlijk eerst ter plaatse geraken, en liefst zo snel mogelijk. De afstand en de tijd speelt hierbij een belangrijke rol. Als de brandweerrobot al ter beschikking is en klaar staat om op elk moment zijn werk te doen, kunnen die twee factoren (afstand en tijd) afgezonderd worden. Het spreekt natuurlijk voor zich dat niet elk bouwwerk zijn eigen toestel kan hebben. Maar voor grotere complexen zoals een bedrijf, een school, en een kantoor kan dat wel efficiënt zijn.

De robot zal dan op de meest strategische plaats opgesteld moeten worden. Daarbij moet vooral rekening gehouden worden met afstand; de robot moet snel op elke plek kunnen raken. Bij een brandalarm krijgt de robot automatisch een signaal dat er geblust moet worden en ook de plaats. Dat gebeurt aan de hand van een temperatuurdetector in elke ruimte. De volgorde wordt gerangschikt volgens de nabijheid van de robot. Dat betekent dat de dichtstbijzijnde ruimtes met de hoogste temperatuur prioriteit hebben.

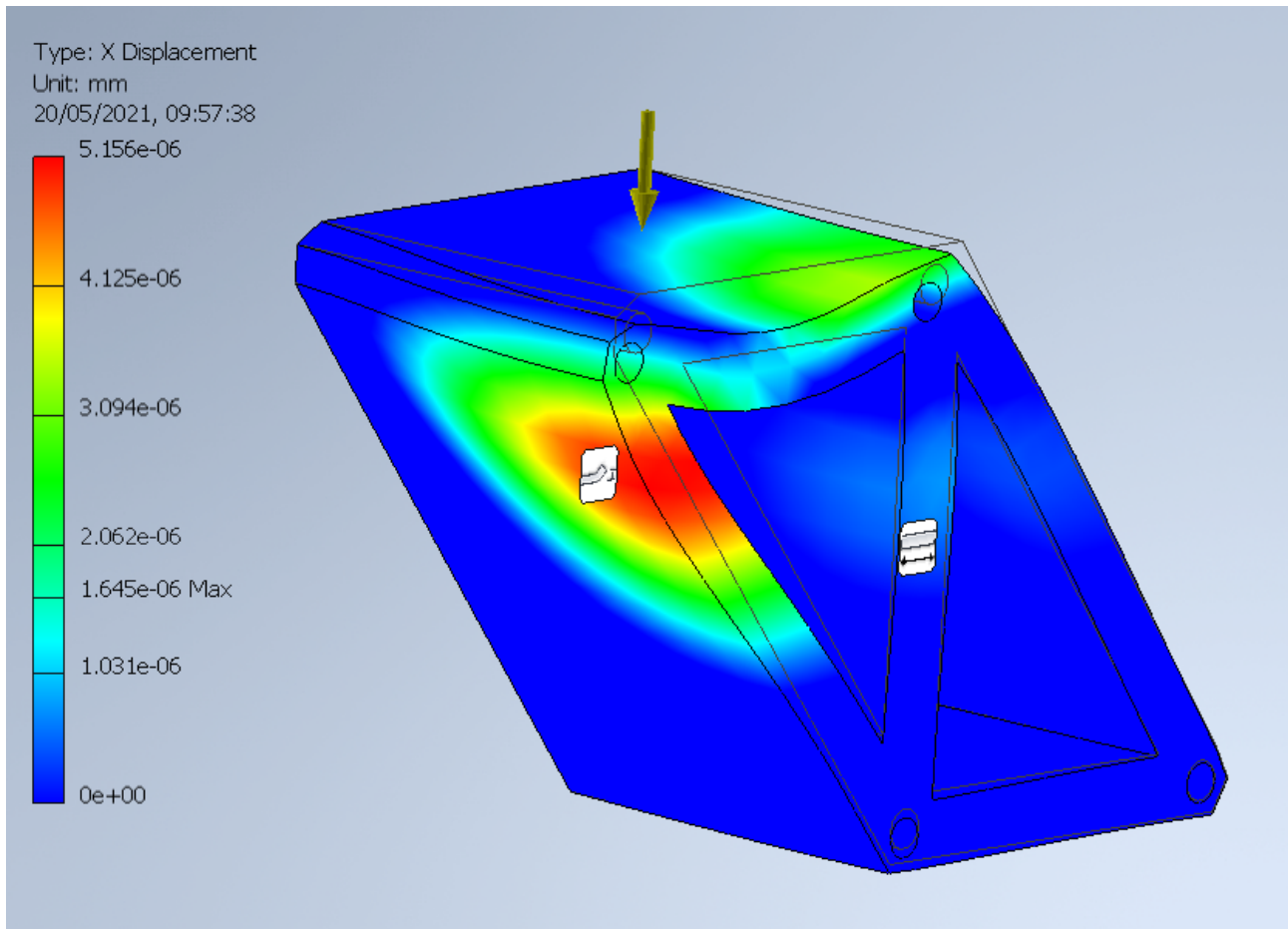
10 Risico-analyse

Bij hoge snelheden is er kans op verdraaiing van het aandrijfswiel.

En bij grote krachten radiaal op het aandrijfswiel kan er vervorming van de as ontstaan.



Het steunstuk verbindt de buitenplaat en binnenplaat aan elkaar, het risico hier is vooral afschuiving van de draadstang als de as zelf.



11 Opstelplaats brandweerrobot

11.1 Watertoevoer

11.1.1 Met waterreservoir

Van het moment dat de robot zijn plaats verlaat, detecteert een sensor zijn afwezigheid, en wordt de waterkraan automatisch ontgrendeld. Hiervoor zorgt de bronpomp die zich in een waterreservoir bevindt. Het waterpeil wordt door een watervlotter geregeld.

Korte uitleg over principe van een bronpomp:

“Een **bronpomp** met een frequentieregelaar schakelt rustig in bij waterafname. Vervolgens houdt hij de druk zeer constant door het juist toerental te hanteren en vast te houden. Nadat de waterafname vermindert, toert de pomp rustig af en schakelt hij uit.”¹⁹

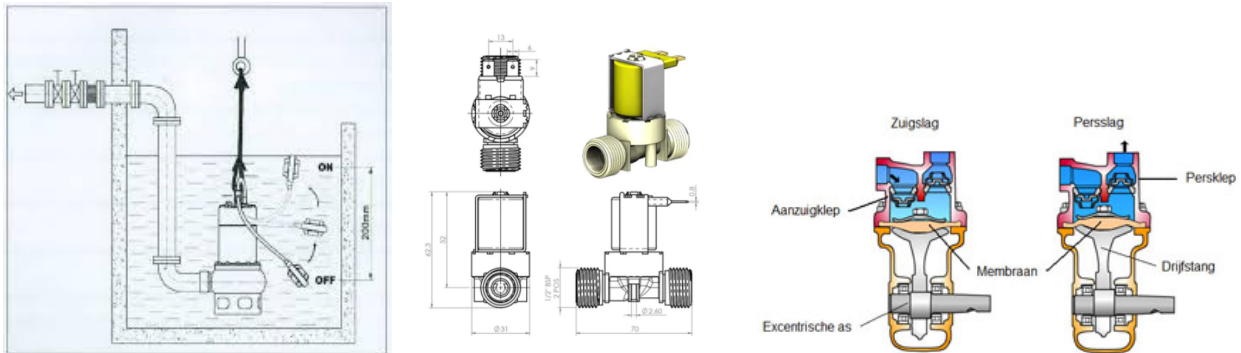
¹⁹

<https://bronpomp.nl/hoe-werkt-het/#:~:text=Een%20bronpomp%20met%20een%20frequentieregelaar,af%20en%20schakelt%20hij%20uit>

Aan de hand hiervan, beschikt de brandweerrobot constant over water. De bronpomp beschikt over een regelbaar druk, waarmee hij het water naar de robot stuurt.

11.1.2 Met centrifugaalpom

Op de plaatsen waar er geen watertank aanwezig is, kan men nog steeds een centrifugaalpom gebruiken.



12 Traject

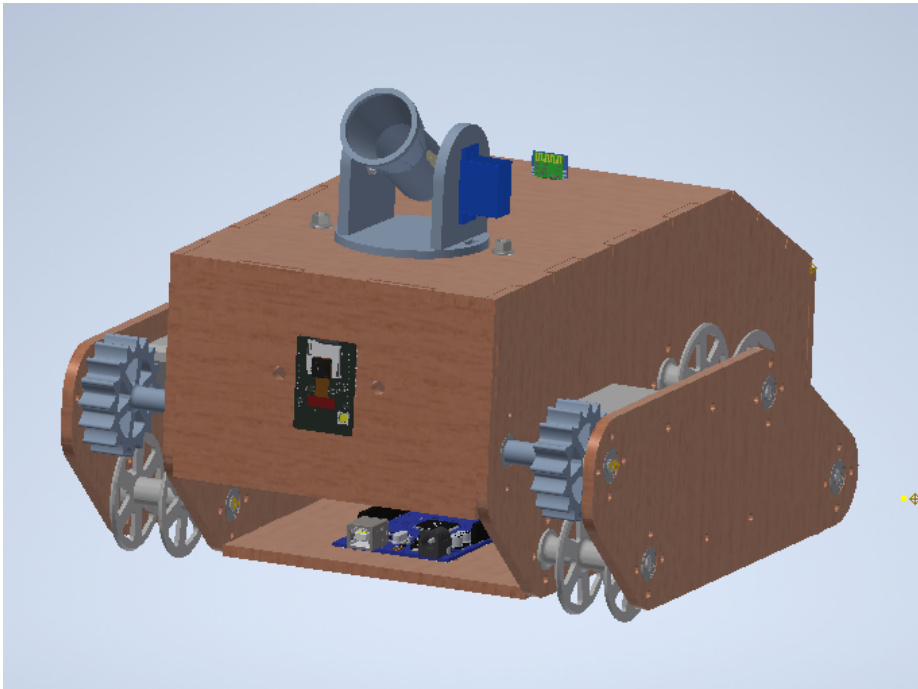
Om te weten hoe de robot zich zal verplaatsen, zullen we gebruik maken van een AI module (artificial intelligence). In de AI module zullen we de plattegrond van een gebouw met alle plaatsen van een brandalarm steken waardoor hij zelf de route zal bepalen. Deze methode noemt Maze Solving Algorithms, waardoor hij de snelste route naar zijn eindbestemming (het vuur) bepaalt.

Doordat de gebruikte materialen niet te zwaar zijn, verhindert dat de robot niet om behoorlijk snel de plaats van de brand te naderen.

13 Onderdeelbespreking

QR-code voor alle foto's en filmpjes van onze robot.

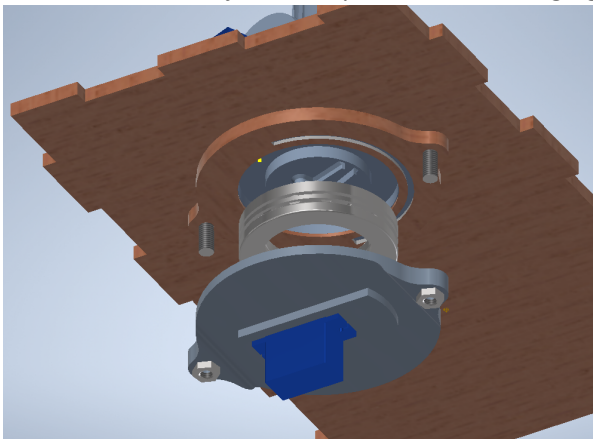




13.1 Lagers

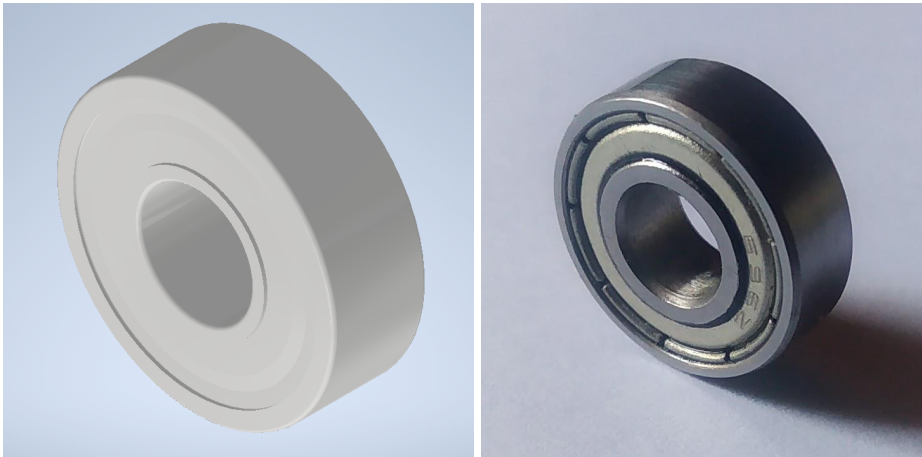
13.1.1 Wenteltaatslager

Het bluskanon rust op een wenteltaatslager (grijze ringvormig onderdeel) die op zijn beurt op een cirkelvormige plaat rust. De wenteltaatslager wordt gebruikt voor de axiale krachten op te vangen. Dus om de draaiende schijf, het bluskanon, het lager en de servomotor te ondersteunen en ook om ervoor te zorgen dat de draaiende schijf een soepelere draai beweging ondervindt.



13.1.2. Eenrijig groefkogellager

Een eenrijig groefkogellager wordt gebruikt voor een soepele draaiing van de bluskanon-as en de wielen. De binnen- en de buitenring is voorzien van loopbanen die de kleine axiale krachten kunnen opvangen. Aan de zijkanten is er een rond beschermplaatje geplaatst die de kogels, die zich binnenin bevinden, beschermt tegen het vuil en ongewenste stofdeeltjes.



