

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitystekniikka

2020

Aleksi Aro

# BATTERY BOX CONCEPT



Aleksi Aro

## BATTERY BOX CONCEPT

Työn tarkoituksena on löytää uusi konsepti akkujen säilytystilaan. Konseptin luomisessa edellytyksenä on mahdollisimman kevyt, ergonominen, kustannustehokas ja kestävä ratkaisu, joka täyttää vaaditut kriteerit haastaviin kaivosolosuhteisiin, seuraten samalla tavallisia tuotekehitysprojektin metodeja. Konseptin kehityksessä otettiin huomioon kaikki toiveista standardeihin. Tutkimuksen ja ideoinnin luomia konsepteja pystyttiin arvioimaan ja täten valitsemaan paras konsepti. Lopputuloksena syntyi konsepti, joka on mekanismiltaan edeltäjänsä käytännöllisempi, kevyempi ja helpompi valmistaa.

Opinnäytetyön tilasi Sandvik Mining and Construction Oy. Tuotekehitys on ollut tärkeä osa Sandvikin toimintaa läpi sen historian. Menestyksen edellytyksenä on ollut uusien markkinoiden kartoittaminen, joka on onnistunut innovatiivisen työympäristön avulla. Yrityksen menestyksen taustalla on jatkuva halu kehittyä, kasvaa ja löytää uusia markkinoita. Tämä lisää yrityksen menestystä ja kilpailuetua markkinoilla.

Sandvikilla on useita akkukoteloita, jonka vuoksi täytyi suunnitella konsepti yhden koneen rakenteeseen sopivaksi. Tämän opinnäytetyön konseptia pystytään tarvittaessa kuitenkin soveltamaan myös muiden akkukoteloiden kehityksessä.

### ASIASANAT:

Tuotekehitys, kaivostoiminta, akkukotelo, Sandvik

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Engineering

April 2020 | number of pages 19

Aleksi Aro

## BATTERY BOX CONCEPT

The objective of the thesis was to find a new concept for storage space for batteries. In creating the concept, the goal was to find a light, ergonomic, cost-effective and sustainable solution to this problem and meeting the criteria for challenging the mining conditions and following standard product development project methods. The concepts created in research and ideation phase were able to be evaluated and the best concept was chosen. In the development of the concept, everything from wishes to standards was taken into account. The result was a concept that is more practical, lighter and easier to manufacture than its predecessor.

The thesis was commissioned by Sandvik Mining and Construction Oy. Product development has been an important tool for Sandvik through its history. The requirement for success has been the mapping of new markets. This has been successful because of an innovative work environment. The company's success is based on a constant desire to develop, grow and find new markets. This adds value and competitive advantage.

Sandvik has several battery storage methods for different products. That is the reason why there was a need to suit the concept for construction of one machine and the concept of this thesis can be adjusted in development of other battery cases as well.

### KEYWORDS:

Product development, mining, battery box, Sandvik

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>		<b>6</b>
<b>2 LÄHTÖKOHDAT</b>	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.	
2.1 Toimeksiantajan esittely		6
2.2 Opinnäytetyön tavoite	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>	
<b>3 TUOTEKEHITYSPROJEKTI</b>		<b>8</b>
3.1 Tarve		8
3.2 Tutkimusprosessi		8
3.3 Ideointi		9
3.5 Harris profile		11
<b>4 KONSEPTIN KEHITYS</b>		<b>13</b>
4.1 Materiaalin valinta		13
4.2 Valmistusmenetelmät		13
4.3 Lakkerin optimointi		14
4.4 Pölyn minimointi		14
<b>5 KONSEPTIN VIIMEISTELY</b>		<b>15</b>
5.1 Kustannusten minimointi		15
5.2 Konseptin toinen esittely Sandvik tuotekehitys tiimille		15
<b>6 LOPUKSI</b>		<b>16</b>
<b>LÄHTEET</b>		<b>18</b>

## **KUVAT**

Kuva 1. LH410 kaivoslastain.	12
Kuva 2. Harris profile tulokset.	13

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Harris profile tulokset.	13
--------------------------------------	----

