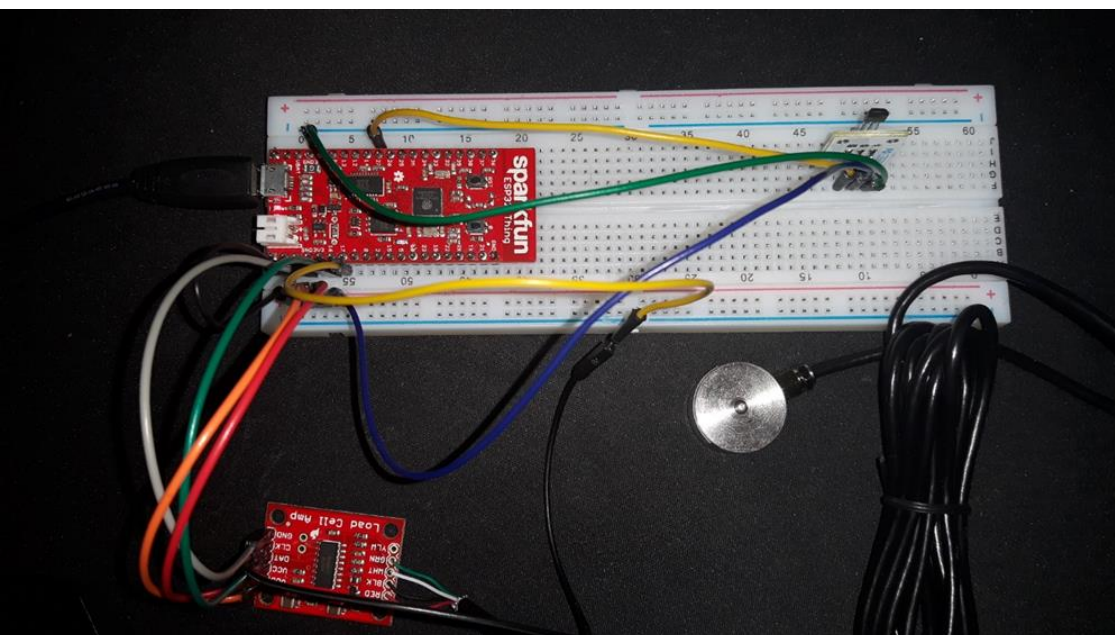


Atte Haataja

## HighRoller Smart -tuotekehitysprojekti



Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

Kevät 2020



KAMK • University  
of Applied Sciences

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Haataja Atte

**Työn nimi:** HighRollerin Smart tuotekehitysprojekti

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), tieto- ja viestintäteknologia

**Asiasanat:** Tuotekehitys, projekti, HighRoller, Liikuntateknologia.

Tämän insinöörityön tarkoituksena oli selvittää tuotekehitysprosessin ominaispiirteet ja hyödyntää prosessinomaista työskentelytapaa yrityksen tuotekehitysprojektin toteutuksessa. Tuotekehitys on tärkeässä osassa minkä tahansa menestyvän yrityksen toiminnassa. Tuotekehityksen toimintatavat vaihtelevat jonkin verran yritysten välillä, mutta onnistuneen tuotekehityksen prosessi on pääpiirteissään samanlainen. Onnistuneen tuotekehityksen ominaisuuksia ovat tuoteidean syntyminen aidosta tarpeesta, tuotekehitysprojektin huolellinen suunnittelu sekä tuotekehitysprojektin aikainen huolellinen dokumentointi.

Opinnäytetyön tilaajana toimi kajaanilainen Hatma Oy. Insinöörityön tavoitteena oli kehittää liikunta-alan tuote (HighRoller-Smart), jossa hyödynnetään jo olemassa olevaa HighRoller-tuotetta sekä älykästä teknologiaa mittaamaan käyttäjän toimintaa.

Tuotekehitysprosessi rakentuu useista eri vaiheista. Prosessin vaiheita ovat ideointi, esitutkimus, karsinta, prototyyppivaihe, myynnin valmistelu ja julkaiseminen. Työn tarkoituksena on olla myös informaation lähde niille, jotka suunnittelevat vastaavanlaisen tuotekehitysprojektin aloitusta ja haluavat saada tietoa tuotekehitysprojekteista ennen projektin aloittamista. Työssä aineistonkeruu tapahtuu projektidokumentoinnin avulla. Dokumentaatiossa kuvataan ideoinnissa, esitutkimuksessa ja karsinnassa tuotettuja teknisiä ratkaisuja. Tuotekehitysprojektin aikana syntyneen prototyypin piirustukset ja vaatimusmäärittely ovat pääasiassa salaista.

Työn tuloksena saatiin HighRoller Smart -tuotteen prototyyppi. Toteutettu tuote vastasi tilaajan odotuksia. Työn tuloksena yrityksen käyttöön kehittyi myös tuotekehitysprojektin perusrunko, jota voidaan soveltaa muissa samankaltaisissa projekteissa.

## **Abstract**

**Author:** Haataja Atte

**Title of the Publication:** Product Development Project of HighRoller Smart

**Degree Title:** Bachelor of Engineering

**Keywords:** Product development, project, HighRoller, Sports technology.

The purpose of this thesis was to find out the characteristics of the product development process and to utilize the process-like way of working in the implementation of the company's product development project. Product development is an important part of the operation of any successful company. Product development practices vary somewhat between companies, but the process of successful product development is mostly similar. The characteristics of successful product development are the emergence of a product idea out of a genuine need, the careful planning of the product development project and the precise documentation during the product development project.

The client of the thesis was Hatma Oy from Kajaani. The aim of the product development project was to develop a product in the field of sports (HighRoller-Smart), which utilizes an existing HighRoller product as well as intelligent technology to measure user activity by using sensors.

The product development process is built on several different stages. The stages of the process are brainstorming, pre-research, qualifying, prototyping, sales preparation and publishing. The purpose of the work is also to be a source of information for those who are planning to start a similar product development project and want to get information about product development process before starting the project. In the work, data collection takes place with the help of project documentation of HighRoller Smart project. The documentation describes the technical solutions produced in brainstorming, preliminary research and qualification. The drawings and specification of the prototype created during the product development project are mainly secret.

The work resulted in a prototype of the HighRoller Smart product. The implemented product met the customer's expectations. As a result of the work, the basic framework of the product development project was also developed for the use of the company, which can be applied in other similar projects.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Yleistä älykkästä liikuntateknologiasta ja älykkäistä liikuntatuotteista .....	2
3	Tuotekehitysprosessi .....	4
3.1	Lähtökohtien yksilöinti .....	6
3.2	Ideoiden ja vaihtoehtojen kehittäminen .....	7
3.3	Esitutkimus .....	8
3.4	Karsinta .....	9
3.5	Prototyyppien kokeilu .....	10
3.6	Tuotannon ja markkinoinnin valmistelu .....	11
3.7	Markkinoille vienti .....	12
4	Työssä käytetyt ohjelmistot .....	14
4.1	Android Studio .....	14
4.2	Arduino .....	16
4.3	SolidWorks .....	18
5	Työssä käytetyt sensorit .....	19
5.1	Venymäliuskasensori .....	19
5.2	Painesensori (load cell) SparkFun TAS606 .....	20
5.3	Kiihtyvyssensori .....	21
5.4	Hall-sensori .....	21
6	Työssä käytetyt dokumentointityökalut .....	22
6.1	UML-kaaviot .....	22
6.1.1	Käyttötapauskaavio .....	22
6.1.2	Luokkakaavio .....	23
6.1.3	Oliokaavio .....	23
6.2	Vaatimusmäärittely .....	23
7	Tuotekehitysprojektin eteneminen käytännössä .....	25
7.1	Lähtötilanne .....	25
7.2	Ideointi .....	27
7.2.1	Ideoita rullan pyörimisnopeuden mittaamiseen .....	27

7.2.2	Laitteeseen kohdistuneen paineen mittaaminen .....	29
7.3	Esitutkimus .....	30
7.3.1	Hall-sensorin testaus .....	30
7.3.2	Nopeussensorin testaus .....	33
7.3.3	Venymäliuskekatekniikan testaaminen .....	35
7.3.4	Painesensorin valinta .....	36
7.3.5	BLE-komponentin valinta .....	37
7.4	Karsinta .....	38
7.5	Proto .....	39
8	Yhteenveto .....	40
	Lähteet .....	41

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaaja on Hatma, kajaanilainen tutkimus- ja tuotekehityspalveluita tarjoava yritys. Yritys on perustettu vuonna 2015. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä HighRoller Smart on yhteiskehitysprojekti HighRoller Suomi oy:n kanssa. HighRoller Suomi oy on liikuntavälineiden tukkukauppaa tekevä yritys.

HighRoller on Kajaanissa 2013 kehitetty liikuntaväline, jonka käyttö on levinnyt jo useaan maahan. HighRollerin tarkoitus on helpottaa lihashuoltoharjoittelua ja tehdä harjoitusasennosta ergonominen.

HighRoller Smart on jatkokehitystä alkuperäiseen tuotteeseen. HighRoller Smart mittaa harjoittelun aikana rullan pyörimisnopeutta ja rullaan kohdistuvaa painetta sekä mobiiliapplikaation kautta neuvoo käyttäjää oikeaan harjoitteluun.

Tuotteen jatkokehitys sai alkunsa asiakastarpeesta ja käyttäjien yleisimpien käyttöön liittyvien ongelmien ratkaisemisesta älykkään teknologian avulla.

Opinnäytetyön aiheena on HighRoller Smartin tuotekehitysprojekti. Tavoitteena on kuvata tuotekehitysprojektia yrityksen näkökulmasta ja hahmottaa tuotekehitykseen liittyviä ominaispiirteitä ja vaatimuksia. Tavoitteena on myös kuvata HighRoller Smartin varsinaisen tuotekehitysprojektin ideasta kokeilun ja testaamisen kautta valmiiksi tuotteeksi.

## 2 Yleistä älykkäästä liikuntateknologiasta ja älykkäistä liikuntatuotteista

### 2.1 Älykäs liikuntateknologia

Älykkäät liikuntavälineet pyrkivät ratkaisemaan arkielämän ongelmia. Teknologian suunnittelun ainoa mielekäs päämäärä on ihmisen elämänlaadun parantaminen. On oleellista pohtia, millä tavalla teknologia voisi ylipäättään mahdollistaa hyvää elämää. Teknologian suunnittelussa lähtökohtana tulisi käyttää sitä, miten ihmiset haluavat ja voivat toimia suhteessa teknologiaan. (Leikas 2014, 103.)

Liikuntateknologialla tarkoitetaan kaikkia tietoteknisiä ja teknisiä ratkaisuja, joilla ylläpidetään tai parannetaan ihmisen toimintakykyä, hyvinvointia, terveyttä tai elämänlaatua. Liikuntateknologia onkin varsin laaja käsite, jonka alle kuuluu useita eri osa-alueita. (Melkas & Pekkarinen 2014, 210) Muun muassa sykemittarit, askelmittarit tai juoksumatto ovat yleisiä esimerkkejä liikuntateknologiasta.

Liikuntateknologian hyödyntäminen harjoittelussa on vallalla oleva trendi ja tulee koko ajan enemmän hyväksytyksi. Useat ihmiset osaavat jo käyttää teknologiaratkaisuja luonnollisesti. Myös teknologisten ratkaisujen kehittämisen pitää kehittyä ottamaan lopullinen käyttäjä huomioon suunnittelussa alusta alkaen. Kun aidosti toimiva ja auttava teknologinen ratkaisu syntyy asiakastarpeesta, tulee se helpommin myös hyväksyttyä useampien käyttäjien toimesta.

Panu Moilanen mainitsee artikkelissaan ”Kannustin, koriste vai kuntoilijan kaveri?”, että liikuntateknologia on neljässäkymmenessä vuodessa kehittynyt huippu-urheilijoiden laitteista kaiken kansan saatavilla oleviin laitteisiin. Tämä teknologian muuttuminen arjen teknologiaksi kohdistaa siihen myös aivan uudenlaisia odotuksia. Teknologian tuleminen ihmisten erityisen yksityisille alueille ja luontevaksi osaksi liikuntatottumuksia asettaa myös vaatimuksia käyttäjän osalta ainakin jonkinasteiselle teknologian ymmärtämiselle. (Moilanen 2014.)

### 2.2 Käyttäjänäkökulmaa ja tarpeita älykkään liikuntateknologian soveltamiseksi

Uuden tuotteen kehitys alkaa markkinoilla havaitusta kysynnästä sekä asiakkaiden tarpeista. Liikuntapalveluita käyttävät ihmiset ovat hyvin tietoisia alan uusimmista tuotteista ja suuntauksista. Liikunta-alan kuluttajat ovat aktiivisia kokeilemaan uusia tuotteita, ja tuotteiden laatu on tärkeää heti alusta alkaen. (Sippola 2014, 93.)