13.2 Tand/gewone wielen

13.2.1 Tandwielen

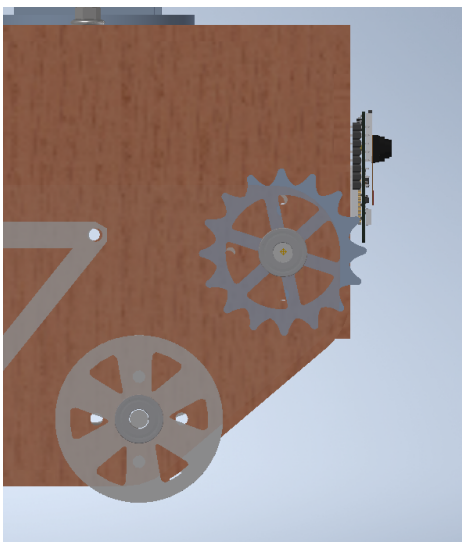
Bij de keuze van het plaatsen van de tandwielen wensten we dat er zoveel mogelijk tanden in werking treden bij het trekken van de rupsband, die de robot dan in gang brengt. Dat wil zeggen dat die wielen op de positie rusten waar de rupsband de kleinste hoek maakt. Deze is weergegeven op de figuur. De diameter van het tandwiel bedraagt 50,27mm en de breedte van de tanden zelf is 15mm. Er zijn 16 tanden die kunnen ingrijpen in de uitgesneden groeven van de binnenste rand van de rupsbanden.

$$m = \frac{d}{z} = \frac{45,43}{16} = 2,84$$

m = modulus

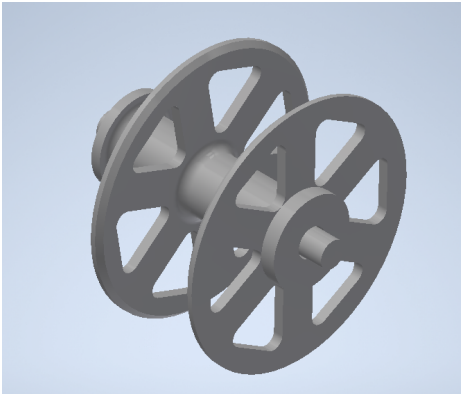
d = steekcirkeldiameter

z = aantal tanden



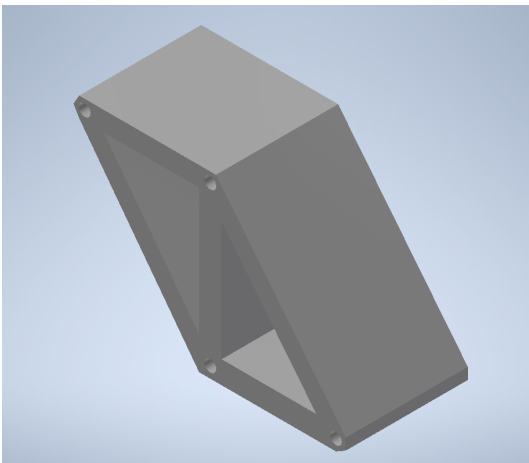
13.2.2 Gewone wielen

De gewone wielen trekken de robot niet vooruit maar bieden algemeen steun aan de robot en zorgen er gedurende het traject voor dat de rupsband op zijn plaats blijft door een soort opheffing waartegen de rupsband leunt.



13.3 Steunstuk

Dit onderdeel zorgt ervoor dat de buitenste zijplaat vast hangt aan de binnenste zijplaat en de wielen twee steunpunten hebben voor een betere bevestiging. Het steunstuk is bevestigd aan de hand van een draadstang die in de holtes passen aan elke hoek van het stuk, waarvan er op ieder aseinde een moer gemonteerd wordt. Het steunstuk is geprint met een 3D-printer.



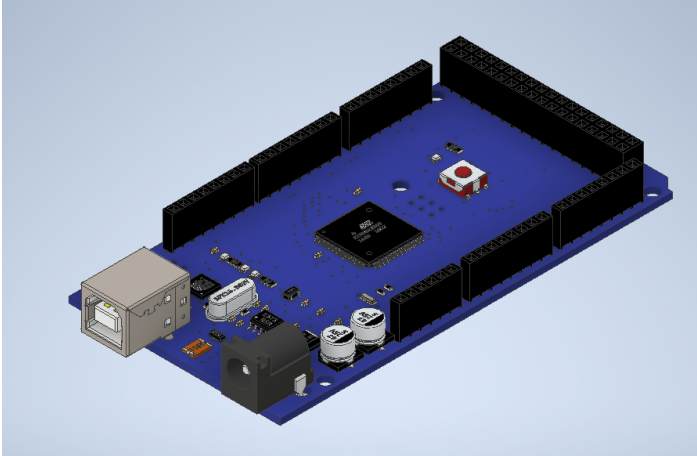
13.4 Draaischijf en Servo onderplaat

In de draaischijf en de servo onderplaat is er een halfcirkelvormige loopbaan aangebracht zodat de aansluitdraden van de servomotor vrij kunnen bewegen en de draaiende beweging van de platen niet belemmeren.

13.5 Elektrische onderdelen

13.5.1 Arduino

De arduino zal alle onderdelen van onze robot bedienen, wij hebben gebruik gemaakt van een Arduino mega.



13.5.2 DC motor

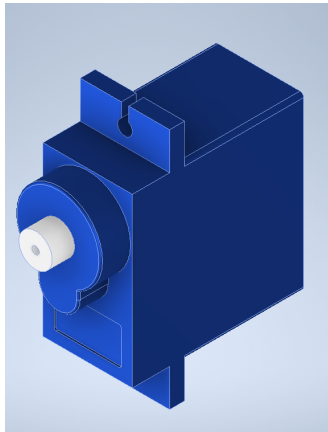
De DC-motoren zullen de aandrijfwielen aandrijven, de motoren worden bestuurd door de Arduino en de motor controller (I298n).



| | <i>gegevens</i> |
|------------------|-----------------|
| <i>spanning</i> | 12 V |
| <i>koppel</i> | / |
| <i>toerental</i> | 100 omw/min |

13.5.3 Servomotor

De servomotoren zullen het waterkanon in de correcte richting laten bewegen. De servomotoren hebben een maximum draaihoek van 180°. We zullen hem beperken tot 170° want, als de servomotor zijn maximum of minimum bereikt dan ontstaan er trillingen in de motor.

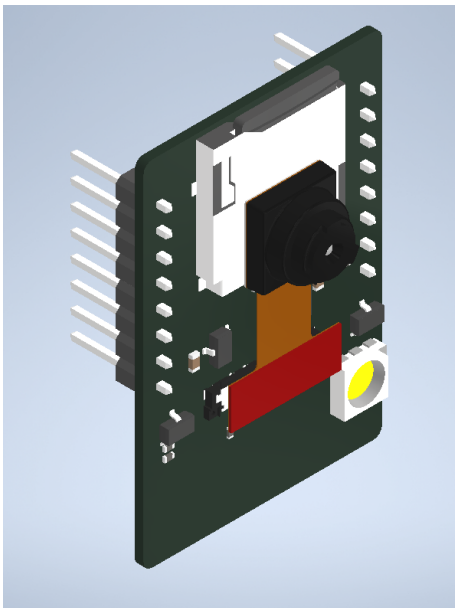


| | <i>gegevens</i> |
|------------------|-----------------|
| <i>spanning</i> | 4,8 - 6,0 V |
| <i>koppel</i> | 0,92 - 1,08 Nm |
| <i>toerental</i> | geen, 0° - 180° |

13.5.4 Powerbank

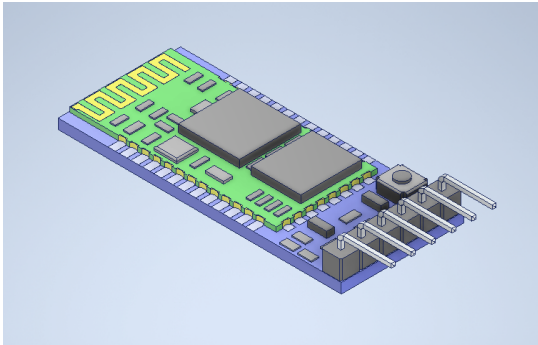
13.5.5 Camera (esp32-CAM)

Eenmaal de camera aangesloten wordt zal deze de beelden streamen naar een ip-adres.

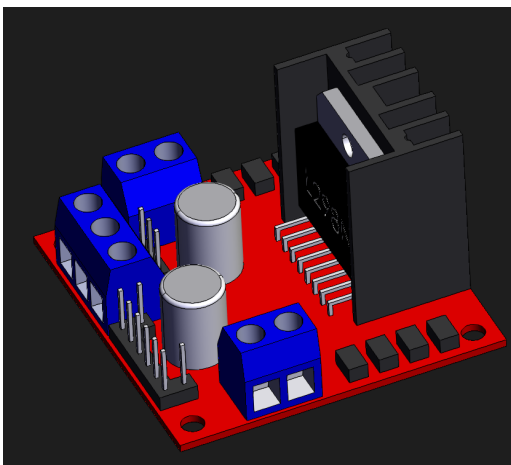


13.5.6 HC-05

De HC-05 zal een bluetooth signaal uitzenden waarmee wij met een app op onze gsm signalen kunnen sturen naar de arduino om de motoren te besturen.



13.5.7 L298N



13.6 Frameplaten

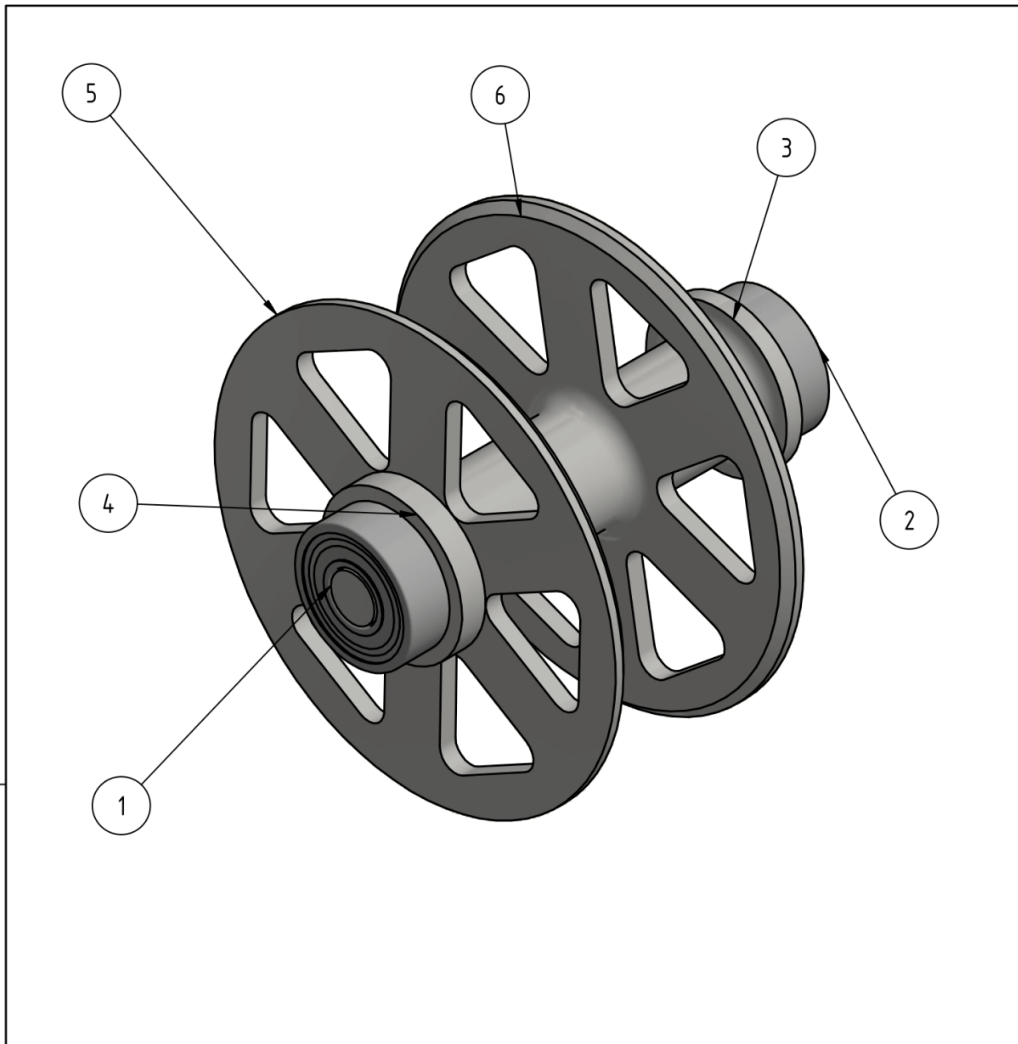
De zijkanten van de frameplaten zijn voorzien van een aantal tanden die dienen voor het vastklemmen van die frameplaten aan elkaar. De platen zijn uitgesneden met een lasercutter die op school staat. Om die fixatie te versterken gebruiken we houtlijm.


13.7 Rupsbanden

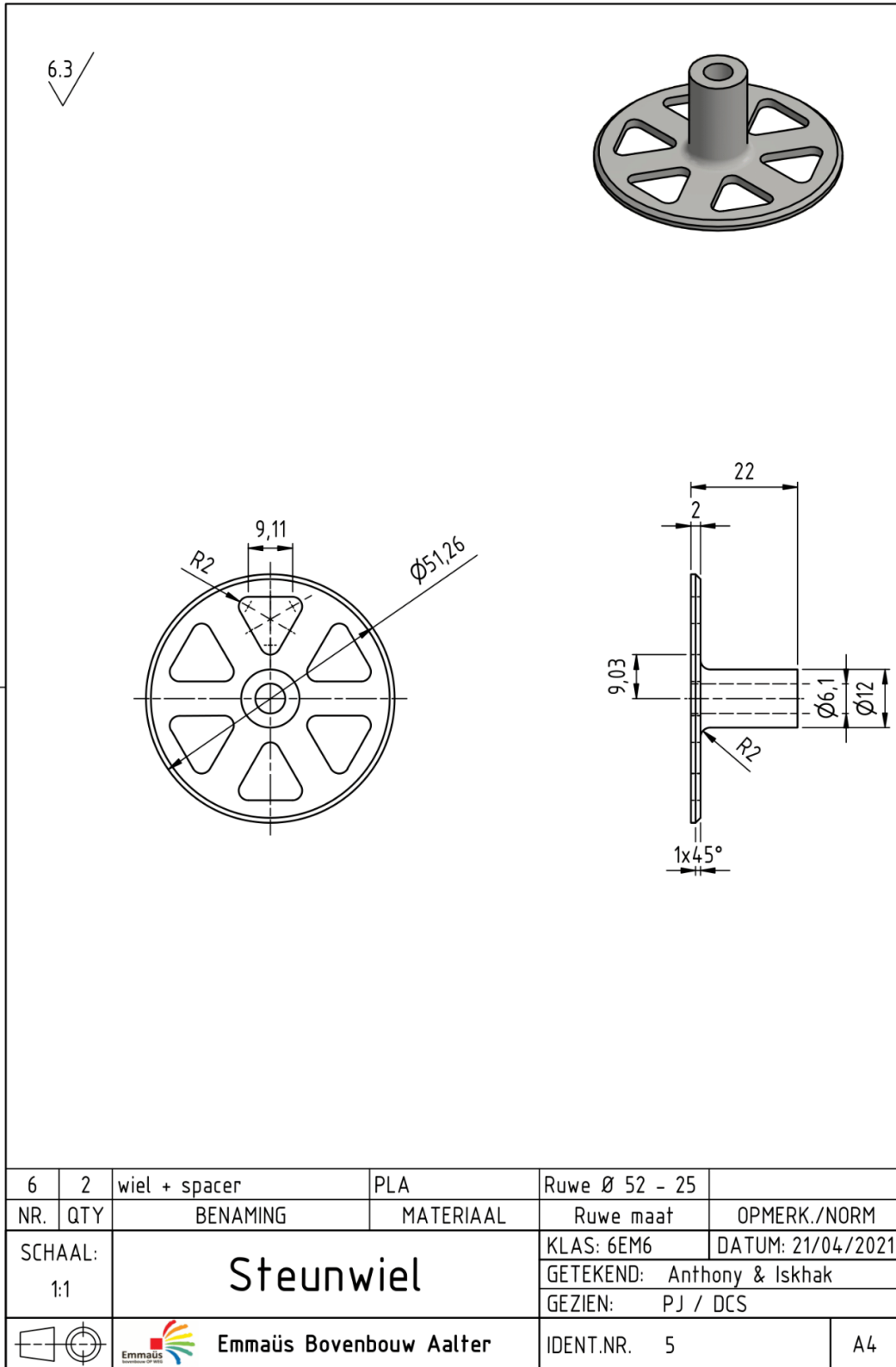
De rupsbanden zijn van rubber gemaakt met kleine uitstekende patronen waardoor ze een betere grip hebben met het rijvlak.

