Overdrachtsdocumentatie

Lora-Telemetrie-Station

**Arjan Ruigrok  
Benito Wildeman**Versie 1.0 – Rotterdam

**Hogeschool Rotterdam** Adres: Wijnhaven 107 3011WN,  
Overdrachtsdocumentatie Lora-Telemetrie-Station Rotterdam

**Leerjaar**2019-2020

Inhoud

[Begrippenlijst 3](#_Toc31525636)

[Inleiding 5](#_Toc31525637)

[Projectsomschrijving 5](#_Toc31525638)

[Opdrachtgever 6](#_Toc31525639)

[Doelgroep 7](#_Toc31525640)

[Vooronderzoek 8](#_Toc31525641)

[Ontwerp & Prototype fase 9](#_Toc31525642)

[Werkwijze 9](#_Toc31525643)

[User stories 9](#_Toc31525644)

[Prioriteit definiëring 10](#_Toc31525645)

[Module indeling 11](#_Toc31525646)

[Golfslag & Ruwheid + Eb & Vloed + Waterdiepte bepaling 12](#_Toc31525647)

[Implementatie - basisfuncties 13](#_Toc31525648)

[Implementatie – presentatie 15](#_Toc31525649)

[Softwarebenodigdheden 15](#_Toc31525650)

[Hardware configuratie 15](#_Toc31525651)

[Testfase & resultaten 17](#_Toc31525652)

[Conclusie 20](#_Toc31525653)

[Bijlagen 22](#_Toc31525654)

[Bijlage 1. Samenwerkingscontract 22](#_Toc31525655)

[Bijlage 2. Poster eindmarkt LoRa boei 24](#_Toc31525656)

[Bijlage 3. Vooronderzoek dieptebepaling 25](#_Toc31525657)

[[TITEL KOP 3] 34](#_Toc31525658)

[[TITEL KOP 2] 34](#_Toc31525659)

[[TITEL Kop 3] 34](#_Toc31525660)

# Begrippenlijst

Om alle concepten en jargon te kunnen begrijpen die binnen dit document wordt genoemd is er een begrippenlijst bijgevoegd.  
Indien er verwezen wordt naar een begrip in de lijst zal er altijd een \* teken achter het betreffende woord staan. Soms staan er binnen de begrippenlijst ook \* tekens, dit betekent dan dat er verwezen wordt naar een woord binnen de lijst.

|  |  |
| --- | --- |
| Begrip | Betekenis |
| Aanslibbingsproces | Het aanwassen van grond langs de oevers van een rivier |
| Accelerometer | Sensor\* die de versnelling van een object kan meten |
| Actuator | Toestel dat invloed kan uitoefenen op zijn omgeving (denk hierbij aan een motor) |
| AES128 encryptie\* | Advanced Encryption Standard 128-bit key, een encryptiestandaard die versleuteld is met een 128-bit sleutel |
| Analoog | Een meting met een eindig aantal (in theorie) traploze waarden in een continuüm. In de digitale wereld is dit echter vaak een meting met een waarde tussen de 0 en 1023 met stappen van 1 (afhankelijk van de nauwkeurigheid) |
| Cellulair bereik | Mobiel bereik, denk hierbij aan H+, 2G, 3G en/of 4G enz. |
| Code Checklist | Checklist waaraan een stuk code, of module aan onderworpen moet worden voordat er goedkeuring tot implementatie\* kan plaatsvinden |
| Debiet | De hoeveelheid doorstromend medium (vloeistof of gas) in m3/seconde |
| Decryptie | Het ontsleutelen van d.m.v. encryptie versleutelde data. (terug naar plaintext omzetten) |
| Dieptebepaling | Het proces van bepaling van de waterdiepte |
| Digitaal | Een meting waar maar 2 mogelijkheden zijn namelijk, 1 of 0 (aan/uit of waar/niet waar. Er zijn geen tussenwaardes |
| Encryptie | Het coderen (versleutelen) van data op basis van een wiskundig algoritme, deze encryptie kan later met de juiste sleutel weer ge-decrypt\* worden |
| Financiele eisen | Eisen waaraan een product, of module moet voldoen vanuit financieel (budgettair) oogpunt |
| Functionele eisen | Eisen waaraan een product, of module moet voldoen vanuit functioneel oogpunt. Dus wat moet het product of module kunnen doen, en wat zijn de voorwaarden die hieraan gebonden zijn |
| Fysieke eisen | Eisen waaraan een product, of module moet voldoen vanuit fysiek oogpunt. Dus wat moet het product of module kunnen weerstaan als omgeving, denk hierbij aan windvlagen van 100km/u of continue blootgesteld worden aan regen en/of spatwater. |
| Golfdal | Het laagste punt van een golfbeweging |
| Golfhoogte | De afstand tussen het golfdal\* en de golftop\* |
| Golflengte | De lengte van een op en neer gaande golfbeweging |
| Golfslag | Deinende beweging van water |
| Golftop | Het hoogste punt van een golfbeweging |
| Gyroscoop | Sensor\* die de hoeksnelheid\* van een object kan meten |
| Hoeksnelheid | De afgeleide van een doorlopen hoek (gemeten in radialen per seconde) |
| Implementatie | Planmatige invoering van een vernieuwing, of verandering |
| IP56 | Ingress protection rating, een gestandaardiseerd systeem om water en stofdichtheid te meten in (elektronische) apparaten. IP56 houdt in:   * Stofdicht tot een niveau waarop het stof wat wel kan binnendringen geen invloed heeft op de correcte werking van een product (5) * Waterdicht tot een niveau waarop waterstralen die direct op het product werken geen penetratie kunnen bereiken (6) |
| LPWAN | Verzamelnaam voor low-power wide-area (laag stroomverbruik, groot bereik) draadloze netwerken |
| LoRa netwerk | Kort voor Long Range, een low-power wide-area network (LPWAN) |
| Meanderen | Bochtig door het landschap kronkelen van een rivier |
| N.A.P. | Normaal Amsterdams Peil, een universele vastgestelde basiswaarde om de waterhoogte relatief aan te kunnen bepalen. |
| Plaintext | Data die in niet versleutelde (encryptie\*) vorm over het netwerk wordt verstuurd |
| Plug&Play | Term die wordt gebruikt om aan te geven dat installatie of gebruik van een product zo simpel is als kabeltjes erin steken en het werkt |
| Sensor | Meetinstrument wat bijvoorbeeld temperatuur, waterstand etc. kan vastleggen |
| Stroming | Stroomrichting en debiet\* van een bewegend lichaam van water |
| Telemetrie | Het op afstand meten van bepaalde parameters |
| Use Case | Beschrijving van “wie” met een betreffend systeem “wat” kan doen |
| Waterdiepte | De afstand tussen het wateroppervlak\* en de bodem |
| Waterhoogte | De hoogte van het wateroppervlak ten opzichte van een vastgestelde norm (N.A.P.\*) |
| Wateroppervlak | Bovenkant van het water |

# Inleiding

­­­­­­ Dit document is opgesteld ter verduidelijking en ter instructie om het estafetteproject LoRa-Telemetrie-Station van de opleiding Technische Informatica aan de Hogeschool Rotterdam leerjaar 2019-2020 met succes te kunnen overdragen aan de opvolgende projectgroep(en).

De eerste paar paragrafen zullen zich focussen rondom het informeren wat het project nou precies inhoudt. Wat het probleem is, en waarom er een oplossing voor bedacht moest worden.

Vervolgens volgt het literair onderzoek wat is verricht om het probleem verder te analyseren. Aan de hand van deze analyse is er een hoofdvraag, en meerdere deelvragen geformuleerd. Deze deelvragen zijn zo geformuleerd dat ze allemaal nodig zijn om uiteindelijk antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag.  
Door deze opbouw is er doormiddel van stapsgewijs door het onderzoek te lopen eenvoudig te begrijpen waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt. Mocht dit niet het geval zijn zal er ook altijd gespecificeerd staan waarom een bepaalde keuze gemaakt is.

Tot slot zal dan de realisatiefase volgen. In deze paragrafen zal de werking van eventuele prototypes en/of modules worden beschreven. Tevens zal relevante informatie zoals het samenwerkingscontract, testplannen, handleidingen en specificaties worden vrijgegeven, en synchroon met dit document gepubliceerd worden. Deze zijn o.a. te vinden aan het eind van dit document onder het hoofdstuk bijlagen.

Het samenwerkingscontract wat opgesteld is om te bepalen hoe er binnen het projectteam gehandeld wordt is tevens bijgevoegd.

# Projectsomschrijving

Het doel van het project kan worden opgesplitst in meerdere onderdelen. Deze onderdelen hebben allemaal directe betrekking tot het primaire doel. Het primaire doel is namelijk het vastleggen en in beeld brengen van het meande­ren van rivieren. Dit proces kan worden beschreven als de verandering in de stroomrichting van een rivier gedurende de hele levensduur van een rivier. Het concept achter meanderen is dat een rivier begint als een redelijk steile rechte rivier, en naarmate de tijd verstrijkt zal de rivier steeds kronkeliger en minder steil worden.

De reden dat een rivier dit gedrag vertoont is gebaseerd op het aanslibbingsproces. Dit proces kan beknopt worden beschreven als het langzaam ophogen van de rivierbodem op bepaalde plekken. Doordat dit een bepaalde dynamische werking aanneemt samen met de rivier zal dit proces constant plaatsvinden, en zal de rivier dus altijd veranderen, tenzij hier maatregelen tegen worden genomen. Meanderen kan alleen plaatsvinden op plekken waar geen maatregelen zijn genomen hiertegen. Deze maatregelen kunnen we in de westerse wereld niet wegdenken uit het beeld van een rivier. Dijken, dammen, havens en dokken zijn allemaal voorbeelden van maatregelen die genomen worden dat onze rivieren blijven stromen hoe wij willen dat ze stromen.

Dit is echter niet overal vanzelfsprekend, en dikwijls is er in het nieuws te zien dat een rivier overstroomt is waardoor er weer maatregelen genomen moeten worden voor alle gevolgen van dien. Mensen raken hun huizen kwijt, of komen zelfs ten overlijden.

Dit zijn allemaal kostbare rampen, en zouden voorkomen kunnen worden indien er een redelijk systeem voor in plaats komt.

De productvisie die de opdrachtgever dan ook bij dit product in ogen had was een product dat universeel inzetbaar was in meerdere klimaten, en door verschillende soorten instanties.

Zoals hierboven te lezen is zijn er dus meerdere oorzaken waarom dit proces in kaart gebracht moet worden. De hoop is dat door het proces zo goed mogelijk in kaart te brengen er in de toekomst voorspellingen gedaan kunnen worden van ditzelfde proces in andere rivieren. Om zo met relatief lage kosten de toekomstige meandering van een rivier nauwkeurig te kunnen bepalen, en hier indien nodig op in te kunnen grijpen. Bovendien zal er door een telemetrie systeem bij kunnen worden gehouden in hoeverre toegepaste oplossingen effectief zijn.

Kort beschreven is het dus zaak dat er zoveel mogelijk data wordt bijgehouden die van invloed zou kunnen zijn op dit algehele proces.

Enkele voorbeelden van deze data zou zijn:

Golfslag, stroming, waterdiepte en/of temperatuur.

De daadwerkelijk complete telemetrieomschrijving is echter te vinden in de literaire onderzoeksparagrafen.

### Opdrachtgever

De opdrachtgever van dit project is Leo Romijn. Leo is een docent bij de opleiding CMGT op de Hogeschool Rotterdam. Het project komt in feite van een collega van hem in het buitenland die een start-up is begonnen, maar omdat het contact moeizaam zou verlopen vervult Leo de rollen van opdrachtgever en aanspreekpunt betreffende de financiële en facilitaire voorzieningen.