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tavoite ja tausta

Opinnäytetyön tarkoitus on kuvata tuotekehitysprosessin vaiheet ja lopullinen konsepti. Tuotekehitysprosessin perimmäinen tarkoitus on keksiä uutta ja parantaa vanhaa. Prosessin aikana pyritään löytämään uusia, kestävämpiä ja tehokkaampia ratkaisuja kokemusten sekä tutkimustulosten avulla.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Sandvik Mining and Construction Oy. Työn tarkoituksena on löytää uusi konsepti akkujen säilytykseen. Nykyisessä mekanismissa havaittiin ongelma kaivosolosuhteiden johdosta. Projektin tavoite on luoda uusi konsepti, joka on mahdollisimman helppokäyttöinen, turvallinen, käytännöllinen, kevyt, ergonominen, kustannustehokas ja kestävä. Ongelman ratkaisemiseksi tässä työssä käytetään pohjana olemassa olevaa konseptia. Tavoitteena on saada lopputulokseksi LH410 kaivoslastaajan akkukotelo uudistettua näillä kriteereillä.

Tutkimusvaiheessa perehdytään aiheeseen, jonka kautta päästään ideoimaan mahdollisia ratkaisuja. Yhdistelemällä erilaisia ratkaisuja standardien ja määritelmien sisällä syntyy konseptiteja, joita vertailemalla päästään valitsemaan suotuisin konsepti. Parantelemalla valittua konseptia pystytään luomaan lopullinen konsepti, joka esitellään toimeksiantajalle.

## 1.2 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sandvik Mining and Construction Oy. Työ suoritetaan hyödyntäen Sandvikin tarjoamaa suunnitteluohje materiaalia, Siemens Teamcenter-ohjelmistoa PDM ympäristöön, NX 11-ohjelmistoa 3D-mallintamiseen ja tiloja, jotka mahdollistaa Comatec Group. Yhteyshenkilöinä toimii Turun ammattikorkeakoulun puolelta Tommi Metso ja Sandvikin puolelta Jussi Mikkola.

Göran Fredrik Göransson perusti Sandvikin vuonna 1862 Sandvikenissa. Yrityksestä on kehittynyt kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni, jolla on lähemmäs 50 000 työntekijää ja toimintaa yli 130:ssa eri maassa. Sandvik koostuu kolmesta eri liiketoiminta-alueesta: Sandvik Mining and Rock Technology, Sandvik Machining Solutions ja Sandvik Materials Technology. (Sandvik Group, 2020a.)



Kuva 1. L410 kaivoslastain.

## 2 TUOTEKEHITYSPROJEKTI

Tuotekehitysprojekti alkaa aina tarpeesta ja tarve synnyttää puolestaan määritelmän siitä, mitä halutaan saada aikaan. Tämä puolestaan määrittää tutkimusprosessin. Määritelmä luo mahdollisia ratkaisuja alkuperäiseen ongelmaan eli prosessi etenee ideoinnin kautta konseptointiin. Konseptit luovat mahdollisia toteutustapoja, joiden vertailu ja yhdistely luovat prototyyppejä. Prototyyppejä tutkimalla havaitaan mahdollisia kehityskohteita ja niiden perusteella hiotaan tuote viimeiseen muotoonsa ja varmistutaan toimivasta lopputuloksesta. (Giudice, Rosa & Risitano. 2006. s.156–157.)

### 2.1 Tarve

Uusi konsepti akkujen säilytykselle kaivoskoneissa syntyi kysymyksestä, miten tuotetta pystyisi kehittämään tällä osa-alueella entisestään. Kaivosolosuhteiden johdosta akkukotelon mekanismiin kertyy likaa, joka haittaa akkutelineen liikuttamista kiskolla yritettäessä sitä liikuttaa kumpaan suuntaan tahansa. Valmistuskustannusten ja -menetelmien tarkastelu on tässä projektissa välttämätöntä, sillä akkuteline on valmistettu vahvoista ainemateriaaleista. Teline oli siis raskas ja jäykkä mekanismistaan ilman säännöllistä huoltoa.

### 2.2 Tutkimusprosessi

Tässä tuotekehitysprojektissa, ennen varsinaisen tuotteen suunnittelua, kattavan pohjatyön tekeminen ja tuotteen tämänhetkiseen toteutukseen tutustuminen oli ensimmäinen askel tutkimusprosessissa. Sandvik ylläpitää kattavaa tietovarastoa jokaisesta tuotteestaan, joten yrityksen toimintatapoihin tutustuminen oli helppoa. Lisäksi asiantunteva henkilöstö oli jatkuvasti käytettävissä mahdollisten lisäkysymysten varalta. Tutkimusprosessi aloitettiin listaamalla halutut ominaisuudet tulevalta konseptilta. Sandvikin kehittämien ratkaisuiden lisäksi tutustuminen muihin markkinoilta jo löytyviin mekanismeihin ja komponentteihin tarjosi uusia mahdollisuuksia. Spesifi tuote ja käyttöympäristö luovat vaatimuslistan, joka pitää sisällään erilaisia standardeita ja kriteereitä.



