

# Blueprint Project Analyse

## Luchtsensor Port of Antwerp



Birk Tamm & Bavo Debraekeleer

Elektronica-ICT - Major Internet of Things

Begeleider: Patrick Van Houtven

Academiejaar 2021-2022



[GitHub Pages](#)

# Versiebeheer

Nr	Datum	Verspreiding	Status	Wijziging
0.0.1	2021-11-25	<b>Tamm Birk,</b> Bavo Debraekeleer	Aanmaak	Repository aangemaakt + readme
0.0.2	2021-11-25	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	Structuur	Map structuur + analyse planning
0.1.0	2021-12-05	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk, Patrick Van Houtven	Eerste draft	Probleemstelling + blokschema's As-Is en To-Be + planning + design + terminologie
0.1.1	2021-12-09	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	Verbetering	User stories analyse planning + aanpassingen probleemstelling + design
0.1.2	2021-12-15	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	GitHub Pages aanmaak	GitHub Pages met Docsify setup + Docsify to PDF setup + update readme en algemene opmaak
0.2.0	2021-12-15	<b>Tamm Birk,</b> Bavo Debraekeleer, Patrick Van Houtven	Tweede draft	Hardware analyse sensoren
0.2.1	2021-12-15	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	Verbetering en aanvulling	Nieuwe blokschema's As-Is en To-Be + Hardware analyse uitbreiding, argumentatie, documentatie, stroom gebruik berekeningen + layouting
0.2.2	2021-12-16	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	Aanvulling	Aanvulling scope + datamigratie, infrastructuur, security secties toegevoegd
0.3.0	2021-12-18	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk, Patrick Van Houtven	Derde draft	Verdere verbeteringen adhv feedback + aanvulling scope en hardware + opmaak en readme
0.3.1	2021-12-18	<b>Bavo</b> <b>Debraekeleer,</b> Tamm Birk	Aanvulling	Foto's toegevoegd As-Is prototype v1.0 + user stories planning aangevuld + opmaak, structuur en readme aangepast + versiebeheer adhv GitHub commits

# Termen en Afkortingen

Term	Omschrijving
MCU	Microcontroller, het brein van de sensor.
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network is een specificatie voor een telecommunicatienetwerk geschikt voor langeafstandscommunicatie met weinig vermogen.
GUI of Graphical user interface	Het computersysteem waarmee de eind gebruiker de data kan op vragen en weergeven.
Field deployment	Het uitrollen van het systeem bij de klant, waaronder het plaatsen van de sensoren.
In-the-field	Ter plaatsen waar de sensor is geplaatst.
Release Plan	De planning voor het ontwikkelen van het product, na de initiële analyse.
ppm	Parts per million is een maatéénheid om concentratie aan te geven.
PM2.5 en PM10	De standaard maten voor het meten van fijnstof met grote $2.5\mu\text{m}$ en $10\mu\text{m}$ .
hPa	Hectopascal is een éénheid van luchtdruk.
NOx	Stikstofoxide
VOC	Vluchtige organische componenten, is een verzameling van allerlei vluchtige stoffen waaronder CO <sub>2</sub> en koolmonoxide.
APICA	Antwerp Port Information & Control Assistant, de digitale assistent in de Port of Antwerp digital twin.
Digital twin	Een digitale 3D nabootsing van een echt gegeven, bvb de Port of Antwerp.
Realtime	De laatste nieuwe data wordt weergegeven van zodra ze beschikbaar is.
Timestamp	Een aanduiding met tijd en datum voor wanneer de data is opgemeten.
I/O	Inputs/Outputs, mbt inkomende en uitgaande data, of ingangen en uitgangen in een systeem.
MVP	Minimal Viable Product, is een omschrijving van de minimale kenmerken die het product versie 1.0 moet hebben om opgeleverd te worden aan de klant.

# Probleemstelling

## Opdrachtgever

Maarten Luyts is product owner, in opdracht van Port of Antwerp.

## Korte samenvatting

[Schrijven op het einde 250-500 woorden + ondersteunend diagram, zie IOT template.]

## Opdracht

### Korte beschrijving opdracht

De Port of Antwerp is zeer geïnteresseerd in de luchtkwaliteit in de haven. Om dit in kaart te brengen zal dit projectteam een sensor ontwikkelen die de verschillende karakteristieken van luchtkwaliteit kan meten. Deze karakteristieken zijn, maar niet gelimiteerd tot:

- Temperatuur
- Vochtigheid
- Fijnstof
- NO<sub>X</sub>

Op zich geen complexe materie om te meten. De moeilijkheid ligt echter in het in kaart brengen van de volledige haven. Om dit te kunnen realiseren moet de te ontwikkelen sensor volledig draadloos zijn. Er zal draadloze technologie nodig zijn en één of andere vorm van batterij als stroomvoorziening. De Port of Antwerp heeft onlangs in de haven een LoRaWAN netwerk uitgerold. Deze Low Power Wide Area Netwerk technologie is uiterst geschikt voor de te ontwikkelen sensor. De integratie van LoRaWAN in de sensor is dus ook een vereiste. Op AP en daarbuiten is er al wat geëxperimenteerd met de sensors rond de luchtkwaliteit. Het innovatieve gedeelte ligt vooral rond het volledig draadloze aspect. Voordat gestart wordt met de analyse is het aangeraden om hierover opzoekingswerk te verrichten.

## Verwachte output

Prototype in een oplage van 10 stuks met volgende eigenschappen:

- sensor metingen:
  - temperatuur
  - vochtigheid
  - fijnstof
  - optioneel: NO<sub>X</sub>
- LoRaWAN draadloze connectiviteit
- gebruikt low power MCU
- behuizing geschikt voor buiten
- batterijduur van meer dan 1 jaar
- user interface om de data op landkaart weer te geven

# Situatie As-Is

De huidige luchtsensor waarop we verder werken is met een ander doel ontwikkeld. Deze dient om de luchtkwaliteit in en buiten de stad Antwerpen in kaart te brengen voor collega Chemie studenten. Deze luchtsensor is mobiel bruikbaar en slaat de data lokaal op aan de hand van een SD-kaart. Het doel was om de data door te sturen, via WiFi of seriëel, naar een database. Dit werd niet gerealiseerd. Er is wel een LCD-display aan toegevoegd om de sensordata in real-time te kunnen zien, en een aan/uit knop voor de gebruiker.



