

ACM project  
school project 2

Alen Irškić, Hugo Ooms

March 22, 2023

# Contents

0.1	inleiding . . . . .	2
<b>1</b>	<b>Product specificaties</b>	<b>3</b>
1.1	introdutctie . . . . .	3
1.2	Productspecificaties . . . . .	3
1.2.1	Functionele vereisten . . . . .	3
1.2.2	Specificaties van het havengebied . . . . .	4
1.2.3	Niet-functionele vereisten . . . . .	4
1.3	Taken per vereiste . . . . .	4
1.4	Uitgebreide takenlijst . . . . .	5
1.5	Taken per vereiste . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Testen</b>	<b>10</b>
2.1	Testplan . . . . .	10
2.1.1	De ACM rijdt op een accu . . . . .	10
2.1.2	De ACM rijdt binnen de lijnen van het rijvlak . . . . .	11
2.1.3	De ACM kan door een tunnel rijden. . . . .	12
2.1.4	De ACM kan over heuvels rijden. . . . .	12
2.1.5	De ACM kan obstakels ontwijken. . . . .	13
2.1.6	De ACM kan na een val van maximaal 50 mm verder rijden. . . . .	14
2.1.7	De ACM kan bij de kade(afgrond) keren. . . . .	15
2.1.8	De ACM kan 2 containers van 60 bij 30 bij 30 mm vervoeren . . . . .	15
2.1.9	De ACM kan magnetische strepen herkennen. . . . .	16
2.1.10	De ACM kan van punt A naar punt B in 5 minuten. . . . .	17
2.2	Testrapport . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Design</b>	<b>20</b>
3.1	Introdutctie . . . . .	20
3.2	Iteraties . . . . .	20
3.2.1	V1 . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Code</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Reflectie</b>	<b>22</b>

## 0.1 inleiding

In dit project moeten we een Automatic Container Mover (ACM) maken, de ACM moet van punt A naar een punt B reiden zonder user input. Om dat te kunnen doen is er parallel op de grond zwarte tape aangebracht, waartussen de ACM zich moet bewegen. Tussen punt A en punt B zijn

# Chapter 1

## Product specificaties

### 1.1 introductie

Dit document beschrijft de functionele en niet-functionele vereisten voor de Automatic Container Mover (ACM) en de specificaties van het havengebied waarin de ACM moet kunnen opereren. De ACM is ontworpen om containers autonoom te verplaatsen binnen een haventerrein, wat de efficiëntie en productiviteit van het containervervoer zal verbeteren.

### 1.2 Productspecificaties

#### 1.2.1 Functionele vereisten

1. De ACM kan door een tunnel rijden.
2. De ACM moet op een accu rijden.
3. De ACM kan over heuvels rijden.
4. De ACM kan binnen vijf minuten de containers naar de bestemming op het haventerrein brengen.
5. De ACM kan na een val van maximaal 50 mm verder rijden.
6. De ACM kan binnen de lijnen van het rijvlak rijden.
7. De ACM kan obstakels ontwijken.
8. De ACM kan bij de kade (afgrond) keren.
9. De ACM kan 2 containers van 60 bij 30 bij 30 mm vervoeren.
10. De ACM kan magnetische strepen op het terrein detecteren als herkenningpunten.
11. De ACM kan zelfstandig ('autonoom') rijden.
12. De ACM kan vanaf afstand worden gestart of gestopt.
13. De Operator kan de sensoren vanaf afstand monitoren.
14. De ACM moet containers tussen 2 punten op het haventerrein vervoeren.

