

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitystekniikka

2021

Tuan Vo

# NOSTOKORVAKKEEN VALUSUUNNITTELU KONSEPTOINTI



Tuan Vo

# NOSTOKORVAKKEEN VALUSUUNNITTELU KONSEPTOINTI

Julkinen

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tuotekonsepti lastauskaivoskoneen nostokorvakkeesta valutuote. Toimeksiantona oli suunnitella tuote yksinkertaisempi konstruktio, jossa voitaisiin hyödyntää moduloinnin tuomia etuja sekä vähentää työntekijöiden työkuormaa ja syntyviä työkustannuksia. Opinnäytetyön tilasi Sandvik Mining and Construction Oy.

Aikaisempi nostokorvake on valmistettu useasta yksittäisistä leikatuista eri teräsrakenteisista levykappaleista, jotka on jälkepäin hitsattu toisiinsa kiinni. Tämä hitsausprosessi on tällä hetkellä hankala hitsaajalle, mikä voi myös aiheuttaa mittaus- ja hitsausvirheitä. Opinnäytetyösuunnittelukonseptin myötä edeltävä nostokorvake korvataan kahdella valukappaleella, jolloin nostokorvakkeet hitsataan välipalkeista toisiinsa kiinni. Tämä vähentäisi huomattavasti mittaus- ja hitsausvirheitä sekä työhöiden määrää.

Työssä käytettiin enimmäkseen SolidWorks-mallinnusohjelmaa. Uusien nostokorvakkeiden suunnittelu pohjautui edeltävien nostokorvakkeiden 3D-mallinnuksiin.

Tuloksena asiakas sai konseptimalleja vertailtavaksi ja tarvittavat piirustukset mallien toteuttamiseksi.

ASIASANAT:

Valu, tuotekehitys, konsepti, suunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

April 2021 | 27 pages

Tuan Vo

## LIFTING EAR CASTING CONCEPT

Public

The aim of the thesis was the creation of a product concept for a casting part based on the lifting ear of an underground loader.

The assignment was the development of a simplified construction technology for the product, to benefit from the advantages of a module, as well as decreased workload and labour costs. The thesis was commissioned by Sandvik Mining and Construction Oy.

The previous lifting ear was manufactured from many individual cut out pieces from steel sheets, which were then welded together. The welding procedure can be difficult for the welders which can also negatively impact measurement accuracy and increase mistakes. Due to the design concept of this thesis, the previous lifting ear can be replaced by two casting pieces which only need to be welded together in the intermediate bars. This considerably decreases measurement as well as welding mistakes as well as work instructions.

The main software used in my work was the SolidWorks modeling software. The previous lifting ear 3D model served as a basis for the design of the new lifting ear piece.

Finally, the customer received the different design concepts to compare and the needed modelings to realize the concept.

### KEYWORDS:

Cast, product development, concept, planning

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 TAUSTA</b>	<b>7</b>
2.1 Tavoite	7
2.2 Yritys esittely	8
2.3 Sandvik Maanalaiset lastauskoneet	8
<b>3 TUOTEKEHITYS</b>	<b>9</b>
3.1 Tuotekehitysprosessi	9
3.2 Projektin käynnistäminen	10
<b>4 KONSEPTOINTI</b>	<b>11</b>
<b>5 TERÄSVALU</b>	<b>13</b>
5.1 Saatavuus	14
<b>6 NOSTOKORVAKKEEN KEHITYS</b>	<b>15</b>
6.1 Tavoite	15
<b>7 VALUMENETELMÄT</b>	<b>16</b>
7.2 Valutoleranssi	16
7.3 Jakotasot	17
7.4 Hellitykset ja pyöritykset	17
7.5 Keerna	18
<b>8 VALUOSAN SUUNNITTELU</b>	<b>19</b>
8.1 Ensimmäinen potentiaalinen tuotos	19
8.2 Toinen potentiaalinen tuotos	21
8.2.1 Koko nostokorvake	22
8.3 Kolmas potentiaalinen tuotos	23
<b>9 PÄÄTELMÄT</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>27</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Nostokorvake – Suora jakotaso
- Liite 2. Nostokorvake – Polvana jakotaso
- Liite 3. Nostokorvake – Toinen polvana jakotaso
- Liite 4. Nostokorvakkeiden vertailu

## KUVAT

Kuva 1. Nostopuomin ulkomuoto (Solidworks)	11
Kuva 2. Nostokorvake (Solidworks)	12
Kuva 3. Teräs valun perustoiminnan valmistus prosessi yksinkertaistettuna [1, s. 1–2.]	13
Kuva 4. Valuterästen yleisiä ohjeellisia ominaisuus arvot [3, s.17.]	14
Kuva 5. Tarvittavat osat (Solidworks)	15
Kuva 6. Nostokorvake ja välipalkki (Solidworks)	15
Kuva 7. Hellitys tyypit yksinkertaistettuna [3., s. 43.]	18
Kuva 8. Suora jakotaso, jossa plane kuvaa jakotaso ja keltainen osa keerna palaa. (Solidworks)	20
Kuva 9. Polvana jakotaso, sininen viiva kuvaa jakotaso ulkopuolelta ja punainen kuvaa jakotaso sisältä. Keltainen kappale kuvaa keerna palaa (Solidworks)	21
Kuva 10. Polvana jakotaso toinen tuotos (Solidworks)	22
Kuva 11. Nostokorvakkeen molemmat puolet yhdellä kerralla (Solidworks)	23
Kuva 12. Kolmas tuotos, jossa valatessa kupera puoli pohjalla (Solidworks)	24
Kuva 13. Kokoonpano (Solidworks)	24
Kuva 14. Oranssilla merkattu kaasujen nousu ja syötön paikka, joka toimii myös ”roskalistana”, punaisella ja sinisellä merkattu toimii jakotasoina (Solidworks)	26

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

LH = Load and haul

3D = Kolmiulotteinen

C&LA = Carbon and Low Alloy

# 1 JOHDANTO

Maailma muuttuu jatkuvasti ja yrityksille se tarkoittaa myös kilpailun jatkuvaa kiristymistä, joka tuo haasteita yrityksille pysyä kehityksessä mukana. Sandvik haluaa käyttää tilaisuutta hyödykseen kehittämällä olemassa olevaa tuotetta eli lastauskoneen puomin nostokorvaa, jonka tuotekonseptin suunnittelu sopisi opinnäytetyöaiheeksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on helpottaa Sandvikin maanalaisten lastauskoneiden puomin nostokorvakkeiden valmistustapaa ja vähentää valmistuskustannuksia. Ideana on tämän hetkisestä nostokorvakkeesta tehdä valun suunnittelukonsepti. Kun nämä tavoitteet saavutetaan, mahdollistetaan valmistusvaiheiden ja kustannuksien väheneminen. Lastauskoneita on käytössä seitsemän eri kokoluokkaa, joista kolme konetta käyttää samanlaista nostokorvaa ja modulaarisuuden takia on tavoite pitää uuden tuotekonseptin rakenne mahdollisimman samana kuin edeltävä.

