



FACULTY OF ENGINEERING TECHNOLOGY
— GENT —

EMBEDDED SYSTEM DESIGN 2 – LABO
MASTERPLAN

Project ‘Ter Zee’

Brecht Van Eeckhoudt – Sarah Goossens – Matthias Alleman
Benjamin Van der Smissen – Arno Plaetinck

MELICTE

31 mei 2019

Inhoudsopgave

1 Identificatie van het project	3
1.1 Het team	3
1.1.1 Technologie	3
1.1.2 Project	3
1.2 Kost en duur van het project	3
2 Het project	4
3 Doelstellingen en specificaties	4
3.1 Doelstellingen	4
3.2 Functioneel technische specificaties	5
3.3 Niet functioneel technische specificaties	5
3.4 Doelstellingen buiten scoop project	6
4 Uitvoering	7
4.1 Onderdelen	8
4.1.1 Happy Gecko	8
4.1.2 Sensoren	9
4.1.2.1 Temperatuursensor DS18B20	9
4.1.2.2 Accelerometer ADXL362	10
4.1.2.3 Driftsensor – eigen ontwerp	10
4.1.3 LoRaWAN	10
4.1.4 Batterij	11
4.1.5 Behuizing	11
4.2 Verbruik	12
4.3 Eindresultaat	13
4.4 Planning	14
4.5 Risico's	16
4.6 Kostenanalyse	16
4.7 Communicatie	17
Referenties	17

1 Identificatie van het project

Al de verslagen, de presentatie, de code met veel documentatie, extra afbeeldingen en andere documenten zijn te vinden op volgend adres:

<https://github.com/Fescron/Project-LabEmbeddedDesign2>

1.1 Het team

In volgende paragrafen worden de verantwoordelijkheden van de verschillende teamleden gespecificeerd. Dit zowel op het technologisch- als op het projectmatige domein.

1.1.1 Technologie

Temperatuursensor Sarah

Breekbare draad Matthias

Levensduurscalculatie Arno

Powermanagement Brecht

LoRaWAN-connectie Benjamin

Behuizing Matthias

Accelerometer Brecht

1.1.2 Project

Time-manager Matthias

Integratie-manager Brecht

Verslagmanager Sarah

Presentatiemanager Arno

Externe communicatie Benjamin

1.2 Kost en duur van het project

In deze paragraaf worden de geschatte kosten en duur van het project weergegeven. Ze behoren tot de niet-technische specificaties van het project. Op basis van de gebruikte componenten bekomen we een geschatte kostprijs van 64 euro. Voor de NRE kosten en de testkost moeten er geen kosten in rekening gebracht worden. Voor het maken van een eerste prototype worden twee maanden voorzien. Om een volledig werkend product te hebben, rekenen we drie maanden. Een detailbeschrijving van alle kosten is te vinden in paragraaf 4.6 op pagina 16.

2 Het project

Ons project is een onderdeel van een groter project waarbij het hoofddoel het detecteren is van driftende boeien en het meten van verschillende parameters van zowel het zeewater als de lucht. Deze info wordt via draadloze communicatie doorgegeven aan het vaste land waar de info verwerkt wordt. Op die manier kan er tijdig actie ondernomen worden indien een boei zou gaan driften. Verder verkrijgen we heel wat informatie over het zeewater en de lucht.

3 Doelstellingen en specificaties

3.1 Doelstellingen

Als Team ’Ter Zee’ zijn wij verantwoordelijk om een totaalconcept uit te werken dat het mogelijk maakt om de watertemperatuur en golfsterkte te meten, te verwerken en door te sturen. Verder zal het team ook in staat moeten zijn om de drift van een boei waar te nemen en te signaleren aan het vasteland, zodat er tijdig actie ondernomen kan worden. Over de exacte locatie van de boei nadat deze is losgekomen, is geen info gekend.

Bij het meten van de golfsterkte beperken we ons tot het alarmeren van het vasteland indien er een storm gedetecteerd wordt. Een storm wordt gedefinieerd door het overschrijden van een bepaalde threshold waarde, gedetecteerd door een accelerometer. Deze waarde zal proefondervindelijk vastgelegd worden doorheen het project. Wanneer de accelerometer een storm detecteert, betekent dit dat er een verhoogd risico is op het driften van een boei. Er zal dan ook frequenter nagegaan worden of een boei aan het driften is.