## Eigenschappen:

- sensor metingen:
  - CO2
  - TVOC
  - fijnstof
  - temperatuur
  - luchtvochtigheid
- WiFi en Bluetooth connectiviteit
- SD-kaart voor lokale data opslag
- GPS module
- mobiele behuizing met LCD
- batterijduur onbekend

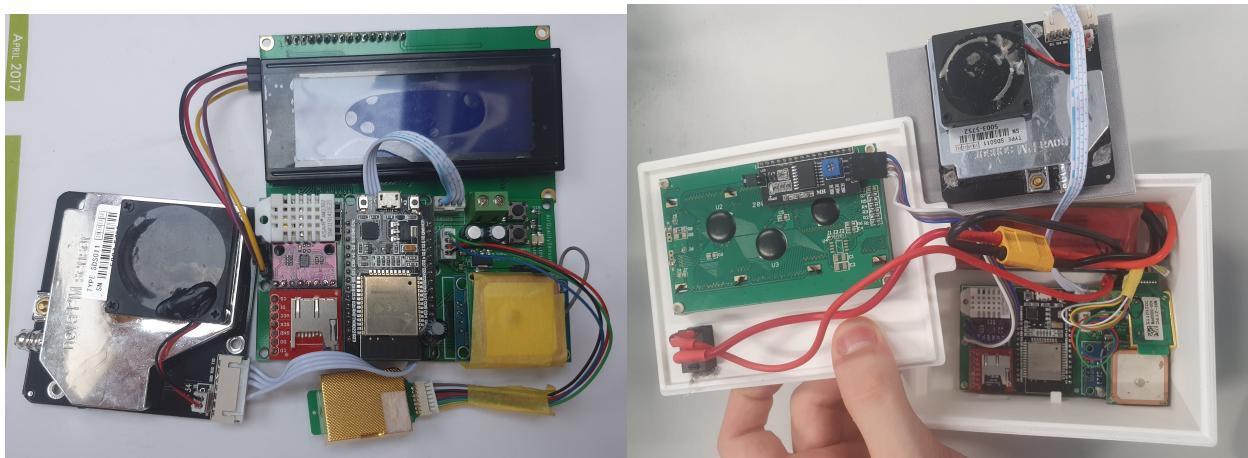
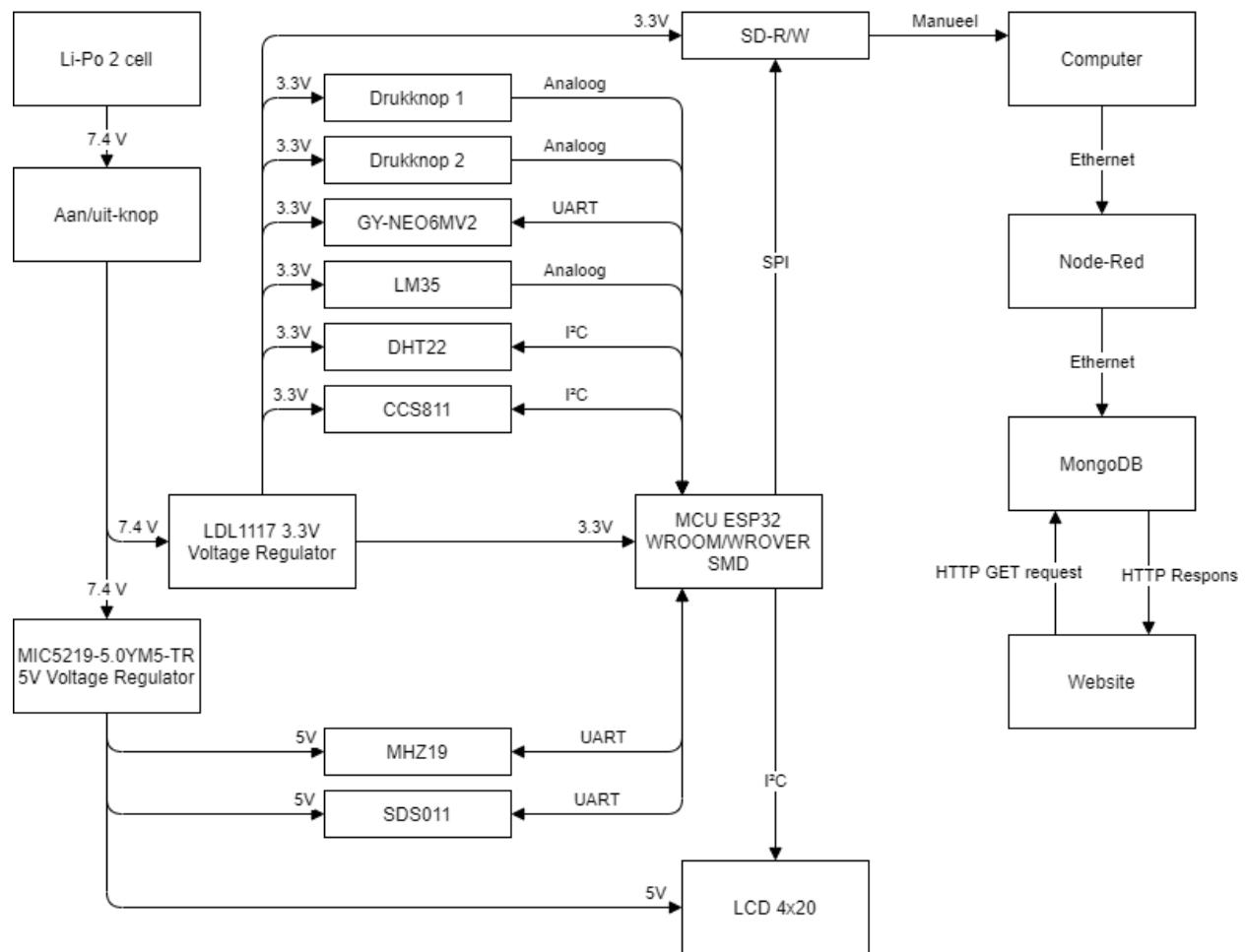
## Werking

Zoals beschreven in Product As-Is v1.0

- De ESP zal om de x-aantal tijd alle sensoren aanroepen en hiervan de waarden opvragen.