Uusi nostokorvake suunniteltiin nykyisen nostokorvan 3D-mallinnuksen pohjalta. Työssä oli käytössä pääsääntöisesti Solidworks-mallinnusohjelma. Opinnäytetyön ohella järjestettiin päivän kestävä valusuunnittelu koulutus, jossa pääsi tutustumaan valusuunnittelun alkeisiin ja paikan päällä, kuinka valuprosessi käytännössä toimii. Toimeksiantajan ja valimon suunnittelusta vastaavien asiantuntijoiden kanssa käytiin keskusteluja, joissa tuli esiin heidän näkökulmia, mielipiteitä ja parannuksia korvakkeista, joista jälkeempään tehtiin aina erilaisia ja paranneltuja tuotekonsepteja.

## 2 TAUSTA

Opinnäytetyö on tehty tilauksena Turun Sandvik Oy tarpeen mukaan on suoritettu Turun Comatec Groupin alla. Opinnäytetyön aikana on käytössä Turun Comatecin tilat ja tietokone. Työn suunnittelussa käytetään Solidworks 3D-ohjelmaa. Yhteyshenkilöinä toimivat Turun Sandvikin puolesta Jussi Mikkola, Turun Comatecissa Sami-Jussi Hollo ja Turun ammattikorkeakoulussa Tommi Metso.

### 2.1 Tavoite

Työn tavoitteena on luoda LH-lastauskoneen nostopuomin korvakkeesta tuotekonsepti, jonka avulla vähennetään tämänhetkisen nostopuomin korvakkeen tuotannossa aiheutuvia kustannuksia. Aikaisempi tuote on monesta isoista ja pienistä levyistä hitsattu toisiinsa kiinni, mikä tuottaa hitsaajalle lisää kuormaa ja hankaluuksia. Konseptin ideana on suunnitella nostokorvakkeesta valutuote ja valmistusystävällisempi.

Valutuote suunnitellaan nykyisten korvakkeiden mittojen pohjalta. Suunnittelun apuna käytetään pääsääntöisesti SolidWorks-mallinnusohjelmaa. Suunnittelun tavoite on hahmotella nostokorvakkeelle monia vaihtoehtoisia valutuote ehdotuksia. Vapaa-ajalla käyn keskusteluja asiantuntijoiden kanssa, jolloin heiltä saadaan uusia näkemyksiä ja ratkaisuja. Lopuksi potentiaalisimmat ja yhteenveto esitetään toimeksiantajalle.

Työ on rajattu moneen erilaisiin tuotekonsepteihin. Onnistunutta konseptia voidaan käyttää seuraavissa jatkotoimenpiteissä, kuten esim. tulevaisuudessa nostokorva valutuotteen suunnittelun pohjana.

Oletuksena työn lopputuloksesta on onnistua suunnittelemaan kustannustehokkaampi ja valmistusystävällisempi nostokorva.

## 2.2 Yritys esittely

Sandvik AB on ruotsalainen konserni, joka tarjoaa ratkaisuja kaivos- ja rakennusalalle. Yrityksen perusti vuonna 1862 Göran Fredrik Göransson Sandvikenissä, Ruotsissa. [2, s. 320.]

Vuonna 2020 Sandvik AB:lla oli noin 37000 työntekijää tytäryhtiöissä noin 70 maassa. Samana vuonna konsernin myynti oli yli 160 maassa. [13, s. 43.]

Vuoden 2020 tuloista 35 % tuli Euroopan markkinoilta, 22 % Pohjois-Amerikasta ja 20 % Aasiasta. Kokonaisliikevaihto vuonna 2020 oli 86404 miljoonaa Ruotsin kruunua.

Yhtiö harjoittaa toimintaa neljällä liiketoiminta-alueella. Näitä ovat valmistus- ja työstöratkaisut, jotka ovat erikoistuneet metallin leikkaamiseen tarkoitettuihin työkaluihin ja työkalujärjestelmiin kaivos- ja kallioliuokset sekä kivenkäsittelyratkaisut, erikoistuneisiin laitteisiin, työkaluihin, osiin, kaivospalveluihin ja teknisiin ratkaisuihin sekä rakennusteollisuuteen ja materiaalitekniikkaan, jossa erikoisalana ruostumattomat teräkset ja erikoiseokset. Vuonna 2020 suurin osa tuloista tuli kaivos- ja kallioratkaisuista. Tämän lisäksi toiseksi suurin tulonlähde oli valmistus- ja koneratkaisut vain yhden prosenttiyksikön erolla. [1, s. 1.]

## 2.3 Sandvik Maanalaiset lastauskoneet

Sandvik tarjoaa suuren valikoiman maanalaisia lastauskoneita kiven louhintaan. Kestävät ja vahvat lastauskoneet käyttävät kehittyntä tekniikkaa älykkyyden, liitettävyyden ja digitaalisia ratkaisuja vaativissa olosuhteissa. Diesel- ja sähköversioissa on hyötykuorma kapasiteetiltaan 1–25 tonnia. Kaikki Sandvik maanalaiset lastauskoneet on suunniteltu ensisijaisesti tuomaan turvallisuutta, tuottavuutta ja kannattavuutta. Lastauskoneet on suunniteltu kaivoksiin, jossa turvallisuussäädökset ovat tiukkoja mm. sortumavaaran takia. Lastauskoneiden ohjaaminen on mahdollista myös koneen hytissä, kauko-ohjaimella tai automatisoimalla kone ajamaan lastaus- ja purkuaseman välillä, jolloin maanpäällä operaattori ohjauskopissa voi kauko-ohjaimella ohjata konetta. [12.]



## 3 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys tarkoittaa markkinamahdollisuuksien kehittämistä uudeksi tuotteeksi tai olemassa olevan tuotteen uudistamista. Tuote voi olla konkreettinen kuten tuote, mutta myös palvelu. [9, s. 182.] Tuotekehityksen tavoitteena on tunnistaa potentiaaliset tuoteideat, jotka vastaavat asiakkaan ja markkinoiden nykyisiä ja tulevia vaatimuksia. Muuttamalla siten teknisesti ja kaupallisesti toteuttamiskelpoisia ideoita markkinoitaviksi tuotteiksi. [8, s. 21–23.] Liiketoiminnan ja suunnittelun tavoitteiden ymmärtäminen on menestyvän tuotteen avain. [8, s. 25.] Lisäksi kilpailu ja riskit on arvioitava tuotteen kilpailukyvyyn varmistamiseksi. [8, s. 263.]