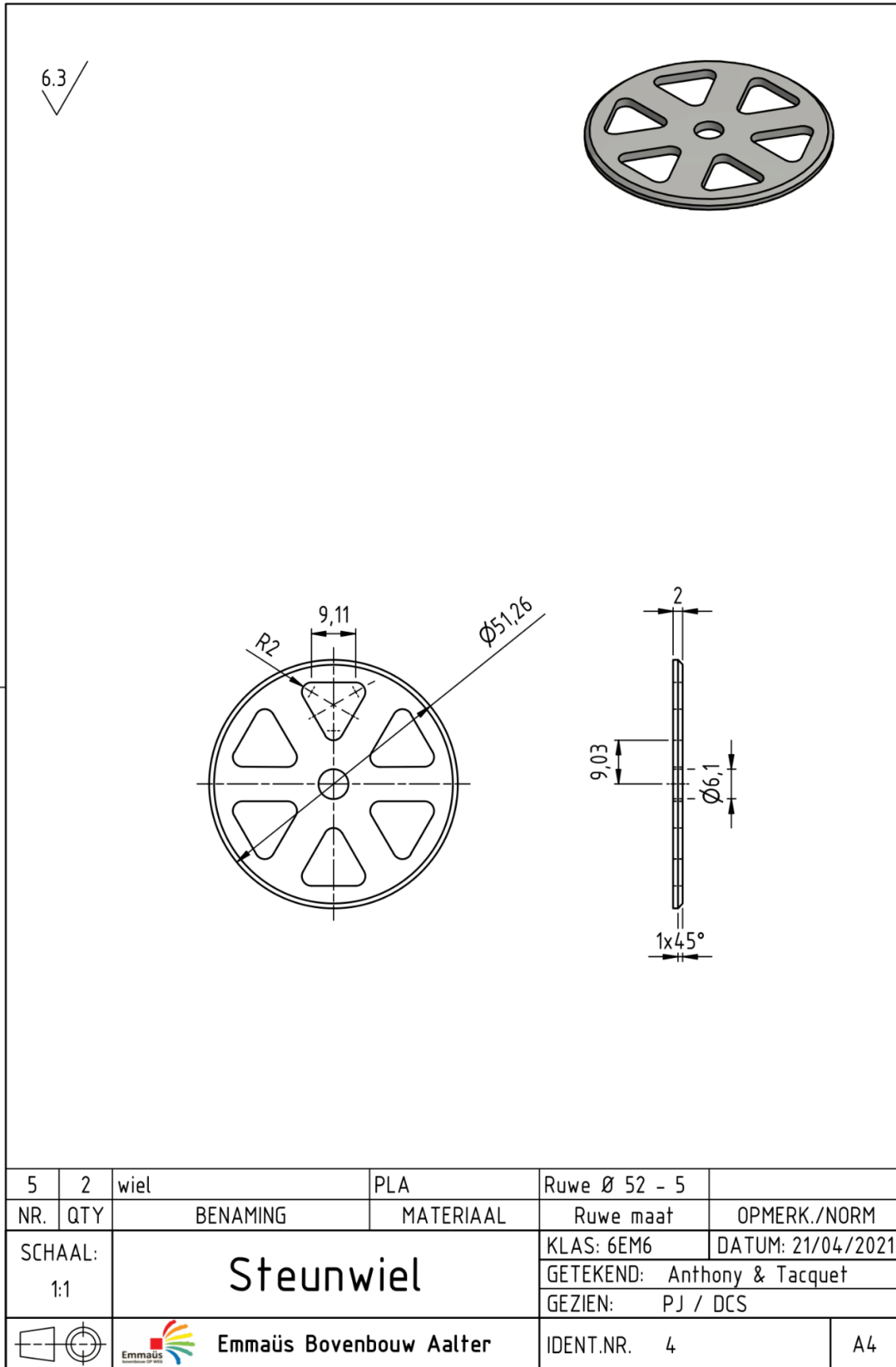
14 2D Tekeningen

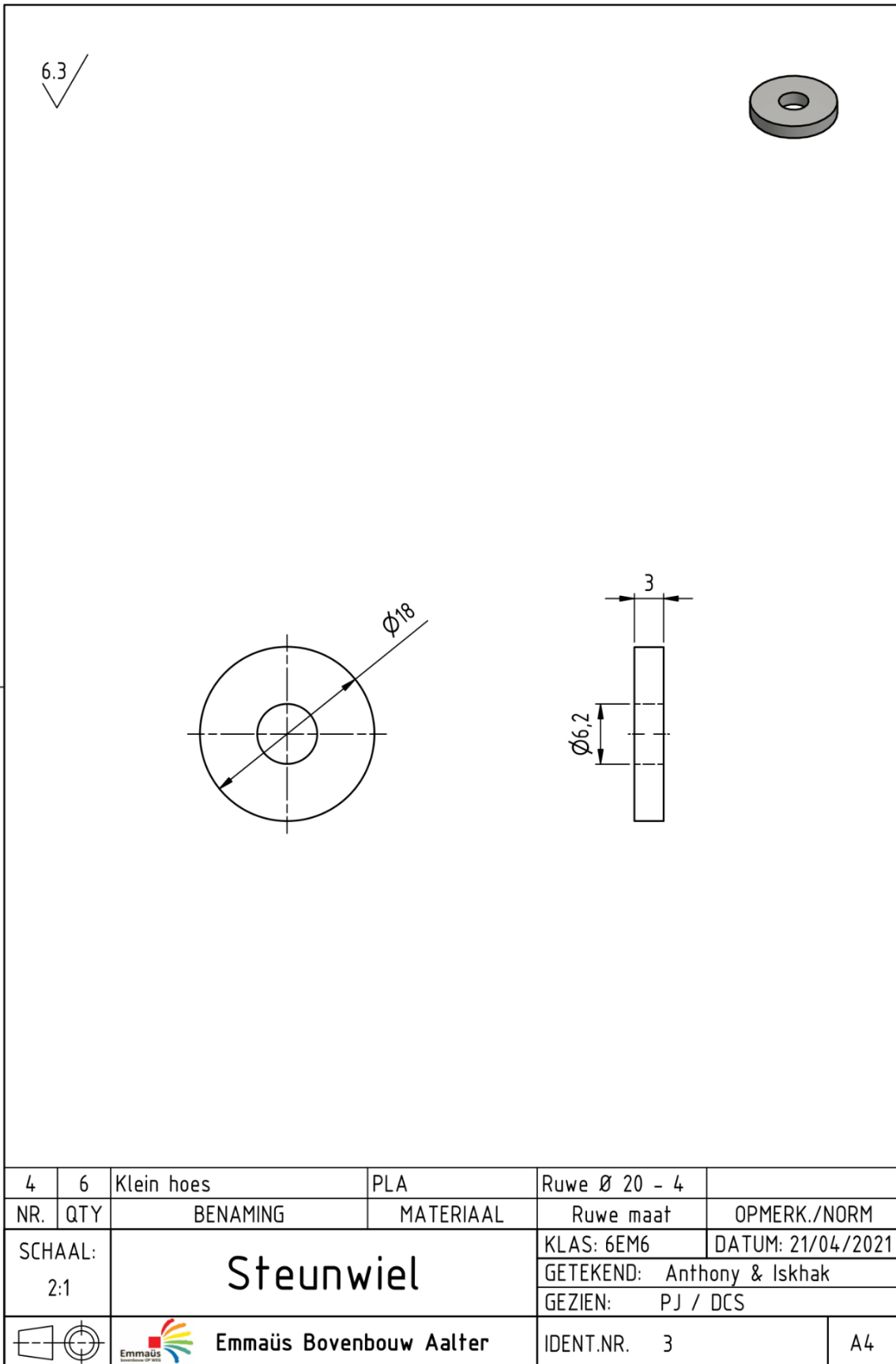
14.1 Steunwiel

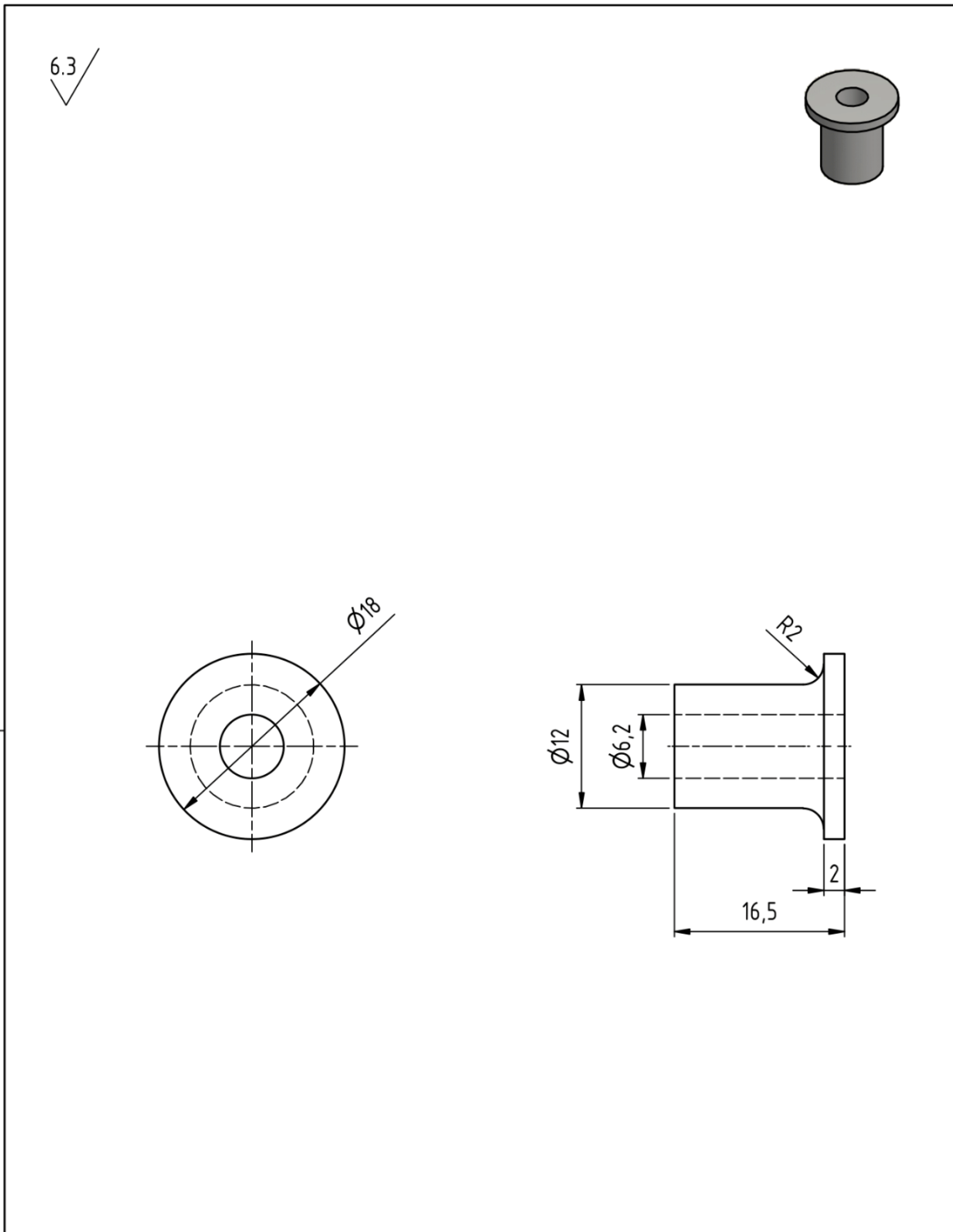


| | | | | | |
|----------------|-----|--|-----------|----------------------------|-------------------|
| 6 | 1 | Wiel + spacer | PLA | Ruwe Ø 51.26 x 22 | |
| 5 | 1 | Wiel | PLA | Ruwe Ø 51.26 x 2 | |
| 4 | 1 | Kleine hoes | PLA | Ruwe Ø 18 x 3 | |
| 3 | 1 | Hoes | PLA | Ruwe Ø18 x 16.5 | |
| 2 | 2 | Kogellager | | | |
| 1 | 1 | As | PLA | Ruwe Ø 5.6 x 53.5 | |
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: 2:1 | | <h1>Steunwiel</h1> | | KLAS: 6EM6 | DATUM: 21/04/2021 |
| | | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | |
| | | | | GEZIEN: PJ / DCS | |
| | |  Emmaüs Bovenbouw Aalter | | IDENT.NR. 6 | A4 |