Perinteinen teknologiasuunnittelun näkökulma on ollut jo olemassa oleva visio toteutettavasta tuotteesta. Käyttäjänäkökulmaa on usein tarkasteltu vain välittömän käyttötilanteen näkökulmasta. Jos käyttäjänäkökulmaa tarkastellaan pelkästään välittömässä käyttötilanteessa, ei ikinä päästä kysymään, miksi tätä teknologiaa yleensä edes tarvitaan. (Leikas 2014, 104.)

”Elämälähtöisessä” suunnittelussa kysytään ensin, mihin tuotetta tarvitaan. Tämän jälkeen voidaan alkaa tarkastelemaan, miten teknologiaa käytetään ja miten se voisi kyseisessä tilanteessa auttaa ihmistä. (Leikas 2014, 104.)

Vaikka käyttöliittymä ja hyödynnettävyys ovat merkittävä osa teknologian käytettävyyden takaamiseksi, ei sekään yksin riitä vastaamaan kysymykseen, mihin tätä teknologiaa oikeasti tarvitaan. Ainoastaan käytettävyyden tutkiminen jää vajaaksi, koska sen avulla ei saada vastauksia siihen, mikä kehitettävän teknologian asema on ihmisen toiminnassa ja arjessa. (Leikas 2014, 105.)

Liikuntavälineillä pyritään helpottamaan tai parantamaan kuntoilijan liikuntakokemusta. Älykkäät ratkaisut voivat tarjota jatkossa useita sellaisia apukeinoja, joihin aiemmin on tarvittu valmentaja. Liikuntateknologian suunnittelussa on otettava huomioon, että kuntoilijat tulevat useista eri lähtökohdista, joten ohjelmistoratkaisujen ja laitteiden tulee olla käytettävyydeltään kaikkien tavoitettavissa.

Ihmisen arvoilla, odotuksilla ja päämäärillä, mutta myös kulttuurilla on merkittävä vaikutus tuotteiden ja palveluiden käyttömotivaatioon. Teknologian suunnittelussa tulisi nykyistä enemmän arvioida sitä, miten käyttäjät asettavat tavoitteensa suhteessa teknologiaan, mistä tavoitteet syntyvät ja miten ne liittyvät ihmisen elämään laajemmassa kuvassa. (Leikas 2014, 106.)

Liikunnan helpottamiseksi voidaan käyttää pelillisyyttä. Heikki Haaparannan mukaan kun pelaamista tarkastellaan laajassa kontekstissa ja tarkasteluun otetaan mukaan myös ei-digitaaliset, pelaamista perinteisemmässä mielessä käsittelevät muodot, voidaan sanoa, että pelaaminen koskettaa lähes jokaista ihmistä (Haaparanta 2014, 259.). Pelillisyyttä voidaan lisätä mille elämänalueelle tahansa, mutta varsinkin liikunnallisissa sovelluksissa siitä voidaan saada paljon hyötyä.

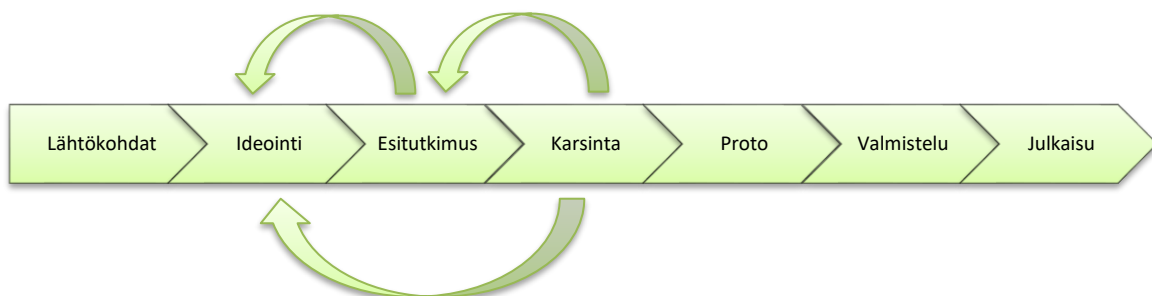


### 3 Tuotekehitysprosessi

Yksi yrityksen menestyksen tärkeimmistä edellytyksistä on onnistunut tuotekehitys. Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa karkeasti neljään päävaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (Jokinen 1987, 9–14)

Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa myös pienempiin osiin, esimerkiksi lähtökohtiin, ideointiin, esitutkimukseen, karsintaan, prototyyppivaiheeseen, myynnin valmisteluun ja julkaisemiseen.

Tuotekehitysprosessissa on useita vaiheita, ja vaiheissa joudutaan joskus palaamaan taaksepäin. Yleisintä tämä on karsintavaiheesta takaisin siirtyminen esitutkimus- tai ideointivaiheisiin. Tuotekehitysprosessin vaiheet kuvassa 1.



Kuva 1. Tuotekehitysprosessin eteneminen

Tuotekehitysprojekti voi epäonnistua jo alussa, jos ei osata hahmottaa, miten hyvä tuotekehitysprojekti rakentuu. Onnistuneen ja epäonnistuneen tuotekehitysprojektin erottavia tekijöitä on listattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Onnistuneiden ja epäonnistuneiden tuotekehitysprojekteja erottavia tekijöitä  
(Jaakkola & Tunkelo 1987, 130.)

Onnistuneet	Epäonnistuneet
Perustuvat enemmän asiakkaiden tarpeiden ymmärtämiseen.	Pyrkivät lähtemään omista ratkaisumahdollisuuksista.
Yhteistyö mahdollisen asiakkaan kanssa yleistä.	Usein käytetty vain markkinatutkimuksen tietoja.
Tuotteen tekniset puutteet poistettu ennen koemarkkinointia.	Tuote vietiin puolivalmiina markkinoille.
Yrityksen ylin johto aktiivisesti mukana hankkeessa.	Johdon tuki vaihtelevaa.

Yrityksen tuotekehitystoiminnan arvioinnin kannalta on oleellista selvittää, millaisia tavoitteita yrityksen strateginen suunnittelu on asettanut tuotekehitykselle. Toisaalta on oleellista tarkastella, että yritys on sijoittanut tuotekehitykseen strategian mukaisesti resursseja. Yrityksen tuotekehityksen tilaa voidaan arvioida vertaamalla eri osastojen toimintamalleja toisiinsa. Myös ”benchmarkkaus” toisen yrityksen tuotekehitystoiminnan kanssa on mahdollista. (Berg 2001, 8.)

Yrityksen strategioihin kuuluu yleensä liiketoiminta-, tuote- ja teknologiastrategia. Tuotekehityksen tilaa ja tulevaisuuden suunnitelmia voidaan mallintaa useilla keinoilla. Yksi mahdollinen työkalu yrityksen tuotekehitysstrategian suunnitteluun on road map -työkalu, jolla kuvataan tuotteiden ja teknologian kehittyminen pitkällä, usein ainakin viiden vuoden, aikavälillä. (Berg 2001, 13–15)

Usein tuotekehitystoiminnan mittamisen pelätään estävän luovuutta. Toisaalta tuotekehitysprosessia pidetään niin monivaiheisena ja monimutkaisena, että sen mallintaminen on vaikeaa. Kun tuotekehityksen toimivuutta mitataan, onkin erityisen tärkeää valita toimiva mittaristo. (Berg 2001, 27.)

Tuotekehitystoiminnan laadun arvioinnin taustalla on yrityksen johdon tarve ymmärtää tuotekehitystoimintaa ja arvioida sen tuottamia tuloksia yritykselle (Berg 2001, 50).

Organisatoriset ja valvonnalliset asiat toimivat hyvin johdetussa projektissa niin vaivattomasti, että ne tuntuvat jopa luonnollisilta. Tuotteen kehitys tulee aina olla pääasia. (Välimaa & kumpp. 1994, 47.)

Tuotekehitys edellyttää tekijöiltään riittävää asiantuntemusta. Projektin vastuualueet tulee määräytyä yksiselitteisesti. Henkilöillä tulee olla riittävästi aikaa ja ilmapiirin täytyy olla avoin ja kannustava, jotta luova työskentely on mahdollista. Johtamisen kantavana ajatuksena on tekijöiden itseohjautuvuus. Organisaatio on vain väline tavoitteiden saavuttamiseksi. Organisaatio tulee rakentaa mahdollisimman selkeäksi, kevyeksi ja matalaksi. Varma tie siihen, ettei päätöksiä synny, on organisoida päätöksenteko seitsemälle tasolle. (Välimaa & kumpp. 1994, 53.)

### 3.1 Lähtökohtien yksilöinti

Lähtökohtien yksilöinti on jokaisen tuotekehitysprojektin alkupiste. Lähtökohdat kuvaavat projektin aloittamisen tarvetta ja olemassa olevaa teknologiaa ja muuta pohjaa, josta projekti aloitetaan. Lähtökohtien yksilöinnin sijoittuminen tuotekehitysprosessiin esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Lähtökohtien yksilöinnin sijoittuminen tuotekehitysprojektin etenemisessä

Usein on mahdoton jälkikäteen tarkasti osoittaa, mistä idea tuotekehittämisen aloittamiseksi on täsmälleen alkanut. Luonnollisena tuotekehityksen lähtökohtana voidaan kuitenkin pitää vanhan tuotteen parantamista. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 101.)

Lähtökohtien ja tuotteen kehittämisen tarpeen tulee kuitenkin olla selkeästi esillä aina projektin alussa. Varsinkin jos tuotekehityksen kohteena on kokonaan uusi tuote, tulee tuotekehityksen tarpeen selvittämiseksi ja lähtökohtien kuvaamiselle antaa suurempi painoarvo.

### 3.2 Ideoiden ja vaihtoehtojen kehittäminen

Ideointi sijoittuu tuotekehitysprosessissa Lähtökohtien yksilöinnin ja esitutkimuksen väliin (kuva 3). Ideointi vaihe voi toisinaan olla hyvinkin aikaavievä, riippuen miten laajasta projektista on kysymys ja mikä on projektiin lähtiessä valmiustaso.



Kuva 3. Tuotekehitysprosessi, ideointivaihe

Ideoinnin ja luovuuden lähtökohtana on ”laatu riippuu määrästä”; mitä enemmän ideoita on valittavana, sitä laadukkaamman lopputuloksen voi yleensä olettaa niistä syntyvän. Uusi tuote tai tuoteparannus lähtee usein liikkeelle oivalluksesta, joka on tarpeiden ja mahdollisuuksien uudenlainen yhdistelmä. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 116.)

Ideoita ei varsinaisesti voi synnyttää kovan työn tuloksena, vaan ne enemmänkin tulevat mieleen automaattisesti. Hyvän idean toteutus toisaalta vaatii kuitenkin määrätietoista työskentelyä. (Jokinen 1987, 33.)

Tämän takia onkin tärkeää, että ideointivaiheessa tuotekehitysprosessissa vallitsee avoin ja luova ilmapiiri, jossa erilaisia ideoita ja toteutusvaihtoehtoja voidaan tuottaa, vertailla ja arvioida keskenään. Näin saadaan todennäköisimmin paras lopputulos. Yksi mahdollisuus luoda skenaarioita tuotteen kehityskaaresta on kokeilemalla kehittäminen.

”Kokeilemalla kehittämisessä lähtökohtana on, että sitä, mitä ei tiedetä, ei voida suunnitella, joten ensimmäiseksi pitäisi pyrkiä luomaan puuttuva tieto. Ja mitä nopeammin, vähemmällä vaivalla ja resursseilla tämä tieto saadaan luotua, sen parempi. Kokeilemalla kehittäminen siis sopii tilanteisiin, joissa tätä tietoa ei ole valmiiksi saatavilla. Kokeilujen avulla pystytään luomaan ymmärrys siitä, mitä tulisi tehdä (projektin lopputulos) ja miten tavoite saavutetaan (projektin etenemisen vaiheet). Perustuen oikeisiin kokemuksiin toisen käden tiedon tai väitteiden ja olettamusten sijaan.” (Hassi & kumpp. 2015).

Kokeilu voi tapahtua suljettujen ovien takana tuotekehityslaboratoriossa tai yhteistyössä, olemassa olevan tunnistetun asiakasryhmän kanssa. Tärkeintä on, että kokeilusta tehdään mahdollisimman kevyttä ja helppoa toteuttaa, jotta useat ideat pääsevät testaukseen.

### 3.3 Esitutkimus

Esitutkimus tehdään idoinnissa syntyneiden tarpeiden pohjalta. Esitutkimuksen sijoittuminen tuotekehitysprosessiin (kuva 4).



Kuva 4. Tuotekehitysprosessi, esitutkimusvaihe

Esitutkimuksen tarkoitus on koota saatavilla oleva tieto tuote-ehdotukseen liittyen, hankkeen lopullista arviointia ja tuotesuunnitelmaa varten. Tämän tiedon perusteella voidaan tarvittaessa laatia esitutkimusraportti ja luettelo tuotteen vaadituista ominaisuuksista (Jaakkola & Tunkelo, 1987 124–126)

Esitutkimusraportti voi sisältää.