Eri henkilöiden kohtaaminen rikastutti tuotekehitysprojektia sen alusta loppuun asti. Suunnittelijoilta, opettajilta ja valmistajilta on saanut erilaisia näkemyksiä siitä, kuinka tuotetta voitaisiin kehittää kohti paremmin toimivaa prototyyppiä. Keskusteluissa muiden osapuolten kanssa projektiin ei onnistunut saada suoria vastauksia siitä, miten tuotetta tulisi muuttaa, mutta saatiin todella hyviä ideoita tuotekehitysprosessiin.

Opinnäytetyön tutkimusprosessin tavoite oli löytää mahdollisia elementtejä, joita voisi käyttää konsepteissa. Toisin sanoen tutkimusprosessin tarkoituksena oli havaita ominaisuuksia, jotka parantavat tulevaa tuotetta valmistamisen, käytettävyyden ja kustannuksien osalta. Vaatimuslista määräytyi asiakkaan tarpeesta ja standardeista, joita olivat

- turvallisuus
- ergonomia
- käytännöllisyys
- hinta
- paino
- akkukoteloon pääsevän pölyn määrän minimointi

Tutustumalla valmiisiin ratkaisuihin ja mekanismeihin sekä niiden ominaisuuksiin erilaisissa ympäristöissä mahdollisten ratkaisuiden määrä kasvoi huomattavasti. Tärkeimmäksi tekijäksi tutkimusprosessissa osoittautui kuitenkin suunnittelijoiden ja valmistajan kanssa käydyt keskustelut, jotka antoivat hyvät pohjatiedot ja materiaalia, minkä perusteella pystyin siirtymään ideointi vaiheeseen. (Kettunen, 2003, s.42.)

### 2.3 Ideointi

Tutkimusprosessissa kertyi huomioitavia asioita, haluttuja ominaisuuksia ja tarpeita tuotekehitysprojektiin: ideointivaihe voitiin siis aloittaa. Ideointivaihe alkoi yksinkertaisten luonnosten piirtämisellä. Tämä tuotti useita erilaisia innovaatioita. Näitä innovaatioita yhdistelemällä ja vertailemalla pääsin tekemään parempia luonnoksia ja samalla huomasin sekä uusia mahdollisuuksia että kompastuskiviä. (Jokinen, 2003, s.77.)

### 3.4 Konseptit

Yhdistämällä ideoita saatiin monia erilaisia konsepteja, mutta arvioimalla niitä tarkemmin, jäi jäljelle kolme ominaisuuksiltaan erilaista konseptia. Konseptit olivat vertailuvaiheessa erittäin karkeita ja vaativat vielä paljon kehittämistä. Jokaisella konseptilla oli muutamia yhteneväisyyksiä verrattuna toisiinsa: pölyn suodattaminen ja aukkojen uudelleen paikoitus, optimaalisen laakerin löytäminen, massan minimointi, pienten välien tiivistäminen, tilan maksimaalinen hyödyntäminen ja valmistuskustannusten minimointi.

Ensimmäinen konsepti käyttää samaa tekniikkaa, kuin vanha akkukotelo, mutta nyt massa jaetaan neljän laakerin kesken. Laakerien kiinnityskappale on myös kallistuva ja täten gravitaation vaikutuksesta kelkka auttaa omalla painollaan työntävässä ja vetävässä liikkeessä. Kallistuskulmista johtuen tämän ratkaisun pitäisi vähentää jumittumisen mahdollisuutta ja samalla keventää ulos vetämistä, sekä takaisin sisälle työntämistä.

Kehityskohteita ja huomioitavia asioita

- ergonomia
- turvallisuus

Toisessa konseptissa on asennettu akkukotelon alapuolelle "rullarata", jota pitkin akkukoteloä pääsee kevyesti työntämään ja vetämään. Painon minimoimiseksi on kansilevy kiinnitetty runkoon saranoilla. Lisäksi konsepti onnistuu suojaamaan laakerit täysin, sillä laakerit ovat laakeripesän sisällä. Akkukotelon yläpuolella olevat laakerit säilytetään konseptissa ja käytetään samaa pysäytysmekanismia optimoidulla laakerilla varustettuna.