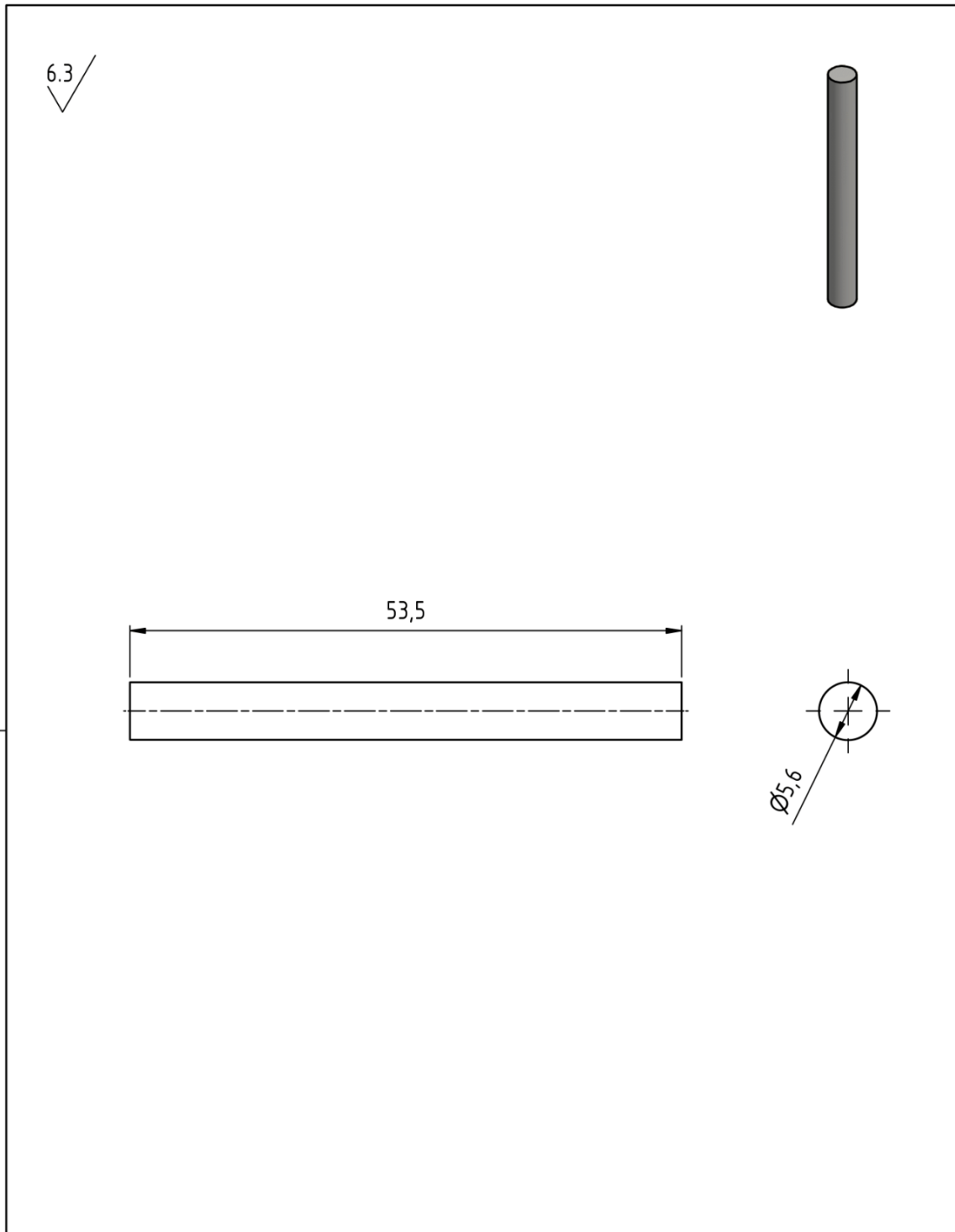




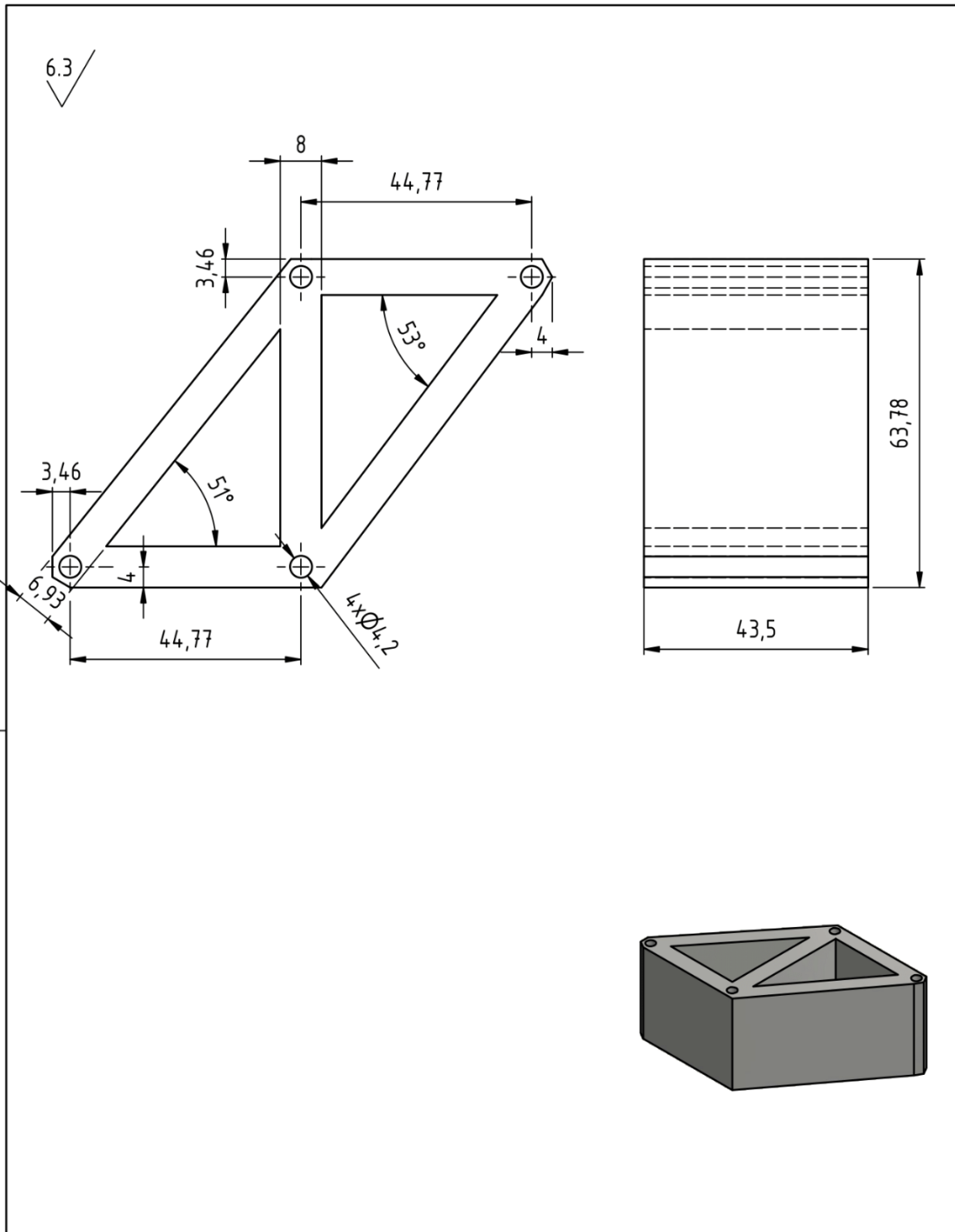




| 3 | 6 | Hoes | S235 | Ruwe Ø 20 - 18 | |
|----------------|-----|--------------------------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: 2:1 | | <h1>Steunwiel</h1> | | KLAS: 6EM6 | DATUM: 21/04/2021 |
| | | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | |
| | | | | GEZIEN: PJ / DCS | |
| | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | | IDENT.NR. 2 | A4 |

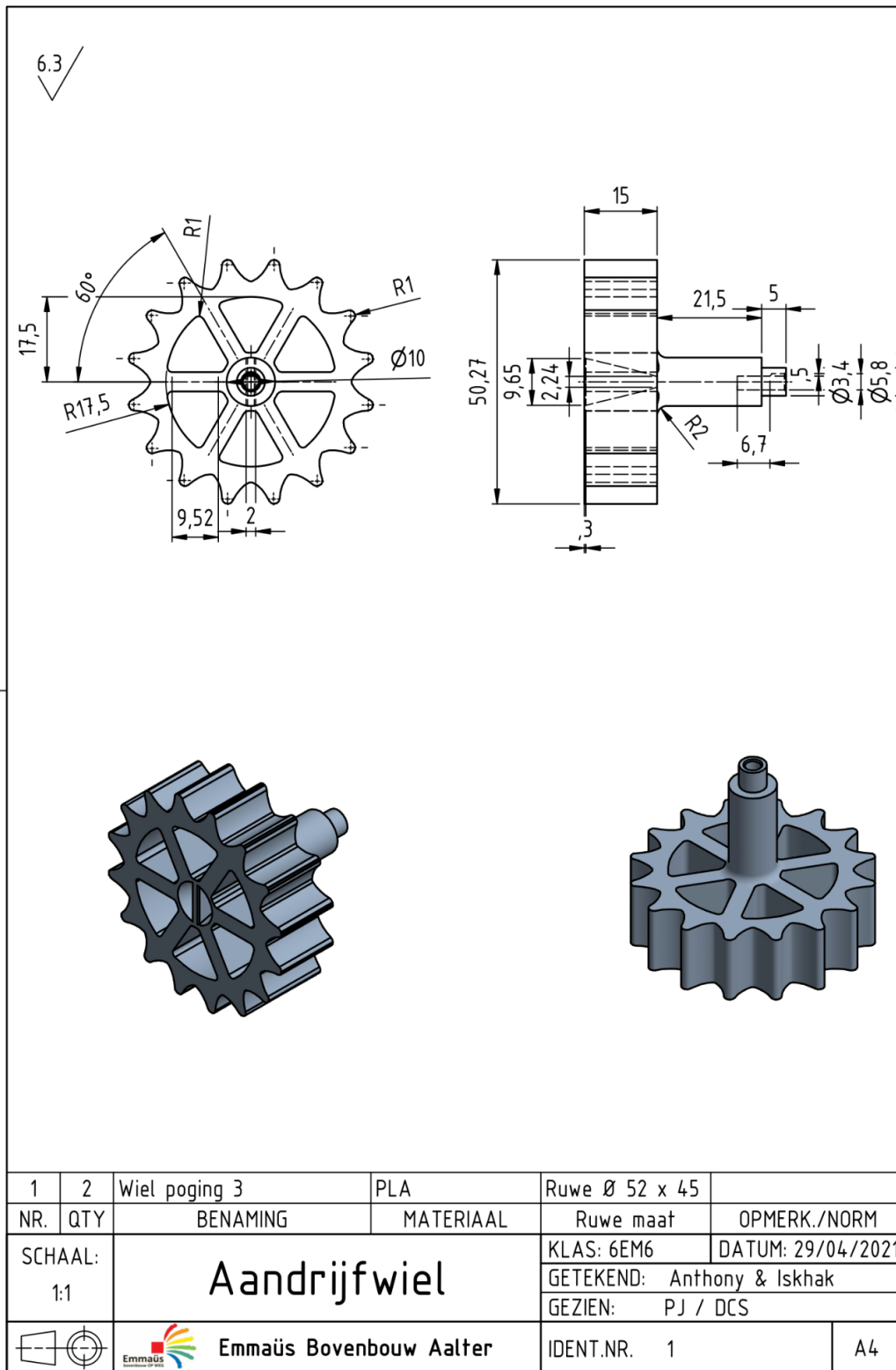


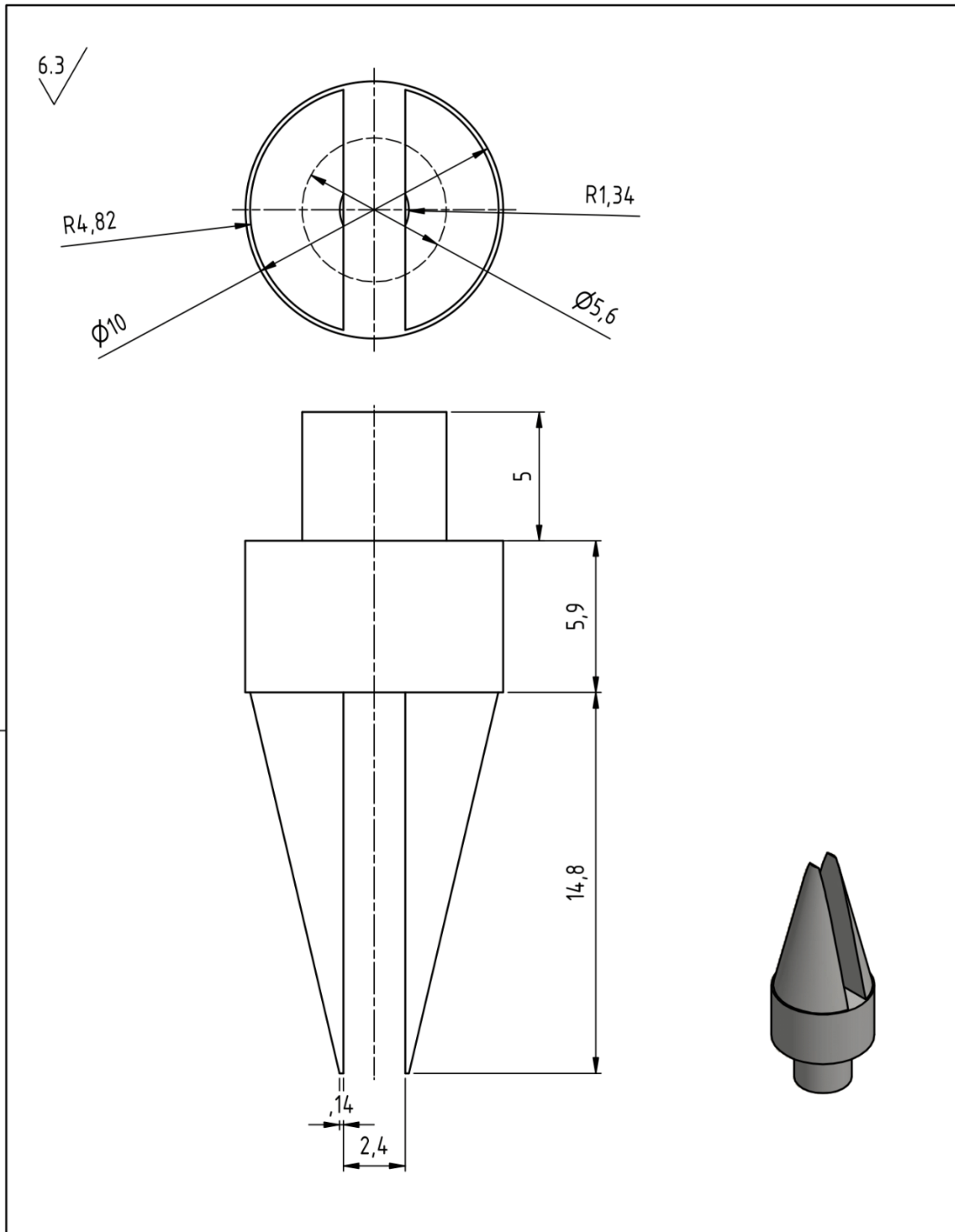
| | | | | | |
|---------|-----|--|----------------------------|--------------|-------------------|
| 1 | 2 | As | PLA | Ruwe Ø6 - 54 | |
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: | | <h1>Steunwiel</h1> | KLAS: 6EM6 | | DATUM: 21/04/2021 |
| 2:1 | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | | |
| | | | GEZIEN: PJ / DCS | | |
| | |  Emmaüs Bovenbouw Aalter | IDENT.NR. | 1 | A4 |