- markkinoiden ja asiakkaiden tarpeet
- kilpailutilanteen arvioinnin ja parhaiden markkinointitoimenpiteiden valinnan
- teknologian kehityksen nykytilan ja tulevaisuuden ennusteen
- vallitsevan hintatason
- tuotantomenetelmät ja valmistuskustannukset
- tuotteelle asetettavat vaatimukset
- toimintavaihtoehdot

Esitutkimusraportti kokoaa yhteen olemassa olevan tiedon projektin nykytilasta, mitä vastaavaa on jo olemassa, mitä uutta on tulossa tutkimuksen saralla sekä mahdolliset patentit ja lisenssit alalla. Esitutkimuksessa voidaan esittää myös parannusehdotuksia tuotekehitysprojektiin esimerkiksi raaka-aineiden ja komponenttien suhteen, tuotantomenetelmien suhteen, ennakoida teknologista kehitystä sekä mahdollisesti yrittää ennustaa alan tulevaisuuden näkymiä. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 125.)

Esitutkimuksen konkreettisin tulos on tuotteen ominaisuuksille asetettavat yksilöidyt tuotevaatimukset. Niissä voidaan ilmaista seuraavia seikkoja:

- suorituskky
- välttämättömät ominaisuudet
- hinta/laatusuhde
- käytettävyys
- luotettavuus
- huollettavuus
- inhimilliset tekijät
- käyttöturvallisuus
- ergonomiset seikat
- ulkonäköseikat (muotoilu)
- tuotanto- ja valmistettavuus
- pakkaus- ja muut jakeluketjuvaatimukset
- asennettavuus
- soveltuvuus ja ympäristö
- liittyminen välittömään toimintaympäristöön
- ympäristön vaikutus tuotteeseen
- tuotteen vaikutus ympäristöön

### 3.4 Karsinta

Esitutkimus vaiheen jälkeen tuotekehitysprosessissa on karsinta (kuva 5). Karsintavaiheessa projektin tuotteesta karsitaan pois kaikki ylimääräinen ja valmistellaan protovaihetta.



Kuva 5. Tuotekehitysprosessi, karsintavaihe

Markkinoilla menestyneet tuotekehityksen tulokset ovat useimmin ”tarve vetää” kuin ”mahdollisuus työntää” tyyppisiä (Jaakkola & Tunkelo 1987, 129.). Tällä tarkoitetaan sitä, että

tuotekehityksen lähtökohdat ovat markkinalähtöisiä eli perustuvat oletettujen asiakkaiden tarpeisiin.

Tuotekehitysprosessissa joudutaan tekemään useita valintoja ja karsintapäätöksiä. Karsintaa on syytä suorittaa tietoisesti. Joskus karsintavaiheesta joudutaan palaamaan, esitutkimus- tai jopa ideointivaiheeseen. Hyvä lopputulos saavutetaan todennäköisimmin, jos tuotekehityksessä on riittävän suuri joukko ideoita ja tutkintalinjoja, joista valita. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 134.)

### 3.5 Prototyyppien kokeilu

Prototyyppivaiheen sijoittuminen tuotekehitysprosessissa on esitetty kuvassa 6. Prototyyppivaiheesta voi tulla tarve palata edellisiin vaiheisiin, kuten karsintaan tai esitutkimukseen, joiden jälkeen prosessissa voidaan edetä uudelleen prototyyppivaiheeseen.



Kuva 6. Tuotekehitysprosessi, prototyyppivaihe

Prototyyppi on tuotteesta valmistettava ensimmäinen versio, jolla voidaan testata tuotteen ominaisuuksia ja toiminnallisuuksia. Prototyyppiä voi olla eriasteisia, niillä voidaan testata ja todentaa jotain yksittäistä tuotteen ominaisuutta, tuotteen toimintaa kokonaisuutena, haluttuja toiminnallisuuksia tai tuotantoprosessia. (Klemetti 2020 ja Wikipedia [b] 2020)

Tuotteella voi olla useita prototyyppivaiheita ja prototyyppivaiheessa voidaan tehdä useita erilaisia prototyyppiä. Yksi yleisesti käytössä oleva prototyyppitoimintamalli on ”rapid prototype” -malli, jossa tuotteesta luodaan nopeasti yksinkertainen, mutta havainnollistava malli, testataan haluttu toiminnallisuus ja tarvittaessa luodaan toinen prototyyppi korjauksilla (engineeringproductdesign 2020)

### 3.6 Tuotannon ja markkinoinnin valmistelu

Valmisteluvaiheen sijoittuminen tuotekehitysprosessiin on esitetty kuvassa 7. Tässä vaiheessa tuotteeseen ei enää lisätä mitään uusia ominaisuuksia, vaan aletaan miettimään, miten tuotteen mahdollisuuksia hyödynnetään kaupallisesti. Tästä vaiheesta ei enää palata prosessin aiempiin vaiheisiin.



Kuva 7. Tuotekehitysprosessi, valmisteluvaihe

Ennen tuotteen julkaisemista on hyvä toteuttaa markkinointi- ja tuotantosuunnitelma. Markkinointisuunnitelma voi sisältää seuraavia asioita. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 158–159)

- markkinoinnin kohderyhmien yksilöinnin
- markkinoiden kilpailutilanteeseen vastaamisen
- myyntiargumenttien määrittelyn
- myynnin tukitoimenpiteiden suunnittelun
- erilaisten kampanjoiden suunnittelun
- esitteiden ja mainosmateriaalien suunnittelun
- pakkaus- ja jakelukysymykset
- myyntihenkilöstön koulutuksen
- mainosbudjetin asettamisen

Tuotantosuunnitelman olisi hyvä sisältää ainakin seuraavia asioita. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 158–159)

- yhteydet raaka-aineiden toimittajiin
- työkalujen suunnittelu ja hankinta
- tarpeellisten tehdastilojen muutokset ja mahdollisten uusien koneiden hankinta



- kokoonpanolinjan rakentaminen

Ennen varsinaisen myynnin aloittamista tuote olisi hyvä testata koemarkkinoilla toivotulle kohderyhmälle. Näin saadaan tarvittavaa, kriittistä tietoa joskus välttämättömistäkin korjauksista. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 161.)

### Markkinatutkimus

Markkinatutkimus on päätöksenteon tueksi hankittavaa tietoa. Tietoa tarvitaan tuotekehitysprojektien kannattavuuden arviointiin ja markkinoinnin suunnitteluun. Tarkoituksena on määrittää, mitkä ovat tutkimuksen kannalta oleellisia asioita. Markkinatutkimus voi olla markkina-analyysi, jolloin selvitetään tietoa projektin kannattavuuslaskennan pohjaksi. Toisaalta markkinatutkimus voi olla kuluttajatutkimus, jolloin keskeisiä asioita ovat kuluttajien ostopäätökseen vaikuttavat seikat. Lisäksi voidaan tutkia myös markkinointikeinoja ja niiden tehokkuutta. (Välimaa & kumpp. 1994, 35.)

### 3.7 Markkinoille vienti

Kun tuote on valmis, voidaan se julkaista. Usein julkaisun jälkeenkin tapahtuu kehitystoimintaa, joko tuotteen jatkokehityksenä tai huomattujen puutteiden korjaamisena. Julkaisuvaiheen sijoittuminen tuotekehitysprosessiin (kuva 8)



Kuva 8. Tuotekehitysprosessi, julkaisuvaihe

Ennen markkinoille vientiä tulee varmistaa jakelun toimivuus. On tärkeää, että jakeluketju valmistuksesta aina loppukäyttäjälle on tietoinen tulevasta muutoksesta (Jaakkola & Tunkelo 1987, 161.), varsinkin jos yrityksellä on jo paljon aiempia tuotteita ja valmiita jakeluketjuja. Ennen varsinaista suuren mittakaavan markkinoille vientiä voidaan toteuttaa koesarja, jolla testataan tuotanto- ja jakeluketjuja.

Tuotteen julkaisu on tärkeä vaihe. Uuden tuotteen tuominen markkinoille on jo sinällään uutinen ja siinä yhteydessä luodaan ratkaiseva osa tuotteen imagosta. Julkistaminen on tehtävä käyttäen

kaikkia mahdollisia tiedotuskanavia rinnakkain tai porrastaen. Tässä voidaan tarvittaessa käyttää apuna mainostoimistoa. (Jaakkola & Tunkelo 1987, 163.)

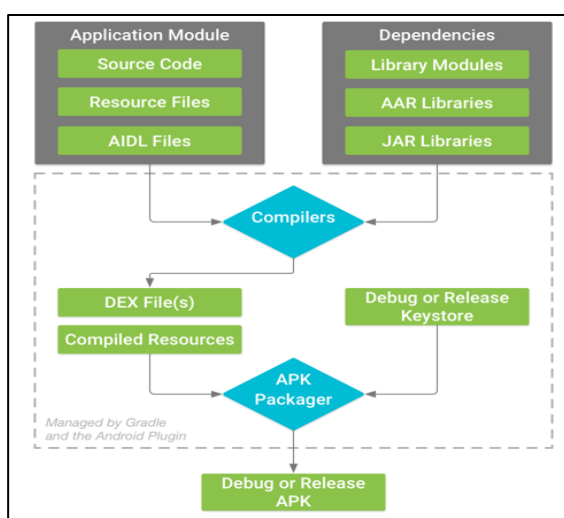
## 4 Työssä käytetyt ohjelmistot

Tämän opinnäytetyön tuotekehitysprojekti toteutettiin kokeilemalla useita erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Tämän takia työssä tutustuttiin myös useisiin erilaisiin ohjelmistoihin, joita käytettiin niin tarvittavien ohjelmistojen luomiseen kuin erilaisten sensoreiden ja teknisten ratkaisujen testaamiseen.

### 4.1 Android Studio

Android Studio on virallinen integroitu kehitysympäristö (IDE) Android-sovellusten kehittämiseen. Android Studio pohjautuu IntelliJ IDEA -ohjelmistokehitysympäristöön. IntelliJ IDEAn päälle Android Studio tarjoaa useita lisäominaisuuksia ja helpottaa sovelluskehitystä, kun halutaan kehittää Android-ohjelmistoja. (Meet Android Studio 2018)

Android-aplikaatiot voidaan kirjoittaa käyttäen Kotlin-, Java- ja C++-ohjelmointikieliä. Android Studion ohjelmointirajapinta (SDK) kääntää koko ohjelmiston ja tarvittavan datan Android Package (APK) -tiedostoksi. Yksi APK-tiedosto sisältää kaiken Android-ohjelmiston tarvitseman sisällön, ja se on tiedosto, jonka Androidilla toimiva laitteisto avaa asentaessaan ohjelmiston. (Application Fundamentals 2018) APK-tiedoston voi helposti testata, lähettää tai jakaa käytettäväksi mille tahansa Android-laitteelle (Configure Your Build 2018). APK:n osat ja rakentuminen on esitetty kuvassa 9.