Menestyneet tuotteet voivat lisätä liikevaihtoa ja siten tukea yrityksen kasvua [8, s. 25.], mikä on tärkein syy tuotekehityksen tarpeelle. Jotta yritys pysyisi kilpailukykyisenä ja säilyttäisi tai kasvattaisi voittoa, sen on jatkuvasti sopeuduttava muuttuviin markkinoiden ja asiakkaiden vaatimuksiin, joko optimoimalla olemassa olevia tuotteita tai kehittämällä kokonaan uusia tuotteita. Tuotekehitystä voidaan käyttää myös työkaluna yritysten omien mahdollisuuksien edistämiseen esimerkiksi silloin, kun se haluaa laajentaa toimintaansa. [9, s. 182.]

### 3.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitys on monialainen työryhmän yhteistyö. Tuotteen kehittämisen onnistuminen edellyttää työnkulun selkeää organisointia, suunnittelua ja hallintaa projektin alusta loppuun saakka sekä viestintää osapuolten välillä. Resurssit, vastuut, virstanpylväät ja tavoitteet on määriteltävä selkeästi. [8, s. 24–26.] Tuotekehitys voidaan yleensä jakaa kahteen peruskysymykseen; tuotemallinnus ja prosessimallinnus. Tuotemallinnus käsittää realistisen tuotteen digitaalisen ja abstraktin määritelmän. Prosessimallinnus on abstrakti kuvaus tuotekehityksen työnkulusta ja voi toimia työkaluna tuotekehitysprosessin hallintaan. Molempien mallien huolellinen suunnittelu on välttämätöntä tehokkaan tuotekehityksen kannalta. [4.] Tuotekehitysprosessi koostuu useista toisiinsa liittyvistä vaiheista, jotka ovat usein päällekkäisiä. Vaiheiden tarkka lukumäärä voi vaihdella kehitysohjelman mukaan. Alkuvaihe alkaa, kun tuotteelle on tarve eli vaatimusten määrittelyvaihe. Sen tarkoituksena on tunnistaa, määrittellä ja dokumentoida tuotteen kehittämisen tekniset tiedot ja vaatimukset.

Seuraava vaihe on konseptuaalinen suunnitteluvaihe, jonka aikana tuotteiden puutteet ja vaatimukset yhdistetään useisiin suunnittelutapoihin. Parhaiden lähestymistapojen perusteella määritetään suunnitteluvaatimukset, joita käytetään sitten yksityiskohtaisessa suunnitteluvaiheessa, jossa tuotteen suunnittelu viimeistellään analyysin, arvioinnin ja parantamisen avulla. Kun tuote on optimoitu, se voi siirtyä testaus- ja arviointivaiheeseen, jossa sitä testataan ja arvioidaan, jotta voidaan tunnistaa suunnittelun parannusten tarve ongelmien ja riskien minimoimiseksi myöhemmin. Tuotteen valmistusvaiheessa sekä logistiikka-, toimitusketju- ja ympäristövaiheessa, jossa hallitaan logistiikkaa, toimitusketjua ja ympäristönäkökohtia, tuotesuunnittelua optimoidaan jatkuvasti tarvittaessa. Näin kaikkia tuotteiden elinkaaren osa-alueita arvioidaan ja optimoidaan jatkuvasti. [8, s. 21–24.]

### 3.2 Projektin käynnistäminen

Lähtökohtana tuotekehitysprojektissa on uuden tai parannetun tuotteen tarpeen tunnistaminen. Tämä tarve voi johtua organisaation sisäisistä lähteistä tai ulkoisista lähteistä, esimerkiksi toisen yrityksen innovaatioiden kautta. [5, s. 42.]

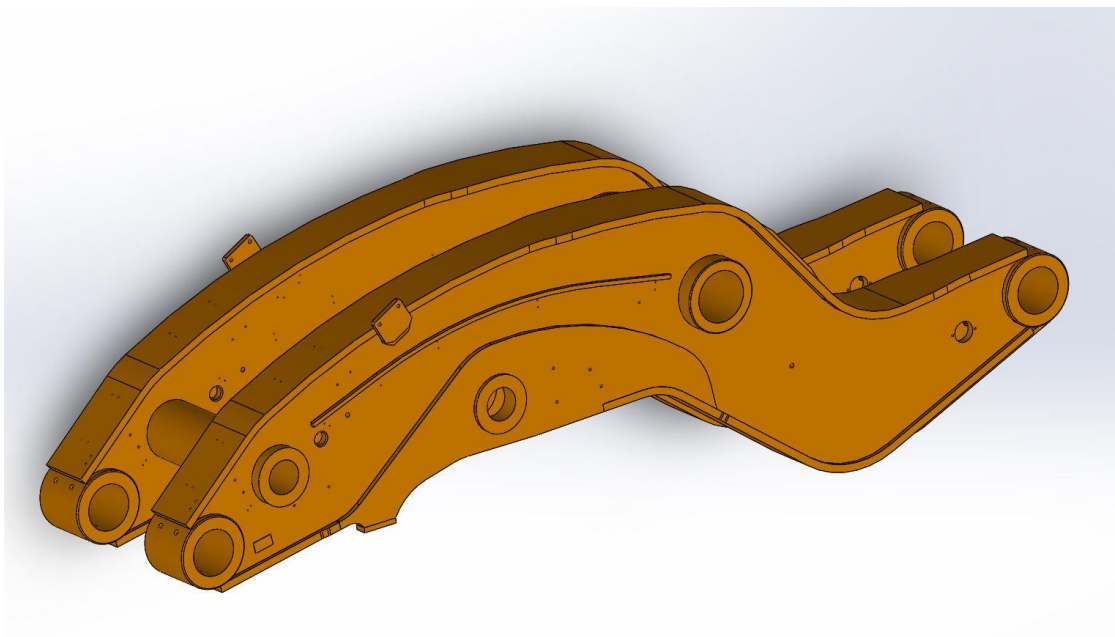
Tuotekehityksen nostokorvan tarve on määritelty osana Sandvikin hanketta päivittää olemassa olevia tuotteita tuotannon kannattavuuden parantamiseksi. Pää tavoitteena oli löytää tapoja optimoida nostokorvan valmistuskustannukset. Toinen tavoite oli tehdä tuotteesta valmistusystävällisempi. Tavoitteet saavutetaan muuttamalla nostokorvan konstruktiota sen nykyisen mallinnuksen rajoissa.

Tavoitteiden asettaminen antoi mahdollisuuden lähestyä optimoitavaa tuotetta tarkemmin. Aiheen esittely tapahtui aluksi työn rinnalla tutkimalla valmiita hitsattuja nostokorvakkeita, 3D-malleja hyödyntäen. Kuormaajaan puomin tutustuminen kokonaisuudessa paikan päällä antoi hyvän käsityksen rakenteen asettamista rajoituksista ja 3D-mallin tutkiminen antoi ideoita, jotka voisivat tehdä nostokorvakkeen valmistamisesta kannattavampaa.