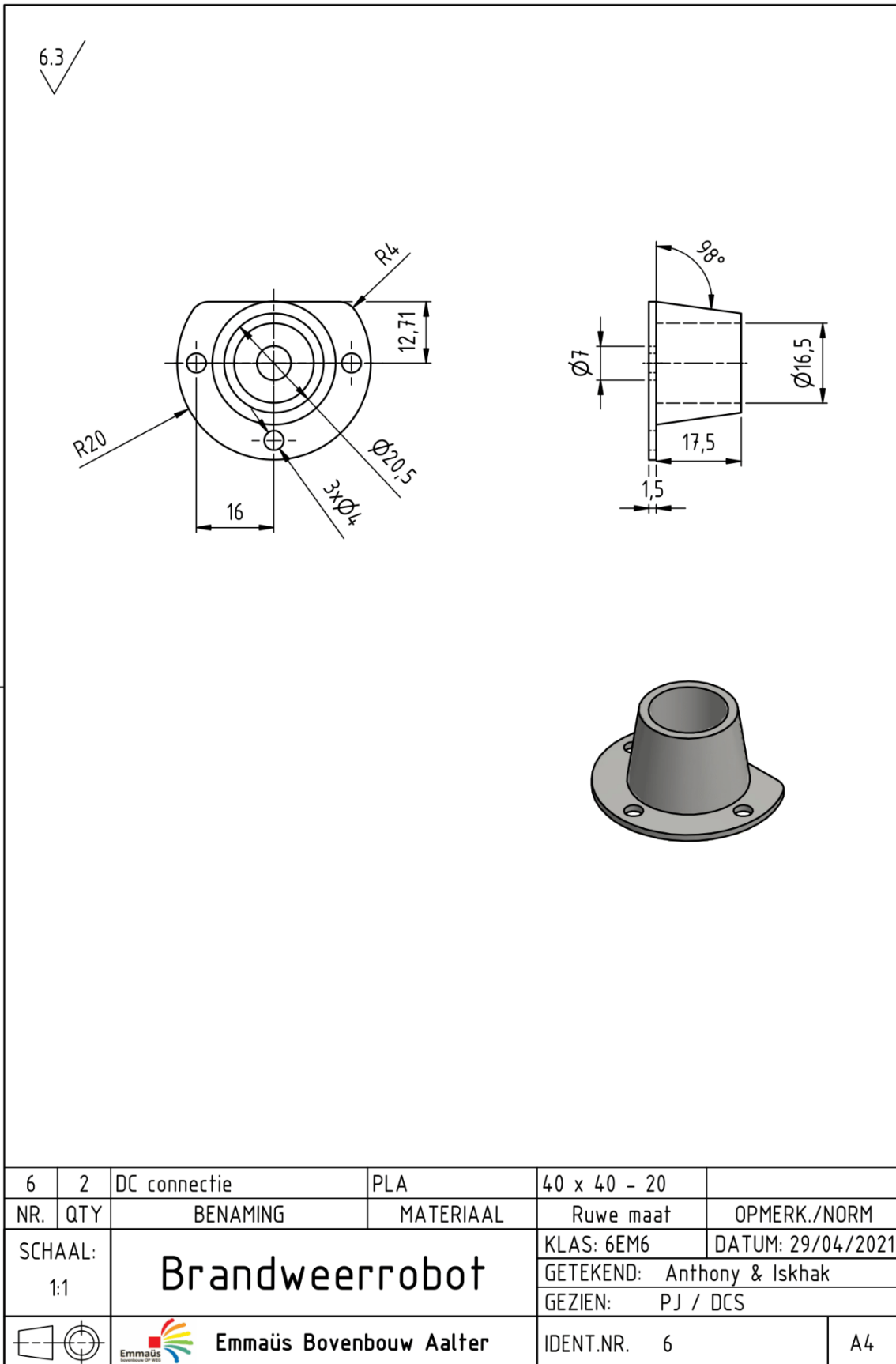
| 14 | 2 | Steunstuk driehoek | PLA | 100 x 70 - 50 | |
|---------|-----|--------------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: | | <h1>Brandweerrobot</h1> | KLAS: 6EM6 | | DATUM: 29/04/2021 |
| 1:1 | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | | |
| | | | GEZIEN: PJ / DCS | | |
| | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | | IDENT.NR. 14 | A4 |

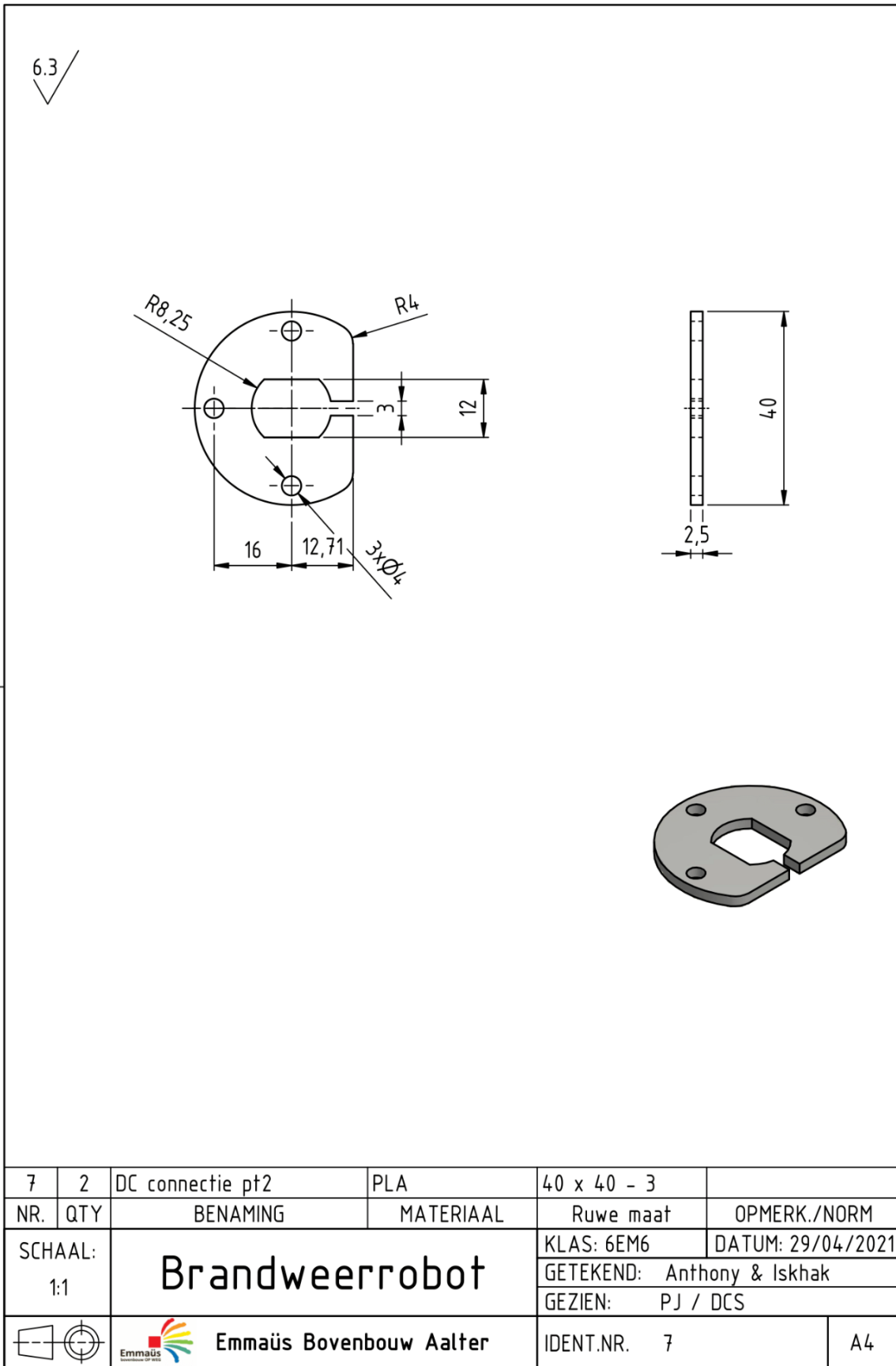
14.2 Aandrijf wiel





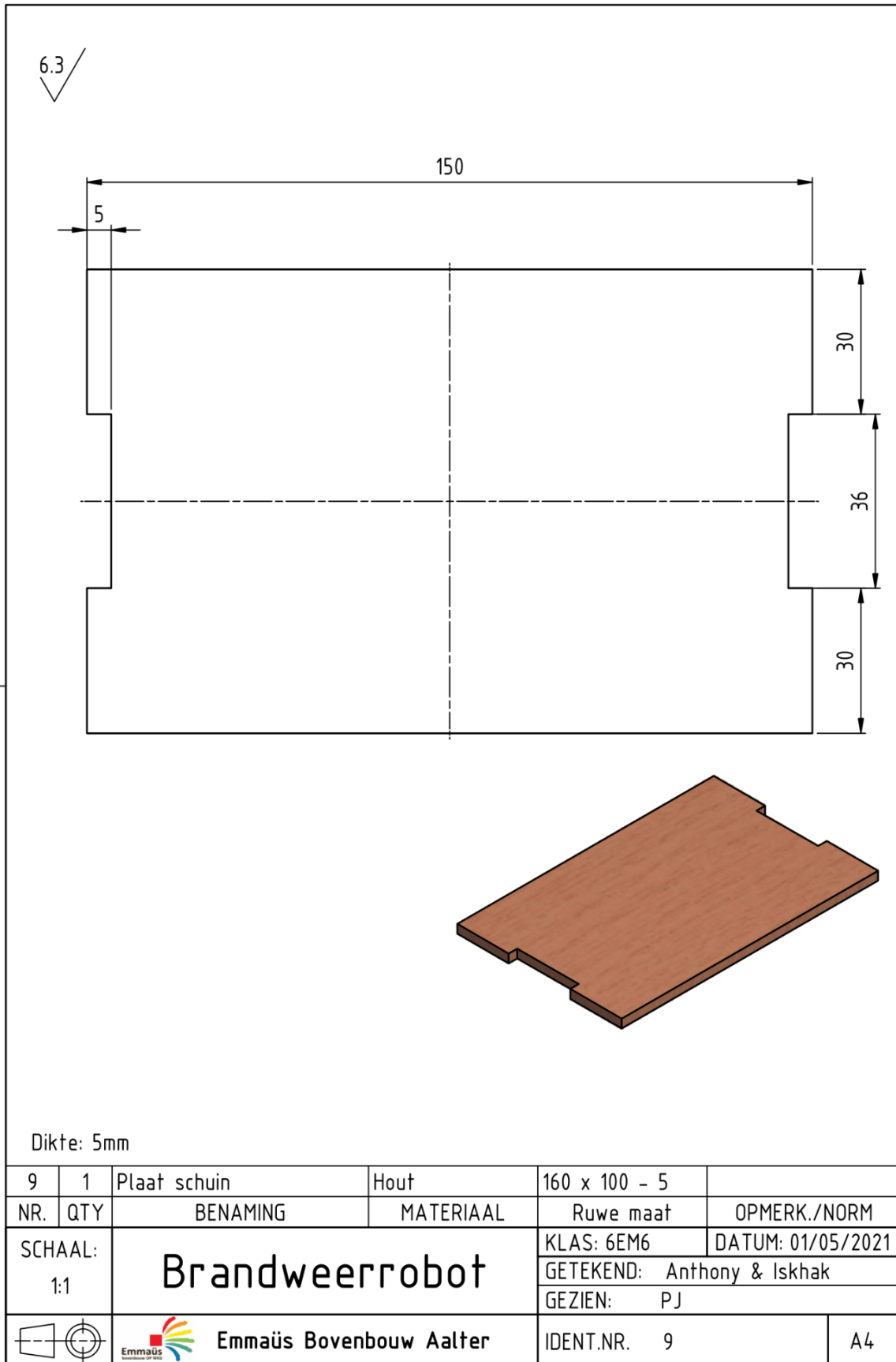
| 2 | 2 | Korte as | PLA | Ruwe Ø 10 x 26 | |
|------------------------|-----|--------------------------------|----------------------------|----------------|-------------------|
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| <h1>Aandrijf wiel</h1> | | | KLAS: 6EM6 | | DATUM: 29/04/2021 |
| | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | | |
| | | | GEZIEN: PJ / DCS | | |
| | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | | IDENT.NR. 2 | A4 |