- De sensordata wordt in een JSON bestand opgeslagen op de SD-Card.
- Nadien kan de gebruiker deze SD-card in zijn computer uitlezen en de data met een simpele knop overzetten naar de MongoDB.
- Op de website kunnen we dan de data selecteren aan de hand van naam en datum.
- Op de ingebouwde LCD kan men de huidige metingen, datum, tijd en coördinaten zien.

## Blok diagram



## Probleemstelling

Het huidige prototype moet geoptimaliseerd worden zodat deze meer dan één jaar kan werken op een batterij. Om dit te realiseren is een andere MCU nodig en dienen er aanpassingen gemaakt te worden aan de keuze van componenten. De sensor moet ook volledig autonoom kunnen werken, zodat deze ergens geplaatst kan worden zonder bijkomend onderhoud tot de batterij leeg is. Voor de meest accurate metingen is het echter wel aangeraden de fijnstofsensor de calibreren bij seizoenswisselingen. Het gaat nu ook over het in kaart brengen van de volledige haven waarbij de sensors een vaste locatie krijgen. Nu gebeurt de dataoverdracht van sensor naar database manueel via een SD-kaart. Dit moet geautomatiseerd worden en draadloos gebeuren. De luchttoevoer naar de sensor en koeling moet ook verbeterd worden. Er is een kleine FAN op de fijnstofsensor in combinatie met een klein gat in de behuizing. Dit zorgt echter niet voor voldoende lucht toevoer om correcte metingen te bekomen. De warmte die de componenten ontwikkelen hebben hier ook invloed op de temperatuur meting, wat natuurlijk niet gewenst is. De luchtdoorstroming moet hier ook voor voldoende koeling zorgen. Belangrijk hierbij is wel dat er zo weinig mogelijk vocht en grotere stofdeeltjes in de sensor geraken. Ook moet de sensor in de schaduw geplaatst worden of voorzien worden van een zonwerende coating of film.

# Situatie To-Be

## Doelstelling

Het doel is het in kaart brengen van de luchtkwaliteit in de gehele Port of Antwerp adhv volledig draadloze sensoren die voor meer als één jaar autonoom kunnen werken. De data verzenden vanuit de sensor en ontvangen door een server zal gebeuren adhv LoRaWAN. Er moet een nieuwe behuizing ontworpen worden waar meer rekening wordt gehouden met luchtdoorstroming en temperatuur zoals beschreven in de probleemstelling. Dit ontwerp moet ook worden doorgevoerd naar het PCB ontwerp en de plaatsing van de sensoren.

De opdracht laat de GPS module uit de As-Is sensor achterwegen wegens extra stroomverbruik. Wij willen argumenteren om deze toch te behouden. Om het in kaart brengen van de luchtkwaliteit zo accuraat en eenvoudig mogelijk te maken is het aangeraden om coördinaten te hebben van waar elke sensor zich bevindt. Zo kunnen we een exacte locatie geven aan de data gemeten door elke sensor. Rekening houdend met de realiteit dat een sensor al eens verplaatst, vervangen of hersteld zal worden, kan een GPS module zorgen voor een eenvoudige manier om aan accurate coördinaten te komen. Door de integratie van de GPS module in de sensor kan dit volledig automatisch gebeuren, zonder dat er extra handelingen vereist zijn van de gebruiker.

## Projectdefinitie

### Minimal Viable Product

Prototype met volgende eigenschappen:

- sensor metingen uitvoeren:
  - temperatuur
  - vochtigheid
  - fijnstof
- werking op batterij
- behuizing 3D print
- sensordata verzenden met LoRaWAN
- sensordata ontvangen en opslaan