Tevens zijn er vanuit eerdere ervaringen eisen en wensen vanuit de opdrachtgever doorgespeeld richting de projectgroep. Deze eisen en wensen zijn later in dit document terug te vinden tussen de kwaliteits- en functionaliteitseisen in het literaire onderzoek.

### Doelgroep

De doelgroep die de opdrachtgever voor ogen had, is in dit geval een start-up in een ontwikkelingsland. Dit is een belangrijk gegeven omdat er hierdoor extra factoren komen kijken bij het ontwerpen en ontwikkelen van het product.

De uiteindelijke algemene doelgroep van het te realiseren product is een groep die zeer divers is, en kan niet eenduidig beschreven worden. Voorbeelden van doelgroepen zouden kunnen zijn: overheden, scholen en/of universiteiten, of zelfs particulieren.

Het product moet bruikbaar zijn voor eenieder die het proces wenst te documenteren. Hierbij is niet een vaste doelgroep te bedenken wie hier belang aan heeft, en daar is vanaf dag 1 rekening mee gehouden. Een voorbeeld van de maatregelen die hiervoor getroffen zijn, is de modulariteit waar later meer over gesproken zal worden.

Doordat wij voor een opdrachtgever werken zijn er wel enkele specificaties gegeven voor de omstandigheden waarin het product inzetbaar moet zijn.

* Gebrek aan basisvoorzieningen, denk hierbij aan een netwerkverbinding, of stroomnetwerk.
* Slecht bereikbare locaties zoals jungles en rivierdelta’s.

# Vooronderzoek

Er is gedurende dit project naar een doel toegewerkt, namelijk het ontwerpen en realiseren van een telemetrie-station. De hoofdvraag van dit project kan dan ook worden beschreven als

“Welke functionaliteiten en features moet een datastation over beschikken om het proces van meanderen succesvol en accuraat autonoom te kunnen observeren en vastleggen”

Om te kunnen bepalen wat het product allemaal moet kunnen qua functionaliteiten dient er eerst duidelijk in beeld te komen wat de processen zijn die een invloed hebben op de meandering van een rivier. Doordat we hier spreken over een proces wat afhankelijk is van meer dan een factor, moeten we dus eerst bepalen wat al deze factoren zijn, en in hoeverre zij een relevante invloed hebben op het geheel.

Om dit zo goed mogelijk uit te voeren zijn er meerdere literaire onderzoeken uitgevoerd, en deze zijn samengevat terug te vinden in het document “Vooronderzoek meanderen.pdf”

De conclusie die eruit is gekomen kan worden samengevat als volgt:

*De primaire factoren die een invloed hebben op de meandering zijn*

* *Stroming*
* *Waterpeil*
* *Golfslag*
* *Troebelheid van het water*

# Ontwerp & Prototype fase

## Werkwijze

Doordat er aanvankelijk met SCRUM is gewerkt met sprint periodes van 2 weken zijn alle eisen en wensen vanuit de opdrachtgever(s) en stakeholder(s) omgevormd tot User Stories die ook “smart” gemaakt zijn.

## User stories

|  |  |
| --- | --- |
| Als Product Owner wil ik dat… | |
| De golfslag\* gemeten kan worden, en beschreven kan worden als wiskundige functie | Zodat er bijgehouden kan worden wat voor effect dit heeft op het aanslibbingsproces | |
| De stroming\* van het water gemeten kan worden | Zodat er bijgehouden kan worden wat voor effect dit heeft op het aanslibbingsproces | |
| De vastgelegde data via het LoRa netwerk verzonden kan worden over een Long Range afstand (minimaal 10-20km) | Zodat het product ingezet kan worden op locaties die niet direct bereikbaar zijn voor mensen, en waar er geen WiFi, of cellulair-bereik\* is | |
| Het product autonoom\* inzetbaar is in slecht bereikbare gebieden waar geen/weinig voorzieningen zoals stroom en netwerkbereik zijn | Zodat ik het product kan inzetten op plekken waar regelmatig onderhoud niet mogelijk zou zijn | |
| Het product laag (budget 75 euro) in kosten blijft | Zodat het niet financieel aantrekkelijk is om het product te stelen, of te beschadigen | |
| Het product modulair is opgebouwd (losse modules die uitwisselbaar zijn) | Zodat ik functionaliteiten kan weglaten of toevoegen indien hier een behoefte voor ontstaat | |
| Het product, en alle eventuele losse modules getest zijn op IP56\* water- en stofdichtheid | Zodat het product veilig is om te gebruiken in/om een omgeving van een rivier | |
| De data die verstuurd wordt via het LoRa netwerk EAS128\* versleuteld is | Zodat de data die verstuurd wordt niet plaintext\* af te luisteren valt via het netwerk door hackers | |
| Een systeem in plaats komt wat de aanwezigheid van water kan detecteren binnen het product | Zodat er in geval van een lek een signaal kan worden gestuurd naar de gebruiker dat er onderhoud dient plaats te vinden | |
| Het product foutmeldingen kan geven bij een defect van een, of meerdere sensor(s) | Zodat er in het geval van een defect een signaal kan worden gestuurd naar de gebruiker dat er onderhoud dient plaats te vinden | |
| Er zo veel mogelijk digitale\* sensoren worden gebruikt waar mogelijk | Omdat hier in het verleden met analoge\* sensoren problemen zijn ondervonden met kalibratie en/of slijtage van de sensoren | |

|  |  |
| --- | --- |
| Als Gebruiker wil ik dat… | |
| Het product simpel in intuïtief in gebruik is | Zodat ik het product zonder te veel speciale kennis correct kan gebruiken | |
| Alle functionaliteiten en features in een handleiding beschikbaar zijn | Zodat ik altijd terug kan lezen hoe ik een bepaalde functie correct kan gebruiken | |
| Het product inzetbaar is in meerdere klimaten en/of omstandigheden | Zodat ik niet voor elk klimaat een ander product zou moeten aanschaffen | |

|  |  |
| --- | --- |
| Als Ontwikkelaar wil ik dat… | |
| De code modulair is opgebouwd | Zodat modules kunnen worden weggelaten, of toegevoegd indien er vraag ontstaat naar een inschaling of uitbreiding | |
| De hardware modulair is ontworpen | Zodat hardware modules kunnen worden weggelaten of toegevoegd indien er vraag ontstaat naar een inschaling of uitbreiding | |
| De code conform industriestandaards is ontwikkeld zoals camelCase of snake\_case | Zodat het eenvoudig is voor opvolgende ontwikkelaars om het werk voort te zetten op een correcte wijze | |
| Dat het product een nominaal voltage van 5 volt heeft | Zodat interfacing met eventuele microcontrollers ter uitbreiding zo simpel is als plug&play\* | |
|  |  | |
|  |  | |
|  |  | |

### Prioriteit definiëring

In sagittis, lorem vitae tincidunt aliquam, felis sapien sagittis magna, sit amet ornare dui massa nec massa. Phasellus dignissim vel arcu nec rutrum. Fusce sed iaculis massa. Nunc velit orci, rhoncus a sem quis, accumsan blandit ligula. In et odio eu lorem commodo sodales id quis purus. Vestibulum ut placerat quam. Duis eget pellentesque diam.

## Module indeling

In het vooronderzoek is vastgesteld dat de primaire factoren die een rol spelen bij het meanderen samen te vatten zijn als:

* Stroomsnelheid van het water
* Stroomrichting van het water
* Golfslag & ruwheid van het water
* Eb & vloed ritme
* Temperatuur
* Troebelheid van het water

Deze zaken zijn dus van belang om bijgehouden te worden. Echter kunnen enkelen van deze onderwerpen samen gegroepeerd worden tot modules. Onder een module wordt verstaan een stuk code, of een deel van de hardware die dezelfde, of een heel erg overeenkomende functie uit dient te voeren.

Op basis van de functionaliteit is daarom besloten het project op te delen in 5 overkoepelende modules, namelijk:

1. Golfslag & Ruwheid + Eb & Vloed + Waterdiepte bepaling
2. Stroomsnelheid & Stroomrichting bepaling
3. Temperatuur & Randdata zoals luchtvochtigheid etc. (weerstation functionaliteiten)
4. Stroomvoorziening
5. LoRa Communicatie

De modules die behandeld zijn binnen deze projectsperiode waren origineel in overleg met de opdrachtgever vastgesteld. De opdrachtgever had besloten dat module 1, 2 & 5 binnen de scope zouden komen te liggen.  
Door enige problematiek die halverwege het project een keerpunt hadden bereikt in de vorm van een escalatie hogerop, is de keuze gemaakt de groep te splitsen. Hierdoor is de scope afgezakt naar enkel module 1 & 2.  
Module 1 is volledig onderzocht, en grotendeels geïmplementeerd. Module 2 is echter nooit verder gekomen dan het testen van de sensoren. Er is daar dus geen werkend prototype van.

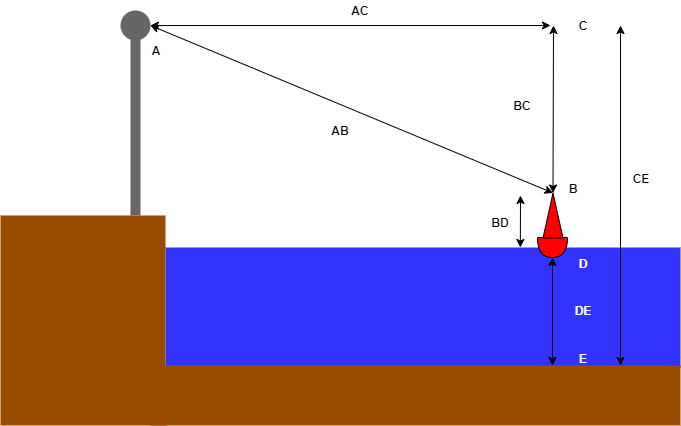
## Golfslag & Ruwheid + Eb & Vloed + Waterdiepte bepaling

Het bijbehorende onderzoek wat uitgevoerd is, als bijlage aan dit document toegevoegd. Indien er nog onduidelijkheden zijn zal dit document ze verhelpen. Zie **Bijlage 3.**  
  
Er is besloten een drijver (boei) op het wateroppervlak te laten drijven, deze arm zal via een draaibare arm bevestigd worden aan een verankeringspunt op een paal. Dit is besloten zodat er een referentiewaarde ontstaat. Deze referentiewaarde is nodig om het verschil in hoogte te kunnen bepalen ten opzichte van een vast punt. (Punt A in de onderstaande afbeelding)  
Deze referentiewaarde wordt onder andere gebruikt tijdens het meten van de waterdiepte en het meten van de golfperiode etc.

De keuze om het een arm te maken is gemaakt zodat het product schaalbaar is naar wens van de gebruiker. Een rivier met een groot hoogteverschil heeft uiteraard een langere arm nodig dan een rivier die tussen de getijden maar enkele centimeters scheelt.

Er zit aan de onderkant van de drijver een ultrasoon sensor bevestigd om de afstand tot de bodem te kunnen bepalen.

De boei is op verschillende plekken te verankeren. Zowel vanaf de kant, als in het water zelf, op de onderstaande afbeelding is een dergelijke setup afgebeeld vanaf de kant.

  
Dezelfde afbeelding, samen met een uitleg wat alle letters erbij betekenen, en de precieze werking van de boei zijn te vinden in de bijlagen.

### Implementatie - basisfuncties

Deze paragraaf beschrijft de werking van de code zoals die is opgeleverd.