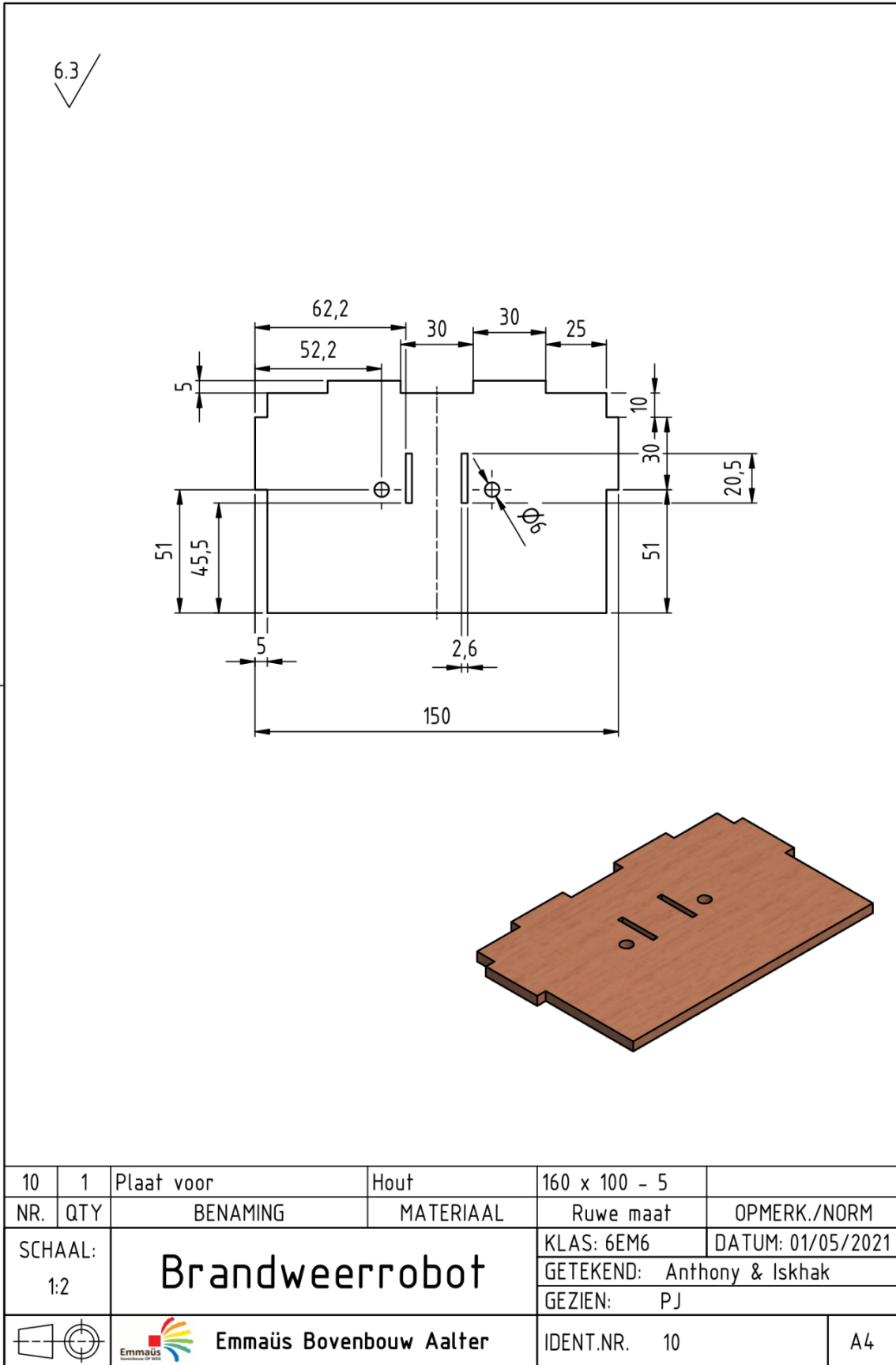


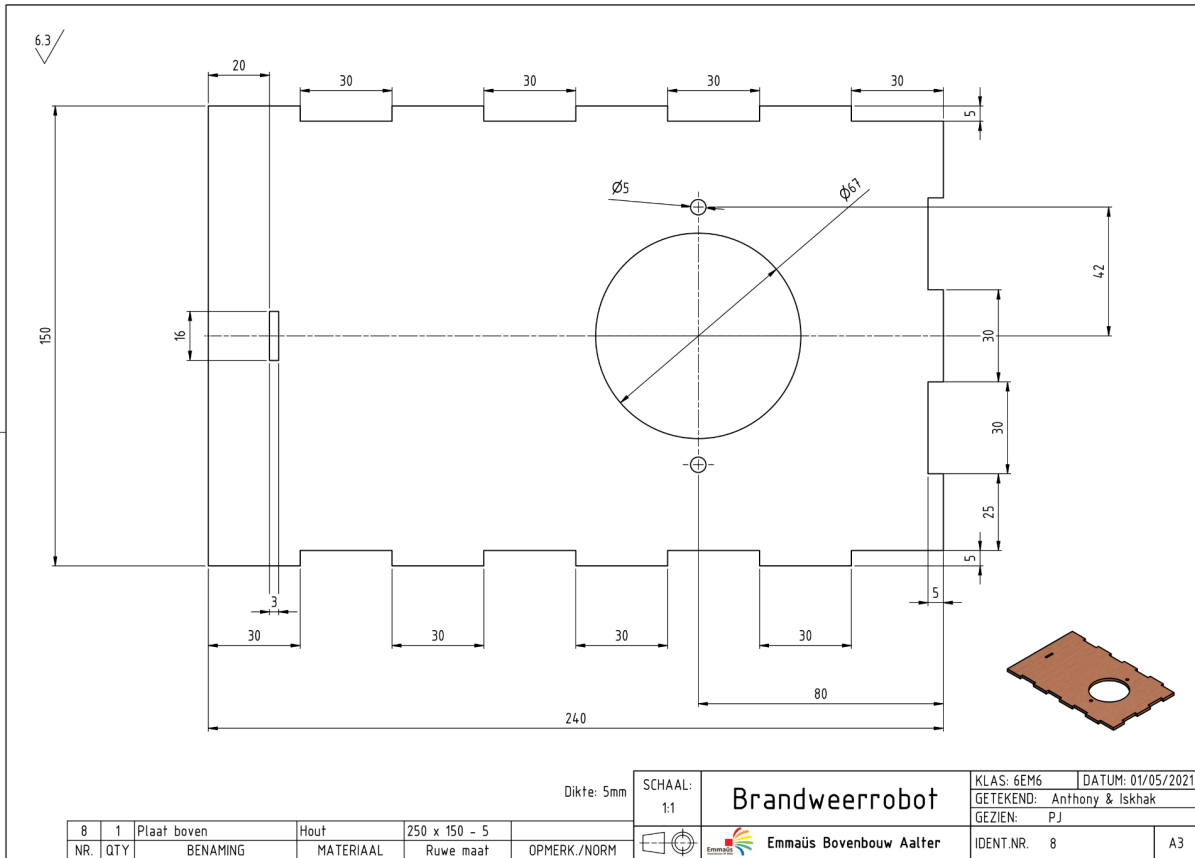
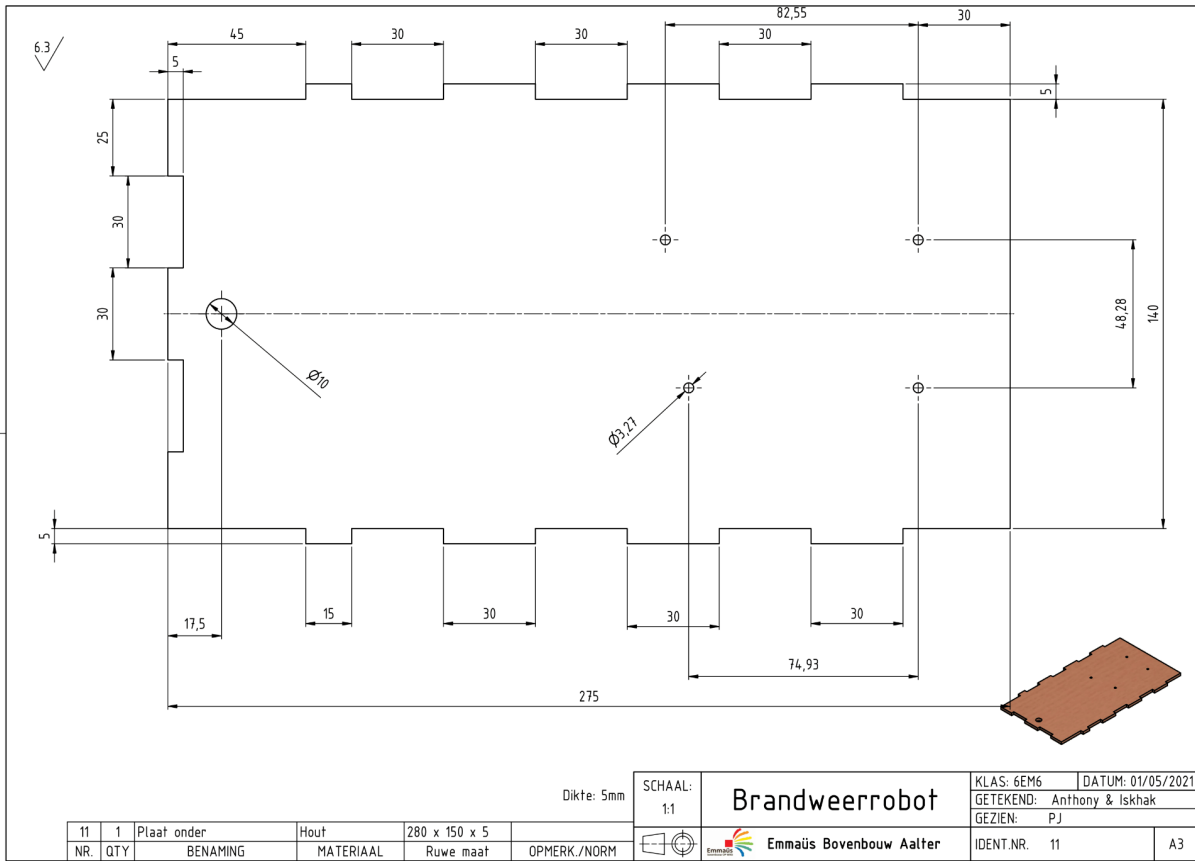


14.3 Houten frame

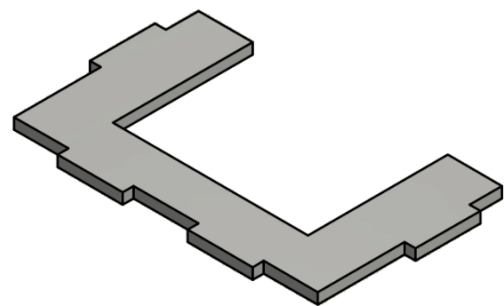
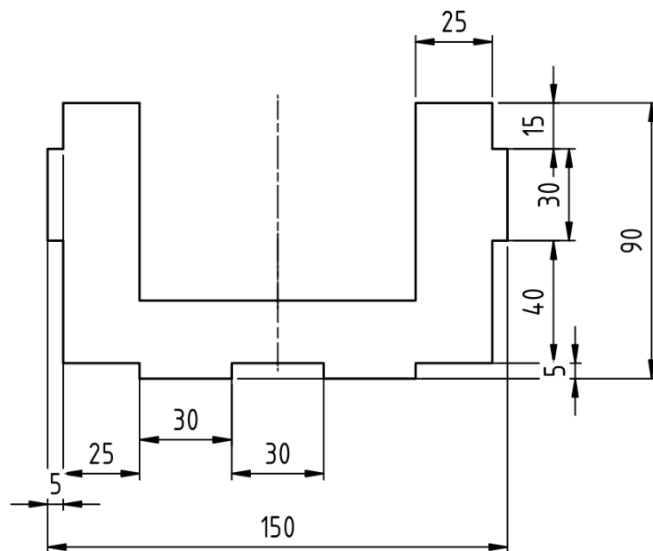
| | | | | | |
|----------------|-----|----------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| 14 | 2 | Steunstuk driehoek | PLA | | |
| 13 | 6 | Assembly steunwiel | PLA | | |
| 12 | 2 | Frame wiel | Hout | | |
| 11 | 1 | Arduino Mega | | | |
| 10 | 1 | Camera | | | |
| 9 | 1 | Plaat schuin | Hout | | |
| 8 | 1 | Assembly plaat boven | Hout | | |
| 7 | 2 | DC connectie pt2 | PLA | | |
| 6 | 2 | DC connectie pt1 | PLA | | |
| 5 | 2 | Aandrijfwiel | PLA | | |
| 3 | 4 | Kogellager | | | |
| 2 | 2 | Frame wiel binnen | Hout | | |
| 1 | 1 | Plaat achter | Hout | | |
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: 1:2 | | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | KLAS: 6EM6 | DATUM: 27/04/2021 |
| Brandweerrobot | | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | |
| | | | | GEZIEN: PJ / DCS | |
| | | | | IDENT.NR. | A3 |