Alle sensoren zullen gelijktijdig actief moeten zijn en we zullen in het totaalconcept ook zeer nauwkeurig letten op het vermogenverbruik aangezien het niet de bedoeling is dat de batterijen waarvan we gebruik zullen maken regelmatig moeten vervangen worden. Als kers op de taart is bij ons de extra moeilijkheid dat ons systeem bestand moet zijn tegen het zoute water van de zee. Een aangepaste behuizing die zowel water als zout resistant is, zal dus één van onze uitdagingen worden.

Om deze doelstellingen te bereiken, zal ons systeem aan bepaalde specificaties moeten voldoen.

3.2 Functioneel technische specificaties

- Watertemperatuur meten om het uur.
- Detectie van driftende boeien om het uur.
- Stormdetectie door het meten van de grootte van de golven. Indien een bepaalde waarde overschreden wordt, concluderen we dat we te maken hebben met een storm. Deze waarde wordt gedurende het project proefondervindelijk vastgelegd. Metingen gebeuren om de seconde gedurende 1 minuut en dit éénmaal per uur.
- Data verzamelen, verwerken en vier keer per dag doorsturen naar het vasteland.
- Nauwkeurigheid temperatuurmeting: 0,5 °C.
- Elk uur wordt het systeem gewekt en voert het zijn functie uit.
 - In geval van een storm wordt het systeem onmiddellijk gewekt via een interrupt van de accelerometer. Dit wordt ook meteen doorgestuurd naar het vaste land. Indien dit gebeurt, zal er een frequenter controle zijn op het driften van boeien. Elke 10 minuten wordt een controle uitgevoerd.
 - Het systeem gaat telkens terug in slaap van zodra alle functies afgerond zijn.

3.3 Niet functioneel technische specificaties

- We kiezen voor een zeer energiezuinige implementatie en schakelen onderdelen van het ontwerp uit op momenten dat deze niet nodig zijn.
- De batterij moet minstens 5 jaar meegaan.
- Het gehele ontwerp, zonder temperatuursensor zal in een behuizing van ongeveer $10 \times 10 \times 10$ cm moeten passen.
- Het geheel weegt ongeveer 500 gram.
- Behuizing moet bestand zijn tegen zout water.
- Alle componenten en verbindingen moeten goed bevestigd zijn zodat ze tegen een stootje van de wilde golven kunnen.
- De componenten moeten temperaturen verdragen tussen de -30 °C en de +100 °C.

3.4 Doelstellingen buiten scoop project

Aangezien we gelimiteerd zijn om het project tot een goed einde te brengen sluiten we bepaalde ontwikkelingen uit. Om te beginnen zetten we geen LoRaWAN gateway op. We gaan er vanuit dat deze al op het vaste land aanwezig zal zijn en zorgen enkel dat we er berichten naartoe kunnen sturen.

Vervolgens gebruiken we ook niet de acceleratiewaarden om de golfhoogte en golffrequentie te berekenen. We zouden dit in principe kunnen doen aan de hand van FFT (beschikbaar in de *CMSIS libraries*) op waarden in de FIFO van de accelerometer. We gebruiken de accelerometer enkel om aan de hand van een *threshold value* de Happy Gecko via een interrupt wakker te maken en zo te zorgen dat hij regelmatiger meet of de boei al dan niet is losgeslagen.