Kehityskohteita ja huomioitavia asioita

- huollettavuus
- kustannukset

Kolmannessa konseptissa käytetään akkukotelon "kattoa" hyväksi ja täten vapautetaan lisää tilaa lastarin muille ominaisuuksille. Akkukotelo tulee kiinitetyksi katoissa oleviin kiskoihin ja tilankäyttö optimoidaan. Kiskot suunnitellaan suojaamaan laakeria mahdollisimman hyvin ja täten minimoidaan pölyn aiheuttamat haittavaikutukset.

Kehityskohteita ja huomioitavia asioita

- kestävyys
- huollettavuus

## 2.1 Harris profile

Päätöksen tekemiseksi parhaasta konseptista jokaisesta ideasta luotiin Harris-profiili, jonka avulla nähtiin, missä kunkin idean vahvuudet ja heikkoudet olivat. Harris-profiili on arviointimenetelmä, jossa sijoitetaan ideat asteikolla -2 - +2 erilaisten kriteereiden perusteella. (Jokinen, 1987. s.78.) Nämä kriteerit perustuvat yleensä siihen, mitä asetettiin aikaisemmin vaatimusluotteloon.

Seitsemän kriteeriä, jotka asetin vaatimusluotteloon olivat

- kestävyys
- turvallisuus
- ergonomia
- käytännöllisyys
- hinta
- paino
- potentiaali

Jokainen konsepti pisteytettiin välillä -2 ja +2 jokaisella kriteerillä. Harris-profiilin tulokset löytyvät taulukosta 1. Vertailemalla konsepteja kyseisellä menetelmällä, voitiin selvästi nähdä, mitkä olivat parannettavia osuuksia ja mitkä olivat konseptien vahvuusalueet. Tämä mahdollisti parhaiden ominaisuuksien yhdistämisen yhteen konseptiin ja yleisesti ottaen osa-alueiden parantamista konseptissa.

Taulukko 1. Harris profile tulokset.

Kriteerit	Konsepti 1	Konsepti 2	Konsepti 3
Kestävyys	0	2	-1
Turvallisuus	1	2	1
Ergonomia	1	1	1
Käytännöllisyys	1	2	1
Hinta	1	0	0
Potentiaali	1	2	1
<b>Yhteispisteet</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>3</b>

## 4 KONSEPTIN KEHITYS

Konsepti 2. sai parhaan arvion Harris profile -mittauksella, perehdyttäessä markkinoilla oleviin komponentteihin ja osoittautui suosikiksi keskustellessani muiden alan asiantuntijoiden kanssa, joille Sandvik LH410 kaivoslastaaja on jo entuudestaan tuttu.

Toteutus alkoi vastaamalla projektin vaatimuslistaan ja nyt valitun konseptin 2. optimointi voitiin aloittaa.

### 4.1 Materiaalin valinta

Materiaalia valittaessa täytyy ottaa huomioon standardit ja yrityksen omat määräykset. Vahvempi ja ohuempi materiaali vastaa ominaisuuksiltaan paksumpaa ja heikompaa materiaalia. Ominaisuuksiltaan vahvempi teräs on aina kalliimpaa ja samalla mahdollistaa myös kevyempien rakenteiden luomisen, mutta huomioitavaa on vahvojen materiaalien hankalampi työstettävyys.

Käyttämällä vahvempia materiaaleja kelkan rakenteissa ja täten vähentämällä kelkan painoa myös käytännöllisyys, kestävyys ja ergonomia paranevat. Näitä ominaisuuksia täytyy verrata kustannuksiin ja valmistettavuuteen, joiden tasapaino täytyy optimoida tuotteeseen. Valitsemalla ohuempia ja vahvempia materiaaleja pystyimme pudottamaan kelkan painoa lisäämään tilaa ja täten tekemään konseptista vielä käytännöllisemmän.

### 4.2 Valmistusmenetelmät

Perehtymällä tuotteen valmistusmenetelmiin pystymme vähentämään tuotteen valmistuskustannuksia vaihtamalla hitsatut saumat kantattuihin reunoihin, sekä koneistetut reiät polttoleikattuihin reikiin. Samalla tuotteen virtausnopeus kasvaa tuotannossa, sillä työvaiheet ovat nopeampia ja osien lukumäärä on pyritty pitämään alhaisena.