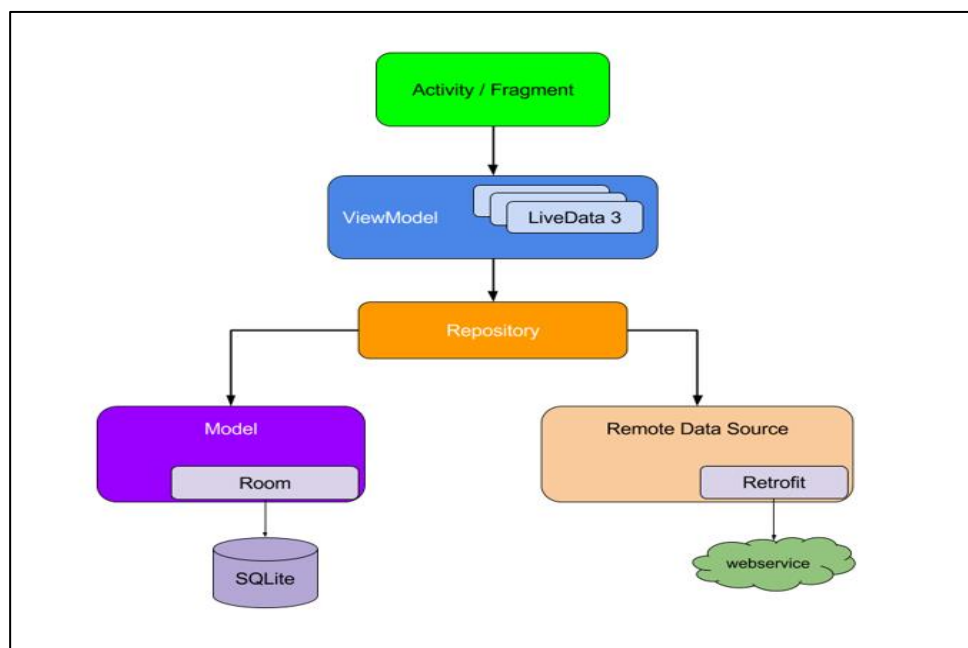


Kuva 9. APK:n osat ja rakentuminen (Android Studio 2018)

Applikaation komponentit ovat applikaatiokehityksen perusta. Android Studioissa on neljän tyyppisiä applikaation komponentteja. (Application Fundamentals 2018)

- activities
- services
- broadcast receivers
- content providers

Toisin kuin perinteiset työpöytäapplikaatiot, joissa pääsääntöisesti on vain yksi ohjelmiston käynnistyspiste (launcher icon), tulee puhelimesta olevien applikaatioiden pystyä toimimaan useista eri lähtökohdista ja mahdollisesti päällekkäin muiden applikaatioiden kanssa. Käyttäjä voi halutessaan esimerkiksi avata sosiaalisen median applikaation kautta puhelimensa kameran ja ottaa sillä kuvan, kameraohjelmisto samaan aikaan avaa itsenäisesti kansion, johon juuri tämä otettu kuva tulee tallentaa, jonka jälkeen kuva ilmestyy myös käyttäjän sosiaalisen median sivustolle. Kaikki tämä tulee toimia saumattomasti ja on otettava huomioon ohjelmiston suunnittelussa. Koko tämän toiminnan aikana on koko ajan mahdollista, että käyttäjä saa puhelun, joka katkaisee kuvan lataamisprosessin, mutta käyttäjän tulee olla mahdollista jatkaa tätä heti puhelun lopettamisen jälkeen. (Guide to App Architecture) Android-applikaation arkkitehtuuri on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. App Architecture (Android Studio 2018)

Mobiilialustalle toteutettavissa ohjelmistoissa on hyvä pitää mielessä tämä ohjelmistojen vaatima erityinen arkkitehtuuri ja mobiililaitteen vaatimukset.

Android Studio suosittelee koodin kommentointia ainakin muuttujien, parametrien ja paluuarvojen osalta. Tämä helpottaa koodin lukemista ja mahdollisten bugien löytämistä. Lisäksi Android Studio osaa arvioida ja tarkastaa myös koodin kommentteja koodin tarkastusvaiheessa. (Meet Android Studio 2018) Koodin kommentit auttavat koodintarkastusohjelmia, kuten LINT, tarkastamaan koodin paremmin ja löytämään myös piilossa olevat bugit. Lisäämällä support-annotations riippuvuuden omaan kirjastoon tai applikaatioon kaikki tämän jälkeen lisätyt kommentit tarkastetaan koodin käynnöksen yhteydessä. (Improve Code Inspection with Annotations 2018)

## 4.2 Arduino

Arduino on avoimen lähdekoodin ohjelmistokehitysalusta (kuva 11), johon kuuluu sekä hardware eli ohjelmoitavia piirilevyjä että software eli valmiita ohjelmistokirjastoja. Näiden työkalujen avulla Arduinolla voidaan nopeasti tuottaa ja testata erilaisia prototyyppisiä ja tuoteideoita käytännössä. Arduino on verrattain yksinkertainen ja helppokäyttöinen kokonaisuus, joka on nopea ottaa käyttöön. Arduinua käytetään yleisesti joko teknologian opiskeluun tai prototyyppien rakentamiseen ja kokeiluun. (Arduino 2019)



Kuva 11. Arduino-kehitysalusta (Pixabay cc-pictures 2018)

Arduinossa UNO:ssa on 14 digitaalista I/O-tuloa. I/O-tulojen määrä vaihtelee Arduino-alustasta riippuen. Lisäksi alustassa on analogisia tuloja, jotka voivat lukea erilaisia signaaleja. Alustan tulot on aseteltu tiettyyn järjestykseen ja merkitty alustan pintaan käytön helpottamiseksi. Arduino-alustan mikrokontrolleri vaihtelee alustasta riippuen. Vaihtoehtoja ovat ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 tai ATmega2560. Alustan voi yhdistää tietokoneeseen USB:llä. (Opensource.com 2019)

Arduino-ohjelmisto voidaan muokata Arduinon integroidussa kehitysympäristössä (kuva 12). (Arduino 2019)

The image is a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, the title bar reads "Blink | Arduino 1.8.9". Below it is a menu bar with "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". A toolbar with icons for opening, saving, and running is visible. The main text area contains the "Blink" sketch code, which is a standard example for turning an LED on and off. The code is enclosed in a multi-line comment block. At the bottom of the window, a status bar shows "1" on the left and "Arduino/Genuino Uno" on the right. The interface has a dark theme with a teal header and footer.

```
/* Blink
 * Turns an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 * Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the UNO, MEGA and ZERO
 * it is attached to digital pin 13, on MKR1000 on pin 6. LED_BUILTIN is set to
 * the correct LED pin independent of which board is used.
 * If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
 * model, check the Technical Specs of your board at:
 * https://www.arduino.cc/en/Main/Products
 * modified 8 May 2014
 * by Scott Fitzgerald
 * modified 2 Sep 2016
 * by Arturo Guadalupi
 * modified 8 Sep 2016
 * by Colby Newman
 * This example code is in the public domain.
 * http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
 */

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);                     // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);                     // wait for a second
}
```

Kuva 12. Arduinon integroitu kehitysympäristö

Arduinon avoimen lähdekoodiprojektin luonteen vuoksi alustalle löytyy useita esimerkki- ja malliohjelmistoja erilaisiin projekteihin.

#### 4.3 SolidWorks

SolidWorks on 3D-mallinnukseen tarkoitettu työkalu, jonka avulla voidaan luoda, simuloida, julkaista ja hallita tietoja. SolidWorks on helppokäyttöinen ja ketterä työväline 3D-mallintamiseen. SolidWorks sisältää tilavuus- ja pintamallinnustyökalut. SolidWorksia voidaan käyttää hyvin erilaisten koneiden, laitteiden ja yksittäisten kappaleiden suunnitteluun. SolidWorks-ohjelmistolla voidaan tuottaa kolmenlaisia dokumentteja: yksittäisiä osia, kokoonpanoja sekä valmistuspiirroksia. (Wikipedia [a] 2018 ja Solidworks.fi 2018).

## 5 Työssä käytetyt sensorit

Opinnäytetyössä kehitettiin älykästä urheilulaitetta, joka mittaa rullan pyörimisnopeutta ja rullaan kohdistuvaa voimaa. Tuotekehitystyö tehtiin kokeilevalla menetelmällä, joten työssä kokeiltiin tarvittavien mittausten toteuttamista eri tavoilla, erilaisia sensoreita hyödyntäen.

### 5.1 Venymäliuskasensori

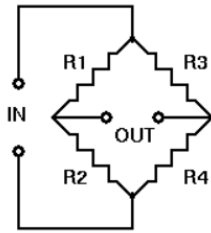
Venymäliuskasensori on materiaalin venymisen mittaamiseen tarkoitettu sensor. Venymäliuska kiinnitetään mitattavan rakenteen pintaan. Venymäliuska venyy rakenteen muodonmuutosten mukaan. Venymäliuskan sisällä on, ohuen kalvon peittämänä, metallijohde, joka on laskostettu sensorin mittaussuunnassa useaan kerrokseen hilaksi. Venymäliuskalla on nimellinen resistanssi, venymäliuskasensorin venyessä sen resistanssi muuttuu suhteessa nimellisresistanssiin. Venymäliuskasensorin resistanssin muutos voidaan mitata jännitteen muutoksena. Venymäliuskaa käytetään usein Wheatstonen sillassa, jolloin useamman venymäliuskan resistanssin muutoksia seuraamalla saadaan mitattua pieniäkin muutoksia rakenteissa. Tällöinkin venymäliuskasensorin ilmoittamat muutoksen jännitteessä ovat milli- tai mikrovolttiluokkaa ja niitä pitää usein vahvistaa. (OME 2018)

#### Wheatstonen silta

Venymäliuskasensorien muutokset jännitteessä ovat varsin pieniä. Tämän takia venymäliuskoja käytetään usein rarjoina. Wheatstonen silta on yleinen tapa mitata jännitteen muutosta 1–4 venymäliuskan avulla ja näin saavuttaa suurempia mitattavia jännitteen muutoksia. (Al-Mutlaq 2018)

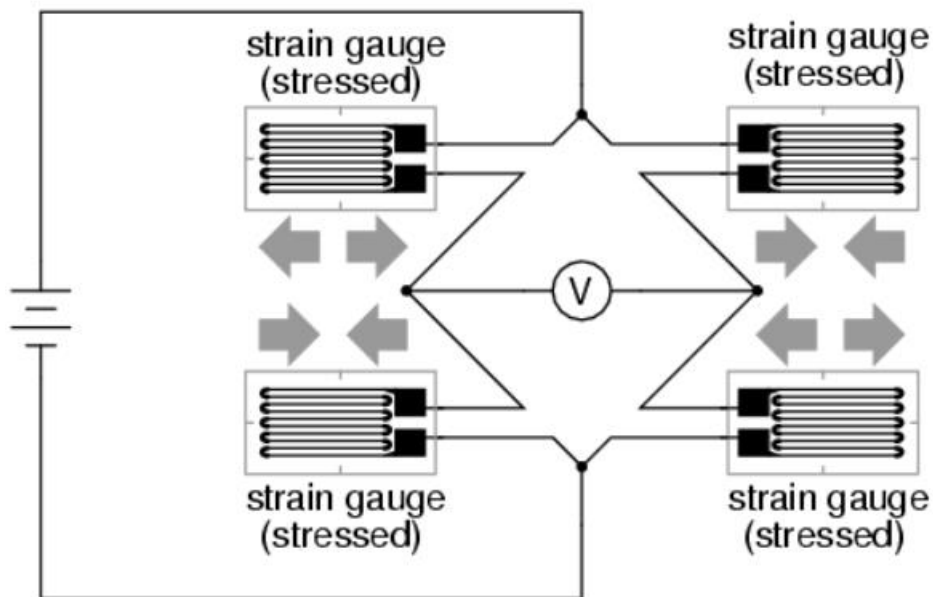
Wheatstonen sillan periaate on varsin yksinkertainen (kuva 13). Siinä neljän vastuksen mitattava jännite muuttuu jonkin neljästä vastuksesta muuttuessa seuraavan säännön mukaisesti.  $V_{out} = [(R3/(R3+R4)-R2/(R1+R2))] * V_{in}$ . (Al-Mutlaq 2018)





Kuva 13. Wheatstonen siltaperiaate (Al-Mutlaq 2018)

Minkä tahansa vastuksen muuttaminen Wheatstonen sillassa aiheuttaisi siihen jännitteen muutoksen. Venymäliuskasensoreilla toteutettavassa Wheatstonen sillassa (kuva 14) venymäliuskat asetetaan usein siten, että kappaleen muodossa muuttuessa osa venymäliuskoista supistuu ja osa venyy, jolloin Wheatstonen sillan muutoksia saadaan mitattua hyvin pienissakin pinnan muutoksissa.



Kuva 14. Wheatstonen silta toteutettu venymäliuskoilla (Al-Mutlaq 2018)

## 5.2 Painesensori (load cell) SparkFun TAS606

Painesensoreita on erilaisia. Tässä työssä käytettiin SparkFunin kehittämää sensoria, joka hyödyntää yllä kuvattua venymäliuska- ja Wheatstonen siltaperiaatetta. Sensori pystyy mittaamaan voimaa aina 200 kg:aan saakka. (Al-Mutlaq 2018)

TAS606 load cell on lähes valmis otettavaksi käyttöön suoraan laatikosta. Käyttöönottoon tarvitaan ainoastaan sopiva vahvistin (esimerkiksi SparFun HX711). Tämän jälkeen sensori voidaan kalibroida käyttöohjeiden mukaisesti, jonka jälkeen se on valmis käyttöön.

### 5.3 Kiihtyvyyssensori

Kiihtyvyyssensori mittaa laitteen kiihtyvyyden muutoksia. Kolmen eri akselin suuntaisesti samaan aikaan toimiva kiihtyvyyssensori pystyy havaitsemaan myös kallistukset ja pyörimisliikkeen. Sitä voidaan käyttää myös liiketunnistuksessa sekä värinä- ja törmäysmittauksissa. (Analog Devices 2009)

### 5.4 Hall-sensori

Hall-sensoria käytetään mittaamaan magneettikentän voimakkuutta. Sen lähtöjännite on suoraan verrannollinen sen läpi johtavan magneettikentän voimakkuuteen. Hall-sensoria käytetään yleisesti läheisyyden, paikannuksen, nopeuden ja virran havaitsemiseen tarkoitettuihin sovelluksiin. (Wikipedia [c] 2020)

Yksinkertaisimmassa muodossaan Hall-sensori toimii analogisena muuntimena, palauttaen suoraan jännitteen. Tunnetulla magneettikentällä voidaan määrittää sen etäisyys Hall-sensorista. Käyttämällä Hall-sensoreita ryhmissä voidaan päätellä magneetin suhteellinen sijainti. (Wikipedia [c] 2020)

## 6 Työssä käytetyt dokumentointityökalut

On sanottu, että vaikein yksittäinen vaihe tuotekehitysprojektissa, varsinkin ohjelmistoprojektissa, on määrittellä, mitä tullaan tekemään ja miten. Tuotekehitysprojektissa dokumentaatio onkin erittäin tärkeässä osassa. Hyvän projektidokumentaation avulla voidaan projektin eri intressiryhmien välillä sopia, millainen lopullinen tuote tulee toimimaan. Dokumentaation avulla voidaan myös myöhemmin palata ja tarkastaa, että toteutettu tuote vastaa suunnitelmia ja vaatimuksia. (Tuominen 2017, 2.)