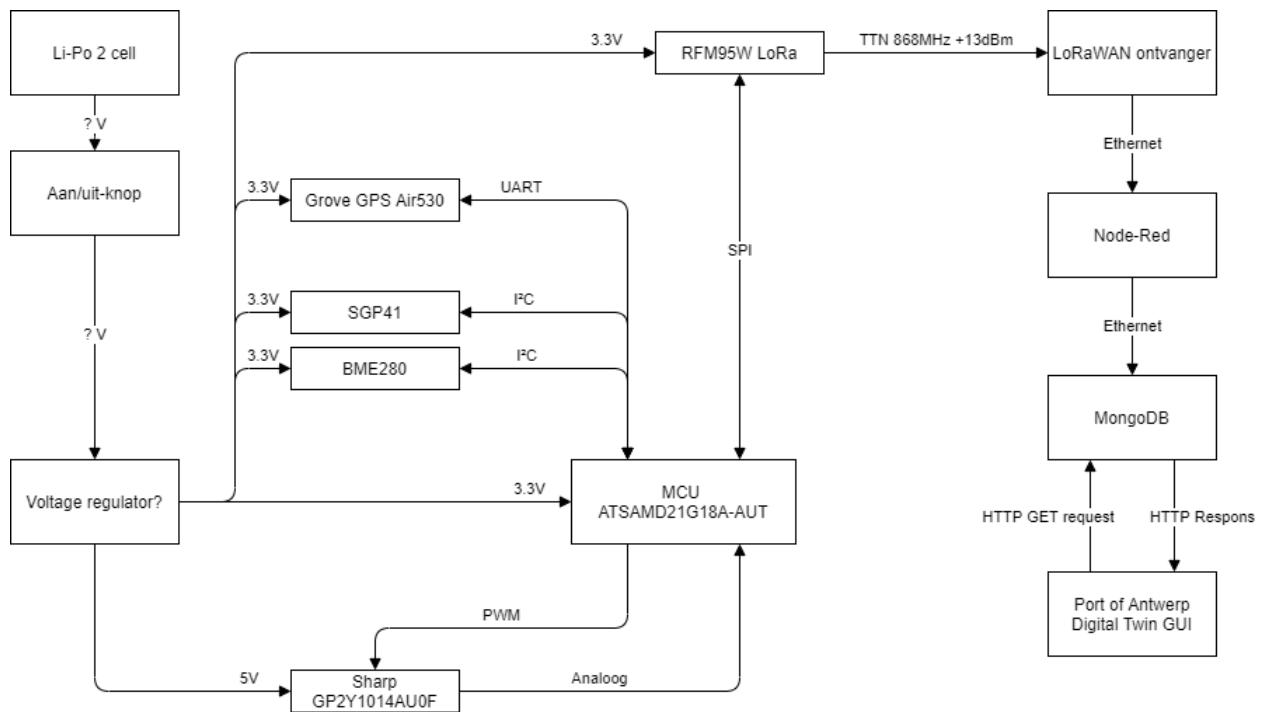
### Epics

1. Metingen uitvoeren

2. Sensordata verzenden
3. Sensordata beheer
4. Weergave op kaart

## Blok diagram

Door de grote wijziging in doel tussen de As-Is en To-Be situaties wordt zowat elk blok van de sensor aangepast. De algemene werking blijft hetzelfde: aan/uit → metingen uitvoeren → sensordata verzamelen → verzenden → in database opslaan → weergeven in GUI. De effectieve werking zal voor elk blok echter verschillen door de andere component keuzes.



## Scope:

- component selectie, totaalprijs < €100:
  - microcontroller:  $I_{max} < 10\text{mA}$
  - GPS module: low-power  $I_{max} <$  As-Is 67mA
  - LoRaWAN module: zendbereik hele haven over 12.068 ha = 120.680 km<sup>2</sup>
  - fijnstofsensor: PM2.5 en PM10 concentratie, meetbereik 0-40 µg/m<sup>3</sup>
  - temperatuur sensor: meetbereik -20° ~ +42° ([kouste en warmste meting in België](#))
  - luchtvochtigheid sensor: meetbereik 0% ~ 100% ([relatieve luchtvochtigheid](#))
  - NO<sub>x</sub> sensor: concentratie, meetbereik 0-40 µg/m<sup>3</sup>
- elektrisch schema ontwerp voor de PCB
- PCB en behuizing ontwerp met aandacht voor sensor plaatsing voor zo accuraat mogelijke metingen
- schroefdraad in behuizing als bevestigingspunt voor een ophangsysteem

- initiële calibratie fijnstofsensor: de analoge spannings output bij 0mg/m<sup>3</sup> opmeten en aftrekken van de output Vo

## Niet in scope:

- LoRaWAN ontvanger opzetten
- front-end user interface
- servers en server onderhoud
- field deployment
- plaatsing van de sensors en het ophangsysteem
- in-the-field kalibratie

# Planning

## Analyse

We gebruiken Agile en Kanban met wekelijkse sprints. Op het einde van elke sprint krijgen we feedback van onze begeleider. Ten opzichte van de opdrachtgever is het analyse proces echter wel eerder Waterfall. Om de planning op te volgen werken we met GitHub Projects. De weken duiden we aan met de academische weken, vb onze eerste week is W10. Dit wil zeggen dat dit gedeelte af moet zijn tegen de week van 29/11 tot 03/12.

## Hoofdlijnen

1. Probleemstelling en Planning
2. Hardware analyse
3. Hardware schema + I/O software
4. Diagrammen opstellen + Dashboard

## Toelichting fases

### Fase 1: Probleemstelling en Planning

- Omschrijving van de opdrachtgever, korte samenvatting, de situatie as-is, en de situatie to-be met een projectdefinitie (doelstelling, scope, niet in scope).
- Planning met user stories voor de Analyse, met Kanban methodologie.

### Fase 2: Hardware analyse

Vooraleer je de software kan analyseren moet je weten waarop de software gaat runnen, vandaar dat we de hardware als eerste analyseren.

### Fase 3: Hardware schema + I/O software

Eens je weet welke componenten je hebt en hoe ze tussen elkaar verbonden zijn in het hardware schema kan je de inputs en outputs oplijsten. Dit is handig voor de diagrammen later.

## Fase 4: Diagrammen opstellen + Dashboard

Nu dat de inputs en outputs gekend zijn is het veel eenvoudiger om de diagrammen op te stellen van de software. Eens die diagrammen er zijn is het mogelijk om het dashboard te analyseren.

## Fase 5: Release Plan en samenvatting

- We weten nu wat er gemaakt moet worden dus kunnen we het Release Plan, met Gantt Chart methodologie, uitwerken.
- Als laatste schrijven we nog een samenvatting van het gehele project.

## User stories

- Als ... Wil ik ... Zodat ik ...
  1. Als geldschieter wil ik weten wie de opdrachtgever is en wat de opdracht in het kort is, zodat ik een snel idee kan krijgen van het project.
  2. Als geldschieter wil ik weten wat de huidige as-is situatie is van het vorige project en de probleemstelling adhv dit huidige proces, zodat ik goed weet hoever het nu staat, wat de eventuele moeilijkheden zijn en hoe er hierop gaat voortgebouwd worden.
  3. Als geldschieter wil ik weten wat de situatie to-be moet worden, wat de doelstelling van het project is, zodat ik kan inschatten of het haalbaar is.
  4. Als opdrachtgever wil ik weten wat wel en niet binnen de scope van het project valt, zodat ik weet wat ik juist zal krijgen en wat ik eventueel zelf nog moet voorzien.
  5. Als ontwikkelaar wil ik weten wat de planning is, zodat ik weet wat wanneer af moet zijn en om het project op te volgen.
  6. Als ontwikkelaar wil ik weten wat het functioneel design is, zodat ik weet hoe de eind gebruiker met het product zal kunnen omgaan.
  7. Als opdrachtgever wil ik een mock up zien van hoe de GUI er zal uitzien, zodat ik kan zien of het voldoet aan mijn wensen en eventuele feedback kan geven.
  8. Als ontwikkelaar wil ik weten wat het technisch design is, zodat ik weet wat de architectuur is, welke technologieën zullen gebruikt worden, en hoe het project technisch zal worden gerealiseerd.
  9. Als hardware ontwikkelaar wil ik weten wat voor Smart Object moet worden ontwikkeld, zodat ik een leidraad heb voor de ontwikkeling van de sensor.
  10. Als opdrachtgever wil ik weten welke componenten er gaan gebruikt worden en waarom, zodat ik weet wat de sensor zal kunnen.
  11. Als software ontwikkelaar wil ik een Smart Object van de software, zodat ik weet wat de software in zijn geheel gaat moeten doen.