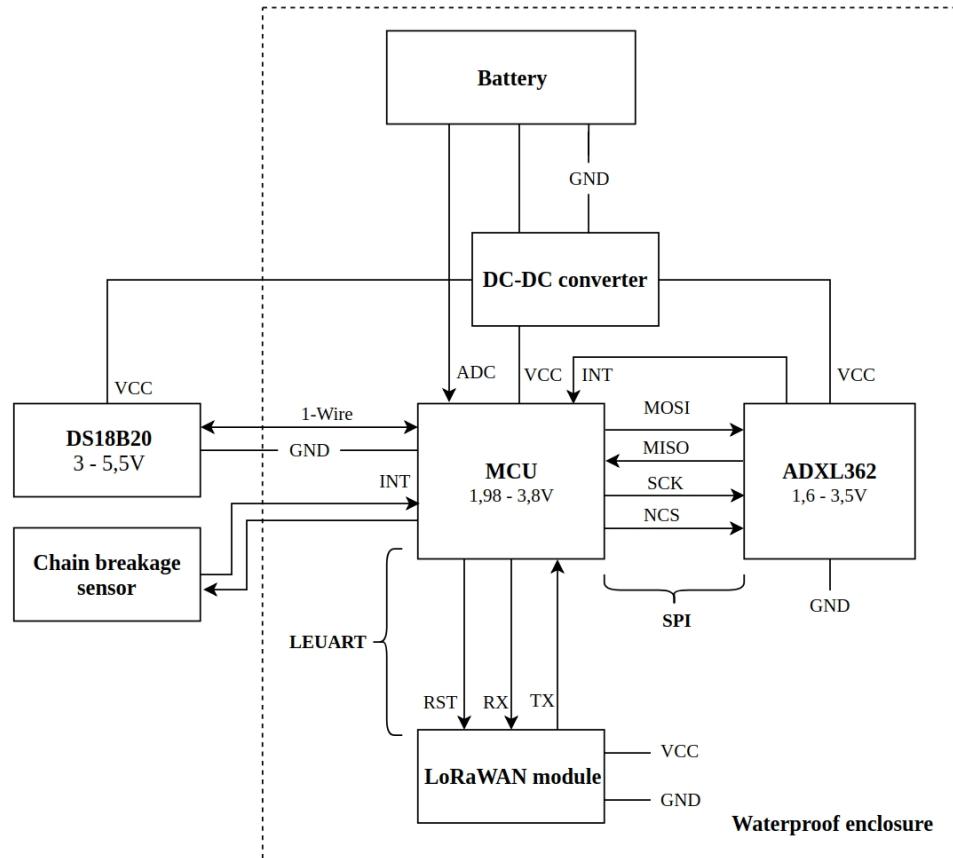
Daarnaast werd ook het gebruik van een zonnepaneel onderzocht. Hieruit konden we concluderen dat het zeker nuttig en haalbaar was om hiervan gebruik te maken. We hebben echter beslist om dit niet zelf toe te passen om te kunnen focussen op een goed werkend systeem. Het gebruik van een zonnepaneel kan later nog toegevoegd worden.

Als laatste vullen we onze behuizing niet op met gel. Om bijvoorbeeld opbouwdozen helemaal waterdicht te maken wordt dit aangeraden, maar aangezien dit debugwerk zou bemoeilijken opteren we ervoor om dit niet te doen.

4 Uitvoering

Om de verschillende metingen uit te voeren, werden de nodige sensoren geselecteerd. De temperatuurmeting zullen we doen met behulp van de DS18B20 die wordt uitgelezen met behulp van een EFM32 Happy Gecko die door ons team ontworpen is. De golfsterkte meten we met behulp van de accelerometer ADXL362. De drift van de boei zullen we trachten te achterhalen met behulp van een simpele maar toch ingenieuze methode. Communicatie van alle gegevens naar het vaste land zal gebeuren via LoRaWAN. Alle onderdelen komen tenslotte terecht in een specifieke behuizing voor dit systeem. Op elke boei zal er dan een volledig systeem geplaatst worden, waarbij enkel de temperatuursensor en de driftdetectieconstructie contact maken met het zoute zeewater.

We bespreken alle onderdelen van het systeem uitgebreider in volgende paragrafen. Het blokschema van het concept is afgebeeld op figuur 1.

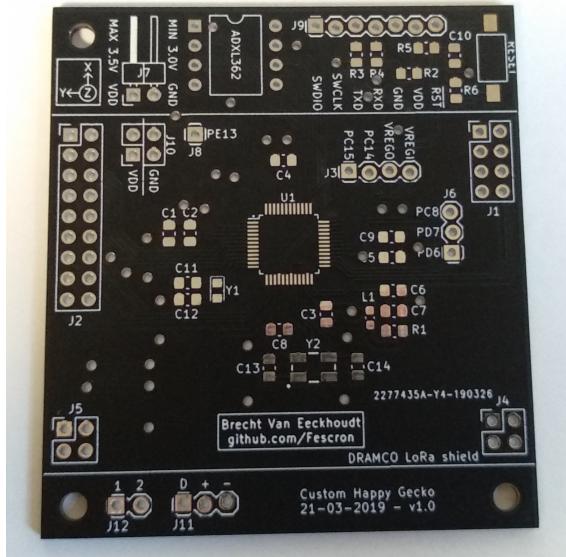


Figuur 1: Blokschema van het concept.