De code heeft op dit moment nog niet zo heel veel functies. Dit komt voornamelijk omdat er slechts 1 module gerealiseerd is, en dat is een module die eigenlijk alleen ruwe data uitleest en ze later door zou sturen via LoRa. Om ze op een rijtje te zetten zijn de huidige functionaliteiten:

**Golfbeschrijving opbouwen** - meet een minuut lang de golfslag een gemiddelde waterhoogte. Hierbij houdt hij bij wat de hoogste waarde is (top) en de laagste waarde (dal). In totaal komt er een array uit met daarin 123 waardes.   
120 hoogtemetingen die verricht zijn  
1 hoogste punt  
1 laagste punt  
1 gemiddelde waterhoogte

**Waterdiepte meten** – meet op een willekeurig moment (wanneer hij aangeroepen wordt) de gemeten waterdiepte via de ultrasone sensor en geeft de waarde terug.

Er zijn een aantal functies gemaakt voor de berekeningen die het product tijdens het meten van de waterdiepte en golfslag vaak gebruikt worden namelijk:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Functienaam ( parameters [ type ] ) | functionaliteit | Returnwaarde [ type ] |
| measureUltrasonicDistance(); | Stuurt een signal naar de ultrasoon sensor voor een ping request. | De gemeten afstand van de sensor [INT] |
| radToDeg(input[float]); | Omrekenen van radialen naar graden | Graden[float] |
| radToDeg(input[float]); | Omrekenen van graden naar radial | Radialen[float] |
| doCalibrationSequence(); | Start het (her)kalibratie algoritme om de gyroscoop correct in de stellen op 0 graden | N.V.T. |
| testForCalibrationButtonPress();  testForMeasure120ButtonPress(); | Functies die tijdens het testen worden gebruikt om functionaliteiten te triggeren | N.V.T. |
| measure120(); | Triggered het algoritme wat 120 keer de waterhoogte meet met een frequentie van 0.5hz en deze in een array stopt en opslaat. | N.V.T. |
| getAngle(); | Geeft de instructie om de nieuwe waardes uit de gyroscoop registers op te halen. | N.V.T. |
| sendDataToSerial(); | Geeft de instructie om de gemeten waardes van de gyroscoop en ultrasoon sensor te versturen via serial | N.V.T. |

Opmerkingen:

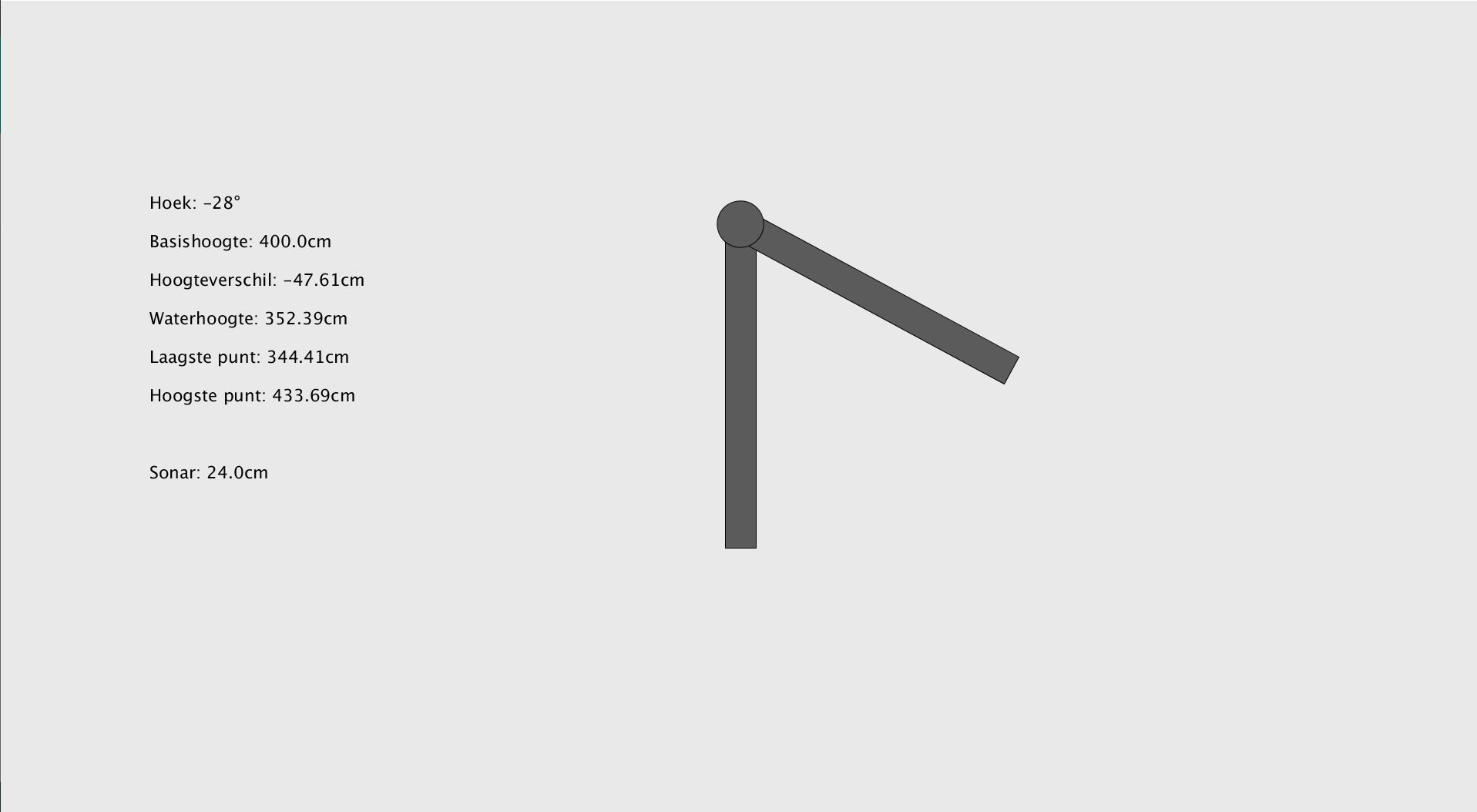
* In de code is gebruik gemaakt van de library NewPing 1.8 van Tim Eckel. Deze library is tevens aangepast om i.p.v. de snelheid van geluid in lucht, de snelheid van geluid in water te gebruiken.

De huidige code volgt een standaard algoritme. Dit algoritme heeft een start en een hoofdprogramma. Het hoofdprogramma start pas wanneer de startup compleet is, en de sensor gekalibreerd is.  
Hieronder zijn de bijbehorende flowcharts van beide te zien.

|  |  |
| --- | --- |
| startup | main |
|  | ­­­ |

### Implementatie – presentatie

Omdat het slechts een module is van het grote geheel, en de module die de softwarecommunicatie zou gaan regelen er nog niet is. Hebben wij een simpele software geschreven die de gemeten waardes kan uitlezen, en deze overzichtelijk laat zien op het beeldscherm.

Deze code is dus zeker niet definitief, en zeer tijdelijk van aard. Om de code te kunnen draaien is het programma Processing, van de Processing Foundation benodigd.

In de software is te zien:

* Hoek van de arm
* De referentiewaarde
* Het hoogteverschil tussen de drijver en de referentiewaarde
* Waterhoogte
* Laagst gemeten punt
* Hoogst gemeten punt
* Afstand die de ultrasoon sensor meet

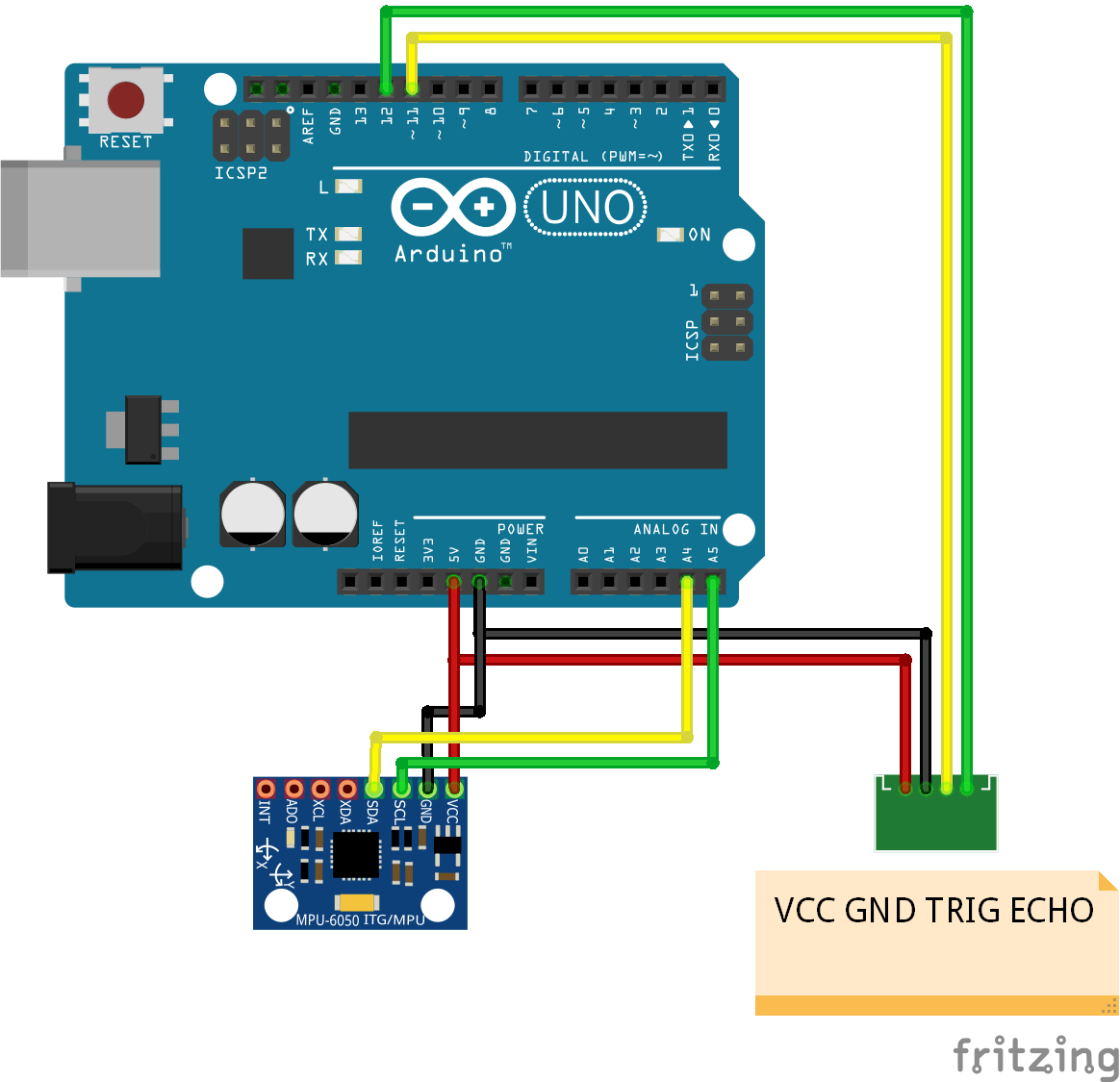
Softwarebenodigdheden  
Hieronder is een lijst te vinden met alle softwarespecificaties die gebruikt zijn tijdens het ontwikkelen en testen van de software.

* Arduino, versie 1.8.10
* Processing, versie 3.5.4.