12. Als software ontwikkelaar wil ik een Statediagram van de software, zodat ik weet welke verschillende states moeten worden ingebouwd.
13. Als software ontwikkelaar wil ik een Flowcharts voor de verschillende states van de software, zodat ik weet hoe elke transitie moet gebeuren.
14. Als opdrachtgever wil ik weten of er eventuele datamigratie moet gebeuren en hoe, zodat ik weet hoe dit zal gebeuren.
15. Als geldschieter wil ik weten wat de impact is op de huidige infrastructuur, zodat ik rekening kan houden met de eventuele kosten.
16. Als opdrachtgever wil ik weten wat er rond security zal gedaan worden, zodat ik weet hoe het project zal beveiligd worden en hoe er zal omgegaan worden met data privacy.
17. Als software ontwikkelaar wil ik weten welke autorisatierollen er moeten zijn, zodat ik deze kan inbouwen.
18. Als hardware ontwikkelaar wil ik weten wat de hardware security moet zijn, zodat ik deze kan inbouwen in de hardware.
19. Als ontwikkelaar wil ik weten welke documentatie er moet worden voorzien, zodat ik weet wat ik moet schrijven.
20. Als lezer van de analyse wil ik een lijst met terminologie, zodat ik alles kan begrijpen.
21. Als lezer van de analyse wil ik een bronvermelding, zodat ik de correctheid en betrouwbaarheid van de data kan nagaan.

# **Release Plan**

Maken op het einde van de analyse.

[Geef mee wat de lead times zijn van de aan te kopen componenten, materialen en de te produceren PCB's.]

## **Hoofdlijnen**

### **Toelichting fases**

# Design

## Functioneel design

- component selectie+:
  - microcontroller:  $I_{max} < 10mA$
  - GPS module: low-power  $I_{max} < A_{s-ls}$  67mA
  - LoRaWAN module: zendbereik hele haven over 12.068 ha = 120.680 km<sup>2</sup>
  - fijnstofsensor: PM2.5 en PM10 concentratie, meetbereik 0-40 µg/m<sup>3</sup>
  - temperatuur sensor: meetbereik -20° ~ +42° ([kouste en warmste meting in België](#))
  - luchtvochtigheid sensor: meetbereik 0% ~ 100% ([relatieve luchtvochtigheid](#))
  - NO<sub>x</sub> sensor: concentratie, meetbereik 0-40 µg/m<sup>3</sup>
- behuizing die in openlucht kan geplaatst worden en bestand is tegen het lokale klimaat
- behuizing die voor voldoende koeling zorgt zodat de temperatuur metingen accuraat zijn
- behuizing die voor voldoende lucht toevoer zorgt aan de fijnstofsensor
- schroefdraad in behuizing als bevestigingspunt voor een ophangsysteem
- de sensor moet automatisch om de .. minuten metingen uitvoeren en verzenden (er is geen interactie)
- sensor output als JSON data:
  - locatie: GPS coördinaat van de sensor
  - timestamp: datum en tijd van de meting
  - temperatuur in °C
  - luchtvochtigheid in %
  - fijnstof PM2.5 en PM10 in aantal deeltjes
  - NO<sub>x</sub> stikstofoxiden in µg/m<sup>3</sup>
- server met MongoDb database om de sensor data in op te slaan

# Technisch design

# Hardware Analyse

## Microcontroller

Naam	Eigenschappen	Argumentatie	Data
ATSAMD21G18A-AUT	<ul style="list-style-type: none"><li>• Low-power MCU</li><li>• <math>V_{CC} = 1.62V - 3.63V</math></li><li>• <math>I_{max} = 4.7mA</math></li><li>• CORTEX-M0+PROCESSOR aan 48MHz</li><li>• USB naar UART aanwezig op de chip</li><li>• 256KB FLASH geheugen</li><li>• 32-bit RTC</li><li>• 6 SERCOM interfaces</li><li>• Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €3,60</li></ul>	Uit het interview met de opdrachtgever gaf hij aan dat we deze MCU moeten gebruiken. Deze is low-power en dus zeer geschikt voor de applicatie.	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>

## Modules

Naam	Eigenschappen	Argumentatie	Data
Grove GPS Air530	<ul style="list-style-type: none"><li>• GPS localisatie</li><li>• <math>V_{CC} = 3.3V / 5V</math></li><li>• <math>I_{max} = 60mA</math></li><li>• Capture current value@3.3V = 42.6mA</li></ul>	Deze GPS module is zeer energie zuinig met verschillende low-power modi. Ze is ook relatief goedkoop en werkt op 3.3V.	<a href="#">Handleiding</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel (fabrikant)</a> <a href="#">Winkel Booklet (Chinese)</a>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tracking current value@3.3V = 36.7mA</li> <li>• Low power mode@3.3V = 0.85mA</li> <li>• Ultra-low-power mode@3.3V = 31uA</li> <li>• UART protocol</li> <li>• Time of warm start: 4s</li> <li>• Time of cold boot: 30s</li> <li>• <b>Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €8,98</b></li> </ul>	
HopeRF RFM95W v2.0 LoRa Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LoRaWAN module</b></li> <li>• <math>V_{CC} = 1.8V - 3.7V</math></li> <li>• <math>I_{+13dBm(Typ)} = 29mA</math></li> <li>• <math>P_{output} = +13dBm</math></li> <li>• SPI interface</li> <li>• Payload lenght max 64 bytes</li> <li>• Werkingstemperatuur: -20°C ~ +70°C</li> <li>• Lower bands: 169 MHz and 433 MHz, higher bands: 868 and 915 MHz</li> <li>• <b>Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €16,36</b></li> </ul>	<p>Een veel gebruikte module waardoor er veel documentatie over te vinden is. Ook relatief klein.</p> <p><a href="#">Datasheet</a>  <a href="#">Documentatie</a>  <a href="#">fabrikant</a>  <a href="#">Winkel</a></p>