### 1.2.2 Specificaties van het havengebied

1. In het havengebied zijn de hellingen van de heuvels maximaal 20%. Tussen een helling op en af zit minimaal een recht traject van 400 mm. Een helling wordt aan de zijkanten begrensd door de lijnen van het rijvlak.
2. Het parkeervak op het haventerrein is 400 x 300 mm en heeft een gladde ondergrond.
3. Een lijn van het rijvlak wordt gevormd door een zwarte lijn van minimaal 30 mm breed.
4. De afstand tussen twee lijnen van het rijvlak is 400 mm (binnenmaat).
5. De obstakels zijn 100 x 100 x 100 mm en liggen in het midden van het rijvlak.
6. De wegen op het haventerrein maken bochten van minimaal 90 graden.
7. Het haventerrein is maximaal 3 bij 3 meter en wordt begrensd door zwarte lijnen van minimaal 30 mm breed.
8. Een tunnel is 300 x 400 x 300 mm (L x B x H).
9. De haven kade is een plotselinge, haakse verlaging van het parcours van meer dan 50 mm.

### 1.2.3 Niet-functionele vereisten

1. De controller moet een ESP32 of ESP8266 bevatten.
2. De software van een ACM mag geen gebruik maken van libraries of kant-en-klare apps anders dan aangeleverd.
3. De verbinding met de ACM gaat via WiFi.

## 1.3 Taken per vereiste

De volgende tabel geeft de taken weer die moeten worden uitgevoerd om aan elke functionele en niet-functionele vereiste te voldoen:

Vereistenummer	Taken
1	Ontwerp de ACM om door tunnels te rijden
2	Selecteer en integreer een geschikte accu
3	Implementeer heuvel-rijdende functionaliteit in de navigatie- en besturingssoftware
4	Optimaliseer de ACM om containers snel naar hun bestemming te brengen
5	Versterk het chassis om een val van 50 mm te weerstaan
6	Ontwikkel en implementeer lijnvolgalgoritmen in de navigatie- en besturingssoftware
7	Integreer sensoren en ontwikkel algoritmen voor obstakeldetectie en -vermijding
8	Implementeer functionaliteit om bij de kade te keren
9	Ontwerp een geschikt containervervoersysteem
10	Implementeer magnetische streepdetectie in de navigatie- en besturingssoftware
11	Implementeer autonome navigatie en besturing
12	Ontwikkel een interface voor het op afstand starten en stoppen van de ACM
13	Implementeer een interface voor het op afstand monitoren van sensoren
14	Implementeer containertransport tussen twee punten op het haventerrein
NF1	Integreer de ESP32 of ESP8266 in de controller
NF2	Gebruik alleen de aangeleverde libraries en apps
NF3	Implementeer de WiFi-verbinding voor communicatie met de ACM

Table 1.1: Taken per functionele (1-14) en niet-functionele (NF1-NF3) vereiste

## 1.4 Uitgebreide takenlijst

De volgende uitgebreide takenlijst beschrijft de acties die moeten worden uitgevoerd om aan de vereisten te voldoen:

---

Taaknummer	Beschrijving
1.1	Ontwerp het chassis om de afmetingen van de tunnel en container te ondersteunen
1.2	Voer structurele analyses uit om de stabiliteit en sterkte van het chassis te waarborgen
2.1	Onderzoek en selecteer de geschikte motor en accu
2.2	Integreer de motor en accu in het ontwerp van de ACM
2.3	Test en valideer de prestaties van de motor en accu
3.1	Ontwikkel algoritmen voor het rijden over hellingen
3.2	Test en valideer het rijden over hellingen met de motor en accu
3.3	Optimaliseer de motor- en regelaarinstellingen voor het rijden over hellingen
4.1	Analyseer het haventerrein en plan de optimale route
4.2	Optimaliseer de navigatie- en besturingssoftware om containers snel naar hun bestemming te brengen
4.3	Valideer de prestaties van de ACM met betrekking tot de tijdslimiet
5.1	Versterk het chassis en de kritische componenten
5.2	Voer valtests uit om de robuustheid van de ACM te valideren
6.1	Integreer lijnvolgsensoren in het ontwerp van de ACM
6.2	Ontwikkel en test lijnvolgalgoritmen in de navigatie- en besturingssoftware
7.1	Selecteer geschikte sensoren voor obstakeldetectie
7.2	Integreer de sensoren in het ontwerp van de ACM
7.3	Ontwikkel en test algoritmen voor obstakeldetectie en -vermijding
8.1	Ontwikkel en test algoritmen voor het keren bij de kade
8.2	Valideer de prestaties van de ACM bij het keren in realistische scenario's
9.1	Ontwerp een transportsysteem
9.2	Integreer het transportsysteem in het ontwerp van de ACM
9.3	Test en valideer de functionaliteit van het containervervoersysteem
10.1	Integreer magnetische streepsensoren in het ontwerp van de ACM
10.2	Ontwikkel en test algoritmen voor magnetische streepdetectie
10.3	Valideer de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de magnetische streepdetectie
11.1	Implementeer algoritmen voor autonome navigatie en besturing
11.2	Test en valideer de autonome functionaliteit van de ACM
11.3	Optimaliseer de prestaties en betrouwbaarheid van de autonome functies
12.1	Ontwikkel een interface voor het op afstand starten en stoppen van de ACM
12.2	Test en valideer de betrouwbaarheid van de afstandsbediening
13.1	Implementeer een interface voor het op afstand monitoren van sensoren
13.2	Test en valideer de functionaliteit en betrouwbaarheid van de sensorbewaking
14.1	Implementeer containertransport tussen twee punten op het haventerrein
14.2	Test en valideer de prestaties van de ACM bij het vervoeren van containers
NF1.1	Integreer de ESP32 of ESP8266 in het ontwerp van de controller
NF1.2	Ontwikkel en test de firmware voor de controller
NF2.1	Gebruik alleen de aangeleverde libraries en apps
NF2.2	Pas de aangeleverde libraries en apps aan indien nodig
NF3.1	Implementeer de WiFi-verbinding voor communicatie met de ACM

---

Taaknummer	Beschrijving
NF3.2	Test en valideer de betrouwbaarheid en snelheid van de WiFi-verbinding

Table 1.2: Uitgebreide takenlijst voor de ontwikkeling van de Automatic Container Mover (ACM)

## 1.5 Taken per vereiste

De volgende tabel toont de taken die moeten worden uitgevoerd om aan elke functionele en niet-functionele vereiste te voldoen:

Productspecificatie	Requirements	Situatie	Taken
ACM kan door een tunnel rijden	1	Tunnel rijden	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwerp het chassis om de afmetingen van de tunnel te ondersteunen</li> <li>2. Voer structurele analyses uit</li> </ol>
ACM moet op een accu rijden	2	Energievoorziening	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Onderzoek en selecteer de geschikte motor en accu</li> <li>2. Integreer de motor en accu in het ontwerp van de ACM</li> </ol>
ACM kan over heuvels rijden	3	Rijden over heuvels	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwikkel algoritmen voor het rijden over hellingen</li> <li>2. Test en valideer het rijden over hellingen met de motor en accu</li> </ol>
ACM kan binnen vijf minuten containers naar bestemming brengen	4	Tijdslimiet	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analyseer het haventerrein en plan de optimale route</li> <li>2. Optimaliseer de navigatie- en besturingssoftware</li> </ol>
ACM kan na een val van maximaal 50 mm verder rijden	5	Valbestendigheid	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Versterk het chassis en de kritische componenten</li> <li>2. Voer valtests uit om de robuustheid te valideren</li> </ol>