## 4 KONSEPTOINTI

Tuotekonsepti on tärkeä osa tuotteen kehittämistä. Konsepti kuvaa tuotetekniikkaa, toimintaperiaatetta ja tuotteen muotoa, yleensä visualisoituna luonnoksena tai kolmiulotteisena mallina, joka on liitettyä tekstikuvaan. Tuotekonseptin perustana ovat asiakkaan tarpeet ja kohdetiedot. Siitä suunnitellaan ja mallinnetaan useita vaihtoehtoja, joista valitaan sopivin. Kaikkien mahdollisten vaihtoehtojen tutkiminen on myös tärkeää, koska tutkimalla myös muita vaihtoehtoja vähentäisi riskiä kohdata virheitä myöhemmin tuotekehitysprosessissa. Konseptin luominen on myös halpaa ja nopeaa verrattuna muuhun kehitysprosessiin, ja se voidaan siten helposti saavuttaa. [14, s. 118–119.]

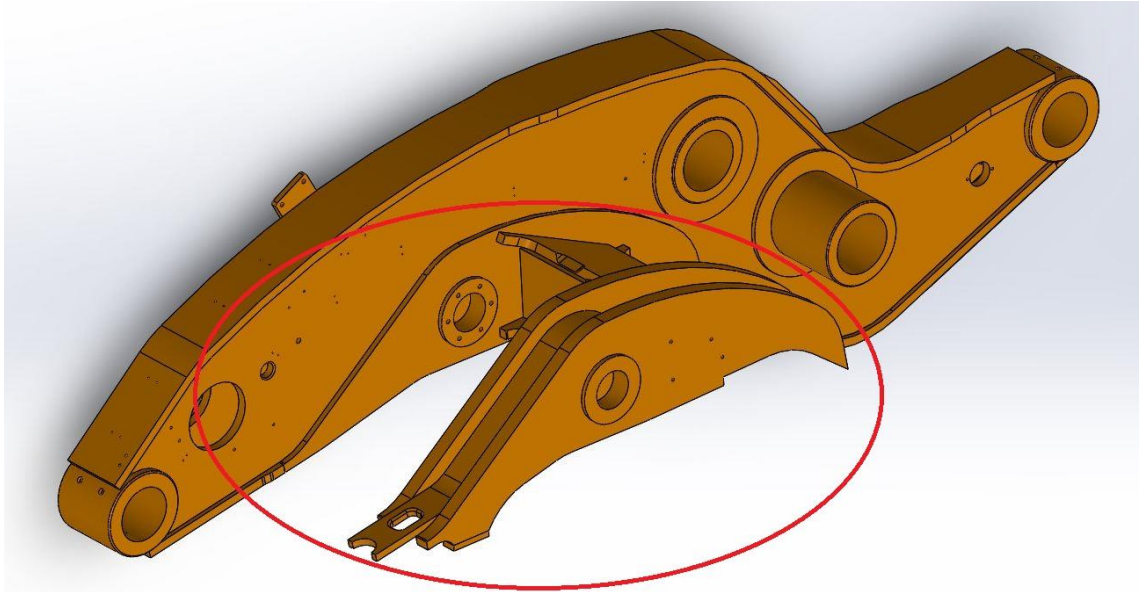
Erilaisten ratkaisuvaihtoehtoiksi valutuotteeseen haettiin toimeksiantajan antamien vaatimusten mukaan. Mistä osasta tehdään valutuote ja mitä muita ylimääräisiä osia voidaan sisältää myös valutuotteeseen, jos se on mahdollista. Suunnittelun aloittaminen alkoi poistamalla ylimääräiset osat, joita ei haluttu vaatimusten mukaan ja sitä mukaan lisättiin myös mahdolliset osat, jotka toivomuksina haluttiin valutuotteeseen. Tällöin tulevaa valutuotetta on helpompi hahmotella ja suunnitella pieni pala kerrallaan eikä heti suurinta palaa, jolloin riski virheisiin on suurempi. Kuvassa 1 esitetään nostopuomi kokonaisuudessaan.



Kuva 1. Nostopuomin ulkomuoto (Solidworks)

Tämän työn päätavoite on tehdä erilaisia valutuoteratkaisuja, joista valitaan parhaimmat ja ne mallinnukset esitetään toimeksiantajalle. Erilaisia lyijykynäkuvapiirustuksia ei tehty vaan koko työ havainnollistettiin käyttämällä 3D-mallinnusta, jossa työkaluna käytetään Solidworks ohjelmistoa.

Kuvassa 2 punaisella ympyröity on alkuperäinen nostokorvake, josta halutaan tehdä valutuote.



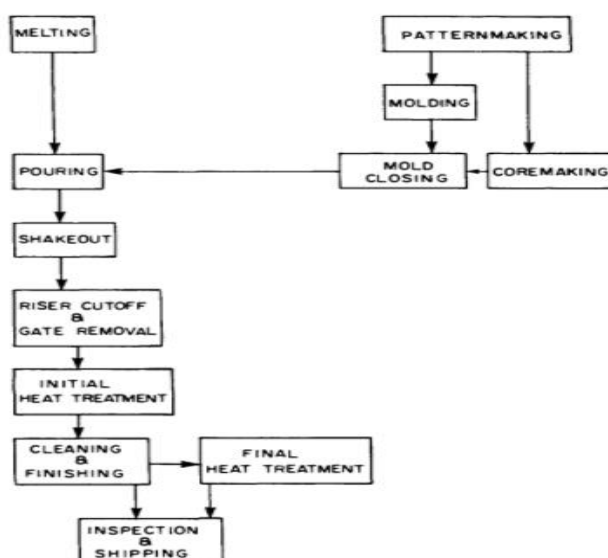
Kuva 2. Nostokorvake (Solidworks)

## 5 TERÄSVALU

Teräsvalu on tuote, joka muodostuu kaatamalla sula teräs muottionteloon. Nestemäinen teräs jäähtyy ja jähmettyy muottiontelossa, jonka jälkeen valukappale puretaan muottiontelosta. Valukappaleesta mahdollisesti poistetaan kiinnitarttunut hiekka, sekä jähmettynyt valujärjestelmän osat, joiden avulla sula teräs on saatu muottiin. [1, s. 1–2.]

Valaminen on hyvin energiatehokas valmistustapa, koska verrattuna muihin menetelmiin kuten levyjen, putkien, profiilien tuotanto, metalliosien valmistuksessa ja niistä hitsaamalla vaatimien kappaleiden muodot ja ominaisuudet tuottaisi lisää energiaa ja valamisessa ei enää sulattamisen jälkeen energiaa tarvita. [6, s. 1.]