Hardware configuratie  
De hardware in dit stadium van het ontwerpproces is nog vrij minimaal. Het bestaat totaal uit:

* GY-521 gyro&accelerometer
* JSN-SR04T
* Arduino UNO Rev3­­­­­

Deze zijn volgens het volgende schema aangesloten op elkaar.  
Waarom deze Arduino? Het prototypeboard wat geschikt is voor LoRa,  
(lora.rev1.1 Entropy Electronics) waar wij het product rondom ontwikkelen is gebaseerd op een Arduino UNO, en is volledig compatible met dit model Arduino.

De hardware is als volgt aangesloten op de microcontroller

|  |  |
| --- | --- |
| **GY-521** VCC | 5v GND | GND SDA | A4 SCL | A5 | **JSN-SR04T** VCC | 5v GND | GND TRIG | D11 ECHO | D12 |

Testfase & resultaten

Aan het eindproduct waren enkele eisen gesteld. Om te verifiëren of aan deze eisen voldaan zijn, heeft het product een testfase moeten ondergaan. Er is een testplan opgesteld, aan de hand van dit testplan is het product op functionaliteit getest.

De resultaten van het testen zijn hieronder te vinden.  
  
**Testplan Project LoRa Boei**

**Datum:** 09-01-2020

**Testversie:** 1

Deze tests zijn uitgevoerd onder voorbehoud dat de wiskundige beschrijving van een golf kan worden versimpeld tot een sinusoïde golfbeweging.  
Deze parameter is strikt genomen, omdat de golfbeweging anders te complex zou zijn voor de rekenkracht van de gemiddelde microcontroller. Een andere reden is dat het golfbasin (RDM Campus Rotterdam Aqualab) enkel instaat is sinusoïde golven te creëren.

**Fysieke tests**

**Test 1:** De arm is aan de paal bevestigd, en de drijver(s) zijn aan het uiteinde van de arm bevestigd. Deze worden samen te water gelaten. **Verwacht resultaat:** De basis van de paal zal stabiel staan, en de arm samen met de drijvers zullen op het wateroppervlak komen te staan.

**Werkelijk Resultaat:**

De basis van de paal en de paal zelf bleven stabiel staan. De arm maakte de correcte draaibeweging die hij zou moeten maken. De drijver bleef drijven, maar had echter de neiging om omver te vallen, waardoor de ultrasoon sensor aan de verkeerde kant kwam te zitten. Het gewicht is dus niet goed verdeeld, en er moet worden nagedacht over een oplossing hiervoor. (voor verdere tests hebben wij gebruik gemaakt van gewichten die we tot beschikking hadden om het te balanceren)

**Test 2:** De sensor wordt tegenover referentieafstanden 30, 50 en 100cm getest. Deze resultaten worden genoteerd. Vervolgens wordt de ultrasonische dieptemeter deels ondergedompeld in het water. Nadat de sensor hier 5 minuten heeft gelegen wordt hij eruit gehaald en wordt hij getest of de eerder gemeten referentieafstanden hetzelfde zijn als hiervoor. **Verwacht resultaat:** De sensor is IP67 stof- en waterdicht, en zou dus daarom na een onderdompeling in water nog altijd een correcte werking vertonen.

**Werkelijk Resultaat:**

De sensor functioneerde nog altijd even goed. Hij mat namelijk precies dezelfde waardes die hij eerder had gemeten.

**Function­­­­­­ele tests**

**Test 3:** Het prototype is ten water gelaten, en wordt in het water nogmaals in de kalibratiestand op een correct niveau afgesteld. Er zijn op dit moment nog geen golven aanwezig. **Verwacht resultaat:** Het programma zal zonder problemen opstarten en de arm, en visualisatie zullen in een niet-bewegende constante hoek ten opzichte van de arm op het water staan.

**Werkelijk Resultaat:**

De software, en de hardware functioneerden allebei zoals ze zouden moeten. Er was af te lezen aan de console dat de gemeten hoek overeenkwam met de simulatie op het scherm. Deze had ook een bijna constante waarde. Er zat wel wat ruis door het signaal in de vorm van enkele 1/10e van een graad, maar dat is normaal binnen de nauwkeurigheid van de sensoren die gebruikt zijn.

**Test 4:** Het prototype is ten water gelaten bij een waterhoogte van 50cm, en wordt in het water nogmaals in de kalibratiestand op een correct niveau afgesteld. Er zijn op dit moment nog geen golven aanwezig, de werking van de ultrasoonsensor zal nu getest worden. **Verwacht resultaat:** De ultrasone dieptesensor zal de diepte van het water correct weerspiegelen, en weergeven in de bijgeleverde software.

**Werkelijk Resultaat:**

De sensor kon geen correcte meting uitvoeren in het water, dit wordt aannemelijk veroorzaakt doordat de minimale afstand die de sensor kan meten in lucht 20cm is. De snelheid van geluid is ongeveer 4x zo groot als die in lucht, er kan dus vanuit worden gegaan dat het minimale meetbereik van de sensor dan ook grofweg 4x zo groot wordt, en dus minimaal 80cm moet zijn. Dit vermoeden werd bevestigd door de begeleider van het aqualab.

**Test 5:** Gegeven dat: het waterniveau ingesteld is op 50 cm zonder golven en het golfbasin zo wordt ingesteld dat er een sinusoïde golfbeweging ontstaat met een frequentie van 1Hz, met een amplitude van 10cm **Verwacht resultaat:** De software zou nu doormiddel van het algoritme toe te passen de correcte gemiddelde hoogte samen met de sinusbeweging (1Hz amplitude 10cm), en hoogste en laagste punten weergeven.

**Werkelijk Resultaat:**

De tijdverdeling op de software bleek fout ingesteld te staan waardoor frequentie moeilijk af te lezen was, wel was een (af en toe verstoorde) sinus duidelijk te zien in de resultaten. Deze oscilleerde rond de ingestelde hoogte van 50cm, met een amplitude van ongeveer 10cm. Hij registreerde dus wel de correcte waardes.

Door de opgenomen video te bewerken in een videobewerkingsprogramma, en de toppen van de sinussen te vergelijken met wanneer de drijver op en neer beweegt en tegenover het geluid van het golfsbasin. Is de frequentie van de sinus nog altijd uitgekomen op de ingestelde 1hz.  
Dit was dubbel te verifiëren doordat de tijdlijn van de video, en het geluid overeenkwamen met de frequentie van 1 hz.

**Test 6:** Gegeven dat: het waterniveau ingesteld is op 50 cm zonder golven en het golfbasin zo wordt ingesteld dat er een sinusoïde golfbeweging ontstaat met een frequentie van 1Hz, met een amplitude van 3cm **Verwacht resultaat:** De software zou nu doormiddel van het algoritme toe te passen de correcte gemiddelde hoogte samen met de sinusbeweging (0.5Hz amplitude 10cm), en hoogste en laagste punten weergeven.

**Werkelijk Resultaat:**

Door de omstandigheden (Onze test liep synchroon met een andere groep die aan het testen was met specifieke golven, en eerder dan ons een afspraak had gemaakt) was het niet mogelijk om de frequentie van het golfbasin aan te passen. Er zijn dus ook geen metingen verricht hiervoor.

**Test 7:** Gegeven dat: het waterniveau ingesteld is op 50 cm zonder golven en het golfbasin zo wordt ingesteld dat er een sinusoïde golfbeweging ontstaat met een frequentie van 1Hz, met een amplitude van 15cm **Verwacht resultaat:** De software zou nu doormiddel van het algoritme toe te passen de correcte gemiddelde hoogte samen met de sinusbeweging (1Hz amplitude 15cm), en hoogste en laagste punten weergeven.

**Werkelijk Resultaat:**

Door de foutieve software was wederom de frequentie niet direct afleesbaar, maar klopte wel door hetzelfde proces toe te passen als bij test 5. Op de software was ook af te lezen dat er een oscillering met een amplitude van 15 plaats vond rond de hoogte van 50cm.

**Test 8:** De bovenstaande 3 tests worden nogmaals uitgevoerd, maar ditmaal zal de werking van de ultrasone sensor getoetst worden. **Verwacht resultaat:** De ultrasone sensor zal de correcte afstand van het wateroppervlak tot de bodem weergeven (kan worden bewezen door de hoogste en laagste afstanden te vergelijken met de amplitude van de op dat moment ingestelde golfwaardes.

**Werkelijk Resultaat:**

Doordat de ultrasoon sensor een groter minimaal bereik heeft dan het golfbasin diep is, was deze test niet uit te voeren.

### Conclusie

Aan de hand van de resultaten behaald uit het testen van het product. Kunnen er een aantal conclusies worden getrokken.