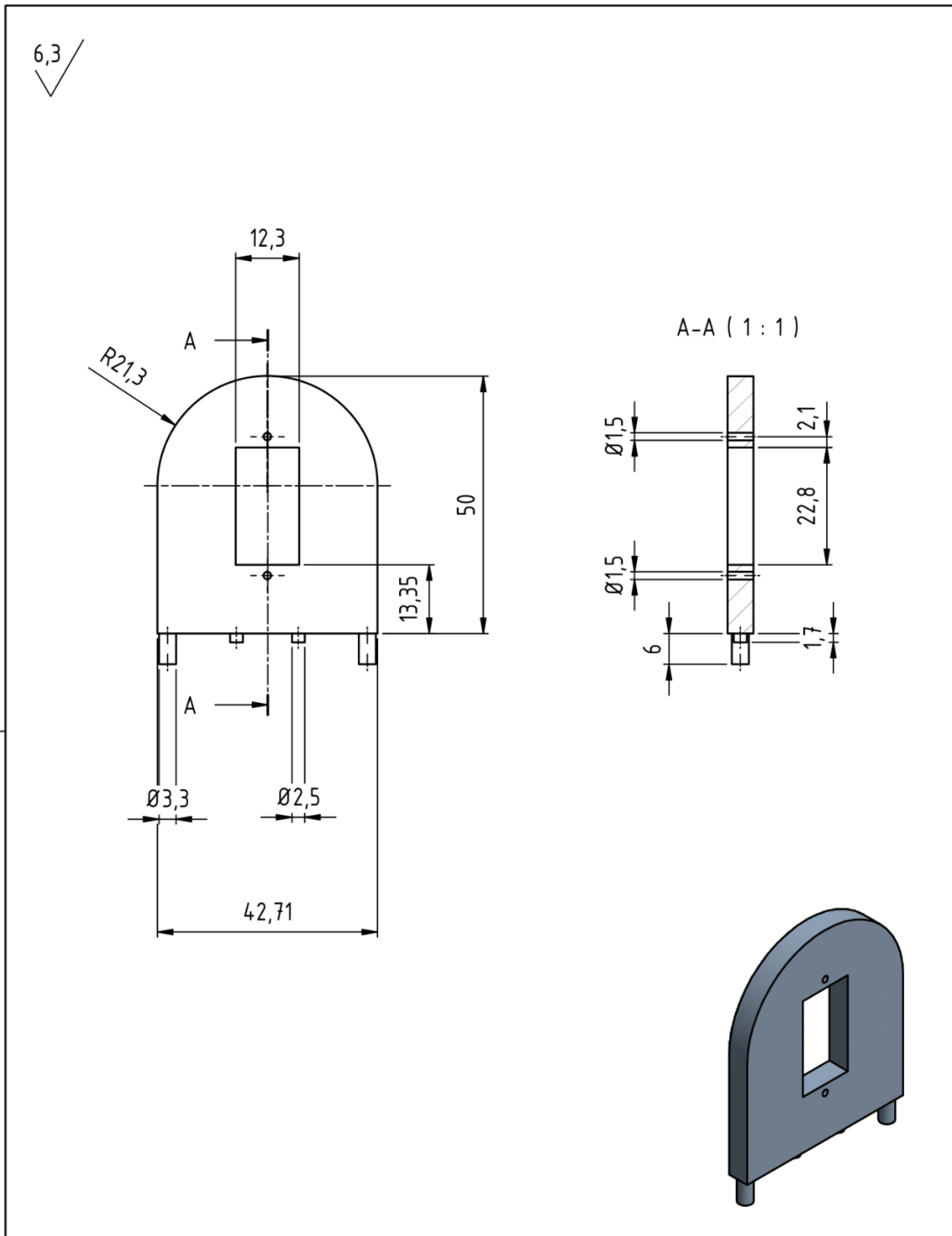
6.3 ✓



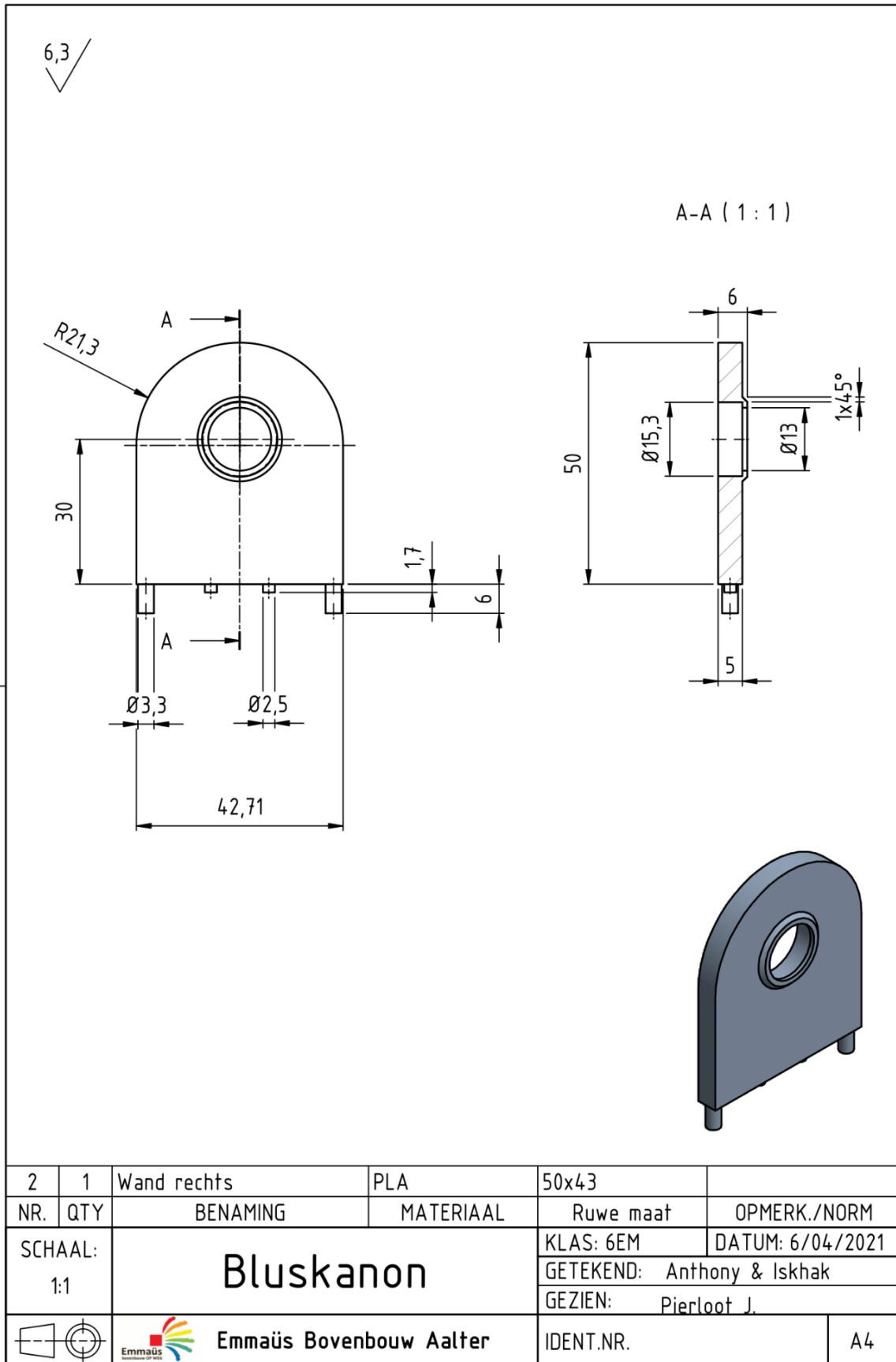
Dikte: 5mm

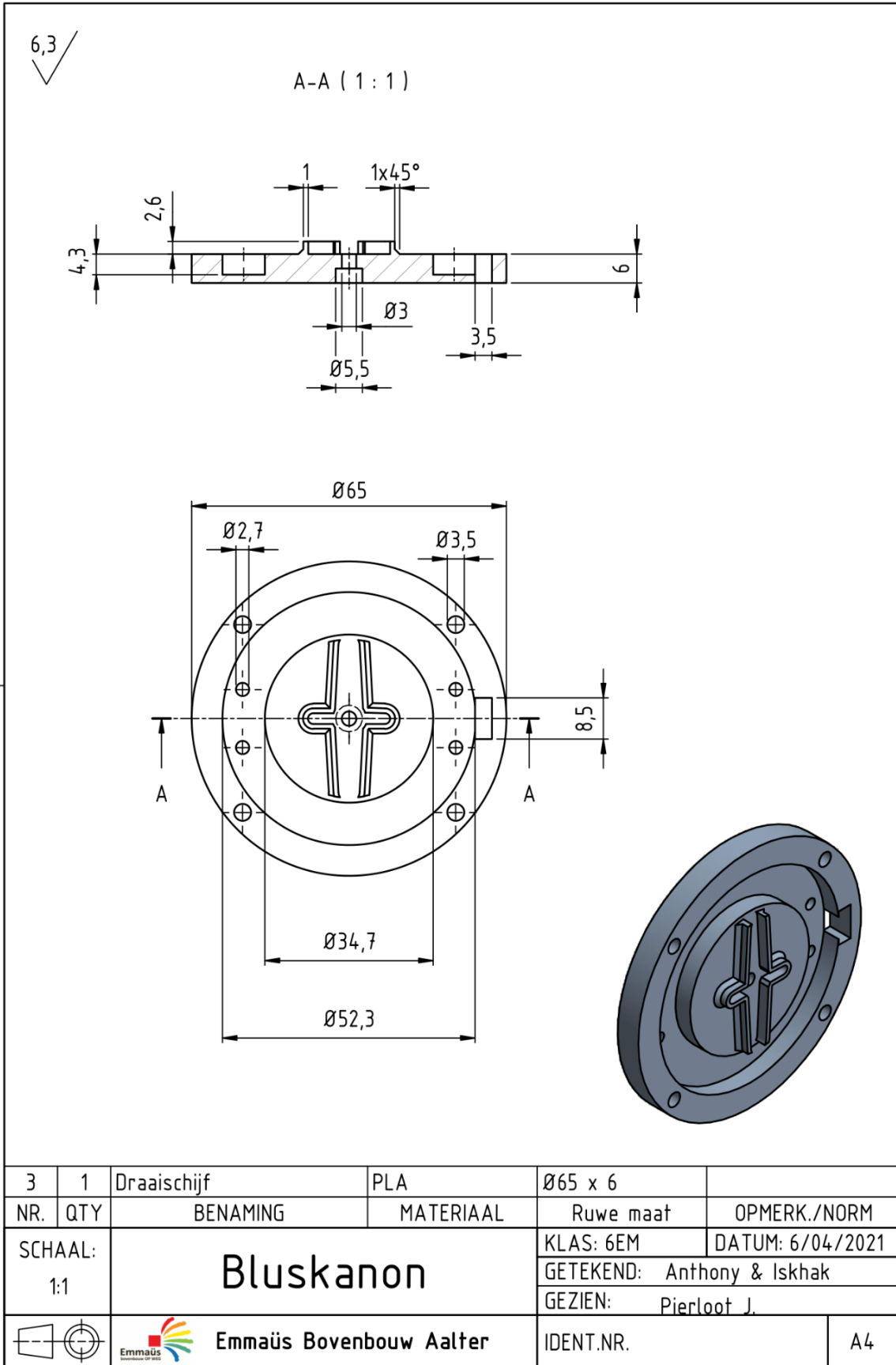
| 1 | 1 | Plaat achter | Hout | 160 x 100 - 5 | |
|---------|-----|--------------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: | | Brandweerrobot | KLAS: 6EM6 | | DATUM: 01/05/2021 |
| 1:2 | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | | |
| | | | GEZIEN: PJ | | |
| | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | IDENT.NR. 1 | A4 | |