Halpa tekniikka mahdollistaa monia komponentin muotoja raaka-aineista lopputuotteeseen. Käytetylle metallilla tai seoksella ei ole rajoituksia. Komponenttien kokoa ei ole rajoitettu, ja se soveltuu taloudellisesti pienten määrien valmistukseen sekä massatuotantoon. Tähän prosessiin kuuluu monia vaiheita, alkaen muotin luomisesta, hiekan valmistelusta, metallin muovaamisesta, sulattamisesta, kaatamisesta, metallin jäädyttämisestä, ravistamisesta ja levittämisestä. [10, s. 11–13.] Lämpökäsittelyä voidaan tarvita haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Tämä prosessi tarjoaa tuotteelle lähes halutun muodon ja mekaaniset ominaisuudet, joita ostajan vaadittavat spesifikaatiot täytyisivät sekä viimeiseksi tuotteen viimeistelyä. [1, s. 1–2.] Kuvassa 3 nähdään toiminta periaate yksinkertaistettuna.



Kuva 3. Teräs valun perustoiminnan valmistus prosessi yksinkertaistettuna [1, s. 1–2.]

## 5.1 Saatavuus

Teräsvalua on saatavana laaja valikoima metallurgisten ja mekaanisten ominaisuuksien eri käyttötarkoituksiin. Vaikeita käyttökohteita on monta ja niihin tarvittavia seoksia ei voida työstää, joten niitä on valettava. Kaikki hiiliteräkset ja vähän seosteräkset ovat helposti hitsattavia. Korkeammat metalliseokset, kuten mangaani ja ruostumattomat teräkset, hitsataan rutiininomaisesti sopivilla tekniikoilla. Teräsvalukappaleet lämpökäsitellään helposti normalisoimalla, hehkuttamalla, sammuttamalla ja karkaisemalla, paikallisella alueella tai differentiaalisella lämpökäsittelyllä jne. vaadittavien mekaanisten ominaisuuksien saavuttamiseksi. Teollisuudenalat ovat tärkeimpiä teräsvalujen käyttäjiä, koska soveltaen materiaaleja saadaan ainutlaatuisia ominaisuuksia. Yleinen termi "teräs" kattaa laajan valikoiman materiaaleja, mutta yksinkertaisuuden vuoksi pidetään yleensä kahta seosryhmää: hiiltä ja matalaseosta (C&LA) ja runsasseosteista. Korkeisiin seosteräksiin kuuluvat ruostumattomat teräkset ja nikkelpohjainen pohjamaali. Austeniittiset mangaaniteräkset ja kaikki muut ruostumattomat teräkset kuuluvat yleensä C&LA –ryhmään. [1, s. 1–4.] Kuvassa 4 esitellään valuteräksien yleiset ominaisuudet.

### Valuterästen ohjeellisia ominaisuuksien arvoja

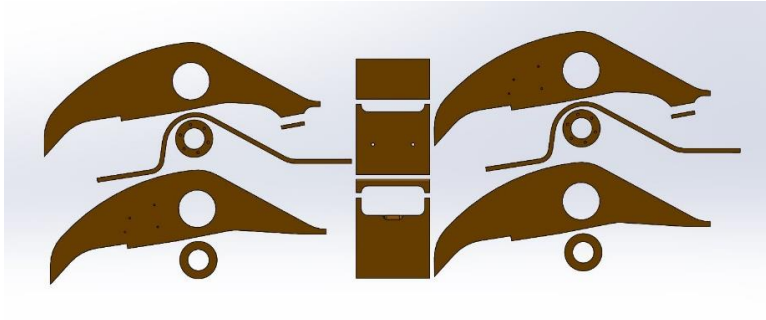
Materiaali	Yleiset valuteräkset	Korroosion kestävä	Tulen-kestävä	Painelaite-teräkset	Rakente-teräkset	Austeniittiset Mangaanivaluteräkset
Standardi nimeke	GS	GX	GX	GP, GX	GS, GX	GX
Standardi	SFS-EN 10293	SFS-EN 10283	SFS-EN 10295	SFS-EN 10213	SFS-EN 10340	SFS-EN 10349
Tiheys (kg/dm <sup>3</sup> )	7,7 - 8,3	7,7 - 8,0	7,7 - 8,3	7,8 - 8,0	7,7 - 8,3	7,7 - 8,3
Murtolujuus (MPa)	350 - 1795	430 - 1100	420 - 550	420 - 960	380 - 850	
Kovuus (HB)	115 - 300					
Ominaisuus	Mekaaniset omin. lievästi korrodoivat ympäristöt	Korroosionkesto	Hyvä hapettumisen kesto ja vaurioisuus korkeissa lämpötiloissa.	Painetiiveys	Mekaaniset ominaisuudet	Kulumisen kestävyys

Parhaan seoksen löytymiseksi kannattaa olla yhteydessä valimoon. Jokaisella valimolla voi myös olla omia materiaaleja standardien ulkopuolelta, joten näiden käyttämisestä on sovittava valimon kanssa.

Kuva 4. Valuterästen yleisiä ohjeellisia ominaisuus arvot [3, s.17.]

## 6 NOSTOKORVAKKEEN KEHITYS

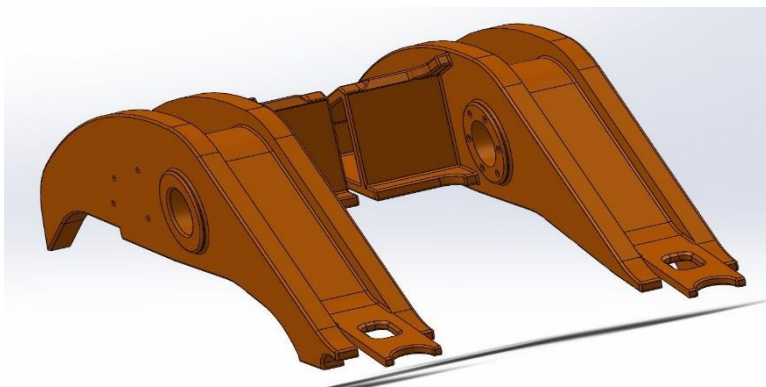
Nostokorvake sijaitsee puomin keskellä, jonka tehtävänä on pitää puomit yhdessä ja kasassa. Nostokorvaketta voisi sanoa puomin sydämeksi. Tämänhetkinen nostokorvake kokoonpano (kuva 5) tehdään monesta erilaisista polttoleikatuista levyistä ja siitä hitsaamalla toisiinsa yhteen.