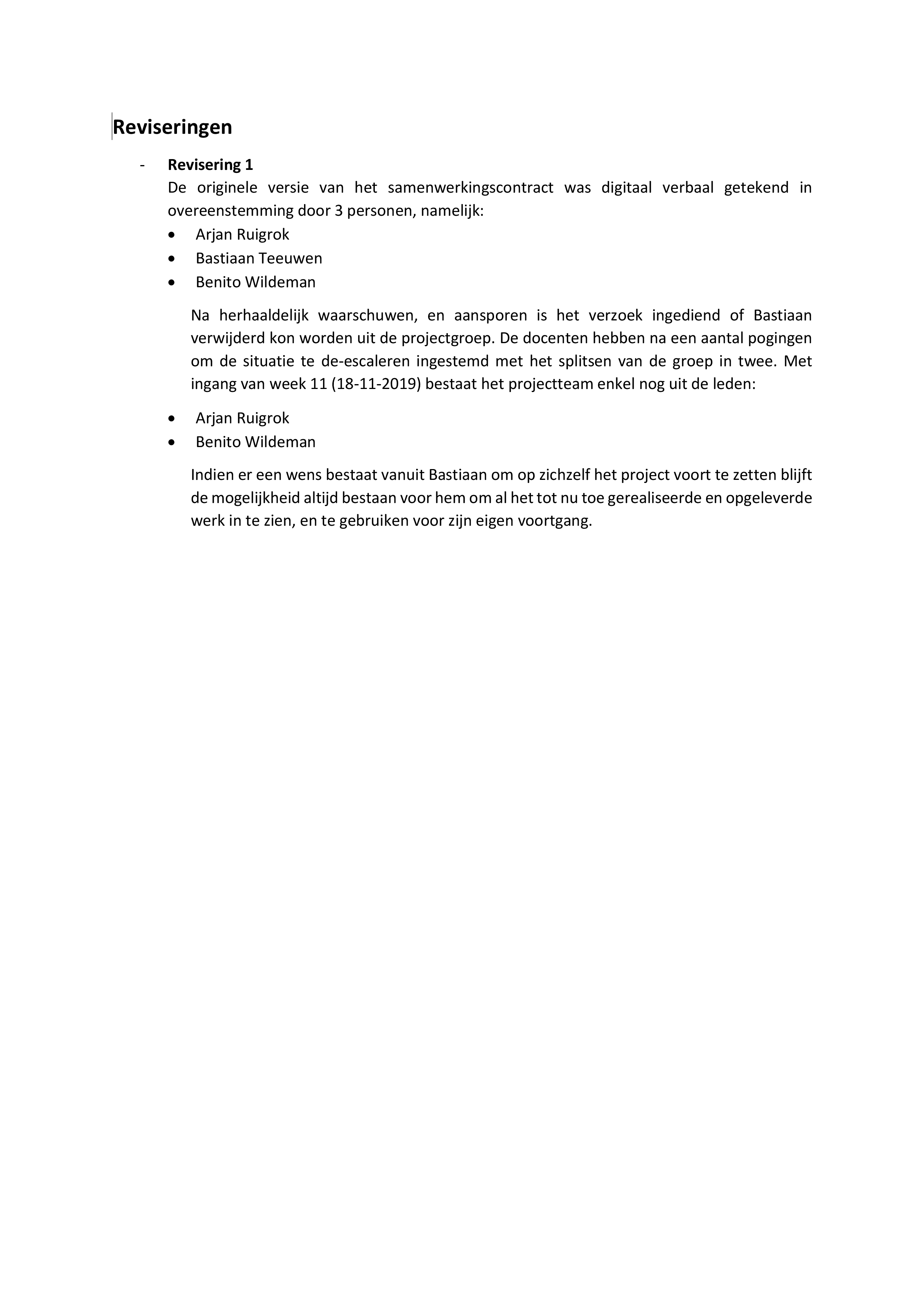
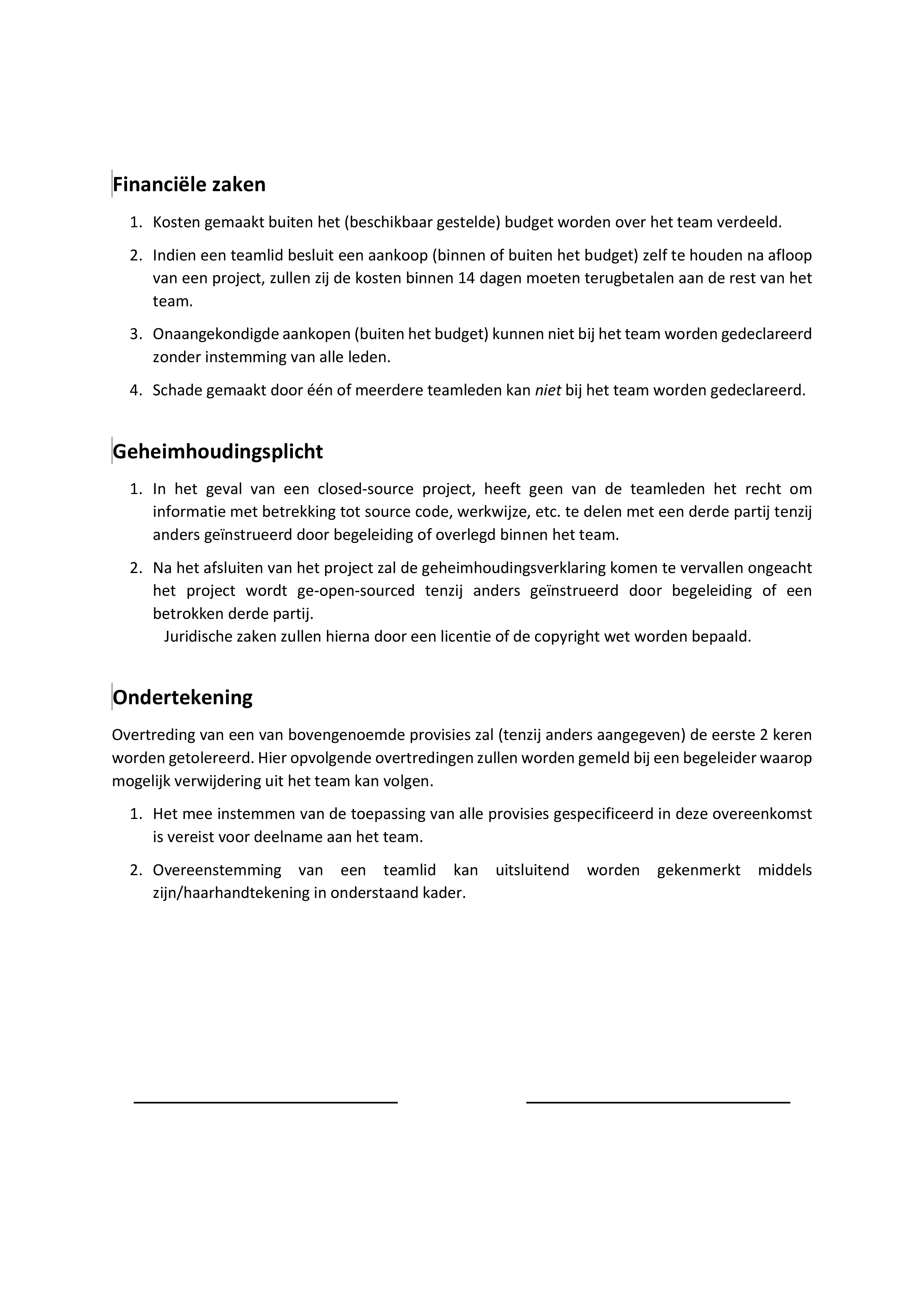
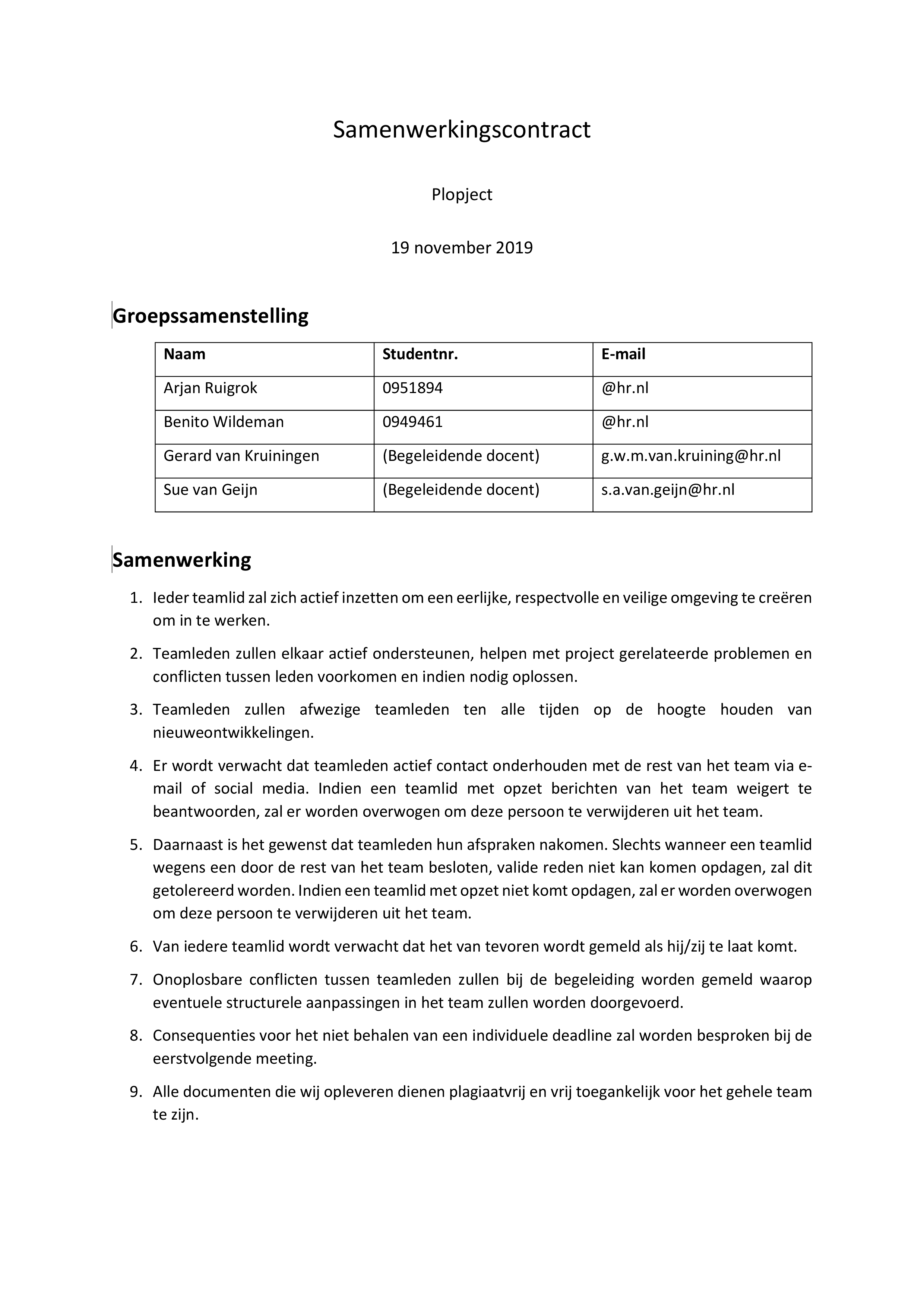
**Goede punten**

* De meting van de hoek, en daardoor ook de meting van de waterhoogte, en golfhoogte zijn ruw, maar correct. Als het product goed gekalibreerd wordt zullen de goede waardes dus ook weergegeven worden.

**Slechte punten**

* De ultrasoon sensor heeft in het water een hogere minimale afstand die hij kan meten, grofweg 4x de minimale waarde in lucht. (dus in plaats van 20 cm wordt het 80cm)
* Het ontwerp van de drijver dient aan te worden gepast. In de huidige staat is hij onstabiel waardoor hij om kan slaan. Hierdoor werkt de ultrasoon sensor niet meer.
* Een algoritme om golfperiode te berekenen blijkt moeilijker te worden dan er eerst werd geanticipeerd. De golven hebben namelijk interferentie en zijn niet altijd een mooie sinusoïde beweging.

# Bijlagen

Bijlage 1. Samenwerkingscontract

## Bijlage 2. Poster eindmarkt LoRa boei

## 

## Bijlage 3. Vooronderzoek dieptebepaling

**Inleiding**

Dit vooronderzoek is een antwoord op de deelvraag “Welke sensor is functioneel het meest geschikt om de taak dieptebepaling in rivieren uit te voeren” Deze deelvraag is onderdeel van het project “De Lora Boei” te Hogeschool Rotterdam.

Er zijn vele methodes om afstand, of diepte te kunnen meten. De meeste van deze methodes berusten op een meting van lucht- en/of waterdruk, Sonische of Optische telemetrie.  
  
Sommige van deze sensoren zijn meer geschikt voor gebruik in een vluchtig milieu zoals lucht, of gas. Terwijl anderen beter geschikt zijn voor metingen in vloeistoffen.  
Het doel van dit vooronderzoek is bepalen welke sensor het meest geschikt is voor de Use Case voor dit project die verderop in dit document beschreven zal staan.

Samen met de Use Case zal een Lijst van fysieke en functionele eisen te vinden zijn, waartegen elke sensor getoetst is.

**Use case**

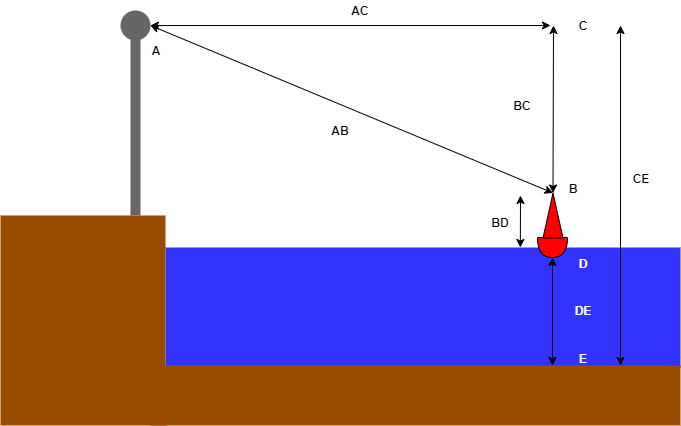
Om een beeld te scheppen waarvoor deze sensor benodigd is binnen het project zal in deze paragraaf een beeld geschetst worden d.m.v. tekst en beeld. Ook zal toegelicht worden wat voor rol deze sensor binnen het systeem zal gaan vervullen.