### 6.1 UML-kaaviot

Mallien tärkeys on ollut pitkään selvää kaikilla suunnittelun aloilla. Kun jotain rakennetaan, tehdään siitä piirustukset. Piirustuksille voidaan käyttää synonyyminä sanaa malli. Malli on myös kuvaus jostain asiasta, tässä tapauksessa tuotteesta. United Modeling Language (UML) on yritys ratkaista tuotesuunnittelussa yleistä tarvetta mallintaa ratkaisu kuvamaiseksi malliksi. Sanonta, jonka mukaan kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, pitää paikkansa myös tuotesuunnittelussa. Tuotteen malli ei tule kerralla valmiiksi, vaan mallintaminen on prosessi. Malli voi käydä läpi useita kehitysvaiheita, joista jokainen lisää siihen yksityiskohtia. UML-mallinnusta on yleisesti käytetty työkaluna, kun mallinnetaan tietojärjestelmiä, teknisiä järjestelmiä tai sulautettuja tosiaikaisia järjestelmiä. (Eriksson & Penker 2000, 1–7)

#### 6.1.1 Käyttötapauskaavio

Käyttötapauskaavioissa on useita ulkoisia toimijoita, ja se kuvaa toimijoiden yhteyden järjestelmän tarjoamiin käyttötapauksiin. Yksittäinen käyttötapaus on yhden järjestelmässä olevan toiminnon kuvaus. Kuvaus tehdään yleensä, kuvan lisäksi, myös sanallisesti ja tallennetaan käyttötapauskaavion yhteyteen. Käyttötapaukset kuvaavat järjestelmää ainoastaan käyttäjän näkökulmasta, eikä se ota kantaa järjestelmän tekniseen toteutukseen. (Eriksson & Penker 2000, 15.)

### 6.1.2 Luokkakaavio

Luokkakaavio kuvaa järjestelmän luokkarakenteen. Luokat vastaavat asioita, joita järjestelmä käsittelee. Luokat voivat olla yhteydessä toisiinsa monilla eri tavoilla. Luokkien välinen viittaus tarkoittaa, että luokkien välillä on yhteys. Viittauksia on useanlaisia. Riippuvuusyhteys tarkoittaa, että toinen luokka tarvitsee toista toimiakseen. Erikoistumissuhteessa toinen luokka on toisen erikoisversio. Yhteydessä oleva aliluokka perii pääluokan toiminnot ja ominaisuudet. (Eriksson & Penker 2000, 15–16)

### 6.1.3 Oliokaavio

Oliokaavio on luokkakaavion muunnelmä. Luokkakaavion ja oliokaavion merkinnät ovat pitkälti täysin samanlaisia. Oliokaaviota voidaan pitää esimerkkinä luokkakaaviosta, ja se osoittaa yhden mahdollisen otoksen järjestelmän tilasta. Merkintätavaltaan oliokaavio eroaa luokkakaaviosta kahdella tavalla. Olioiden nimet alleviivataan, ja tiettyyn yhteyteen liittyvät kaikki mahdolliset ilmentymät näytetään. (Eriksson & Penker 2000, 17.)

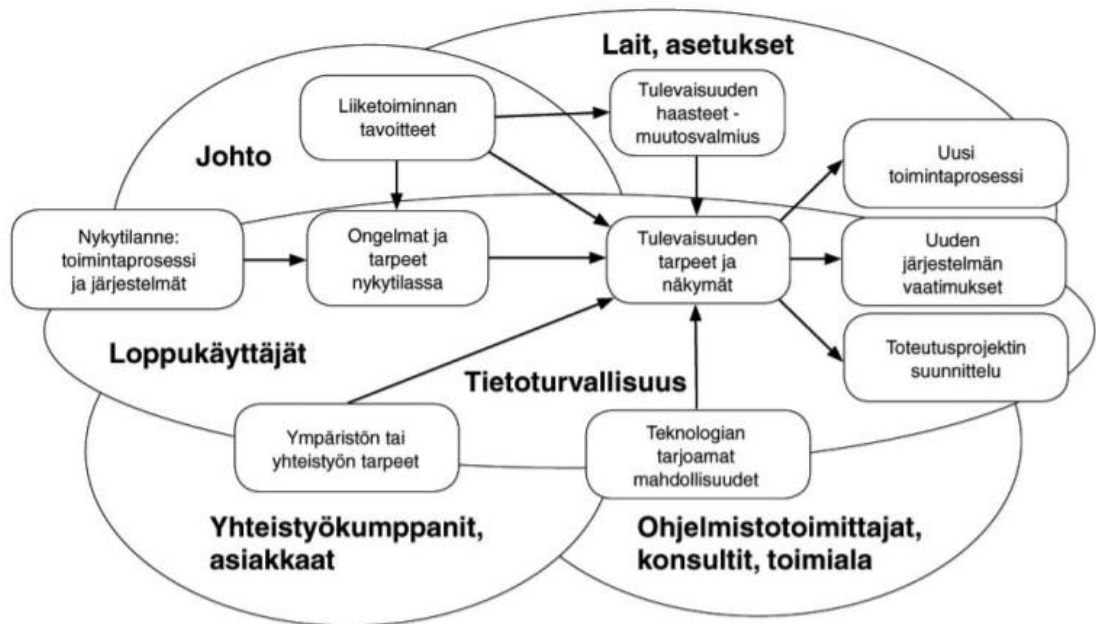
## 6.2 Vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittelyllä voidaan tarkoittaa monia eri asioita. Yleisesti samaa mieltä ollaan, että vaatimusmäärittely tarkoittaa:

1. Järjestelmälle asetettuja toiminnallisia ja ei-toiminnallisia vaatimuksia.
2. Järjestelmälle asetettuja rajoituksia.
3. Järjestelmän tuottamiseen tai käyttämiseen sitoutuneiden sidosryhmien tekemiselle asetettavat vaatimukset ja rajoitteet.
4. Vaatimukset on kuvattava yksiselitteisellä ja kaikille ymmärrettävällä tavalla.

Vaatimusmäärittelyssä kartutetaan, arvioidaan, määritellään, dokumentoidaan, analysoidaan ja muutetaan järjestelmään kohdistuvia tavoitteita. Vaatimusten määrittelyyn osallistuu useita

erilaisia tahoja (Paakki 2011, 3–4). Erilaisia, vaatimusmäärittelyyn liittyviä tahoja on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Tarpeet ja vaatimukset projektiin voivat tulla useilta eri alueilta. (Juhta 2018, 13.)

Suuremmissa projekteissa voidaan joutua tekemään vaatimusmäärittelyn läpiviennin suunnitelma, jossa määritellään, miten vaatimusmäärittely tullaan tekemään (Juhta 2018, 13.). Vaatimusmäärittelyn tarpeet, vaatimukset ja käyttö määräytyvät siis projektin mukaan.

Usein vaatimusmäärittelyn pohjalla on esiselvitysraportti tai projektisuunnitelma. Vaatimusmäärittelyä rajoittavat myös usein käytettävissä olevat resurssit. Vaatimusmäärittelyn jälkeen pitää tehdä sopimukset resurssien käytettävyydestä, jotta vaatimusten mukainen projekti on mahdollista saattaa loppuun. (Juhta 2018, 13.)

Vaatimusten määrittelyn tärkeimpänä lopputuloksena tulee olla eri osapuolien aito ja yhteinen ymmärrys hankittavan järjestelmän tulevasta toiminnasta. Tämä vaihe vaatii eri osapuolten välillä sovittelua ja kompromissien hakua usein eriävien intressien takia. Ylimmän johdon sitoutuminen hankkeeseen ja resurssien saatavuus on ratkaisevan tärkeitä. (Juhta 2018, 13.)

## 7 Tuotekehitysprojektin eteneminen käytännössä

Tuotekehitysprojektin pitää lähteä tarpeesta. Tämän tuotekehitysprojektin pohjana toimii jo markkinoilla oleva tuote, HighRoller, jonka päälle haluttiin lähteä rakentamaan entistä enemmän asiakkaita palvelevaa tuotekokonaisuutta.

Käytäntö on osoittanut, että HighRoller-tuotetta käyttäessä asiakkaat tarvitsevat usein pientä ohjausta. Yleensä ohjauksen tarve keskittyy tiettyihin harjoittelun osa-alueisiin, kun harjoitusasentoon, rullaan kohdistettavaan voimaan, rullausnopeuteen sekä harjoittelun kestoon liittyviin asioihin.

HighRoller Smartin tarkoitus on auttaa harjoittelijaa näissä usein toistuvissa kysymyksissä. HighRoller Smartin avulla halutaan tuoda HighRoller-tuote myös lähemmäksi nykypäivän liikuntaharrastajaa, joka haluaa käyttää harjoittelun mittaamiseen ja tueksi myös älykästä teknologiaa.

### 7.1 Lähtötilanne

Halusimme lähteä kehittämään tuotetta olemassa olevien komponenttien pohjalta. Meillä oli kehitettynä HighRoller -lihashuoltorulla, jonka ominaisuuksia uudessa tuotteessa haluttiin käyttää mahdollisimman paljon. Meillä oli olemassa myös HighRoller-applikaation demoversio, joka on ollut vapaassa jakelussa Google Play-kaupassa vuodesta 2016 saakka.

#### HighRoller

HighRoller kehitettiin Kajaanissa vuonna 2013. Sen myynti alkoi Suomessa seuraavana vuonna. Tällä hetkellä HighRollerilla on jälleen myyjiä Skandinaviassa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa sekä Japanissa (highrollerofficial 2017). HighRollerin alkuperäinen idea ja tuotekehityksen lähtökohta oli helpottaa lihashuoltoharjoittelua ja tehdä harjoitusasennosta ergonominen.

HighRoller (kuva 16) on innovatiivinen lihashuoltoapuväline, jonka lihashuoltoon tarkoitettu rulla pyörii telineeseen kiinnitettynä irti maasta. Tämä tekee putkirullauksesta HighRollerilla ergonomisempaa verrattuna perinteiseen lattialla pyörivään rullaan. (highrollerofficial 2017)



Kuva 16. HighRoller

HighRoller-aplikaatio

HighRoller-aplikaatio (kuva 17) on Android-alustalla toimiva lihashuoltoharjoittelua ohjaava applikaatio.