### 4.3 Lakkerin optimointi

Laakeria ja laakeripesää valitessa täytyy ottaa huomioon opinnäytetyössä laadittu vaatimuslista. Tämän jälkeen tulee määrittää erikseen kriteerit, jotka laakerin ja laakeripesän täytyy täyttää. Näitä kriteerejä ovat hinta, koko, voimien kesto ja laakeroinnin tiivistys.

### 4.4 Pölyn minimointi

Pölyn minimointi lähti ajatuksesta tuottaa mahdollisimman neutraali ympäristö mekanismille. Koteloitunut lika on vanhemmassa konseptissa ollut ratkaiseva tekijä kelkan epäkäytännöllisyydessä. Tästä syystä luukun tiivistäminen pölytiivimäksi, sekä pölyn minimointi standardien määräämästä akkujen hengitysreiästä osoittautui tärkeäksi tekijäksi tässä projektissa.

### **Reiän optimointi**

Ilmanvaihto täytyi suunnitella akkujen kaasujen poistumisen vuoksi, sillä lyijyakun sisältämä elektrolyytti, joka on 63 % tislattua vettä H<sub>2</sub>O ja noin 37 % rikkihappoa. Tämän lisäksi lyijyakkua ladattaessa syntyy vetyä ja tämän vuoksi tila, jossa akkuja ladataan, on oltava hyvin tuuletettu räjähdysvaaran vuoksi.

Samasta aukosta, josta kaasut pääsevät pois, pyrkii myös lika ja pöly sisään. Tähän ongelmaan parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui hengitysreiän siirtäminen pölyneutraalimpaan paikkaan ja reiän muodon ja koon optimoiminen.

### **Luukun tiivistäminen**

Luukun tiivistämiseen soveltuu parhaiten EPDM-materiaalista valmistetulla P-tiivistenauhalla, joka asennetaan kelkan ja rungon väliin. Tiivistäminen onnistuu valitsemalla tarpeeksi paksu nauha, joka luukun kiinnittyessä puristuu kasaan ja täten tiivistää ja minimoi pölyn pääsemisen luukun väleistä akkutilaan. Kustannustehokkain tapa on liimata P-tiivistenauha runkoon, sillä niittauksen valmistuskustannukset ja reunasuojanauhan materiaalikustannukset ja sille tehtävän uran valmistuskustannukset nousevat liian korkeaksi hyötyyn nähden.

## 5 KONSEPTIN VIIMEISTELY

Konsepti esitettiin opinnäytetyön tilaajalle 11.3.2020

R&D Manager Jussi Mikkola hyväksyi konseptin ja selvitimme tuotekehitysprojektin seuraavaa suuntaa, joka oli saada kustannukset vielä entistä alemmas.

### 5.1 Kustannusten minimointi

Kustannusten minimointi täytyi ottaa eniten huomioon materiaalin valinnassa, laakerin valinnassa ja valmistuskustannuksissa. Materiaalin valinnassa optimoitiin ainevahvuuden käyttäen yrityksen määrittämiä normeja, jotka estävät erikoisterästen käytön akkukotelossa. Kelkan ainevahvuus 10 mm vaihdettiin ohuempaan materiaalin ja tämän johdosta painoa tiputettiin ja tilaa akkukotelossa lisättiin. Laakerin hintaa täytyi saada alemmas SY20TDW laakerista ja laakeripesästä. Seuraavaksi optimaalisin laakeripesä oli C-BGHKA joka sisältää 6001ZZ laakerin. Hankintakustannukset vähenivät ja tilaa akkukoteloon lisättiin, mutta samalla laakerin suojaus likaa vastaan heikkeni. Valmistuksessa on vähennetty merkittävästi kappaleen työstettävyyttä. Monesta osasta tehty aikaisempi konsepti on nyt pyritty tekemään yhdestä osasta, jolloin työprosesseja saadaan vähennettyä hitsauksen osalta. Konseptin 2. mekanismilla olemme saaneet vähennettyä myös tuotannon työaikaa ja vähennettyä painoa.