Kuva 5. Tarvittavat osat (Solidworks)

### 6.1 Tavoite

Tavoitteena oli tehdä mahdollisimman paljon mallinnuksia ja ratkaisuja ja siitä valita potentiaalisimmat ratkaisut. Alku suunnitteluissa välipalkin ei ollut tarkoitus olla osa suunnittelua, mutta se sisällytettiin myöhemmin konseptiin käytännöllisyyden optimoimiseksi. Vanhassa konstruktiossa (Kuva 6) ei havaittu mitään ongelmia, joten tavoite oli pitää rakenne mahdollisimman samanlaisena, jotta nostokorvake sopisi edelleen muihin nostopuomeihin modulaarisuuden vuoksi ja vähentää valmistuskustannuksia.



Kuva 6. Nostokorvake ja välipalkki (Solidworks)

## 7 VALUMENETELMÄT

Metallivalumenetelmät voidaan luokitella monella eri tavalla. Hyvin yleisesti käytetty jako perustuu valumuotin käyttökertoihin, joiden perusteella valumenetelmät jaetaan kerta- ja kestopuottimenetelmiin. Kestomuotit sisältävät valumenetelmän, kuten painevalun, jossa metallimuottia käytetään tuottamaan useita valuja yhdestä muotista. Kertakäyttö muotti, jossa hiekkamuotti luo valutuotteen. Prosessin lopussa hiekkamuotti tuhoetaan kappaleen poistamiseksi muotista. [11.]

### 7.2 Valutoleranssi

Standardi ISO 8062 mittatoleranssijärjestelmä valutoleranssi viittaa yhteisesti sovittuun alueeseen, jonne kappalemittojen muutos mahtuu. Toleranssit jaetaan yleensä useisiin ryhmiin, pienimmissä toleranssiryhmissä hyväksytyt mittamuutokset ovat pienempiä kuin suuremmissa toleranssiryhmissä.

Eri toleranssiaste voidaan saavuttaa eri valumenetelmillä. Lisäksi valuprosessin tarkkuus riippuu:

- kappaleen rakenteen monimutkaisuudesta
- valumallin laadusta ja kuntotasosta
- valumuotin tyypistä ja tasosta
- valettavasta metallista ja sen seoksesta
- valimon työmenetelmistä

Suurissa valukokonaisuuksissa voidaan käyttää menetelmiä ja laitteita tarkkojen sarjojen valmistamiseksi ja siten myös tiukempiin toleranssiasteisiin. [7, s.1.]



### 7.3 Jakotasot

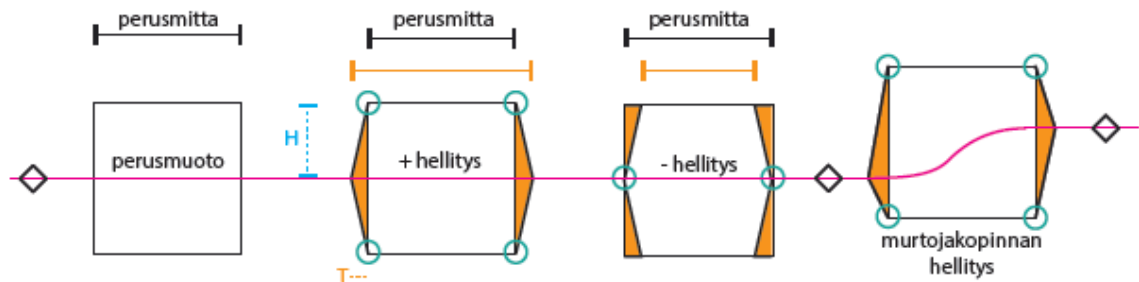
Jakolinja on taso tai tasot, joita pitkin tuotteen mallinnus jaetaan tai jakautuu. Erottaminen yhdestä tasosta helpottaa tuotteen tuotantoa ja muotin valmistamista. Suora jakopinta yksinkertaistaa kaavausta ja vähentää valuvirheiden ja hylättyjen kappaleiden määrää. Muotit, joissa on suorat jakolinjat, toisin sanoen jakolinja yhdessä tasossa, (kuva 7) voidaan tuottaa edullisemmin kuin ne, joissa on epäsäännölliset tai siirtyneitä jakolinjoja muodostaen muotteihin polvana- muodon, joka lisää valmistuskustannuksia. [1, s. 7–11.]

Murtojakopintoja ei kuitenkaan kannata pelätä, koska riippuen tuotteesta valukappaleen pitäisi sijoittaa painovoimaa suuntaa nähden siten, että syöttökupujen alla on tuotteen paksuimmat kohdat sekä paksut kohdat ei jäisi ohkaisempien kohtien ympyröimäksi. Lopputuotteessa kuitenkin pitää muistaa, että jakotaso jättää lopulliseen tuotteeseen näkyvän muodon. [3, s.39.]

### 7.4 Hellitykset ja pyöritykset

Hellitys on kulma, joka kohdistuu tuotteen muottiin tai keerna laatikoiden pystysuoriin pintoihin. Hellityksen avulla muotti tai keerna voidaan poistaa tai vetää ulos, jos hellitys ei ole riittävä, hiekka ulos vedettäessä voi hajota.

## Hellitystyytit



Hellitys on käytännössä aina materiaali lisäävä piirre, jolloin perusmitta säilyy. - Hellitys vähentää aina perusmittaa, jolloin kappale ei välttämättä täytä enää mittavaatimuksia. Hellityksen saranakulma (○) määrittää hellitystyytin. Alla olevassa taulukossa on ohjeelliset suuruudet hellitykselle hiekkavalumenetelmälle\*.

Muodon korkeus ( $H$ )	$H \leq 30\text{mm}$	$30\text{mm} < H \leq 80\text{mm}$	$80\text{mm} < H \leq 180\text{mm}$	$180\text{mm} < H \leq 250\text{mm}$
Hellitys ( $T$ )	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
Hellitys (○)	4°	3°	2°	1°

Kuva 7. Hellitys tyypit yksinkertaistettuna [3., s. 43.]

Valukappaleessa myös kannattaa käyttää pyöristyksiä, jotta sula liikkuisi jouhevammin, tasaisemmin ja kappaleesta tulisi myös kaunis. Terävät kulmat pitäisi välttää, koska tämä voi johtaa halkeamiin, murtumiin ja materiaaliominaisuuksien muutoksiin, joten terävät kulmat pitäisi pyöristää mallinnuksessa. [3, s.46.]