Het primaire doel van de dieptebepaling binnen dit project, is om de diepte van de rivierbodem relatief aan een bepaald object te kunnen bepalen. Relatief aan de locatie van het vooraf genoemde object kan zo de diepte tot de rivierbodem, relatief tot een vaste hoogte bepaald worden. Het woord relatief is vaak genoemd binnen de afgelopen alinea, en dus is een illustratie ter verduidelijking toegevoegd

De volgende illustratie bevat de punten A,B,C,D en E. Deze punten zijn puur ter illustratie bedacht en weerspiegelen niet de werkelijke situatie.

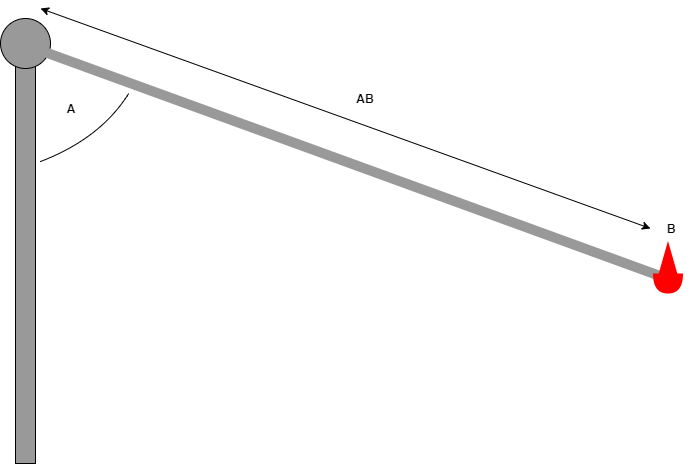
Om de diepte te bepalen is het noodzakelijk dat de afstand van punt C tot E nauwkeurig gemeten kan worden. Na onderzoek is gebleken dat er geen sensoren bestaan die nauwkeurig in een hoek van niet-90 graden door meerdere materialen heen de afstand kunnen meten. Dit is fenomeen wordt veroorzaakt door het feit dat de snelheid van het licht, en de snelheid van geluid afhankelijk zijn van het medium waar zij doorheen propageren. Tevens is water een reflectief oppervlak, en weerkaatst dus een groot deel van de sonische golven en lichtstralen. Dit in combinatie met het feit dat rivieren vaak troebel water bevatten zijn zowel sonisch als optisch meten geen mogelijkheid als enkelvoudige oplossing. Daarom is het onderstaande proces bedacht, en vanuit online bronnen is bevestigd dat een dergelijk systeem zou werken.

Echter moet dit proces dan ook worden opgesplitst in 2 delen. Namelijk het deel wat de hoogte van de boei bepaalt ten opzichte van een vast punt aan de kade (in dit geval punt A). Dit kan gedaan worden door de afstand van zijde AB te nemen, samen met de hoek van A en hier de stelling van Pythagoras op toe te passen. Hiermee zal men de afstand BC kunnen verkrijgen, dus de Δhoogte van de boei ten opzichte van A. De boei heeft een vaste lengte namelijk de lengte van lijn BD. Door een nader vast te stellen sensor kan vervolgens de afstand DE gemeten worden, DE stelt de afstand van het wateroppervlak tot de rivierbodem voor. Vervolgens kan zo door lijnen BC, BD en DE samen te nemen de lengte van CE worden verkregen. CE stelt in dit geval de verticale afstand voor van de rivierbodem relatief aan punt A. Zo kan er dus naarmate de tijd verstrijkt bijgehouden worden of, en zo ja hoe de hoogte en de diepte van de rivier veranderen.

Tevens is nader vast te stellen hoe de afstand en de hoek van A, en zijde AB het beste bepaald kan worden. 

Dit kan binnen het hierboven beschreven proces hoogstwaarschijnlijk het beste kunnen worden bereikt door een systeem met een arm die draait vanuit punt A met een vaste lengte, en een accelerometer die doormiddel van ontbinding van zwaartekracht metingen de hoek kan berekenen. Samen met een drijver (de boei zelf). Hiermee elimineren wij de variabele AB, en hoeven er geen berekeningen losgelaten te worden om vanuit AC en BC deze waarde te verkrijgen.

Hieronder is te zien hoe een dergelijk systeem eruit zou kunnen zien, uiteraard is de illustratie versimpeld. De accelometer zal waarschijnlijk in de buurt van punt B bevestigd worden. Dit om te voorkomen dat er lange kabels over de afstand van AB gelegd moeten worden.  
  
Het alternatief is met een optische sensor en een kalibratiesysteem met een afstandmetende laser de afstand te kunnen laten meten, waarbij het kalibratiesysteem ervoor zorgt dat de laser de hoek bereikt d.m.v. een motor. Dit systeem is echter technisch veel complexer en er komen meer points of failure bij door de mechanische onderdelen die benodigd zijn bij een dergelijk systeem. Tevens gaan de kosten aanzienlijk omhoog door het grotere aantal vereiste sensoren en actuatoren.



**List of requirements**

De lijst met eisen is opgedeeld in twee categorieën, namelijk de fysieke eisen, en de functionele eisen. Bij de categorie fysieke eisen kan gedacht worden aan zaken zoals waterdichtheid. Bij functionele eisen kan worden gedacht aan zaken zoals een minimale en maximale operationele temperatuur, of nominaal voltage.

In de volgende

**Fysieke eisen**

* De prijs van alle gebruikte sensoren gecombineerd dient binnen het budget van 75 euro te blijven.
* De prijs van de gebruikte sensoren dient zo laag mogelijk gehouden te worden.
* Alle sensoren dienen een datasheet met daarin afwijkingsvariabelen te hebben.
* De overweging tussen analoog tegenover digitaal moet gemaakt worden bij elke sensor, omdat analoge sensoren gevoeliger zijn voor interferentie, en/of degradatie van prestatie.
* Het systeem moet zo min mogelijk mechanische onderdelen bevatten.
* De sensor die de afstand onder het water meet, moet kunnen functioneren onder water.
* De accelerometer voor bepaling van de hoek op de arm dient een bescherming van minimaal IP54 te hebben (stofvrij, en spatwaterdicht).

**Functionele eisen**

* Het systeem dient zowel de hoogte van de boei, als de diepte van het water relatief aan een vast punt te kunnen meten
* De sensoren dienen een operatievoltage te hebben van 3,3 of 5 volt (i.v.m. interfacing met de microcontrollers en/of de rest van het systeem).
* De sensoren dienen zo min mogelijk stroom te gebruiken (max 100 a 200mA).
* De sensor die de afstand onder het water meet dient een diepte te kunnen meten tot +- 5 meter met een minimale nauwkeurigheid van 5cm
* De sensor die de afstand onder het water meet moet modulair te installeren zijn (Quick disconnects, of xt60 connectors)
* De accelerometer voor bepaling van de hoek van de arm dient op een nauwkeurigheid van 1 graden de hoek te kunnen bepalen.

**Afwegingen**

In de volgende paragrafen zullen verschillende sensoren worden vergeleken. Deze vergelijkingen en de uiteindelijke afweging zullen gemaakt worden aan de hand van de vooraf gestelde eisen, en de volgende factoren:

* Inkoopprijs
* Haalbaarheid van de toepassing
* Modulariteit
* Betrouwbaarheid
* Robuustheid
* Stroomverbruik

Deze factoren zijn samen met de interpretatie, en testbaartheid ervan als bijlage 1 te vinden.

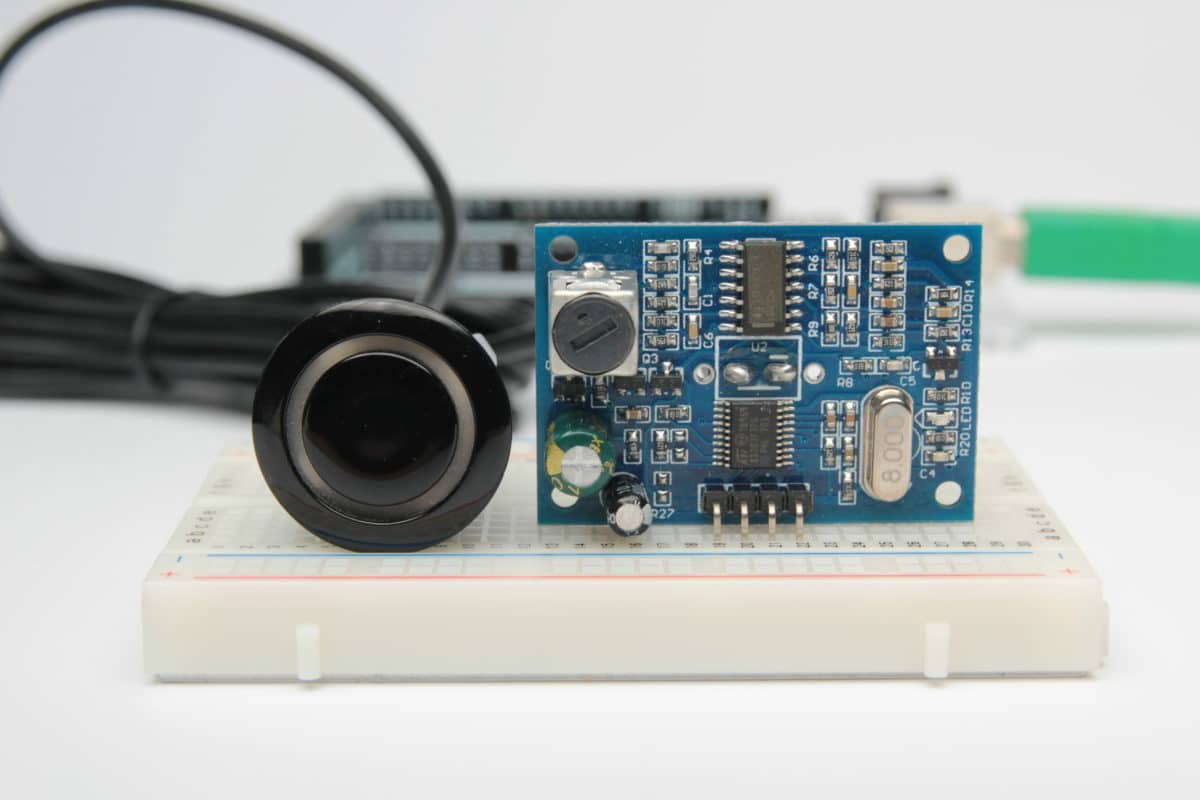
**Dieptemeting onder water**

**JSN-SR04T**

De JSN-SR04T is een eenvoudig te gebruiken waterdichte ultrasonische sensor met een bereik van 25 tot 450cm, met een vermelde nauwkeurigheid van 2mm. De sensor heeft een operatievoltage van 5 volt en trekt in theorie nooit meer dan 30mA, en kan met en zonder libraries gebruikt worden. Bij de sensor komt standaard een breakout board meegeleverd waarop de daadverwerkelijke signaalverwerking plaats vind. Het voordeel van de sensor zonder library gebruiken is het feit dat de formule die gebruikt wordt om de afstand te meten (namelijk afstand = snelheid van het geluid \* tijd / 2) zelf om te schrijven is. Daardoor kan de snelheid van het geluid ook worden genomen door water, deze is namelijk anders dan die van lucht.

De kosten van zo’n dergelijke sensor met breakout board bedraagt ongeveer 9,- euro

**Voordelen:** Laag stroomverbruik, relatief groot bereik, relatief grote nauwkeurigheid

**Nadelen:** Gemixte resultaten betreffende metingen in het water, betrouwbaarheid in water is minder dan in lucht.

**HC-SR04 & algemene ultrasone sensoren**

Deze categorie omtrent de meeste algemene ultrasone sensoren.