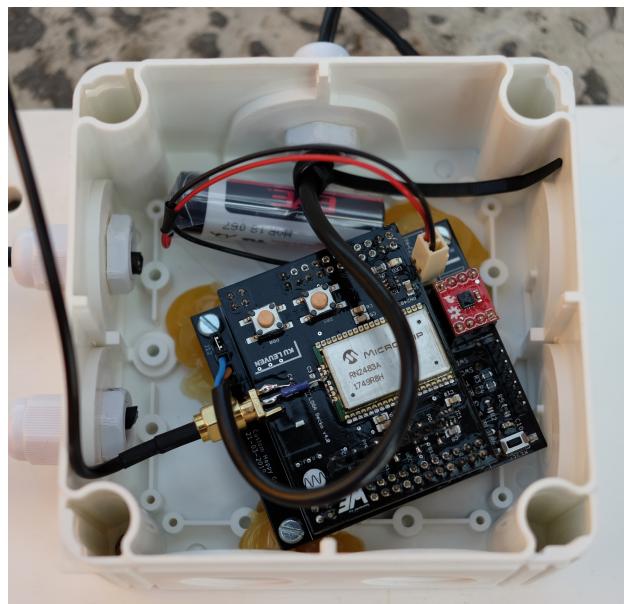
4.1 Onderdelen

4.1.1 Happy Gecko

In ons project werd geopteerd om geen gebruik te maken van een commercieel beschikbare Happy Gecko. In plaats daarvan werd een eigen Happy Gecko ontworpen. Op die manier kon het ontwerp ook aangepast worden naar de vorm van een beschikbare behuizing. Het resultaat is weergegeven op figuur 2 en 3.



Figuur 2: De zelfontworpen onbestukte PCB.



Figuur 3: Alle onderdelen tezamen.

4.1.2 Sensoren

4.1.2.1 Temperatuursensor DS18B20

Om de temperatuur van het water te meten zullen we gebruik maken van de temperatuursensor DS18B20, dewelke is afgebeeld op figuur 4. Deze sensor geeft als resultaat de digitale waarde van de temperatuur in 9 tot 12 bits. Er kan een temperatuur gemeten worden tussen -55 °C en +125 °C. De sensor is daarenboven ook waterdicht. Verdere tests zullen uitwijzen of de sensor ook bestand is tegen het zeewater. Indien zou blijken dat dit niet het geval is, wordt hiervoor een oplossing gezocht.

De sensor zal communiceren met de Happy Gecko via **OneWire**. Om energie te sparen zal slechts op bepaalde tijdstippen de temperatuur van het water gemeten worden, nl. om het uur. De Happy Gecko geeft telkens opdracht aan de sensor om de temperatuur te meten. De sensor stuurt hierop een digitale waarde naar de Happy Gecko, die deze temperatuur zal omzetten in een aantal graden Celsius zodat deze waarde naar het vaste land kan gestuurd worden en daar correct geïnterpreteerd kan worden.



Figuur 4: Temperatuursensor DS18B20.



Figuur 5: ADXL362 acceleromete op het breakoutbord.

4.1.2.2 Accelerometer ADXL362

Om de Happy Gecko, in het geval van een storm, wakker te maken uit zijn slaaptoestand zullen we gebruik maken van een ADXL362 accelerometer die een interrupt zal sturen naar de microcontroller. Dit is een ultra low power MEMS accelerometer die in drie assen de acceleratie kan meten. Deze sensor laat het ook toe om de golfslag en golf-frequentie te meten.

Voor dit labo is er gebruik gemaakt van het Sparkfun breakoutbord van deze sensor, zodat de sensor gemakkelijk aan het ontwikkelbord gekoppeld kan worden. De sensor kan gevoed worden met een spanning tussen de 1,6 V en 3,5 V en kan dus rechtstreeks verbonden worden met het development bordje. De meting van de sensorwaarde wordt digitaal doorgestuurd via SPI.

4.1.2.3 Driftsensor – eigen ontwerp

De drift van een boei zullen we detecteren aan de hand van een zelfontworpen sensor. De sensor zal bestaan uit een draad die op een bepaalde spanning gehouden wordt. Deze draad zal verwikkeld zijn in de schakels van de ketting waaraan de boei bevestigd is.