### 7.5 Keerna

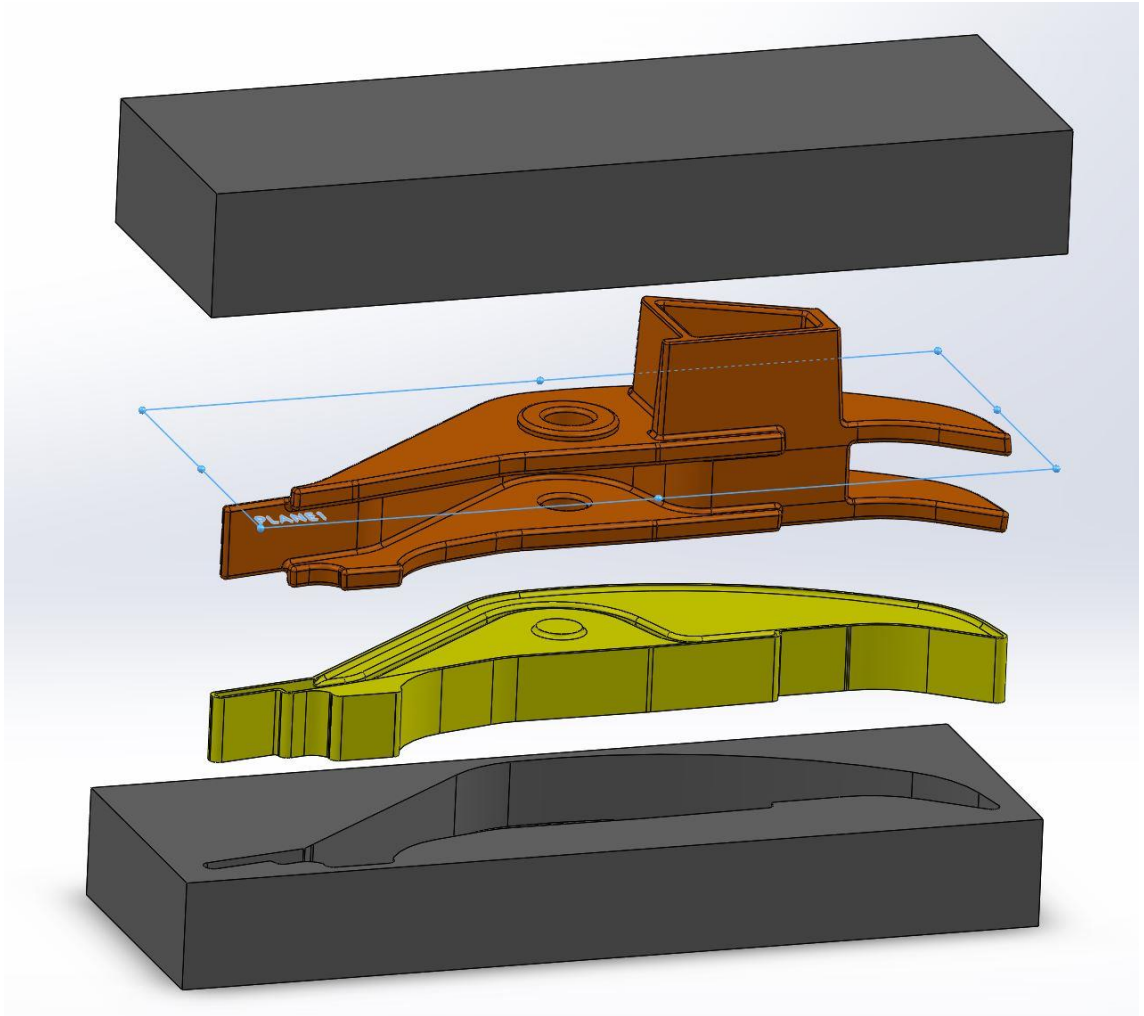
Keerna on tulenkestävästä hiekasta valmistettu kappale, jota käytetään tuotteissa, joihin tulee hankalia sisä- ja ulkopuolisia aukkoja tai onteloita, joita pelkkä muotti ei pelkästään pysty tekemään. Suunnittelijan on kuitenkin pyrittävä minimoimaan tai poistamaan keernan käyttöä, jos se on käytännössä mahdollista. Keernan käyttö lisää kustannuksia ja osien mittatarkkuuksien toleransseja. Keerna voi olla vaatiessaan myös kustannustehokkaampi monimutkaisemmissa osissa. On muistettava, että keernaa valmistaessa kappale on rakenteellisesti mahdollisimman yksinkertainen, helppo käsitellä ja helppo asentaa muottiin. [1, s. 7–13.]

## 8 VALUOSAN SUUNNITTELU

Valuosan suunnittelu aloitettiin tutkimalla alkuperäistuotosta mistä osista tehdään yhtenäinen valuosaa, millä menetelmillä valutuote tehdään, mistä suunnasta jakotaso tehdään ja mitkä reiät jätetään tekemättä, jotta kappale on helppo tehdä. Reiät, joita on peitetty ovat nostokorvakkeen holkin kierrereiät, ulkolevyn kierrereiät ja päädyssä olevilla hydraulikkaletkujen läpivienti reiät vrt. kuva 6 ja kuva 8. Syynä tähän on, että helpotetaan muotin tekemistä ja teräs sulan syöttö olisi myös tehokkaampaa. Samalla kun holkkeja koneistetaan tarkoille mitoituksille voidaan tehdä kierrereiät. Läpivienti toisaalta voidaan tehdä polttoleikkaamalla, koska nämä reiät eivät ole yhtä tarkkoja kohteita.