## Sensoren

Naam	Eigenschappen	Argumentatie	Data
Sharp GP2Y1014AU0F	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fijnstof</b></li> <li>• <math>V_{CC} = 4.5V - 5.5V</math></li> <li>• <math>I_{max} = 20mA</math></li> <li>• Analoog</li> </ul>	De Nova SDS011 die bij de As-Is sensor gebruikt wordt heeft als grote nadeel dat er een FAN zit ingebouwd om lucht in de sensor te krijgen. Dit zorgt voor extra	<p><a href="#">Datasheet</a>  <a href="#">GP2Y1014AU0F</a>  <a href="#">Datasheet</a>  <a href="#">voorganger</a>  <a href="#">GP2Y1010AU0F</a>  <a href="#">Application notes</a></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Output voltage: 0.9~3.7V (zie grafiek)</li> <li>• Meetbereik PM2.5 en PM10: 0~50µg/m³ (zie grafiek)</li> <li>• <b>Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €6,25</b></li> </ul>	<p>stroomverbruik en werkte in het prototype daarbij nog is niet voldoende. De Sharp GP2Y1010AU0F komt uit test op vlak van accuraatheid even goed uit als de SDS011, maar heeft het voordeel van geen FAN te hebben, kleiner te zijn, energiezuiniger en goedkoper.</p>	<a href="#">GP2Y1010AU0F</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>
Bosch Sensortec BME280	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatuur, barometer en luchtvochtigheid</li> <li>• <math>V_{CC} = 3.3V</math></li> <li>• <math>I_{max} = 4.5mA</math></li> <li>• I<sup>2</sup>C protocol 3.3V, en SPI</li> <li>• Meetbereik temperatuur: -40°C ~ +85°C</li> <li>• Meetbereik luchtvochtigheid: 0% ~ 100%</li> <li>• Meetbereik luchtdruk: 300hPa ~ 1100hPa</li> <li>• Leessnelheid: 1Hz (1s)</li> <li>• <b>Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €5,42</b></li> </ul>	<p>Deze IC heeft als voordeel beide temperatuur en luchtvochtigheid te meten. Het is ook een SMD component dus eenvoudig op een PCB te krijgen. Hier moeten we wel rekening houden met de warmte ontwikkeling van andere componenten die de temperatuur metingen kunnen beïnvloeden.</p>	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>
Sensirion SGP41-D-R4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NO<sub>x</sub> en VOC</li> <li>• <math>V_{CC} = 1.7V - 3.6V</math></li> <li>• Werkvoedingsspanning = 3.3V</li> <li>• <math>I_{max} = 4.6mA</math></li> <li>• <math>I_{nominaal} = 3.2mA</math></li> <li>• I<sup>2</sup>C interface</li> <li>• Meetbereik NO<sub>2</sub>: 0-10.000ppb</li> </ul>	<p>Klein low-power SMD component Ideaal voor deze toepassing</p>	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>

- |  |  |  |
|--|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkingstemperatuur:<br/>-20°C ~ +55°C</li> <li>• SMD</li> <li>• Eenheidsprijs vanaf 10 stuks: €7,46</li> </ul> |  |
|--|--|--|
- 
- 

## Voeding

Zoals bij de As-Is sensor hebben we onderdelen die werken op 3.3V en op 5V.

Voor 5V behouden wij er slechts één, de Sharp GP2Y1014AU0F met  $I_{max} = 20mA$ .

Voor de 3.3V componenten moeten we een herberekening doen:

### Herberekeningen voor 3.3V

$$I_{max} = I_{ATSAMD21G18A-AUT} + I_{BME280} + I_{SGP41} + I_{Grove\ GPS\ Air530} + I_{RFM95W\ LoRa}$$

$$I_{max} = 4.7mA + 4.5mA + 4.6mA + 60mA + 29mA = 102.8mA$$

Om wat marge te hebben doen we deze waarde maal 1.2 :

$$102.8mA \cdot 1.2 = 123.4mA$$

De spanningsvereisten liggen ditmaal dus een stuk lager:

Voor 5V 20mA To-Be tegenover 390mA As-Is.

Voor 3.3V 123.4mA To-Be tegenover 822.6mA As-Is.

Naam	Eigenschappen	Argumentatie	Data
Naam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batterij</li> <li>• <math>V_{out} = V</math></li> <li>• <math>I_{max} = mA</math></li> <li>• Operating Temperatuur =</li> <li>• SOT-..</li> </ul>	Argumentatie	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>
Naam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5V Voltage Regulator</li> <li>• <math>V_{in} = V</math></li> <li>• <math>V_{out} = 5V</math></li> </ul>	Argumentatie	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>I_{max} = mA</math></li> <li>• Operating Temperatuur =</li> <li>• SOT-..</li> </ul>		
Naam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>3.3V Voltage Regulator</b></li> <li>• <math>V_{in} = V</math></li> <li>• <math>V_{out} = 5V</math></li> <li>• <math>I_{max} = mA</math></li> <li>• Operating Temperatuur =</li> <li>• SOT-..</li> </ul>	Argumentatie	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>
2N7002K-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MOSFET</b></li> <li>• <math>V_{GS(th)} = 1 - 2.5V</math></li> <li>• <math>V_{DDS(max)} = 60V</math></li> <li>• <math>I_{max} = 380mA</math></li> <li>• SOT-23</li> </ul>	De 2N7002K-7 zal gebruikt worden om de modules en sensoren, zonder sleep mode, uit te zetten tijdens de intervallen. (Overgenomen van As-ls)	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>

## Alternatieven

Naam	Eigenschappen	Argumentatie	Data
Naam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type</li> </ul>	Argumentatie	<a href="#">Datasheet</a> <a href="#">Documentatie</a> <a href="#">fabrikant</a> <a href="#">Winkel</a>