Dit type sensor komt uit dezelfde familie als de hiervoor besproken sensor, met twee grote verschillen. Namelijk: 1. De sensor is niet waterdicht. 2. De zend en ontvang transducer zijn apart. Het bereik van deze sensor is in theorie 2 tot 400cm, met een nauwkeurigheid van 3mm. De sensor heeft een operatievoltage van 5 volt en trekt ongeveer 15mA.

Dezelfde formule kan worden gebruikt als bij de vorige sensor voor gebruik zonder library, echter is er wel een library beschikbaar.

De haalbaarheid met deze sensoren voor de toepassing besproken in dit vooronderzoek is zeer laag. Niet alleen zijn deze sensoren totaal niet waterdicht, tevens zijn deze sensoren dikwijls enkels analoog, en dus afhankelijk van externe invloeden zoals temperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk etc. Ook kunnen deze sensoren niet al te ver van de spanningsbron verwijderd zijn, doordat er dan signaalverlies optreedt over de analoge communicatie.

**Voordelen:** Laag stroomverbruik, relatief groot bereik, relatief grote nauwkeurigheid

**Nadelen:** Kan niet in vochtige omgevingen worden gebruikt, is een geheel analoge sensor. Betrouwbaarheid is matig tot zwak.

**GP2Y0A02YK0F Optische sensor**

Deze sensor bestaat uit een PSD (position sensitive detector) en een IRED (Infrared emitting diode). Door een methodiek met de naam van triangulatie, zou volgens de specificaties van deze sensor reflectiviteit, temperatuur en gebruiksduur geen impact moeten hebben op de resultaten van de meting.

De sensor heeft een bereik van 20 tot 150cm waarbij de nauwkeurigheid niet is gedocumenteerd in de specsheet, en is van de analoge variant. Het operatievoltage is 4.5v tot 5.5v en de sensor trekt typisch 33mA.

Deze sensor, en vele andere optische sensoren zijn niet geschikt voor het meten van afstanden onderwater. Dit doordat water een hogere refractie index heeft dan lucht, en licht dus veel sneller verspreid. Hierdoor wordt het al redelijk korte bereik nog korter.

**Voordelen:** Laag stroomverbruik, onafhankelijk van temperatuur en reflectie.

**Nadelen:** Kan niet in (troebel) water worden gebruikt. Slechte documentatie betreffende nauwkeurigheid.

**Lidar Optische sensor**

Dit type sensor heeft vele varianten. Er zijn goedkope varianten zoals de TFMini (die niet geschikt zijn voor onderwater metingen door hetzelfde effect van water op de propagatie van licht als bij de vorige optische sensor) en hele dure varianten zoals de 3D at Depth die speciaal ontwikkeld is voor onderwater 3d mapping van de zeebodem, en objecten die zich hierop bevinden.

De TFMini heeft de volgende specificaties:   
0.3 tot 12m met een nauwkeurigheid van 5mm.   
Heeft een typisch stroomverbruik van 50mA, en een operatievoltage van 4.5 tot 6v.

Deze is echter totaal ongeschikt voor onderwater metingen, en dat brengt ons naar de varianten die wel onderwater kunnen meten.

De 3D at Depth heeft de volgende specificaties:

2 tot 45m met een nauwkeurigheid van 6mm.  
Heeft een typisch stroomverbruik van 7.5A, en een operatievoltage van 24v.  
Een prijs in de richting van enkele duizenden euro’s, waar zelfs enkel via een offerte achter te komen is.

Deze is fysiek, en functioneel geschikt, en soortgelijke producten zijn ook de enige optie op onderwater gebruik te maken van een LiDAR.   
Binnen de scope van dit project, waar laag stroomverbruik, en een krap budget een grote rol spelen. Is dit echter geen haalbare oplossing.

**Voordelen:** Bouwt een 3d map van de omgeving, i.p.v. enkel de hoogte te meten op een enkel punt.

**Nadelen:** LiDARs die geschikt zijn voor onderwatermetingen vallen ver buiten het budget van 75 euro. Tevens gebruiken ze veel stroom.

**Conclusie dieptemeting onder water**

Nu dat we 4 alternatieven hebben gedefinieerd, kunnen we we vergelijken aan de hand van de vooraf bepaalde beslissende factoren. De resultaten staan hieronder weergegeven in een tabel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **JSN-SR04T** | **HC-SR04** | **GP2Y0A02YK0F** | **LIDAR** |
| **Inkoopprijs** | Circa 9 euro | Circa 3 euro | Circa 15 euro | Afhankelijk van de eisen enkele euro’s tot duizenden euro’s. In het geval van de toepassing binnen dit project, licht dit getal richting de honderden euro’. |
| **Meetbereik** | 25-450cm | 2-400cm | 20-150cm | 2-45m |
| **Modulariteit** | Digitale sensor met een proprietary driver circuit, niet heel modulair | Analoge sensor die met vrijwel elke microcontroller uit te lezen is | Analoge sensor die met vrijwel elke microcontroller uit te lezen is | Duur proprietary systeem wat aparte software nodig heeft op een krachtige host |
| **Betrouwbaarheid** | 2mm nauwkeurig | 3mm nauwkeurig | Niet gespecificeerd | 2mm nauwkeurig |
| **Robuustheid** | Nader te bepalen | Nader te bepalen | Nader te bepalen | Nader te bepalen |
| **Stroomverbruik** | 30mA @ 5v | 15mA @ 5v | 33mA @ 5v | 7.5A @ 24v |
| **Bruikbaarheid** | Vervult de gewenste functies.  (waterdichtheid en bereik) | Vervult deels de gewenste functies  (bereik) | Vervult niet de gewenste functies (zowel waterdichtheid als bereik niet) | Vervult deels de gewenste functies  (ver buiten budget ook al vervult hij wel beide eisen) |
| **Haalbaarheid van de toepassing** | Financieel en functioneel haalbaar. | Financieel haalbaar, functioneel niet haalbaar | Financieel haalbaar, functioneel niet haalbaar | Financieel en functioneel niet haalbaar |

De conclusie die wij hieruit kunnen trekken is dat de JSN-SR04T het best uit de test komt. Deze voldoet namelijk aan de meeste eisen.

**bijlagen**

Bijlage 1. Uitleg van de beoordelingsfactoren

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Beoordelingsfactor** | **Interpretatie** | **Testbaarheid/aantoonbaarheid** |
| **Haalbaarheid** | Is het zowel technisch als financieel haalbaar binnen de gegeven tijd van het project? | Deze informatie kan worden vergaard doormiddel van een vooraf uitgevoerd onderzoek, waaruit aan de hand van eisen een beste oplossing uit voort komt. Deze oplossing zal dan haalbaar geacht worden. |
| **Modulariteit** | Door een stuk code of een deel van de hardware modulair te maken is het eenvoudig om vanuit een andere locatie een specifieke actie, of functie nogmaals aan te roepen | Dit kan worden geverifieerd door de stukken code op te splitsen in losse classes en/of programma’s en componenten zowel individueel, als in het geheel te testen. |
| **Betrouwbaarheid** | Betrouwbaarheid wil de graad aangeven waarin de software en/of hardware erop vertrouwd en geacht kan worden om een correcte werking te vertonen. | De betrouwbaarheid kan getest worden door een testplan op te stellen, met daarin scenario’s en fysieke eisen, en deze vervolgens uit te voeren volgens een vooraf bepaald protocol. |
| **Robuustheid** | Robuustheid in hardware wil aangeven in hoeverre het product fysiek kan worden “mishandeld” voor het stopt met correct functioneren.  In software wil het aangeven in hoeverre het programma operationeel blijft indien er errors, of bugs optreden. | De betrouwbaarheid van hardware en software kan eveneens worden getest aan de hand van een testplan met een aantal protocollen.  Software kan (door de modulariteit) worden getest door er onzin waardes op af te sturen, en deze in te rekenen en af te handelen binnen de code. |
| **Bruikbaarheid** | Bruikbaarheid van de hardware wil aangeven in hoeverre de beschreven functionaliteiten aansluiten aan de verwachtingen die vooraf aan gesteld zijn. | De bruikbaarheid van hardware kan worden getoetst door de functionaliteiten te vergelijken met de vooraf gevormde lijst met functionele en fysieke eisen. |

**Bronnen**

<https://publiclab.org/notes/cfastie/12-09-2017/will-an-arduino-measure-water-depth>

<https://www.makerguides.com/jsn-sr04t-arduino-tutorial/>

<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=513877.0>

<https://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB2530.htm>

## Bijlage 3. Vooronderzoek stroomsnelheidsbepaling

**Inleiding**

Dit vooronderzoek is een antwoord op de deelvraag “Welke sensor is functioneel het meest geschikt om de taak stroomsnelheid van water in rivieren uit te voeren” Deze deelvraag is onderdeel van het project “De Lora Boei” te Hogeschool Rotterdam.

Er zijn bestaan reeds verscheidene methodes om de snelheid van een stromend medium te kunnen meten. Vrijwel allemaal berusten ze op mechanische principes.  
  
Vanuit de opdrachtgever is de wens meegegeven om zo min mogelijk mechanisch werkende onderdelen te verwerken in het product. Er is dus tevens onderzoek gedaan of dit eventueel mogelijk zou zijn met een oplossing die ook aan de andere functionele en fysieke eisen zou voldoen.

Meer over deze eisen, zal er samen met de Use Case een Lijst van fysieke en functionele eisen te vinden zijn, waartegen elke sensor getoetst is.

**Use case**

Om een beeld te scheppen waarvoor deze sensor benodigd is binnen het project zal in deze paragraaf een beeld geschetst worden d.m.v. tekst en beeld. Ook zal toegelicht worden wat voor rol deze sensor binnen het systeem zal gaan vervullen.

Het primaire doel van de stroomsnelheidsbepaling binnen dit project is de stroomsnelheid van een rivier op een bepaald punt kunnen bepalen. Dit is nodig zodat er kan worden bijgehouden wat het effect van de stroomsnelheid is op het verloop van de rivier, en hiermee ook gelijk de verandering in het verloop van de rivier.  
De stroomsnelheid van een rivier oefent op onder andere meandering en diepgang een invloed uit, en dit zijn enkele van de factoren die bepalen hoe een rivier beschreven kan worden.  
  
Door de gegevens van de stroomsnelheid, en de waterhoogte te combineren, kan ook worden berekend wat het debiet (volume) van het water wat op een bepaald moment door een rivier stroomt is.

In eerste instantie was het doel om een module tot de prototype fase te ontwikkelen die zowel de stroomsnelheid, als stroomrichting zou kunnen bepalen, deze keuze was gemaakt omdat ze ogenschijnlijk een nauwe co-relatie hadden.  
Later bleek dat de combinatie van een te hoge werkdruk, en te weinig beschikbare manuren ervoor zorgde dat er een keuze gemaakt zou moeten worden tussen stroomsnelheid, en stroomrichting.  
  
Uit onderzoek wat is gedaan naar hoe dergelijke bestaande systemen werken (Voornamelijk hoe Rijkswaterstaat het doet binnen Nederland). Is gebleken dat de stroomsnelheid in combinatie met de diepgang van het water een grotere verandering ervaren dan de stroomrichting, tevens zijn deze gegevens van groter belang. Een rivier blijft uiteraard altijd naar beneden stromen, terwijl de stroomsnelheid en diepgang redelijk kunnen variëren van tijd tot tijd.

**List of requirements**

De lijst met eisen is opgedeeld in twee categorieën, namelijk de fysieke eisen, en de functionele eisen. Bij de categorie fysieke eisen kan gedacht worden aan zaken zoals waterdichtheid. Bij functionele eisen kan worden gedacht aan zaken zoals een minimale en maximale operationele temperatuur, of nominaal voltage.