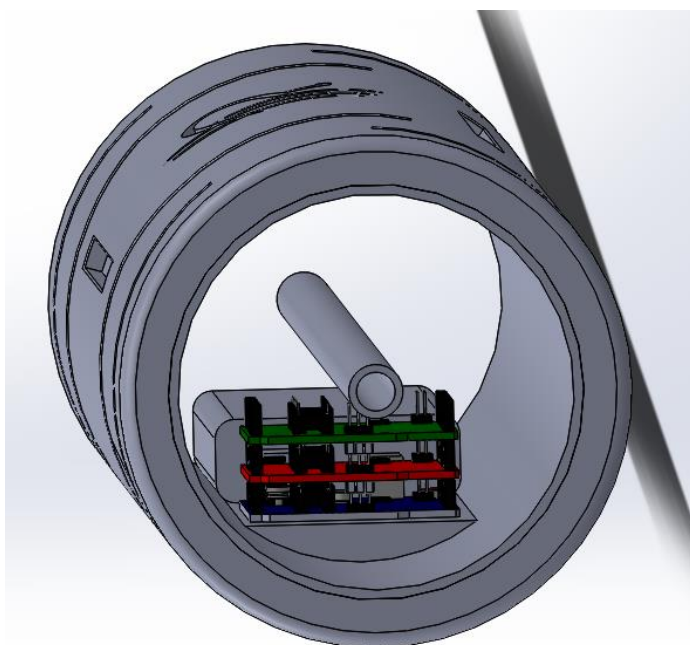


Kuva 17. HighRoller-aplikaatio

## 7.2 Ideointi

### 7.2.1 Ideoita rullan pyörimisnopeuden mittaamiseen

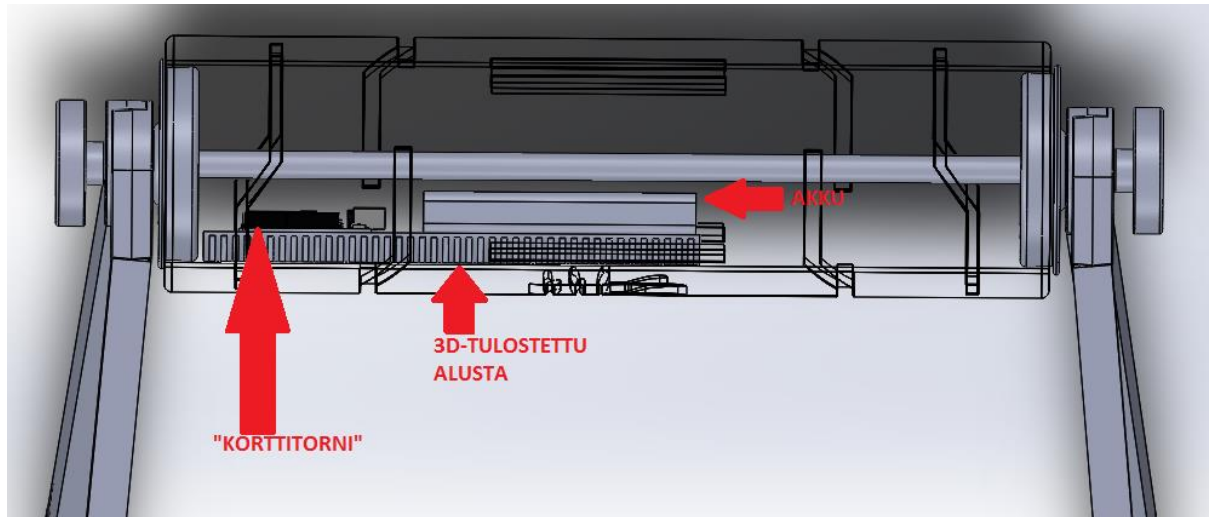
Päätettiin kokeilla pyörimisnopeuden mittaamista kahdella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto olisi asettaa nopeus- tai gyroskooppisensori putken sisään ja mitata sen avulla rullan liikkeitä (kuva 18). Toinen vaihtoehto olisi asettaa hall-sensori päädyn muoviosan sisään ja kiinnittää rullan päähän magneetteja. Tässä vaiheessa keskusteltiin myös optisista sensoreista, mutta ajatuksesta luovuttiin jo alkumetreillä.



Kuva 18. Idea putken sisään rakennettavasta pyörimisnopeuden mittausyksiköstä

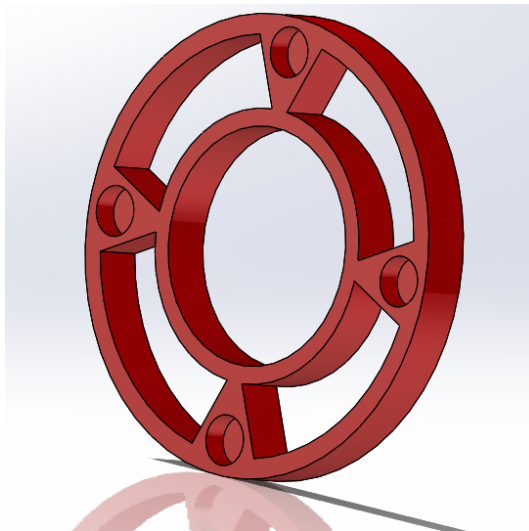
Nopeussensorin sijoittaminen rullan sisään päätettiin kokeilla asettamalla nopeussensori, Bluetooth-yksikkö ja Arduino putken sisään ja rakentaa niille oma virtalähde, havainnollistettu kuvassa 19.



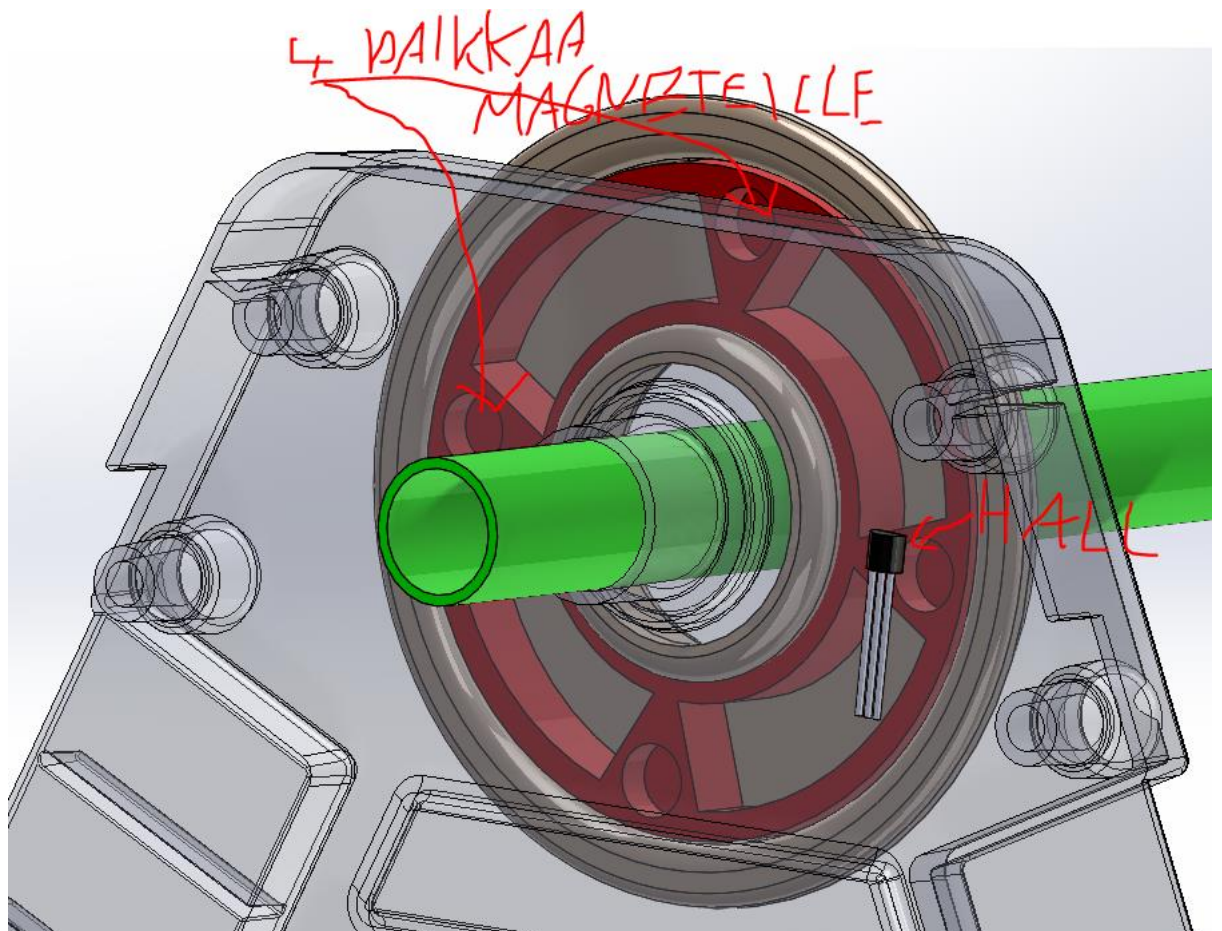


Kuva 19. Havainnekuva putkeen sisään asennettavasta pyörimisnopeuden mittausyksiköstä

Toinen mahdollinen pyörimisnopeuden mittaamistapa, jota päätettiin kokeilla, on pyörimisnopeuden mittaaminen magneettien ja Hall-sensorin avulla. Tässä toteutustavassa rullan pätyyn kiinnitetään "kiekko" (kuva 20), johon asetetaan useampia magneetteja ja rullan ulkopuolelle tulevaan koteloon sijoitetaan Hall-sensori on havainnollistettu kuvassa 21.



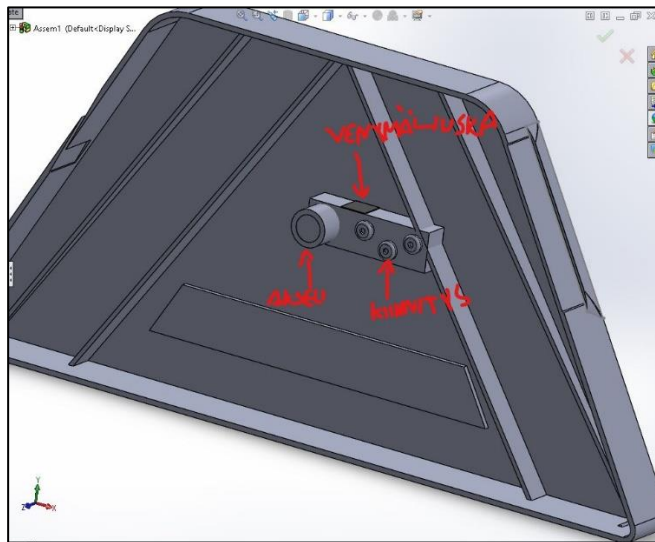
Kuva 20. Kiekko magneettien kiinnittämistä varten



Kuva 21. Havainnekuva, kiekon sijoittaminen laitteen koteloinnin sisään

#### 7.2.2 Laitteeseen kohdistuneen paineen mittaaminen

Päätettiin testata paineen mittaamista kahdella eri tavalla. Ensimmäisenä testattiin oman painesensorin rakentamista venymäliuskan avulla, havainnollistettu kuvassa 22. Toinen paineen mittaamiseen tarkoitettu sensori ostettiin valmiina.



Kuva 22. Venymäliuskan asettaminen koteloinnin sisään

### 7.3 Esitutkimus

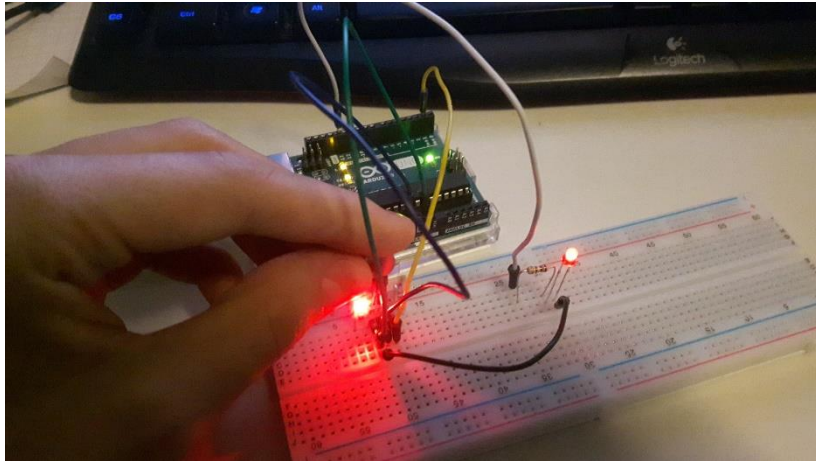
Esitutkimuksen aikana kokeiltiin kaikki ideoinnissa kuvatut rullan pyörimisnopeuden mittaamiseen ja laitteeseen kohdistuvan paineen mittamiseen tarkoitetut sensorivaihtoehdot.

#### 7.3.1 Hall-sensorin testaus

##### Vaihe 1

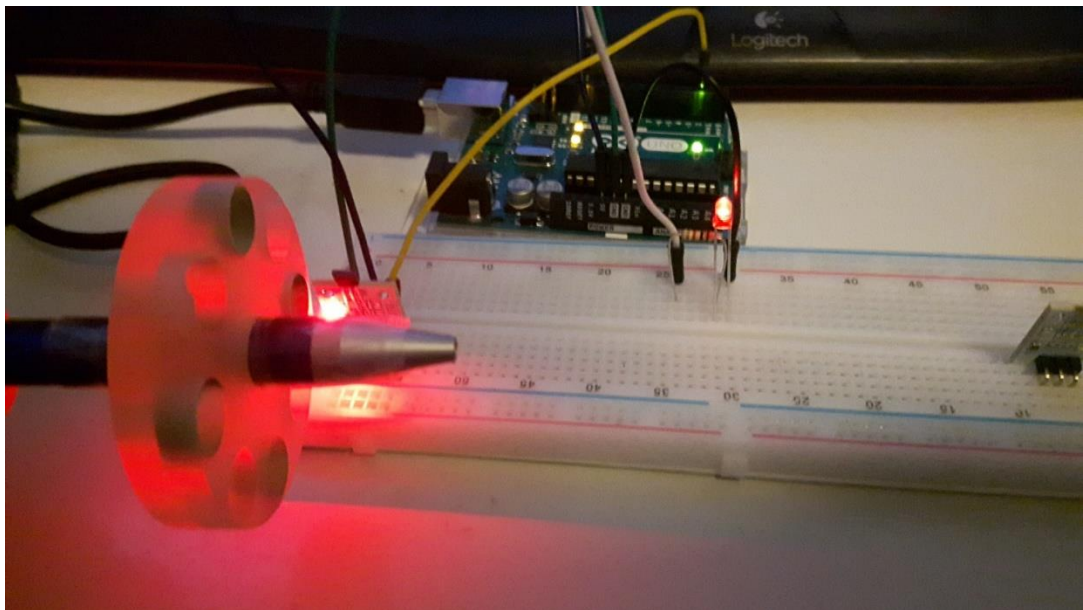
Hall-sensorilla magneetin tunnistaminen ja datan lukeminen Arduinolla. Hall-sensorin kytkentäperiaate (kuva 23). Hall-sensorin datalehti, velleman.eu verkkosivustolla. (velleman.eu 2020)





Kuva 25. Kytkenän testaus

Pyörimisliikkeessä olevien useiden magneettien tunnistaminen Hall-sensorilla (kuva 26) Led syttyy, kun magneetti asetetaan lähelle Hall-sensoria.