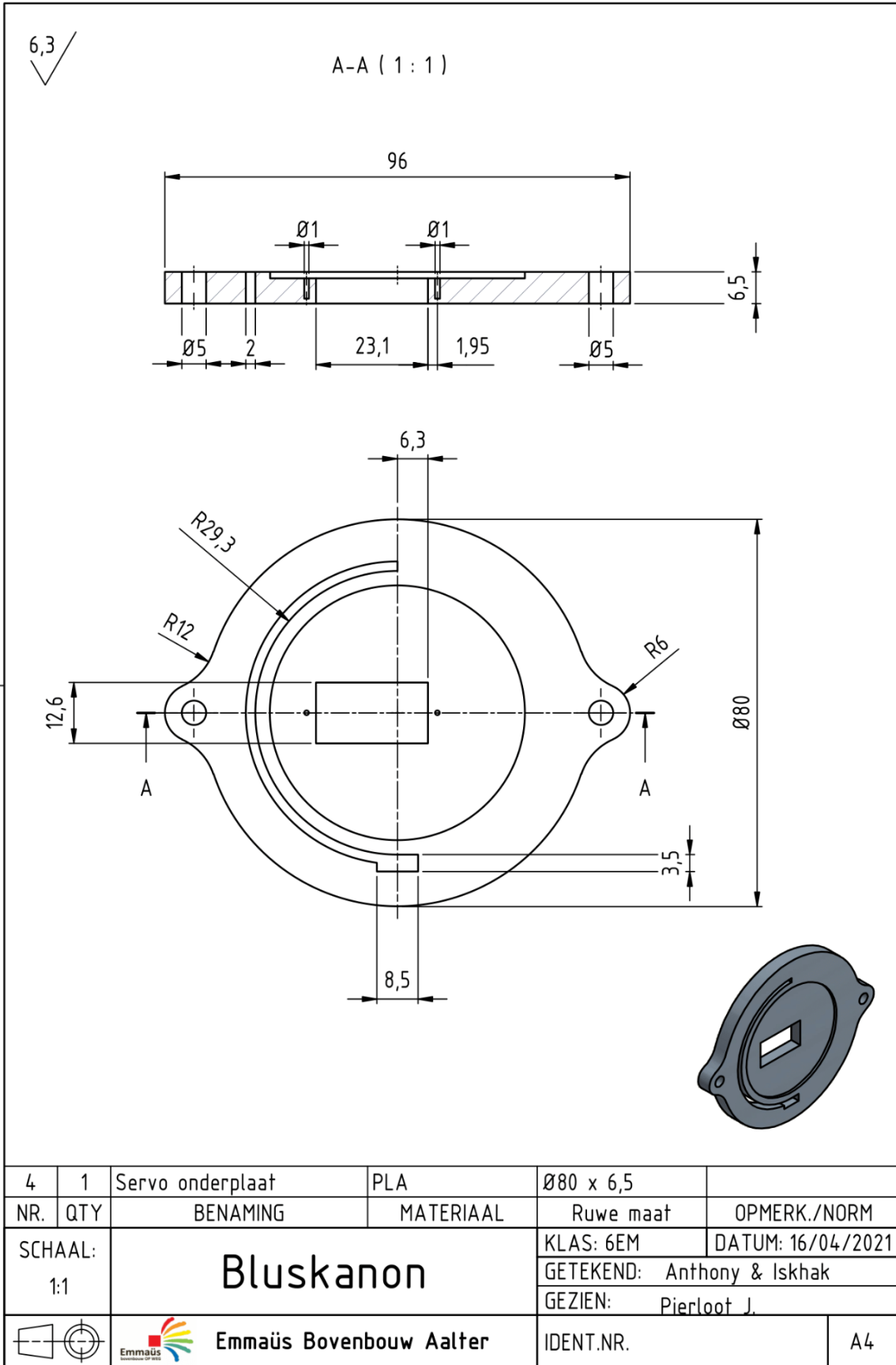
14.4 Bluskanon

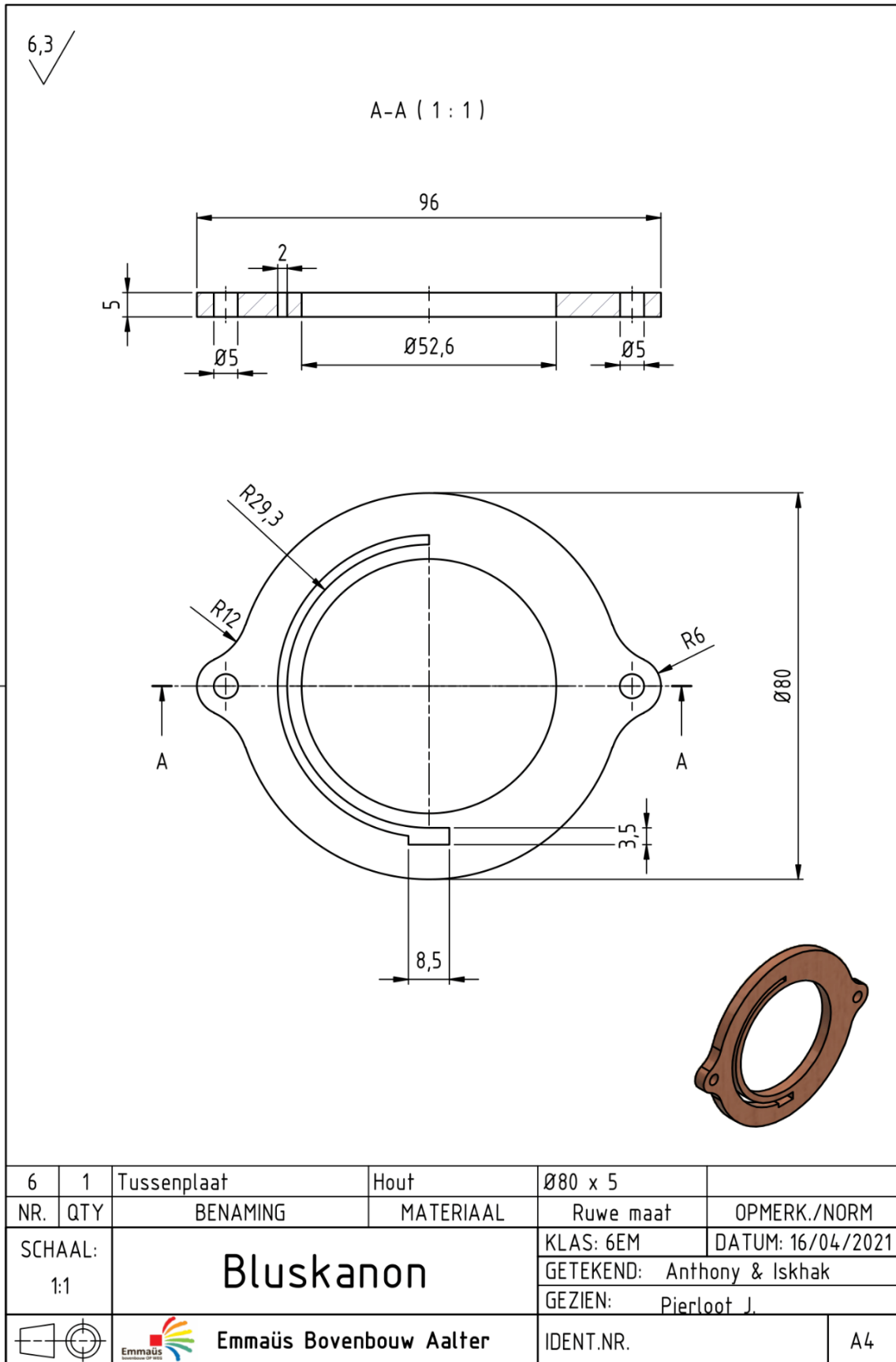


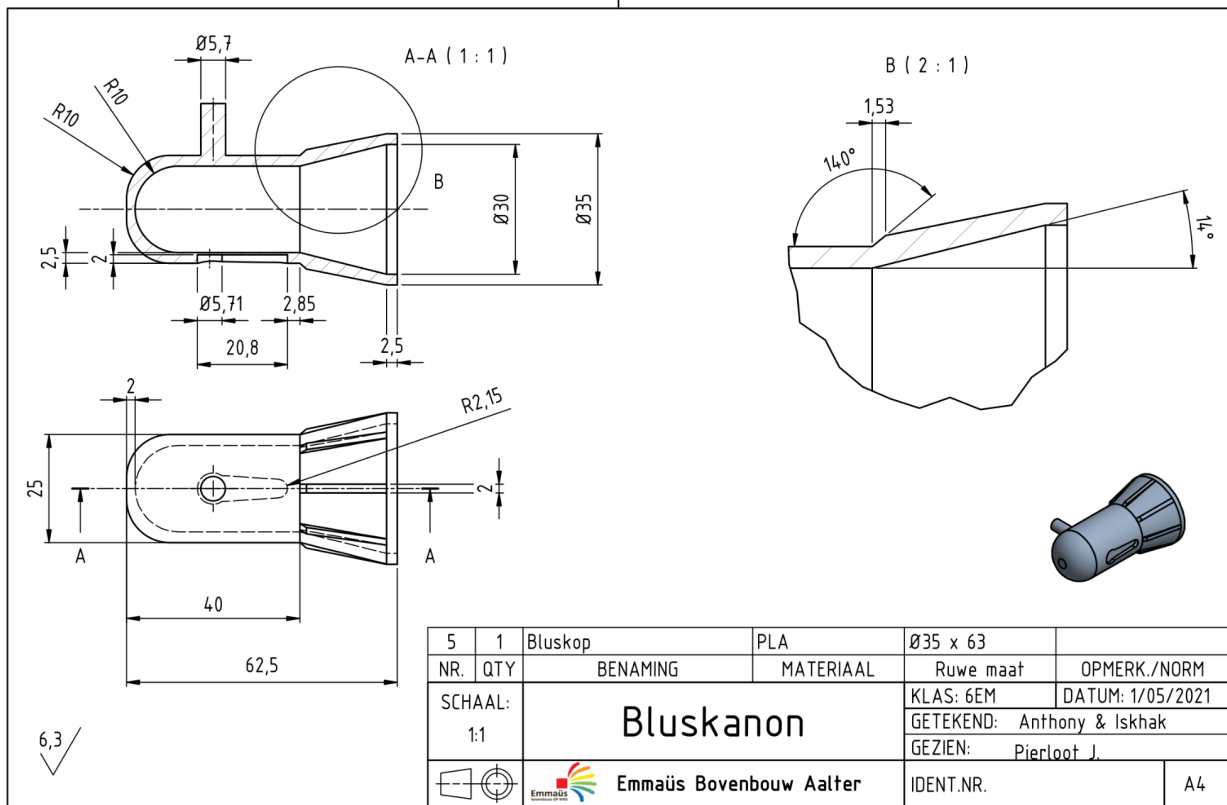
| 1 | 1 | Wand links | PLA | 50x43 | |
|---------|-----|--------------------------------|-----------|----------------------------|------------------|
| NR. | QTY | BENAMING | MATERIAAL | Ruwe maat | OPMERK./NORM |
| SCHAAL: | 1:1 | Bluskanon | | KLAS: 6EM | DATUM: 6/04/2021 |
| | | | | GETEKEND: Anthony & Iskhak | |
| | | | | GEZIEN: Pierloot J. | |
| | | Emmaüs Bovenbouw Aalter | IDENT.NR. | A4 | |











15 Bijlage

<https://www.hln.be/aalter/zwarte-rookpluim-bij-uitslaande-brand-in-houtzagerij-in-aalter-tot-kilometers-veer-te-zien~ad52b92f/>

<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/04/16/zware-brand-bij-afvalverwerkend-bedrijf-in-vilvoorde/#:~:text=In%20Vilvoorde%20is%20gisterenavond%20brand,om%20het%20vuur%20te%20blussen.&text=De%20brand%20ontstond%20gisterenavond%20bij.een%20bedrijf%20dat%20afval%20verwerkt.>

BESLUIT

Met onze robot is het nu mogelijk om sneller ter plaatse te zijn en de brand zowel efficiënt te bestrijden als zuiniger om te gaan met het blusmiddel. Van het begin af hadden we het ijzer in het vuur met onze eerste visie. In onze eerste visie gedachten we water te gebruiken als blusmiddel. Op theoretisch vlak zou dit gewerkt hebben, maar praktisch gezien was het een uitdaging. We hebben dit concept in het vuur gegooid en gezocht naar andere alternatieven. Bijvoorbeeld het aansluiten van een vereenvoudigde waterslang aan ons praktisch model veroorzaakte problemen en terzelfdertijd gevaarlijk voor de elektrische componenten. We hebben het waterkanon gemodificeerd naar een blusspuit die gebruik maakt van een FM200. De bevestiging van de kogellagers leverden wat problemen op net zoals het opspannen van de rupsbanden. We hebben het opgelost d.m.v. 3D geprinte bevestigingsplaatjes en een bredere diameter van de steunwielen.

BIBLIOGRAFIE

Brand

BrandInformatieSysteem. (z.d.). *Gedrag staalconstructies bij brand*. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandveiligmetstaal.nl/pag/193/pagina.html>

BrandInformatieSysteem. (z.d.-b). *Ontwikkeling van brand*.
<https://www.brandveiligmetstaal.nl/default.asp>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van
https://www.brandveiligmetstaal.nl/pag/192/ontwikkeling_van_brand.html

Blusmiddelen

Kenbri Fire Fighting. (z.d.). *Blusschuim*. <https://www.kenbri.nl/nl>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.kenbri.nl/NL/industrie/onze-producten/blusschuim>

Saval. (z.d.). *Bioclass High Rating blusser met separate container* [E-book].
https://www.waregemzuid.be/src/Frontend/Files/userfiles/files/1_049B%20-%20B6P-SC%20HR%20-%20B9P-SC%20HR%20Schuimblussers.pdf

Wikipedia. (z.d.). *Brandblusschuim*. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Brandblusschuim>

Wikipedia. (z.d.). *Brandblusser*. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Brandblusser>

Brandveilig. (z.d.). *Blusschuim*. Brandveilig.com. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandveilig.com/nieuws/blusschuim-fluorhoudend-fluorvrij-51303>

Brandveilig. (z.d.). *Kleine blusmiddelen*. Brandveilig.com. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandveilig.com/kleine-blusmiddelen-koolzuursnieuwblusser-co2-blusser>

Saval. (z.d.). *STRENGERE EU REGELGEVING PFAS IN BLUSSCHUIM*. Savan.nl. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.saval.nl/nieuws/aangescherpte-eu-regelgeving-pfas-blusschuim/>

Novec1230

Brandveilig. (z.d.). *Hoe blus je kostbare apparatuur in een afgesloten ruimte?* Brandveilig.com. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandveilig.com/nieuws/novec-1230-blusgas-datacenter-50997>

Brandveilig. (z.d.). *Bescherm wat belangrijk is met innovatief blusgas* Brandveilig.com. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandveilig.com/nieuws/bescherm-wat-belangrijk-is-met-innovatief-blusgas-54953>

3M. (z.d.). *3M™ Novect™ technische vloeistoffen*.
https://www.3mbelgie.be/3M/nl_BE/company-base-bnl/. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van https://www.3mbelgie.be/3M/nl_BE/novec-benl/applications/fire-suppression/faqs/

CO2

Asphalia. (z.d.). *Wat is een CO2-blusser?* <https://www.asphalia.nl/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.asphalia.nl/wat-is-een-co2-blusser/>

CO2 BRANDBLUSSERS. (z.d.). <https://www.brandblusseradvies.nl/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandblusseradvies.nl/brandblussers-co2#:~:text=De%20Brandblusseradvies%20CO2%20brandblussers%2C%20ook,van%20branden%20van%20brandklasse%20B>

Poeder

Wikipedia. (z.d.). Brandblusser. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Brandblusser>

Is een brandblusser giftig? (z.d.). brandbeveiligingshop.be. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://support.brandbeveiligingshop.be/hc/nl-be/articles/360004029617-Is-een-brandblusser-giftig-video-#:~:text=Omdat%20poeder%20een%20soort%20van,in%20kleine%20hoeveelheden%20ni et%20schadelijk>

FM200

Blussysteem FM200. (z.d.). <https://www.brandblussercentrale.eu/nl>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.brandblussercentrale.eu/nl/cms/fm200-computerruimte-blussysteem/>

FM200 vs Novec

FIRE PROTECTION BLOG. (z.d.). *Novec 1230 vs. FM200 Fire Suppression Systems.* <https://fireprotectionblog.com/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://fireprotectionblog.com/novec-1230-vs-fm200-fire-suppression-systems/>

fireline. (z.d.). *Novec 1230 vs. FM200.* <https://www.fireline.com/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.fireline.com/novec-1230-vs-fm200-comparison-fire-suppression-systems/#:~:text=The%20two%20types%20of%20systems,it%20the%20environmentally%2Dfriendly%20choice>

Aardopwarmingsvermogen

Wikipedia. (z.d.). *Aardopwarmingsvermogen.* <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardopwarmingsvermogen>

Bronpomp

Hoe werkt een bronpomp? (z.d.). <https://bronpomp.nl/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://bronpomp.nl/hoe-werkt-het/#:~:text=Een%20bronpomp%20met%20een%20frequentieregelaar,af%20en%20schakelt%20hij%20uit>

Uitleg brandbestrijding

Lambert, Desmet, K. K. (2008). *Binnenbrand bestrijding* [E-book]. http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/cursus-bbb_v2.3_NL.pdf

Aluminium

MCB Campus. (z.d.). *Aluminium bij hoge temperaturen*.

<https://www.mbcampus.nl/aluminium-bij-hoge-temperaturen/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://www.mbcampus.nl/aluminium-bij-hoge-temperaturen/>

de metaalgids. (z.d.). *Aluminium en aluminium legeringen*. <https://www.demetaalgids.nl/>.

Geraadpleegd op 24 mei 2021, van

https://www.demetaalgids.nl/index.php?page=metalen&metaal=Aluminium+en+aluminium+legeringen&id=1&pagina=Voor+en+nadelen&pagina_id=25

Van den Hende, D. (z.d.). *Cursus mechanica 5de jaar*. Emmaus Aalter.

Programma arduino waterkanon

Control Servo with Push buttons using Arduino. (z.d.). <https://robojax.com/>. Geraadpleegd op 24 mei 2021, van <https://robojax.com/learn/arduino/?vid=robojax-servo-push-button>

Titanium

Kamminga, H. (z.d.). *Chemische feitelijkheden* (82ste ed., Vol. 331) [E-book].

<https://www.chemischefeitelijkheden.nl/files/f6ef6cf155b1f7c6a8e834ca0f90a8b2.pdf>

LOGBOEK

| Maand | Anthony | Iskhak |
|-----------|--|--|
| September | -Algemene informatie zoeken -Tekening Frame | -Algemene informatie zoeken -Tekening Tandwiel |
| October | -Tekst bijvullen -Algemene informatie zoeken | -Tekst bijvullen -Algemene informatie zoeken |
| November | -Spugmodel -Arduino programmeren | -Tekst bijvullen -Bluskanon -Bezoek plannen |
| December | - Brandweer van Aalter bezoeken - Bezoek brandweer in woorden in ons GIP-document plaatsen | - Brandweer van Aalter bezoeken - Bezoek brandweer in woorden in ons GIP-document plaatsen |
| Januari | -Presentatie | -Presentatie |
| Februari | -Presentatie | -Presentatie |
| Maart | -Praktisch model -Tekst | -Praktisch model -Tekst |
| April | -Tekst | -Tekst |
| Mei | -Tekst | -Tekst |