# Software Analyse

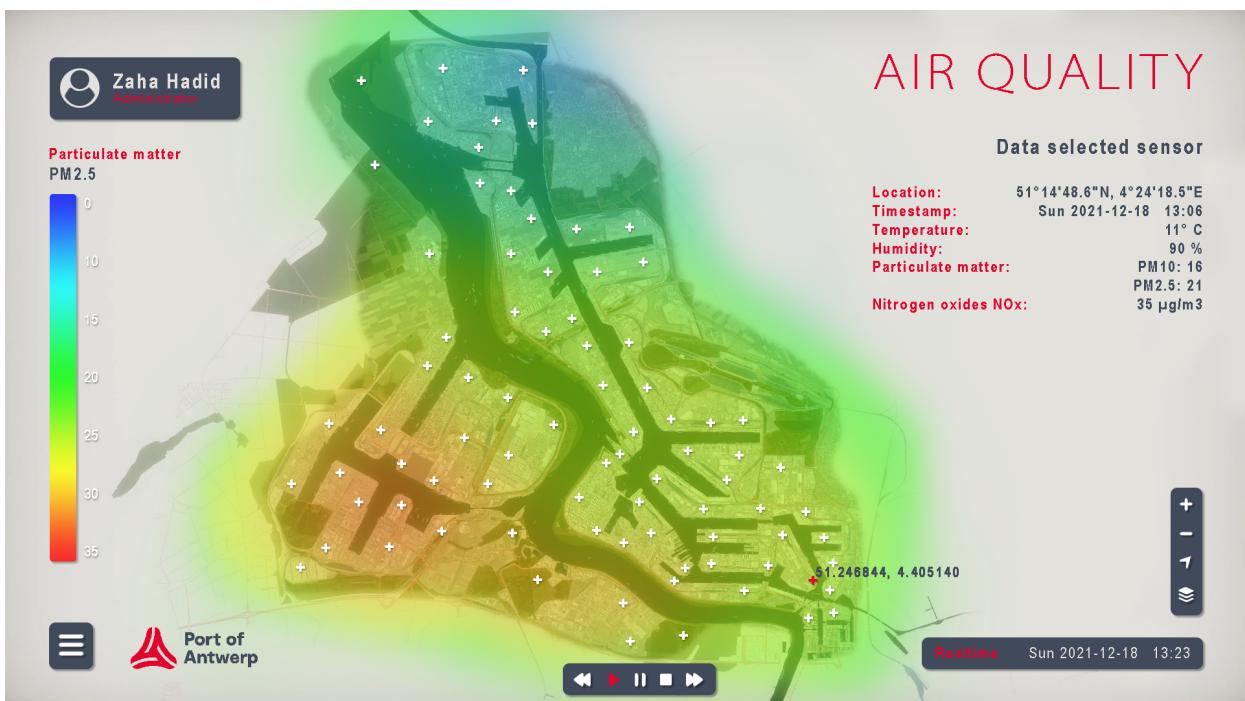
## Data I/O

Blok	Data input	Data output
MCU ATSAMD21G18A-AUT	<ul style="list-style-type: none"><li>Sensordata fijnstof, temperatuur, luchtvochtigheid en stikstofoxiden</li><li>GPS NMEA0183 V4.1 protocol data</li><li>LoRa module feedback</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Configuratie en aansturing sensors en modules</li><li>Sensordata als JSON object, SPI</li></ul>
fijnstofsensor GP2Y1014AU0F	PWM om LED aan te sturen ( $T = 10\text{ms}$ ; $P_w = 0.32\text{ms}$ )	Analoge spanning pulse ( $V_o$ lezen na $0.28\text{ms}$ )
Temperatuur en luchtvochtigheid sensor BME280	Uit te lezen register, $I^2C$	Register data uitlezen, $I^2C$
Stikstofoxiden sensor SGP41-D-R4	<ul style="list-style-type: none"><li>Conditioning instructies, <math>I^2C</math></li><li>Raw signal meting instructies, <math>I^2C</math></li><li>Stop instructie, <math>I^2C</math></li></ul>	Meting resultaat uitlezen, $I^2C$
GPS module Grove GPS Air530	Start en configuratie instructies, serieel UART (2.8V)	GPS NMEA0183 V4.1 protocol data, serieel UART (2.8V, default 9600bps)
LoRaWAN module RFM95W v2.0	<ul style="list-style-type: none"><li>Mode instructie, SPI</li><li>Sensordata als JSON object, SPI</li></ul>	Sensordata als payload van max 51 bytes, TTN 868MHz +13dbM
LoRaWAN		

ontvanger	Sensordata als payload van max 51 bytes, TTN 868MHz +13dBm	Sensor data opgedeeld in bytes in een byte array van max 51 bytes
Backend Node-RED	Sensor data opgedeeld in bytes in een byte array van max 51 bytes	Sensor data bytes gedecodeerd in JSON object
Database MongoDb	Sensordata als JSON object	Sensordata als JSON object
GUI Port of Antwerp digital twin	Sensordata als JSON object	Weergave op een scherm

## GUI

De data van de sensors bevat een coördinaat en tijdstip van de meting voor eenvoudige weergaven op een kaart. Zo kan de data eenvoudig geïntegreerd worden in de [digital twin van de Port of Antwerp](#) en weergegeven worden in zowel 2D en 3D. De data kan in realtime worden weergegeven, er kan genavigeerd worden door de tijd, of een exacte timestamp kan ingegeven worden.