Productspecificatie	Requirements	Situatie	Taken
ACM kan binnen de lijnen van het rijvlak rijden	6	Lijnvolgen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer lijnvolgsensoren in het ontwerp van de ACM</li> <li>2. Ontwikkel en test lijnvolgalgoritmen in de navigatie- en besturingssoftware</li> </ol>
ACM kan obstakels ontwijken	7	Obstakelvermijding	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecteer geschikte sensoren voor obstakeldetectie</li> <li>2. Integreer de sensoren in het ontwerp van de ACM</li> <li>3. Ontwikkel en test algoritmen voor obstakelvermijding</li> <li>4. Valideer de prestaties en betrouwbaarheid van de obstakelvermijdingsfunctie</li> </ol>
ACM kan bij de kade (afgrond) keren	8	Keren bij de kade	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer randdetectiesensoren in het ontwerp van de ACM</li> <li>2. Ontwikkel en test algoritmen voor randdetectie en keren</li> <li>3. Valideer de veiligheid en betrouwbaarheid van de keermanoeuvre bij de kade</li> </ol>
ACM kan 2 containers van 60 bij 30 bij 30 mm vervoeren	9	Containervervoer	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwerp een mechanisme voor het vasthouden en vervoeren van containers</li> <li>2. Test en valideer de functionaliteit van het containervervoersysteem</li> </ol>
ACM kan magnetische strepen op het terrein detecteren als herkenningspunten	10	Magnetische streepdetectie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer magnetische streepsensoren in het ontwerp van de ACM</li> <li>2. Ontwikkel en test algoritmen voor magnetische streepdetectie</li> <li>3. Valideer de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de magnetische streepdetectie</li> </ol>



Productspecificatie	Requirements	Situatie	Taken
ACM kan zelfstandig ('autonoom') rijden	11	Autonoom rijden	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementeer algoritmen voor autonome navigatie en besturing</li> <li>2. Test en valideer de autonome functionaliteit van de ACM</li> <li>3. Optimaliseer de prestaties en betrouwbaarheid van de autonome functies</li> </ol>
ACM kan vanaf afstand worden gestart of gestopt	12	Afstandsbediening	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwikkel een interface voor het op afstand starten en stoppen van de ACM</li> <li>2. Test en valideer de betrouwbaarheid van de afstandsbediening</li> </ol>
Operator kan de sensoren vanaf afstand monitoren	13	Sensorbewaking op afstand	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementeer een interface voor het op afstand monitoren van sensoren</li> <li>2. Test en valideer de functionaliteit en betrouwbaarheid van de sensorbewaking</li> </ol>
ACM moet containers tussen 2 punten op het haventerrein vervoeren	14	Containertransport op terrein	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementeer containertransport tussen twee punten op het haventerrein</li> <li>2. Test en valideer de prestaties van de ACM bij het vervoeren van containers</li> </ol>
Controller moet een ESP32 of ESP8266 bevatten	NF1	Controller hardware	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer de ESP32 of ESP8266 in het ontwerp van de ACM</li> <li>2. Ontwikkel en test software voor de geselecteerde microcontroller</li> </ol>

Productspecificatie	Requirements	Situatie	Taken
Software van een ACM mag geen gebruik maken van libraries of kant-en-klare apps anders dan aan-geleverd	NF2	Softwarebeperkingen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ontwikkel alle benodigde functionaliteit met de toeges-tane libraries en apps</li> <li>2. Test en valideer de prestaties en betrouwbaarheid van de ACM met de beperkte soft-ware</li> </ol>
De verbinding met de ACM gaat via WIFI	NF3	Draadloze commu-nicatie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integreer WIFI-functionaliteit in het ontwerp van de ACM</li> <li>2. Ontwikkel en test software voor WIFI-communicatie</li> <li>3. Valideer de betrouwbaarheid en prestaties van de draadloze communicatie</li> </ol>

Table 1.3: Taken per functionele en niet-functionele vereiste

# Chapter 2

## Testen

### 2.1 Testplan

#### 2.1.1 De ACM rijdt op een accu

##### Testdoel

De ACM moet op zichzelf kunnen rijden en kan dus niet aangesloten zijn aan een externe powersource.

##### Testopstelling

Deze test wordt gedaan in een open ruimte van minstens 1 x 1 meter, vloer moet het liefsts plat zijn maar kan tot 20% helling hebben.

##### Benodigheden

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

##### Uitvoer

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat je genoeg hebt gezien klik stop

##### Verwachte resultaat

De ACM zou in een rechte lijn naar voren moeten rijden tot het of een obstakel, een zwarte lijn op de grond of er op stop wordt geklikt.

### **Acceptatiecriteria**

De ACM rijdt in een rechte lijn.