### 5.2 Konseptin toinen esittely Sandvikin tuotekehitystiimille

Konseptin esittely pidettiin etänä 4.4.2020 Teams-sovelluksen avulla. Keskustelimme konseptin toimivuudesta, kustannuksista, valmistusmenetelmistä ja vastasin askarruttaviin kysymyksiin. Lopputuloksena huomasimme vielä yhden kehityskohteen konseptissa. Sivuttaisliike, joka syntyi laitteen liikkuessa, tuli minimoida ja samalla lisättiin laitteen helppokäyttöisyyttä kelkan kiinnitysprosessissa runkoon.

## 6 LOPUKSI

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin uusi konsepti LH410 kaivoslastaajan akkujen säilytykseen. Konseptin oli tarkoitus vastata paremmin kaivosolosuhteisiin, joissa sitä käytetään. Päämääränä oli löytää uusi kestävämpi ja innovatiivisempi ratkaisu, joka ottaisi myös huomioon yrityksen toimintatavat ja arvot. Tuotteen kehityksessä tuli ottaa huomioon sen helppokäyttöisyys, kestävyys ja kustannustehokkuus. Konseptille asetetut vaatimukset pystyttiin teoriassa täyttämään ja konsepti on edeltäjänsä kevyempi, tiiviimpi, käytännöllisempi ja huoltovarmempi.

Tuotekehityksen vaiheet hahmottuivat työn edetessä, mutta perusrungon prosessille antoi tuotekehityksen perusmalli. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin tuotteen vaatimuksia. Vaatimukset oli alun perin asiakkaan määrittelemiä ja pohjautuvat siten aiempaan käyttökokemukseen ja tarpeeseen. Toisessa vaiheessa aloitettiin tutkimusprosessi, jossa käytiin läpi muita mahdollisia tapoja toteuttaa akkukotelon toimintaperiaate. Seuraavaksi perehdyttiin erilaisiin mekanismeihin, haastateltiin asiantuntijoita ja käytiin läpi tiettyjä standardeja. Haettiin siis aspekteja ja haluttuja ominaisuuksia tulevalle konseptille. Uusien ominaisuuksien tuli parantaa tuotetta valmistamisen, käytettävyyden ja kustannuksien osalta.

Asiakkaan edellyttämien vaatimusten perusteella luotiin kolme erilaista konseptia, joista parhaaksi valikoitui toimeksiantajan päätöksen ja Harris profilen perusteella konsepti 2. Tätä kyseistä konseptia kehitettiin entisestään vastaamaan paremmin haluttuja ominaisuuksia. Jatkokehityksessä luotiin konseptista 3D-malli ja kehitettiin osien työstettävyyttä, määritettiin sopivia komponentteja ja ainevahvuutta. Tämä konsepti esiteltiin toimeksiantajalle, joka hyväksyi kyseisen konseptin pienin muutoksin.

Lopulliselle konseptille tehtiin laskelmia kustannusten minimoimiseksi, jotta valmistuskustannuksia saataisiin alemmas, tinkimättä kuitenkaan tuotteen laadusta. Laskelmat olivat tässä vaiheessa vielä arvioita, sillä kyseistä tuotetta ei ole vielä valmistettu eikä laakereiden hankintahinnoista ollut lopullista varmuutta. Uudessa konseptissa kelkan massa pystyttiin minimoimaan sekä mekanismin toimintavarmuutta parantamaan verrattuna vanhaan konseptiin.



Työn lopputulos vastasi sekä omasta näkökulmastani että asiakkaan näkökulmasta Sandvikin tavoitetta luoda akkujen säilytykseen toimiva ja innovatiivinen ratkaisu. Tutkimuksen tekeminen oli haastavaa, mutta palkitsevaa.

## LÄHTEET

Giudice, F., La Rosa, G., Risitano, A. 2006. Product Design for the Environment A Life Cycle Approach. CRC Press 2006.

Jokinen, T., 1987. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy.

Kettunen, S. 2003. Onnistu projekteissa. Helsinki: WSOY.

Rissanen T., 2002. Projektilla tulokseen. Projektin suunnittelu, toteutus, motivointi ja seuranta.

Sandvik Group. 2020a. Luettu 3.2.2020.

<https://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/>

Sandvik Group. 2020b. Luettu 18.2.2020.

<https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/underground-loaders-and-trucks/>

Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. 2012. Product Design and Development. 5. p. New York, USA: McGraw-Hill

Välimaa, Veikko – Kankkunen, Martti – Lagerroos, Olle – Lehtinen, Markku 1994. Tuotekehitys: Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.