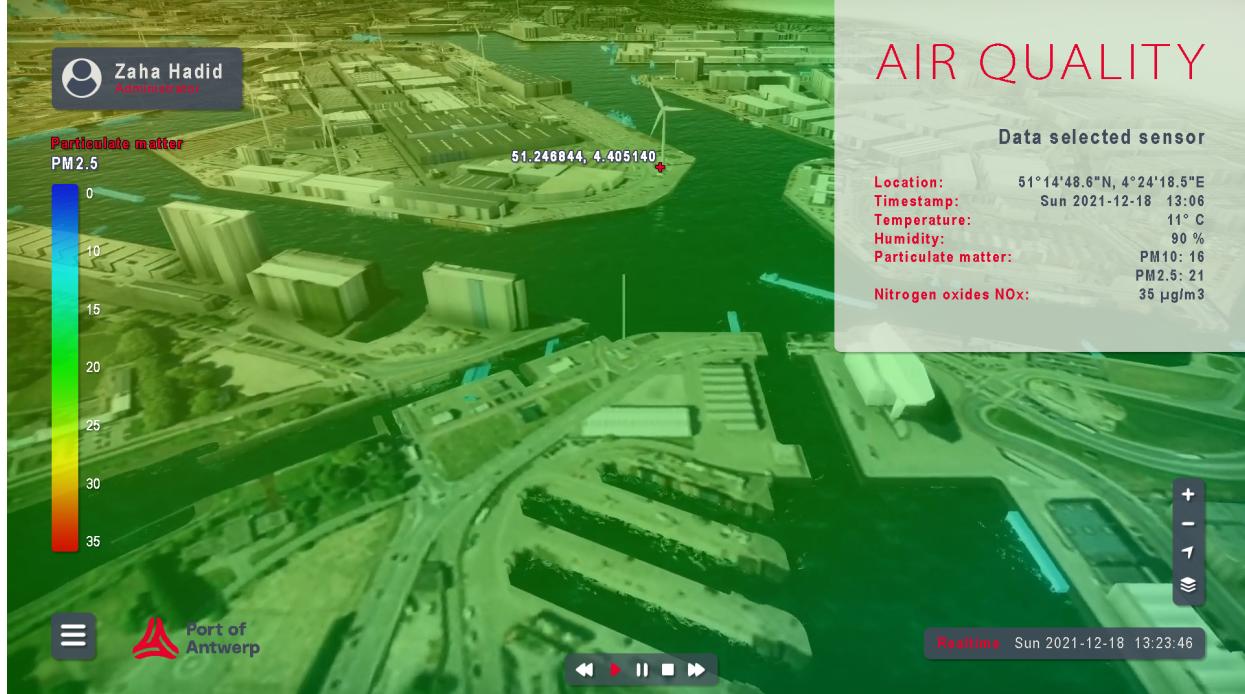




# AIR QUALITY

## Data selected sensor

Location: 51°14'48.6"N, 4°24'18.5"E  
Timestamp: Sun 2021-12-18 13:06  
Temperature: 11° C  
Humidity: 90 %  
Particulate matter: PM10: 16  
PM2.5: 21  
Nitrogen oxides NOx: 35 µg/m³



# Datamigratie

De As-Is situatie is niet gericht op de Port of Antwerp. Hier is dus nog geen data over beschikbaar en datamigratie is niet van toepassing.

# Infrastructuur

Er is in de Port of Antwerp al een LoRaWAN netwerk aanwezig. Deze kan dus gebruikt worden. Verder moet er enkel nog een server opgezet te worden om de database en de webserver op te kunnen draaien.

# Security

De sensor heeft twee grote zwaktes met betrekking tot security:

## 1. De microcontroller:

De zwakte van de MCU is voornamelijk dat deze geherprogrammeerd kan worden en voor andere doeleinden gebruikt worden. Dit proces moet na opleveren zo moeilijk mogelijk gemaakt worden. Hoe dit best te doen moet onderzocht worden tijdens de ontwikkeling.

## 2. Het verzenden van de data:

Zoals in het gedeelte over privacy hieronder beschreven gaat het hier niet om gevoelige data. Het kan echter beschouwd worden als best practice om de te verzenden data te encrypteren voor het verzenden. Moest er gewenst worden om de data toch niet publiek beschikbaar te maken is de data op deze manier niet leesbaar wanneer onderschept.

# Hardware security

De sensors kunnen best op een zekere hoogte geplaatst worden waar ze niet te gemakkelijk toegankelijk zijn. Dit om diefstal en manipulatie te bemoeilijken en te ontmoedigen.

# Privacy en omgang met data

De luchtkwaliteit metingen die de sensor gaat uitvoeren is geen gevoelige data. Het kan beschouwd worden als openbaar goed. Privacy is dus niet van toepassing. Zolang de sensors geplaatst worden op het grondgebied van de Stad Antwerpen mag de data vrij toegankelijk zijn voor de burger. Dit is in lijn met de huidige omgang van gelijkaardige data van de Stad Antwerpen die publiek beschikbaar is. Bij plaatsing van een sensor op privé terrein moet wel expliciete toelating gevraagd worden om de data toegankelijk te maken.

# Autorisatierollen

Twee autorisatierollen zullen voor dit project voldoende zijn:

- **Administrator:**

kan wijzigingen maken aan instellingen, code en data. Deze krijgt wachtwoord beveiliging.

- **Gebruiker:**

kan enkel data opvragen.

# Documentatie

De Port of Antwerp is een internationale haven wat ook weerspiegeld wordt door de mensen die er werken. Het is dus belangrijk dat de documentatie in het Engels gebeurt om door een zo wijd mogelijk publiek begrijpbaar te zijn.

## Documentatie in de code

In de code wordt commentaar toegevoegd om alle functionaliteiten van de code te beschrijven.

## Documentatie bij oplevering

Bij oplevering zal volgende documentatie voorzien worden:

- Handleiding over het algemeen gebruik van de sensor, kalibratie, en een overzicht van de technische specificaties van de sensor.
- Technische documentatie met elektrische schema's en PCB ontwerp om eventuele verdere ontwikkeling mogelijk en eenvoudiger te maken.

# Termen en Afkortingen

Term	Omschrijving
MCU	Microcontroller, het brein van de sensor.
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network is een specificatie voor een telecommunicatienetwerk geschikt voor langeafstandscommunicatie met weinig vermogen.
GUI of Graphical user interface	Het computersysteem waarmee de eind gebruiker de data kan op vragen en weergeven.
Field deployment	Het uitrollen van het systeem bij de klant, waaronder het plaatsen van de sensoren.
In-the-field	Ter plaatsen waar de sensor is geplaatst.
Release Plan	De planning voor het ontwikkelen van het product, na de initiële analyse.
ppm	Parts per million is een maatéénheid om concentratie aan te geven.
PM2.5 en PM10	De standaard maten voor het meten van fijnstof met grote $2.5\mu\text{m}$ en $10\mu\text{m}$ .
hPa	Hectopascal is een éénheid van luchtdruk.
NOx	Stikstofoxide
VOC	Vluchtige organische componenten, is een verzameling van allerlei vluchtige stoffen waaronder CO <sub>2</sub> en koolmonoxide.
APICA	Antwerp Port Information & Control Assistant, de digitale assistent in de Port of Antwerp digital twin.
Digital twin	Een digitale 3D nabootsing van een echt gegeven, bvb de Port of Antwerp.
Realtime	De laatste nieuwe data wordt weergegeven van zodra ze beschikbaar is.
Timestamp	Een aanduiding met tijd en datum voor wanneer de data is opgemeten.
I/O	Inputs/Outputs, mbt inkomende en uitgaande data, of ingangen en uitgangen in een systeem.
MVP	Minimal Viable Product, is een omschrijving van de minimale kenmerken die het product versie 1.0 moet hebben om opgeleverd te worden aan de klant.

# Bronvermelding