Op het moment dat een boei loskomt van zijn ketting zal de spanning op de pin waarmee de kabel verbonden is wegvalLEN (aangezien het draadje breekt) waardoor wij zullen weten dat de boei op drift is. Een extra veiligheidsmechanisme zullen we mogelijks inbouwen zodat de boei niet direct wegdrift, maar dat de boei nog enige tijd op zijn plaats blijft.

4.1.3 LoRaWAN

Om data vanop zee door te sturen naar ‘de cloud’ moet er gebruik gemaakt worden van een communicatieprotocol met twee belangrijke specificaties. De communicatie-range moet groot zijn, en de toepassing moet energieuwig werken.

LoRaWAN is een long-range wireless communicatieprotocol gebruikt om data over lange afstanden te versturen, wat dus een perfecte *match* is voor ons project. Dit is onder andere mogelijk doordat het een lage datarate (onder 50kbps) heeft. Hierdoor is LoRaWAN wel enkel een goede keuze voor energieuwige en *non-realtime* applicaties.

4.1.4 Batterij

Zoals reeds vermeld in de specificaties moet de gekozen batterij minstens 5 jaar kunnen meegaan. Het berekenen van de nodige capaciteit voor ons systeem wordt verder besproken in sectie 4.2. Hierbij wordt rekening gehouden met het verbruik van de verschillende onderdelen. Op basis van dit verbruik werd bepaald dat de capaciteit van de batterij minstens 3535 mAh moet bedragen, waarbij een veiligheidsfactor in rekening werd gebracht.

Op basis van deze waarde werd gekozen voor een 3.6 V Lithium-thionyl Chloride ER14505 batterij die niet herlaadbaar is. Deze batterij is zeer geschikt voor producten die een lange termijn moeten meegaan, heeft een goede stabiliteit en een lage zelfontlading.

4.1.5 Behuizing

Voor het ontwerp van de behuizing zullen we voornamelijk op zoek gaan naar materialen die bestand zijn tegen corrosie van het zoute water van de Noordzee. We zullen dus rekening moeten houden met de vijsjes en het materiaal waaruit de behuizing gemaakt wordt.

Het initiële plan bestond eruit om een behuizing te 3D-printen, maar in realiteit is het zeer moeilijk deze volledig waterdicht te krijgen. Tevens is PLA ook niet echt bestand tegen de zon en het zoute water.

We gingen vervolgens op zoek naar bestaande cases en vonden enkele die gebruikt worden op werven. Ze bestaan in verschillende uitvoeringen met verschillende materiaalsterktes. De betreffende case is van het merk WISKA en is volgend model: ‘COMBI® IP68 SET 1010/5 LG’. We hopen hiermee een voldoende waterdicht systeem te realiseren, hoewel dit een risico is dat we nog niet kunnen inschatten. Volledig waterdichte behuizingen lopen vrij snel op in prijs wat voor ons project niet gunstig is.



Figuur 6: De gebruikte behuizing voor ons project.

4.2 Verbruik

Na het samenbrengen van de verschillende onderdelen, werd het verbruik van het systeem nagegaan per dag voor zowel in actieve mode als in sleep mode. Tabel 1 geeft voor elk onderdeel het verbruik weer in de actieve mode, tabel 2 indien het systeem in sleep mode is. Deze waarden werden bepaald met een voedingsspanning van 3.3 V.

Tabel 1: Tabel met het verbruik per dag van het systeem in actieve mode

	Actieve tijd/dag [s]	Stroomverbruik [mA]	Energie [J/dag]
Happy Gecko	123,2	5,52	2,244
ADXL362	115,2	0,00337	0,00128
DS18B20	24	2	0,158
LoRaWAN	22,4	14,5	1,0718

Het totale energieverbruik per dag in actieve mode bedraagt dan 3.473 J/dag.

Tabel 2: Tabel met het verbruik per dag van het systeem in sleep mode

	Slaaptijd/dag [s]	Stroomverbruik [μ A]	Energie [J/dag]
Volledig systeem	86,3E+03	4,06	1,16

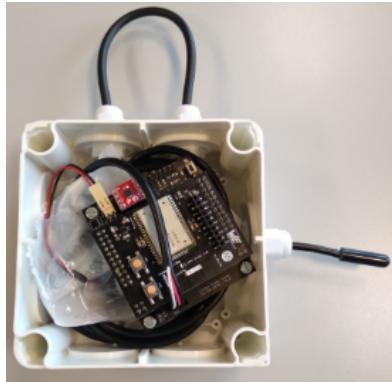
Het totale energieverbruik per dag in sleep mode bedraagt dan 1.16 J/dag.