## **2.1.2 De ACM rijdt binnen de lijnen van het rijvlak**

### **Testdoel**

Om van punt A naar punt B te gaan moet het tussen twee zwarte lijnen op de grond blijven.

### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open en goed verlichte ruimte van minstens 1 x 1 meter, op de grond moeten er zwarte lijnen aangebracht zijn met tape die minstens 30 mm breed zijn en 400 mm uitelkaar liggen.

### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

### **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond zodat het tussen de lijnen staat
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat je genoeg hebt gezien klik stop

### **Verwachte resultaat**

De ACM zou de zwarte lijnen moeten detecteren en zijn koers zo aanpassen dat het niet over de zwarte lijnen heen gaat.

### **Acceptatiecriteria**

De ACM past zijn koers aan als het een zwarte lijn tegenkomt, en gaat niet over de zwarte lijn heen.

### **2.1.3 De ACM kan door een tunnel rijden.**

#### **Testdoel**

Op het haventerein zijn tunnels waar de ACM doorheen moet kunnen gaan.

#### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open ruimte met een kartonnen tunnel, er lopen geen zwarte lijnen door de tunnel.

#### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

#### **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond zodat het voor en richting de tunnel staat
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat de ACM door de tunnel is klik stop

#### **Verwachte resultaat**

De ACM zou door de tunnel heen moeten gaan ongeacht op welke hoek je hem start, zolang de ACM maar richting de Tunnel gaat.

#### **Acceptatiecriteria**

De ACM gaat door de tunnel zonder te botsen tegen tunnelmuren.

### **2.1.4 De ACM kan over heuvels rijden.**

#### **Testdoel**

Omdat er op het haventerein ook heuvels van maximaal 20% zijn moet de ACM daar ook overheen kunnen rijden.

#### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open ruimte met een heuvel van maximaal 20% en 30 mm zwarte lijnen langs de heuvel.

### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

### **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond voor en richting de heuvel
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat de ACM over de heuvel is klik stop

### **Verwachte resultaat**

De ACM zou de heuvel op moeten rijden zonder er van de zijkant af te rijden.

### **Acceptatiecriteria**

De ACM rijdt over de heuvel zonder van de zijkant af te rijden ongeacht de hoek waarop je de ACM zet zolang het richting de heuvel staat.

## **2.1.5 De ACM kan obstakels ontwijken.**

### **Testdoel**

Omdat er op het haventerein obstakels van 100 x 100 x 100 mm zijn moeten de ACM daar omheen kunnen rijden.

### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open ruimte waar twee zwarte lijnen 30 mm breed op de grond 400 mm van elkaar af is aangebracht met tape en een obstakel van 100 x 100 x 100 mm in het midden van de twee lijnen licht.

### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

## **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond tussen de zwarte lijnen richting het obstakel
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat de ACM voorbij het obstakel is klik stop

## **Verwachte resultaat**

De ACM zou richting het obstakel moeten rijden en als in de buurt van het obstakel komt, het obstakel moeten ontwijken.

## **Acceptatiecriteria**

De ACM ontwijkt het obstakel zonder er tegen aan te botsen ongeacht de hoek waar de ACM op begint zolang het richting het obstakel begint.

### **2.1.6 De ACM kan na een val van maximaal 50 mm verder rijden.**

#### **Testdoel**

Omdat er op het haventerein hoogteverschillen van maximaal 50 mm zijn moet de ACM daar langs kunnen rijden.

#### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een ruimte met hoogteverschillen van maximaal 50 mm.

#### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

## **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond voor de 50 mm afgrond
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. als de ACM voorbij de afgrond is klik stop

**Verwachte resultaat**

De ACM zou van de afgrond moeten rijden zonder om te vallen of vast te komen.

**Acceptatiecriteria**

De ACM rijdt van de afgrond zonder omtevalen of vast te komen ongeacht de hoek waarop de ACM geplaatst wordt zolang het richting de afgrond is.

**2.1.7 De ACM kan bij de kade(afgrond) keren.****Testdoel**

Omdat op het haven terrein de kade meer dan 50 mm diep is moet de ACM dat kunnen herkennen en daar van keren.

**Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open ruimte met een afgrond van meer dan 50 mm.

**Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

**Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond richting de afgrond
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. nadat de ACM is gekeerd klik stop

**Verwachte resultaat**

De ACM zou de kade moeten herkennen en dan keren.

**Acceptatiecriteria**

De ACM keert bij de afgrond.

**2.1.8 De ACM kan 2 containers van 60 bij 30 bij 30 mm vervoeren****Testdoel**

De ACM moet minstens 2 containers van 60 x 30 x 30 mm kunnen vervoeren.



## **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een ruimte met een parcours waarin een heuvel van maximaal 20% en een afgrond van maximaal 50 mm inzit.

## **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop
- 2 containers van 60 x 30 x 30 mm

## **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond voor de heuvel
4. leg de twee containers in de ACM
5. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
6. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
7. klik start
8. nadat de ACM over de heuvel is klik stop
9. zet de ACM voor de afgrond
10. klik start
11. nadat de ACM de afgrond voorbij is klik stop

## **Verwachte resultaat**

De containers zouden niet van de ACM af moeten vallen ook als het de heuvel opging of de afgrond af.

## **Acceptatiecriteria**

De Containers zijn niet van de ACM afgevallen tijdens het testen.

### **2.1.9 De ACM kan magnetische strepen herkennen.**

#### **Testdoel**

Omdat er op het haventerein het begin- en eindpunt van de route bepaald wordt met magnetische strepen moet de ACM de magnetische strepen herkennen.

### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een open ruimte met een route gemaakt door twee zwarte strepen van 30 mm breed die minstens 400 mm van elkaar afstaan, met een magnetische streep als beginpunt en een magnetische streep als eindpunt.

### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop

### **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond voor de eerste magnetische streep.
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start
7. als de ACM over de tweede magnetische streep gaat stopt het

### **Verwachte resultaat**

De ACM zou tussen de twee zwarte lijnen moeten rijden en stoppen bij de tweede magnetische streep.

### **Acceptatiecriteria**

De ACM blijft tussen de twee zwarte lijnen en stopt bij de tweede magnetische streep.

## **2.1.10 De ACM kan van punt A naar punt B in 5 minuten.**

### **Testdoel**

Omdat er veel werk is in de haven moet het snel kunnen werken en dus binnen 5 minuten de containers van punt A naar punt B kunnen brengen in 3 x 3 m ruimte.

### **Testopstelling**

Deze test wordt gedaan in een 3 x 3 m ruimte waar een parcours is aangelegd met minstens 30 mm breede zwarte tape die 400 uitelkaar ligt en in het parcours kunnen een heuvel, tunnel en een obstakel liggen. Aan het begin en einde van het parcours liggen magnetische strepen.

### **Benodigheden**

- de ACM
- een accu
- een 9v batterij
- telefoon of laptop
- twee containers van 60 x 30 x 30 mm
- timer

### **Uitvoer**

1. sluit de accu aan op de ACM
2. sluit de 9v batterij aan op de ACM
3. plaats de ACM op de grond aan het begin van het parcours
4. sluit de telefoon of laptop aan op de zelfde connectie als de ACM
5. open de webserver van de ACM op de telefoon of laptop
6. klik start en start de timer
7. Als de ACM het einde bereikt stop de timer

### **Verwachte resultaat**

De ACM zou het parcours zonder hulp van de testers het einde moeten bereiken binnen 5 minuten.

### **Acceptatiecriteria**

De ACM bereikt het einde zonder hulp binnen 5 minuten.