Kuva 26. Hall-sensorin testaus

## Vaihe 2

3D-tulostettuun kiekkoon kiinnitettiin aluksi kaksi magneettia kiekon vastakkaisille reunoille. Kiekkoa pyörittämällä tutkittiin Hall-sensorin kykyä tunnistaa pyörimisliikkeessä olevia magneetteja. Koska kytkentä toimi hyvin, lisättiin kiekkoon vielä kaksi magneettia. Neljällä magneetilla kytkentä toimi myös hyvin, mutta ei enää kahdeksalla magneetilla, koska magneettikenttien väliin ei jäänyt tarpeeksi tilaa. Kokeessa käytettiin samaa Arduino-koodia ja kytkentää kuin vaiheessa 1.

Viimeisenä testattiin optimaalista magneettien määrää kiekon pyörimisnopeuden määrittämiseksi. Koekytkentä oli sama kuin aikaisemmissa vaiheissa, paitsi lediä ei tässä vaiheessa tarvittu (kuva 27).

```
// read RPM
volatile int rpmcount = 0; //see http://arduino.cc/en/Reference/Volatile
int rpm = 0;
unsigned long lastmillis = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, rpm_fan, FALLING); //interrupt zero (0) is on pin two(2).
}

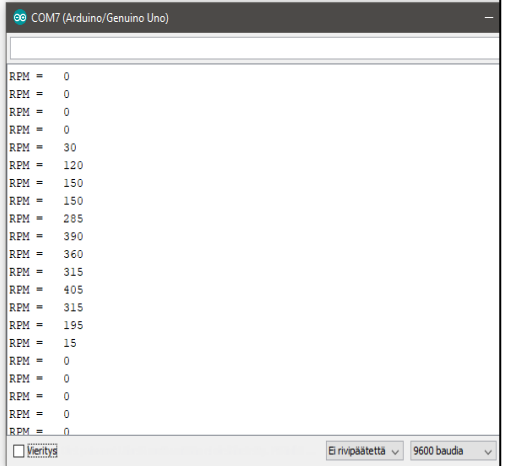
void loop() {
  if (millis() - lastmillis == 1000) { /*Uptade every one second*/
    detachInterrupt(0); //Disable interrupt when calculating

    rpm = rpmcount * 15; /*Convert frequency to RPM, note: *60* works for one interruption per full rotation.
    For two interrups per full rotation use rpmcount * 30.*/

    Serial.print("RPM =\t"); //print the word "RPM" and tab.
    Serial.println(rpm); // print the rpm value.

    rpmcount = 0; // Restart the RPM counter
    lastmillis = millis(); // Uptade lasmillis
    attachInterrupt(0, rpm_fan, FALLING); //enable interrupt
  }
}

void rpm_fan() { /* this code will be executed every time the interrupt 0 (pin2) gets low.*/
  rpmcount++;
}
```



Kuva 27. Pyörimisnopeuden testaus neljällä magneetilla ja Hall-sensorilla

Pyörimisnopeuden tarkkuutta saatiin parannettua lisäämällä kiekkoon magneetteja. Yhdellä magneetilla kierrosta minuutissa kerroin saatiin 60:n kertoimena, kahdella magneetilla 30:n ja neljällä magneetilla 15:n kertoimena.

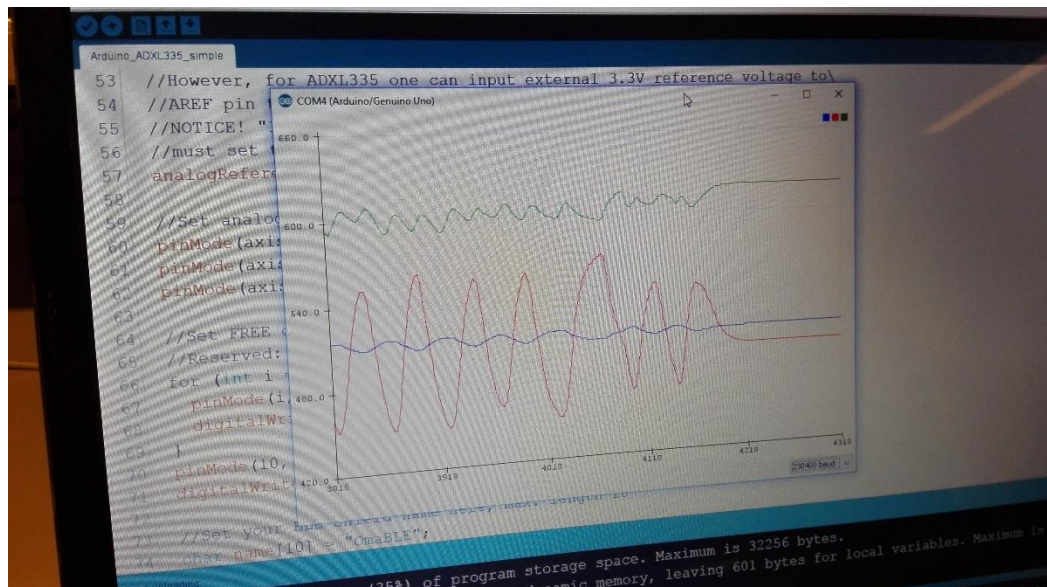
### 7.3.2 Nopeussensorin testaus

Sensorin testaus suoritettiin käyttäen USB-tiedonsiirtoa suoraan tietokoneen näytölle. Ideointivaiheessa suunnitellusta laitteistosta oli käytössä Arduino ja AXL335-sensori (kuva 28). Saimme sensorin tuottamasta datasta piirrettyä kaikille kolmelle akselille kuvaajan näytölle (kuva 29).





Kuva 28. Nopeussensori kytkentä rullan sisällä



### 7.3.3 Venymäliuskatekniikan testaaminen

Päätettiin sovittaa mittauskappaleen mitat HBM 1-DY43-3/350 venymäliuska-sensorille. Sensorin mitat esitetty kuvassa 30.

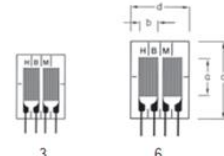
SG / Y series with 2 measuring grids / double strain gages									
Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum	Others	$\Omega$	Measuring grid		Measuring grid carrier		V	
				a	b	c	d		
1-DY11-3/350	1-DY13-3/350	1-DY1x-3/350	350	3	2.7	9	8	9	LS 7
1-DY11-6/350	1-DY13-6/350	1-DY1x-6/350	350	6	3.2	12.5	9.4	14	LS 7

**DY11**  
Double strain gage  
Temperature response matched to steel  
with  $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

**DY13**  
Temperature response matched to aluminum  
with  $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

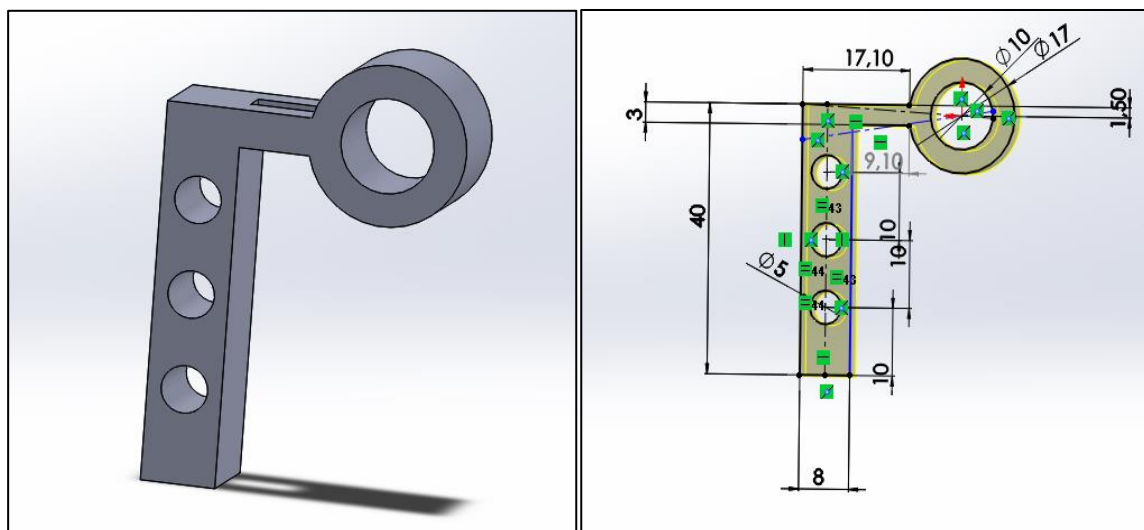
**DY1x**  
Temperature response matching at customer's choice,  
see page 20

Illustrations show actual size  
(Grid length in mm)



Kuva 30 HBM-venymäliuskan mitat

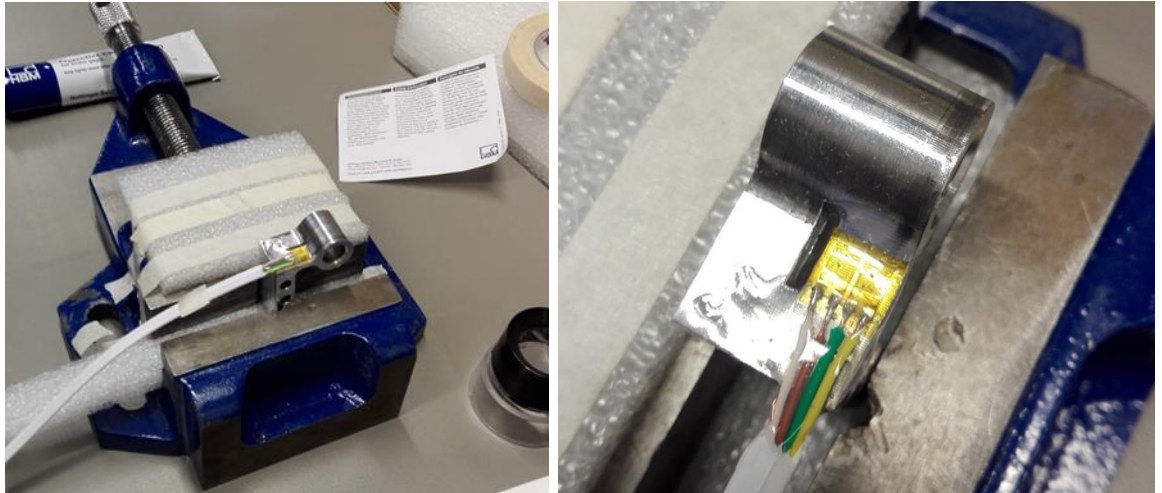
Testausta varten alumiinista valmistetussa mittauskappaleessa (kuva 31) on kaksi suorakulmaisen muotoista taivutuspaikkaa. Mittauskappale suunniteltiin siten, että se on mahdollista sovittaa kehitettävän HighRoller Smart laitteen koteloinnin sisään.



Kuva 31. Mittauskappaleen piirustuksen Solidworks ohjelmassa.



Taivutuspalkkiin kiinnitettiin kuvan 30 mukainen venymäliuska. Mittauskappaleessa oli paikat neljälle venymäliuskalle erilaisten siltakytkentöjen testaamista varten. Mittauskappale kiinnitettiin ruuvipenkkiin ja siihen kohdistettiin voima suoraan ylhäältäpäin jolloin mittauskappaleen taivutuspalkeissa tapahtuva muodon muutos saatiin mitattua venymäliuskan muuttuvasta vastuksesta. Testausasetelma on esitetty kuvassa 32.



Kuva 32. Venymäliuskan testausasetelma

#### 7.3.4 Painesensorin valinta

Päätettiin kokeilla myös valmista painesensoria. Testattavaksi päättyi Sprkfunuin TAS606-sensori (kuva 33). Valintaperusteita olivat sensorin koko ja mittausalue, joka ulottuu 200:aan kilogrammaan saakka.