Het totale energieverbruik per dag bedraagt dus voor het gehele systeem 4.633 J/dag.

In de specificaties werd vooropgesteld dat de batterij minstens 5 jaar moet meegaan. Voor deze 5 jaar bedraagt het totale energieverbruik dan 8455.225 J. Dit komt neer op een nodige batterijcapaciteit van 707 mAh voor 5 jaar. Houden we hier rekening met een veiligheidsfactor van 5 dan bekomen we een nodige batterijcapaciteit van 3535 mAh.

4.3 Eindresultaat

Ten slotte werden de Happy Gecko, de sensoren, de batterij en de behuizing samen gebracht tot één geheel. Het resultaat hiervan is weergegeven op figuur 7.

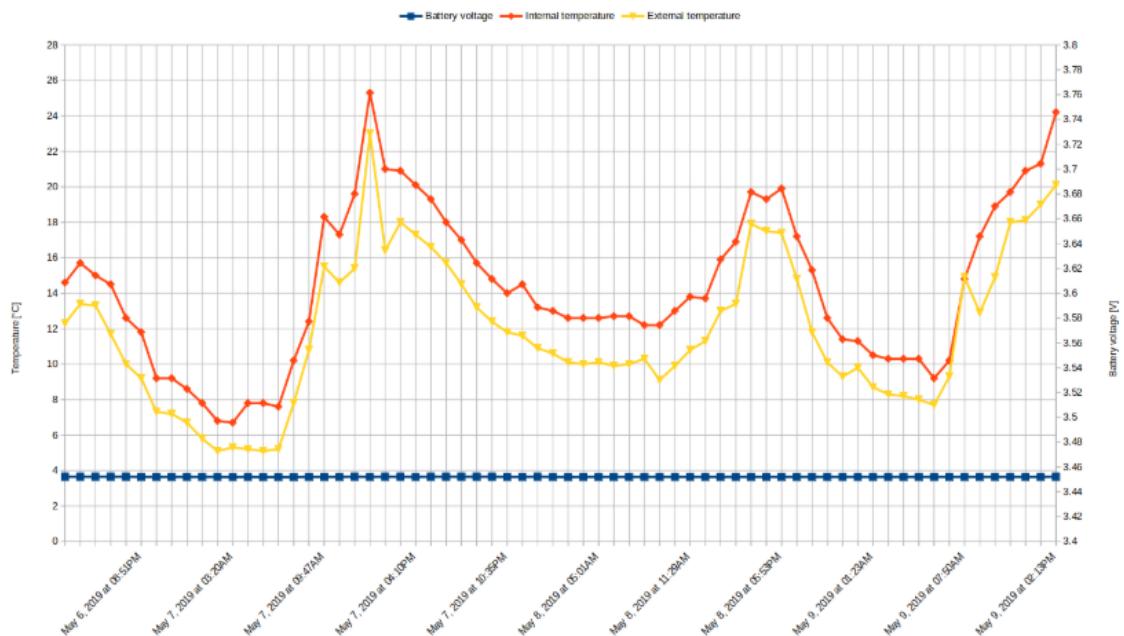


Figuur 7: Eindresultaat van het project.



Figuur 8: Illustratie van een eerste testmeting

Alvorens dit systeem te bevestigen op een boei, werden reeds enkele metingen uitgevoerd door de module buiten op een dak te leggen, om zo al blootgesteld te worden aan de omstandigheden van buiten. Dit is te zien op figuur 8. De gemeten gegevens werden zoals voorzien door gestuurd via LoRaWAN en worden weergegeven op de grafiek op figuur 9.