## 2.2 Testrapport

Test	verwachte resultaat	actuele resultaat
1. De ACM rijdt op een accu	De ACM zou in een rechte lijn naar voren moeten rijden tot het of een obstakel, een zwarte lijn op de grond of er op stop wordt geklikt.	
2. De ACM rijdt binnen de lijnen van het rijvlak	De ACM zou de zwarte lijnen moeten detecteren en zijn koers zo aanpassen dat het niet over de zwarte lijnen heen gaat.	
3. De ACM kan door een tunnel rijden	De ACM zou door de tunnel heen moeten gaan ongeacht op welke hoek je hem start, zolang de ACM maar richting de Tunnel gaat.	
4. De ACM kan over heuvels rijden	De ACM zou de heuvel op moeten rijden zonder er van de zijkant af te rijden.	
5. De ACM kan obstakels ontwijken	De ACM zou richting het obstakel moeten rijden en als in de buurt van het obstakel komt, het obstakel moeten ontwijken.	
6. De ACM kan na een val van maximaal 50 mm verder rijden	De ACM zou van de afgrond moeten rijden zonder om te vallen of vast te komen.	
7. De ACM kan bij de kade(afgrond) keren	De ACM zou de kade moeten herkennen en dan keren.	
8. De ACM kan 2 containers van 60 bij 30 bij 30 mm vervoeren	De containers zouden niet van de ACM af moeten vallen ook als het de heuvel opging of de afgrond af.	
9. De ACM kan magnetische strepen herkennen	De ACM zou tussen de twee zwarte lijnen moeten rijden en stoppen bij de tweede magnetische streep.	
10. De ACM kan van punt A naar punt B in 5 minuten	De ACM zou het parcours zonder hulp van de testers het einde moeten bereiken binnen 5 minuten.	

# Chapter 3

## Design

### 3.1 Introductie

Voor het design van de ACM moesten we met een aantal dingen rekening houden. Ten eerste, is de maximale breedte van de ACM beperkt tot 150 mm. Dit komt doordat de binnen maat van het wegoppervlak 400 mm is en de obstakels zijn 100 mm breed, mocht er dus een obstakel in het midden liggen blijft er aan beide kanten van het obstakel maar 150 mm over aan gaanbare wegoppervlakte. Ten tweede, moet er plaats zijn op de ACM voor een aantal sensoren. We hebben rekening moeten houden met één ultrasone-sensor, vier infrarood-sensoren, en één reed-sensor. Ten derde, moet er ook plaats gemaakt worden voor een ESP-32, de accu van de ESP-32 en bedrading. Ten vierde, hebben we ook vracht waar we rekening mee moeten houden. In totaal moeten er twee containers op geplaatst kunnen worden met een afmeting van 60 bij 30 bij 30 mm (L x B x H). Een laatste aandachtspunt is dat we een plek voor een accu moeten verwerken in ons design.

Ook niet onbelangrijk: de wielen en aandrijving. In eerste instantie wilden we gebruik gaan maken van de bijgeleverde wielen en stepper motoren. Al snel hadden we de ingeving dat deze bijgeleverde materialen onze ideeën niet tot werkelijkheid konden brengen, dus hebben wij besloten om vier omnidirectionele wielen te gebruiken die elk een eigen stepper motor heeft. Hiermee moet dus extra rekening gehouden worden aangezien dit meer ruimte inneemt, ook hebben we ervoor gekozen om de aandrijving met twee aparte accu's aan te sturen (los van de accu die de ESP-32 aanstuurt).

### 3.2 Iteraties

#### 3.2.1 V1

In ons eerste design hebben we ons gefocust op alle doelen behalve de accu en de vracht plaatsing. We hebben dit gedaan zodat we ons eerst kunnen richten op het technische aspect van dit project, dat houdt in dat we eerst ervoor wilden zorgen dat we de sensoren, de ESP-32, de wielen, de aandrijving en de bedrading op de juiste plek hadden. Ook is er bij de eerste iteratie nog geen rekening gehouden met aerodynamica of het esthetische aspect van de auto.

In figuur 1 is de voorzijde (wat tegelijkertijd ook de achterzijde is) te zien van het eerste design. Op deze afbeelding zijn de twee houders van de ultrasone-sensor goed te zien, die bevinden zich in het midden van het voertuig. Ons eerste design is nog erg hoekig en totaal niet geoptimaliseerd voor luchtweerstand

## Chapter 4

## Code

## Chapter 5

# Reflectie