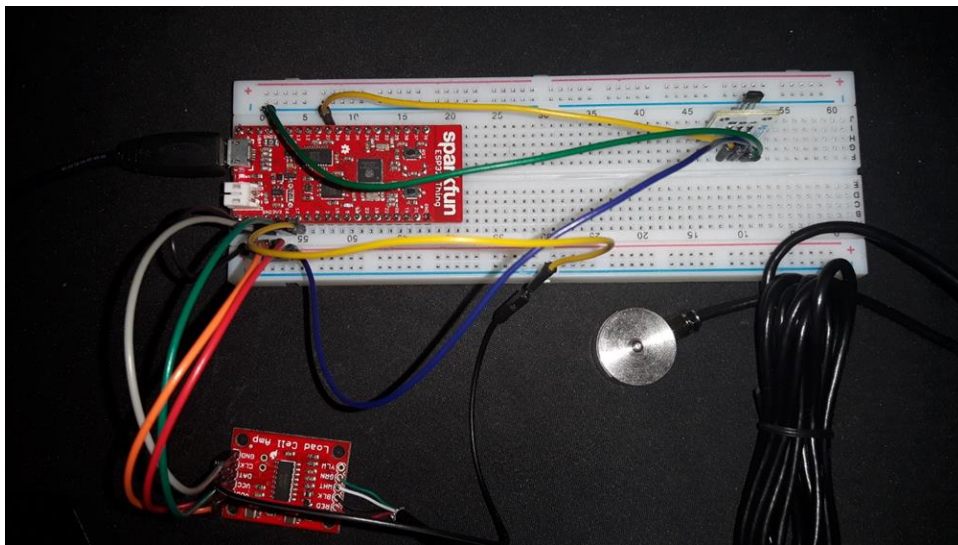
Kuva 33. TAS606 painesensori

To load cell or combinator board.

### 7.3.5 BLE-komponentin valinta

### Kuva 35. ESP Thing BLE

Testattiin BLE-tiedonsiirtoa asentamalla paine- ja Hall-sensorit ESP32-alustaan, kytkentä kuvassa 36.



Kuva 36. Paine- ja Hall-sensori kytkettiin ESP32 Thing-piiriin kuvan osoittamalla tavalla.

Hall-sensorin datalinja kytkettiin ESP32:n nastaan 27 ja painesensori puolestaan nastaan 16. Painesensorin clk-pinni liitettiin vahvistimen kautta piirilevyn nastaan 17 ja datalinja pinniin 16. Viiden voltin lähdejännite saatiin antureille USB:n kautta VUSB-pinnistä. Piiriin voi liittää myös ulkoisen akun. Kytkennän suunnittelussa käytettiin apuna [randomnerdtutorials.com](https://randomnerdtutorials.com/):in "Pinout Reference"-ohjetta ([randomnerdtutorials.com](https://randomnerdtutorials.com/), 2020).

Arduino-masterkoodi saatiin yhdistämällä aikaisempien kokeiden pohjalta tuotetut Hall- ja painesensorikoodit yhteen muokatun BLE-esimerkkikoodin kanssa.

Master koodissa sensoreiden arvot keskiarvoistetaan ja lähetetään client-laitteeseen TX-characterina sekunnin välein. Koodi testattiin lähettämällä tieto "nRF Connect for Mobile" Android-applikaatioon, jonka avulla voidaan testata erilaisia BLE-laitteita (Google Play Kauppa 2020).

#### 7.4 Karsinta

Ideointivaiheessa oli mukana useita erilaisia vaihtoehtoja, joita haluttiin testata ja joista haluttiin lisätietoa. Todettiin, jos pyörimisnopeuden mittausta asetetaan rullan sisään ja paineen mittausta päätykotelon sisällä olevaan osaan, vaadittaisiin tässä toteutuksessa myös kahta virtalähdettä.

Todettiin, että kokonaan uudenlaisen rullamallin kehittämiseen sitoutuisi paljon pääomaa. Uusi malli vaatii vähintään kaksi uutta ruiskuvalumuottia, jotka voivat sitoa useita kymmeniätuhansia euroja pääomaa. Lisäksi todettiin, että nykyisellä versiolla myös painesensorin ja pyörimissensorin asettaminen samaan paikkaan rullassa, laitteen rakenteen takia, on erittäin haastavaa. Vähintäänkin erillisen koteloinnin vaatisi Hall-sensorin magneettien sijoittaminen. Tässä tapauksessa taas magneetit jäisivät muun koteloinnin ulkopuolelle, käyttäjälle näkyville.

BLE osoittautui hyväksi tiedonsiirtotavaksi. Tätä tiedonsiirtoa pitää kuitenkin testata vielä lisää.

Päädyttiin valitsemaan valmis painesensori TAS606 ja Hall-sensori VMA313, jotka saadaan helposti sovitettua koteloinnin sisään. Päätettiin myös poistaa rullan pitkät jalat ja keskittyä sensoreiden sijoittamiseen koteloinnin sisään, niin että niihin vaaditaan yksi virtalähde ja kaikki komponentit saadaan koteloinnin sisäpuolelle sekä olemassa oleviin komponentteihin vaaditaan mahdollisimman vähän muutoksia.

## 7.5 Proto

Tuotteesta toteutettiin ensimmäinen prototyyppi, jonka kotelointi suunniteltiin Solidworks-ohjelmistolla ja tulostettiin 3D-tulostimella. Koteloinnin sisään sijoitettiin painesensori TAS606, Hall-sensori VMA313 ja SpartkSun ESP32 BLE Bluetooth-lähetin. Prototyyppissä sensoriden tarvitsema virta tuli erillisestä virtalähteestä, joka ei ollut sijoitettu koteloinnin sisään. Prototyypin lähettämää sensoridataa vastaanotettiin mobiililaitteella.

Prototyypin piirustukset on julkaistu erillisessä liitteessä, jota ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä.

## 8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena kuvata tuotekehitysprojektin perusvaiheet ja tutustua tuotekehitysprosessin läpiviemiseen teoriassa. Lisäksi tavoitteena oli toteuttaa tuotekehitysprojekti HighRoller Smart -tuotteelle. HighRoller Smart -projektin lähtökohtana oli olemassa oleva tarve kehittää uusi, älykästä teknologiaa sisältävä tuote, vanhan tuotteen pohjalta.

Tuotekehitysprosessin ideointi aloitettiin vuonna 2015. Lähtökohtana oli olemassa olevan tuotteen jatkokehitys ja siihen liitettävä älykäs teknologia. Tuotekehitykselle ei koskaan määritelty tarkkaa aikataulua, mikä tietyllä tavalla mahdollisti aluksi laajan ideoinnin ja kokeiluvaiheen, mutta myös toisaalta venytti prosessia.

Tuotekehitysprojekti noudatteli tässä opinnäytetyössä kuvattua tuotekehitysprosessin kuvausta. Projektissa jouduttiin palaamaan myös useamman kerran tuotekehitysprosessin ”portailia” taaksepäin. Tuotekehitystä tehtiin prosessin omaisesti ja projektin edistymistä ja toteutunutta tuotetta analysoitiin systemaattisesti.

Projektin tuloksena saatiin HighRoller Smart -tuotteen prototyyppi. Projektin tuloksena syntyi myös ideoita prototyypin jatkokehitykselle. Varsinkin rullaan kohdistuvan voiman mittaavan sensorin osalta jatkokehitys on tarpeen. Tämän sensorin jatkokehityksestä onkin käynnistetty jo toinen opinnäytetyöprosessi, joka keskittyy nimenomaan parhaan sensoriratkaisun kehittämiseen.

Projektin voidaan katsoa onnistuneen, koska tavoitteena ollut tuotekehitysprojekti saatiin organisoitua varsin hyvin. Projektissa ei päästy aivan julkaisuun asti, mutta tuloksiin ja prototyyppiin voidaan olla tyytyväisiä.

Jatkokehitys- ja toimenpideideoita painetta mittaavan sensorin kehittämisen lisäksi ovat laitetta ohjaavan applikaation jatkokehitys, HighRoller Smart -tuotteen julkaisun valmistelu ja julkaisun toteuttaminen.

## Lähteet

Al-Mutlaq, S. (2018). Getting started with load cell. Tarkasteltu osoitteessa: [https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells?\\_ga=2.192346733.655048916.1556476533-1897224392.1556476533](https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells?_ga=2.192346733.655048916.1556476533-1897224392.1556476533)

Analog Devices. (2009). ADXL335. USA, Norwood: Analog Devices INC. Tarkasteltu osoitteessa: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/adxl335.pdf>

Arduino. (2019). What is Arduino. Tarkasteltu osoitteessa: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>

Berg, P. (2001). Tuotekehitystoiminnan laadun ja kypsyyden arviointi. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Google Play Kauppa. (2020). nRF Connect for Mobile. tarkasteltu osoitteessa: <https://play.google.com/store/apps/details?id=no.nordicsemi.android.mcp&hl=fi>

engineeringproductdesign (2020). Rapid prototyping. tarkasteltu osoitteessa: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/rapid-prototyping-techniques>

Erikkson, H-E & Penker, M. (2000). UML. Suomi, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Leikas, J. (2014). Ikäteknologia. Suomi, Raisio: Newprint Oy

Melkas, H & Pekkarinen, S. (2014) kirjassa Leikas, J. (2014). Ikäteknologia (s. 209-226). Suomi, Raisio: Newprint Oy

Moilanen, P. (2014). Kannustin, koriste vai kuntoilijan kaveri? - Liikuntateknologia on yhä useamman arkea. tarkasteltu osoitteessa: [https://www.academia.edu/29164344/Kannustin\\_koriste\\_vai\\_kuntoilijan\\_kaveri\\_-\\_Liikuntateknologia\\_on\\_yh%C3%A4\\_useamman\\_arkea](https://www.academia.edu/29164344/Kannustin_koriste_vai_kuntoilijan_kaveri_-_Liikuntateknologia_on_yh%C3%A4_useamman_arkea)

Haaparanta, H. (2014). kirjassa Leikas, J. (2014). Ikäteknologia (s. 259-266). Suomi, Raisio: Newprint Oy

Hassi, L. Paju, S. Maila, R. (2015). Kehitä kokeillen. Suomi: Alma Talent Oy

Jaakkola, J., Tunkelo, E. (1987). Tuotekehitys, ideoista markkinoille. Espoo, Suomi. Amer yhtymä Oy.

Juhta (Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta). (2018). JHS 173 ICT-palvelujen kehittäminen: Vaatimusmäärittely. Julkaistu:15.5.2018. Tarkasteltu 28.4.2019 osoitteessa: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS173/JHS173.pdf>

OME. (2018). Venymäliuskamittaukset. tarkasteltu osoitteessa: <http://omeinweb.com/fi/palvelut/mittaukset/venymaliuskamittaukset>

OpenCv.org (a). (2018). OpenCV. Tarkasteltu osoitteessa: <https://opencv.org/>

OpenCv.org (b). (2018). About. Tarkasteltu osoitteessa: <https://opencv.org/about.html>

OpenSource.com. (2019). What is Arduino?. Tarkasteltu osoitteessa: <https://opensource.com/resources/what-arduino>

Paakki, J. (2011). Ohjelmistojen vaatimusmäärittely. Helsingin yliopisto: Tietojenkäsittelytieteen laitos. Tarkasteltu 28.4.2019 osoitteessa: <https://www.cs.helsinki.fi/u/paakki/Vaatimus-11-Luentokalvot-1.pdf>

randomnerdtutorials.com. (2020). ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? Tarkasteltu osoitteessa: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

Sippola, P. (2014). LIIKUNTABISNES, Käsikirja liikunta- ja hyvinvointialan yrittäjälle. Espoo, Suomi. Myllylahti Oy.

Solidworks.fi. (2018). Tietoja SOLIDWORKSISTA. Tarkasteltu osoitteessa: [http://www.solidworks.fi/sw/6453\\_SVF\\_HTML.htm](http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm)

Tensorflow.org. (2018). About TensorFlow. Tarkasteltu osoitteessa: <https://www.tensorflow.org/>

Tuominen, T. (2017). Vaatimusmäärittely projektinhallinnan malleissa. Suomi, Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. Tarkasteltu osoitteessa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123762/Tuominen.Teppo.pdf?sequence=1>

Välimaa. V. co. (1994). TUOTEKEHITYS, Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki, Suomi. Painatuskeskus Oy.

Wikipedia [a]. (2018). SolidWorks. Tarkasteltu osoitteessa:  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

Wikipedia [b]. (2020). Prototyyppi. Tarkasteltu osoitteessa:  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Prototyyppi>

Wikipedia [c]. (2020). Hall effect sensor. Tarkasteltu osoitteessa:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hall\\_effect\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect_sensor)

Velleman.eu. (2020). Velleman VMA333 User Manual. Tarkasteltu osoitteessa:  
[https://www.velleman.eu/downloads/29/vma313\\_a4v01.pdf](https://www.velleman.eu/downloads/29/vma313_a4v01.pdf)