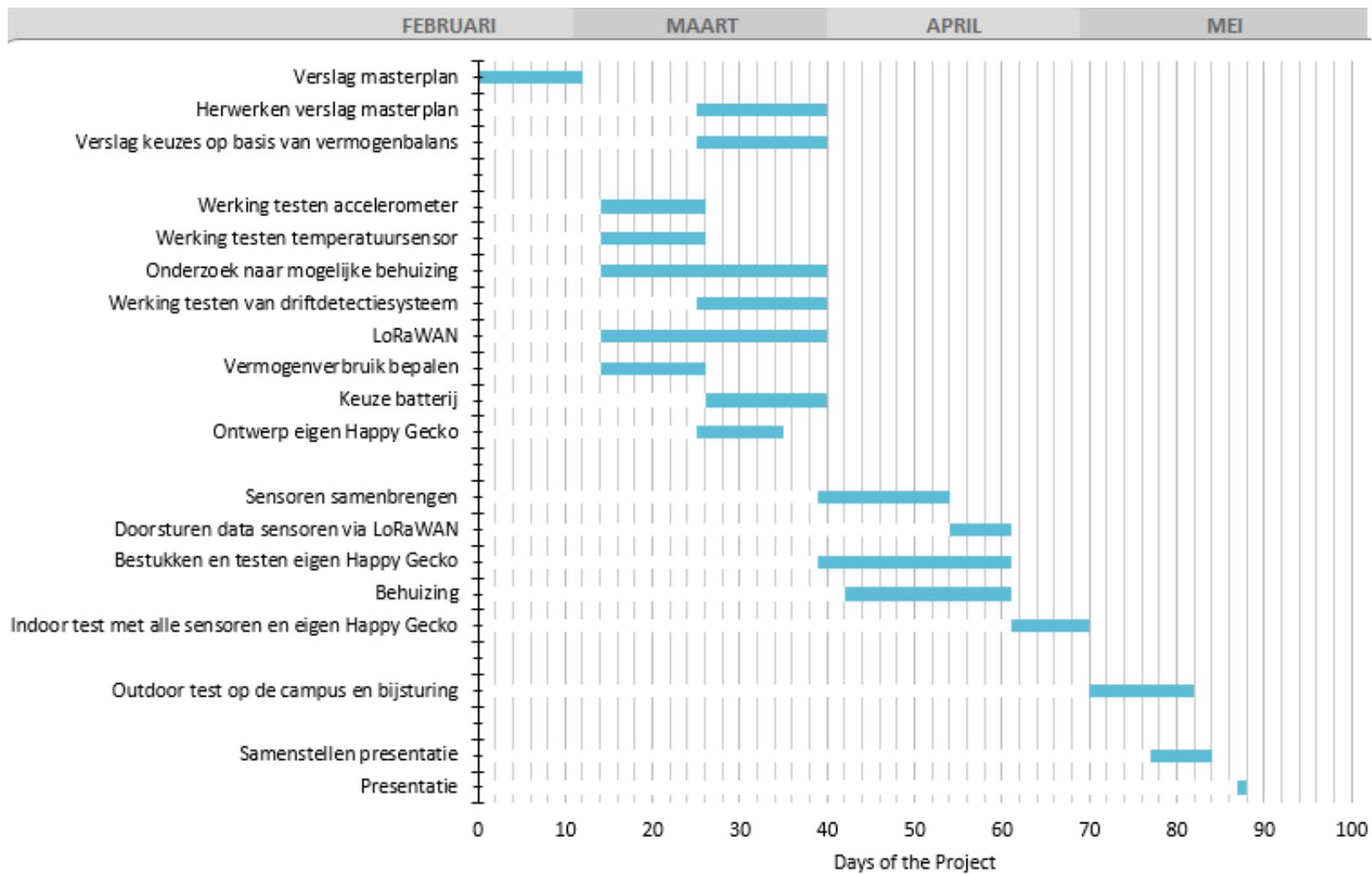
Figuur 9: Grafiek van de ontvangen metingen voor enkele dagen.

4.4 Planning

Op volgende figuren is een overzicht gegeven van de planning van het project. Hierbij is steeds vermeld wat er moet gebeuren en hoeveel tijd we hieraan denken te spenderen. Voor elke taak is ook een eindverantwoordelijke aangesteld.