**Fysieke eisen**

* De prijs van alle gebruikte sensoren gecombineerd dient binnen het budget van 75 euro te blijven.
* De prijs van de gebruikte sensoren dient zo laag mogelijk gehouden te worden.
* Alle sensoren dienen een datasheet met daarin afwijkingsvariabelen te hebben.
* De overweging tussen analoog tegenover digitaal moet gemaakt worden bij elke sensor, omdat analoge sensoren gevoeliger zijn voor interferentie, en/of degradatie van prestatie.
* Het systeem moet zo min mogelijk mechanische onderdelen bevatten.
* De sensor die de afstand onder het water meet, moet kunnen functioneren onder water.
* De accelerometer voor bepaling van de hoek op de arm dient een bescherming van minimaal IP54 te hebben (stofvrij, en spatwaterdicht).

**Functionele eisen**

* Het systeem dient zowel de hoogte van de boei, als de diepte van het water relatief aan een vast punt te kunnen meten
* De sensoren dienen een operatievoltage te hebben van 3,3 of 5 volt (i.v.m. interfacing met de microcontrollers en/of de rest van het systeem).
* De sensoren dienen zo min mogelijk stroom te gebruiken (max 100 a 200mA).
* De sensor die de afstand onder het water meet dient een diepte te kunnen meten tot +- 5 meter met een minimale nauwkeurigheid van 5cm
* De sensor die de afstand onder het water meet moet modulair te installeren zijn (Quick disconnects, of xt60 connectors)
* De accelerometer voor bepaling van de hoek van de arm dient op een nauwkeurigheid van 1 graden de hoek te kunnen bepalen.

**Afwegingen**

In de volgende paragrafen zullen verschillende sensoren worden vergeleken. Deze vergelijkingen en de uiteindelijke afweging zullen gemaakt worden aan de hand van de vooraf gestelde eisen, en de volgende factoren:

* Inkoopprijs
* Haalbaarheid van de toepassing
* Modulariteit
* Betrouwbaarheid
* Robuustheid
* Stroomverbruik

Deze factoren zijn samen met de interpretatie, en testbaarheid ervan als bijlage 1 te vinden.

**stroomsnelheidsbepaling onder water**

**YF-201C Water Flow Sensor**

De YF-201C is een analoge sensor die bestaat uit een mechanische cilindervormige rotor die proportioneel tot de stroomsnelheid van het water mee gaat draaien. Afhankelijk van deze snelheid geeft hij elektrische pulsen af die uit te lezen zijn met een microcontroller.

De sensor heeft een operatievoltage van 5 volt maar is bruikbaar met voltages van 5 tot 15 volt. Het meetbereik van de sensor is 1-30L/minuut, en heeft een operationeel temperatuurbereik van -25 tot 80 graden. Het stroomverbruik tijdens een actieve meting van deze sensor bedraagt maximaal 15mA. De sensor heeft een nauwkeurigheidsafwijking van 5%.

Een opmerking die gemaakt moet worden is dat deze sensor de snelheid met in L/minuut, en er zou dus een additionele rekenstap nodig zijn om samen met de diameter van de sensor terug te rekenen naar een snelheid in m/s.  
Daarentegen hoeft de stap om van m/s naar L/min om te rekenen niet te worden ondernomen. Wat anders wel het geval zou zijn met een sensor die m/s uitleest.

De kosten van zo’n dergelijke sensor bedraagt circa 4,- euro

**Voordelen:** Laag stroomverbruik, relatief lage inkoopprijs

**Nadelen:** Resultaat in L/minuut i.p.v. m/s, niet waterdicht

**SKU SEN0257 Waterdruk sensor**

De SKU SEN0257 is een analoge sensor die de waterdruk in een lichaam van water kan meten, en deze teruggeeft in de vorm van een analoog signaal. Deze sensor met de waterdruk met een bereik van 0 tot 1.6 Mpa

De sensor heeft een operatievoltage van 5 volt, en heeft een nauwkeurigheidsafwijking van 0.5%. De sensor is IP68 stof- en waterdicht. De sensor gebruikt gemiddeld 2.8mA. Gemiddelde kosten voor zo’n sensor bedraagt circa 14,50 euro

Deze sensor meet de waterdruk, en waterdruk kan worden beschreven als p=FxA, of ook wel p=energie x volume. Als vuistregel kan worden genomen dat waterdruk enkel wordt bepaald door de hoeveelheid water (potentiele zwaarte-energie) in een rechte lijn boven de sensor die op een bepaald punt zit.  
De waterdruk kan dus niet direct worden omgeschreven tot een formule waar een waarde van de stroomsnelheid uitkomt. Dit is omdat stroomsnelheid niet een direct verband sluit met de druk.

**Voordelen:** Laag stroomverbruik, niet mechanisch

**Nadelen:** Resultaat in Pascal (druk), meet niet de gewenste gegevens, hoge inkoopprijs ten opzichte van het budget.

**FSR serie druksensor**

De FSR serie druksensoren is een serie van druksensoren die een analoog signaal teruggeven op basis van de toegepaste druk. De serie bestaat uit verschillende modellen, maar in deze vergelijking is gebruik gemaakt van de FSR402 variant.

De sensor heeft geen operatievoltage, echter is op verschillende bronnen online te lezen dat de sensor werkt op de 5v die een arduino kan leveren. De sensor heeft een nauwkeurigheidsafwijking van 5%, echter zal deze waarde veranderen naarmate de tijd verstrijkt. Deze waarde is uit te rekenen door de formule 5% per log10(tijd). Over stroomverbruik zijn geen gegevens te vinden. Gemiddelde kosten voor zo’n sensor bedraagt circa 7,50 euro

Deze sensor meet net als de SKU sensor die hiervoor besproken is druk, echter is er een functioneel verschil. De SKU sensor meet de druk aan de hand van de zwaartekracht. Terwijl de FSR druksensoren de druk langs de normaal van het meetoppervlak meten (dus eigenlijk meet hij kracht aan de hand van de toegepaste druk) (zie afbeelding). Dit is nog altijd niet direct bruikbaar, maar door de gemeten waarden uit te zetten tegenover de toegepaste druk kan er een kalibratiecurve worden opgesteld van hoeveel druk gelijk staat aan welke stroomsnelheid ertegenaan duwt.

**Voordelen:** Niet mechanisch

**Nadelen:** Resultaat in Newton, meet niet de gewenste gegevens en dient te worden gekalibreerd, De sensor zal naarmate de tijd verstrijkt steeds onnauwkeuriger worden.

**Conclusie dieptemeting onder water**

Nu dat we 3 alternatieven hebben gedefinieerd, kunnen we vergelijken aan de hand van de vooraf bepaalde beslissende factoren. De resultaten staan hieronder weergegeven in een tabel

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **YF-201C** | **SKU SEN0257** | **FSR SERIE** |
| **Inkoopprijs** | Circa 4 euro | Circa 14,50 euro | Circa 7,50 euro |
| **Meetbereik** | 1-30L/minuut | 0-1.6Mpa | 0-20N |
| **Modulariteit** | Analoge sensor die vrijwel met elke microcontroller uit te lezen is | Analoge sensor die met vrijwel elke microcontroller uit te lezen is | Analoge sensor die met vrijwel elke microcontroller uit te lezen is |
| **Betrouwbaarheid** | Afwijking van 5% | Afwijking van 0.5% | Nauwkeurigheid afhankelijk van de operatietijd (wordt steeds onnauwkeuriger zonder handmatige kalibratie) |
| **Robuustheid** | Nader te bepalen | Nader te bepalen | Nader te bepalen |
| **Stroomverbruik** | 15mA @ 5v | 2.8mA @ 5v | Niet gespecificeerd |
| **Bruikbaarheid** | Vervult deels de gewenste functies | Vervult geen van de gewenste functies (meet geen eenheid die bruikbaar is in de bepaling van stroomsnelheid) | Vervult niet de gewenste functies, maar kan wel worden gebruikt om de gewenste functie deels uit te voeren |
| **Haalbaarheid van de toepassing** | Financieel en functioneel haalbaar. | Financieel moeilijk haalbaar, functioneel niet haalbaar | Financieel haalbaar, functioneel niet haalbaar |

De conclusie die wij hieruit kunnen trekken is dat de YF-201C het best uit de test komt. Deze voldoet namelijk aan de meeste eisen.

**bijlagen**

Bijlage 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Beoordelingsfactor** | **Interpretatie** | **Testbaarheid/aantoonbaarheid** |
| **Haalbaarheid** | Is het zowel technisch als financieel haalbaar binnen de gegeven tijd van het project? | Deze informatie kan worden vergaard doormiddel van een vooraf uitgevoerd onderzoek, waaruit aan de hand van eisen een beste oplossing uit voort komt. Deze oplossing zal dan haalbaar geacht worden. |
| **Modulariteit** | Door een stuk code of een deel van de hardware modulair te maken is het eenvoudig om vanuit een andere locatie een specifieke actie, of functie nogmaals aan te roepen | Dit kan worden geverifieerd door de stukken code op te splitsen in losse classes en/of programma’s en componenten zowel individueel, als in het geheel te testen. |
| **Betrouwbaarheid** | Betrouwbaarheid wil de graad aangeven waarin de software en/of hardware erop vertrouwd en geacht kan worden om een correcte werking te vertonen. | De betrouwbaarheid kan getest worden door een testplan op te stellen, met daarin scenario’s en fysieke eisen, en deze vervolgens uit te voeren volgens een vooraf bepaald protocol. |
| **Robuustheid** | Robuustheid in hardware wil aangeven in hoeverre het product fysiek kan worden “mishandeld” voor het stopt met correct functioneren.  In software wil het aangeven in hoeverre het programma operationeel blijft indien er errors, of bugs optreden. | De betrouwbaarheid van hardware en software kan eveneens worden getest aan de hand van een testplan met een aantal protocollen.  Software kan (door de modulariteit) worden getest door er onzin waardes op af te sturen, en deze in te rekenen en af te handelen binnen de code. |
| **Bruikbaarheid** | Bruikbaarheid van de hardware wil aangeven in hoeverre de beschreven functionaliteiten aansluiten aan de verwachtingen die vooraf aan gesteld zijn. | De bruikbaarheid van hardware kan worden getoetst door de functionaliteiten te vergelijken met de vooraf gevormde lijst met functionele en fysieke eisen. |

# [TITEL KOP 3]

In sagittis, lorem vitae tincidunt aliquam, felis sapien sagittis magna, sit amet ornare dui massa nec massa. Phasellus dignissim vel arcu nec rutrum. Fusce sed iaculis massa. Nunc velit orci, rhoncus a sem quis, accumsan blandit ligula. In et odio eu lorem commodo sodales id quis purus. Vestibulum ut placerat quam. Duis eget pellentesque diam.

## [TITEL KOP 2]

In sagittis, lorem vitae tincidunt aliquam, felis sapien sagittis magna, sit amet ornare dui massa nec massa. Phasellus dignissim vel arcu nec rutrum. Fusce sed iaculis massa. Nunc velit orci, rhoncus a sem quis, accumsan blandit ligula. In et odio eu lorem commodo sodales id quis purus. Vestibulum ut placerat quam. Duis eget pellentesque diam.

### [TITEL Kop 3]

In sagittis, lorem vitae tincidunt aliquam, felis sapien sagittis magna, sit amet ornare dui massa nec massa. Phasellus dignissim vel arcu nec rutrum. Fusce sed iaculis massa. Nunc velit orci, rhoncus a sem quis, accumsan blandit ligula. In et odio eu lorem commodo sodales id quis purus. Vestibulum ut placerat quam. Duis eget pellentesque diam.