TAAKBESCHRIJVING	START DATUM	EIND DATUM	VERANTWOORDELIJK TEAM LID
Uitdenken concept, opstellen masterplan en kiezen van componenten			
Verslag masterplan	18/02/2019	1/03/2019	Sarah
Herwerken verslag masterplan	15/03/2019	29/03/2019	Sarah
Verslag keuzes op basis van vermogenbalans	15/03/2019	29/03/2019	Sarah
Uittesten van de verschillende aparte onderdelen, werking controleren en debuggen			
Werking testen accelerometer	4/03/2019	15/03/2019	Brecht
Werking testen temperatuursensor	4/03/2019	15/03/2019	Sarah
Onderzoek naar mogelijke behuizing	4/03/2019	29/03/2019	Matthias
Werking testen van driftdetectiesysteem	15/03/2019	29/03/2019	Matthias
LoRaWAN communicatie opzetten	4/03/2019	29/03/2019	Benjamin
Vermogenverbruik bepalen	4/03/2019	15/03/2019	Arno
Keuze batterij	16/03/2019	29/03/2019	Benjamin
Ontwerp eigen Happy Gecko	15/03/2019	24/03/2019	Brecht
Samenbrengen van de verschillende onderdelen tot één geheel, werking controleren en debuggen			
Sensoren samenbrengen	29/03/2019	12/04/2019	Sarah
Doorsturen data sensoren via LoRaWAN	13/04/2019	19/04/2019	Benjamin
Bestukken en testen eigen Happy Gecko	29/03/2019	19/04/2019	Brecht
Behuizing	1/04/2019	19/04/2019	Matthias
Indoor test met alle sensoren en eigen Happy Gecko	20/04/2019	28/04/2019	Brecht
Eerste outdoor test			
Outdoor test op de campus en bijsturing	29/04/2019	10/05/2019	Brecht
Presentatie			
Samenstellen presentatie	6/05/2019	12/05/2019	Arno
Presentatie	16/05/2019	16/05/2019	Arno

Figuur 10: Overzicht van het werk in de tijd.



Figuur 11: Overzicht van het werk in de tijd.

4.5 Risico's

Op volgende tabel lijsten we de mogelijke risico's op met mogelijke bijhorende oplossingen.

Tabel 3: Mogelijke risico's en bijhorende oplossingen.

Mogelijk risico	Mogelijke oplossing
Eigen Happy Gecko werkt niet.	Gebruik maken van een Happy Gecko van Silicon Labs.
Behuizing is niet waterdicht.	Kleine aanpassingen aanbrengen zodat systeem toch waterdicht is. Eventueel zoeken naar waterdichte alternatieven.
Ons systeem blijkt niet zoutbestendig.	In de toekomst uitgebreidere research doen.
Kosten zijn hoger dan verwacht.	Kosten zoveel mogelijk proberen te beperken, eventueel zoeken naar alternatieven.
Sensoren werken niet zoals voorzien.	Nieuwe sensor gebruiken of eventueel een andere sensor kiezen.
Een teamlid is ziek.	We verdelen de taken over de overige teamleden.

4.6 Kostenanalyse

- De NRE-kosten zijn 0 aangezien er geen lonen in rekening worden gebracht.
- Variabele kost:
 1. Eigen Happy Gecko – 6 euro
 2. Temperatuursensor – 10 euro
 3. Accelerometer – 15 euro
 4. Driftdetector – 1 euro
 5. LoRa-module – 10 euro
 6. Batterij – 12 euro
 7. Behuizing – 10 euro

Totaal: 64 euro

- Testkost – 0 euro daar er geen lonen in rekening worden gebracht.
- Tijd tot eerste prototype – 2 maand
- Tijd tot eerste product – 3 maand
- Tijd tot massaproductie – niet van toepassing

4.7 Communicatie

Om tijdens het project een goede communicatie te hebben in het team wordt gebruik gemaakt van een groepschat op **Facebook Messenger**. Documenten worden hier eveneens in gedeeld en er wordt ook gebruik gemaakt van **Google Drive** en **Overleaf**. De groep spreekt op regelmatige basis af om de voortgang te bespreken. Dit gebeurt enerzijds om de twee weken tijdens een labozitting en anderzijds op een moment gekozen door het team zelf. Binnen het team is er ook een verantwoordelijke aangesteld om te communiceren met professoren en om bestellingen door te geven.

Referenties

- [1] Github, *Project Labo Embedded System Design 1*,
<https://github.com/Fescron/Project-LabEmbeddedDesign1>
- [2] Github, *Project Labo Embedded System Design 2*,
<https://github.com/Fescron/Project-LabEmbeddedDesign2>
- [3] DS18B20, *DS18B20 datasheet*,
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>