### 8.1 Ensimmäinen potentiaalinen tuotos

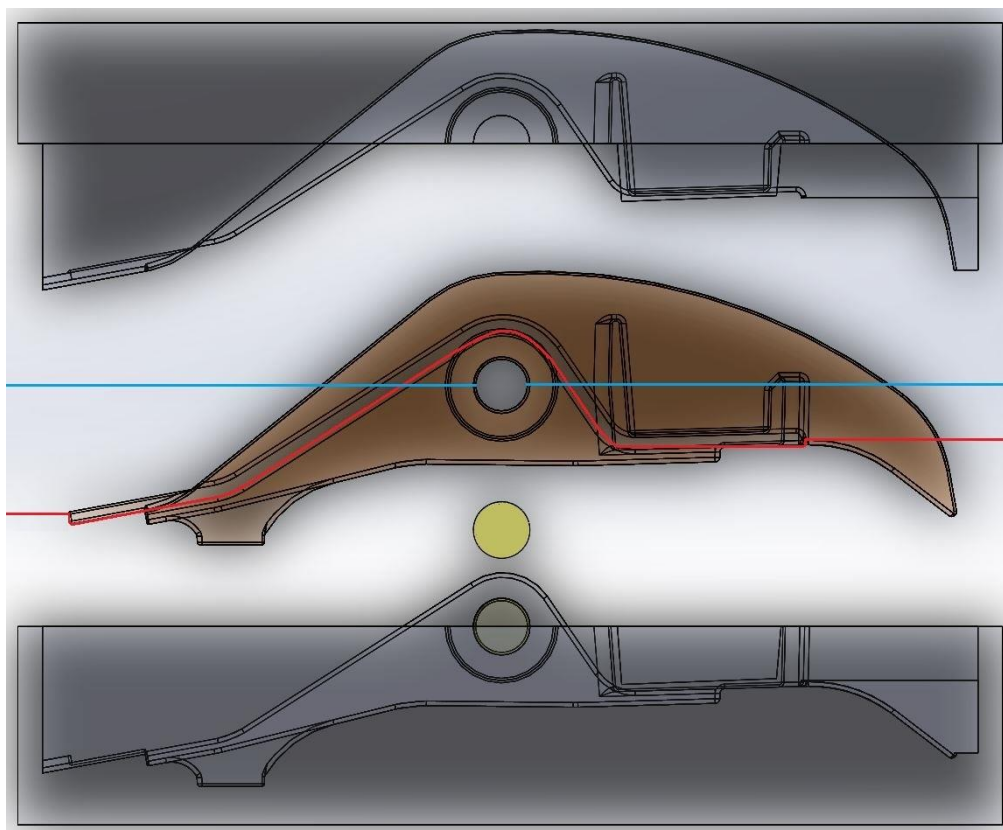
Ensimmäisen luonnoksen painopisteenä oli tällä hetkellä tuotannossa olevalla tuotteen parantaminen ja kehittäminen säilyttäen samalla olennaiset ominaisuudet. Nämä ominaisuudet käsittivät samanlaisen koon ja rakenteen sekä suoran jakotason (kuva 8). Suora jakotaso sallii yksinkertaisimman valumuotti muodon, joka on helpoin tehdä ja vähentää myös valuvirheitä, koska yksittäisten valumuottiosien reunat kohdistuvat suoraan, mikä luo paremman istuvuuden. Suunnittelun haittana on tarvittava iso keerna pala. Mitä pienempi ja helpompi keerna kappale on tehdä sitä, halvemmaksi tuotteen tuottaminen on, siksi ihannetapauksessa ei tulisi käyttää keerna kappaletta. Tarvittaessa pitää yrittää suunnitella keerna mahdollisimman pieneksi. Tästä syystä luotiin lisää suunnittelukonsepteja, joiden tarkoituksena oli poistaa tai pienentää keerna kappaleesta.



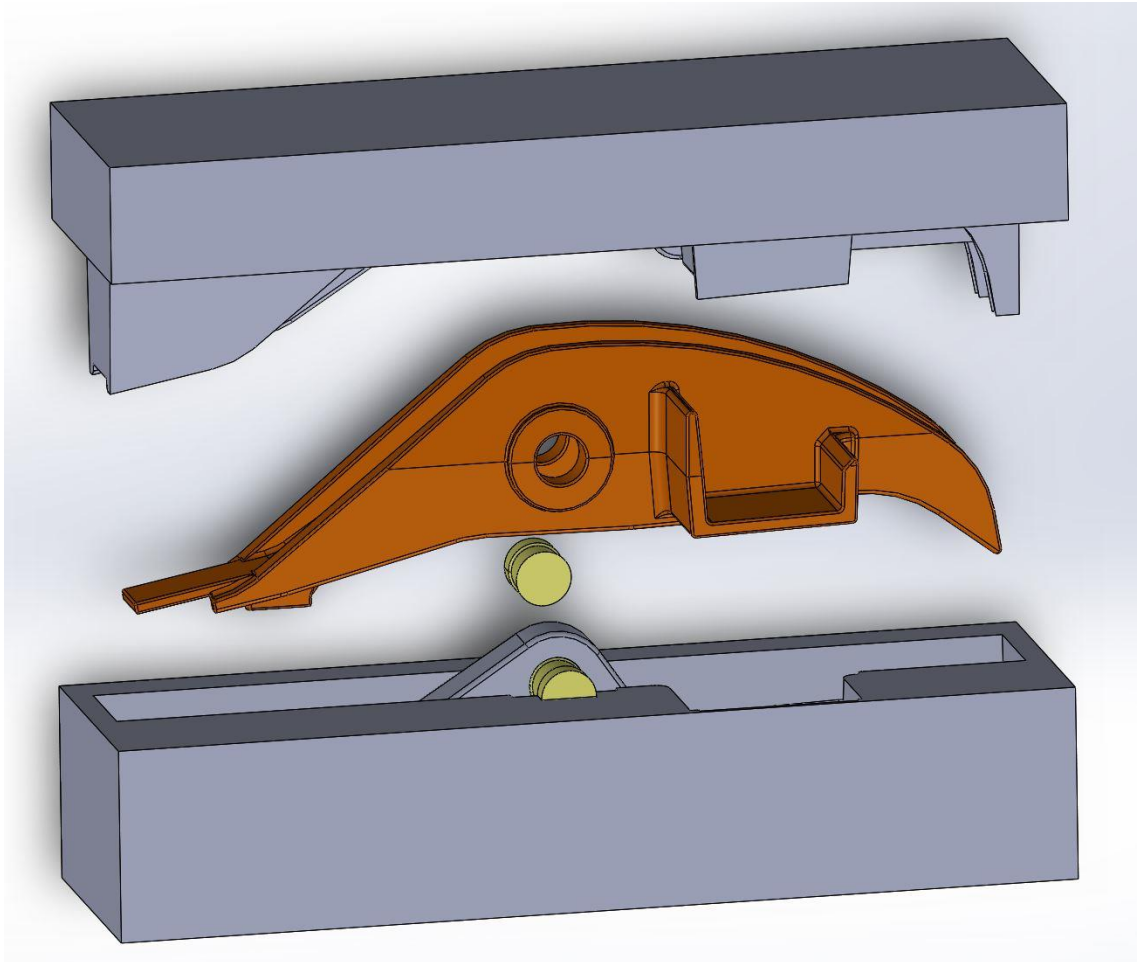
Kuva 8. Suora jakotaso, jossa plane kuvaa jakotasoja ja keltainen osa keerna palaa.  
(Solidworks)

## 8.2 Toinen potentiaalinen tuotos

Toinen lähestymistapa oli haastavampi, koska kyseessä ei ollut enää suorajakotaso vaan murtojakopinta. Tällöin muotteihin muodostuu polvana muoto (kuva 9), jossa valukappale valetaan pystyasennossa. Tason muuttamisen tavoitteena oli tutkia erilaisia vaihtoehtoja ison keerna palan poistamiseksi. Ensimmäisen potentiaaliseen tuotokseen verrattuna keerna palan koko on merkittävästi pienentynyt (kuva 10), mikä helpottaisi valmistusta ja asennusta muottiin, joka tarkoittaa valmistuskustannuksien tiputusta. Lisäksi valuterästä pystyy polvana jakotasossa syöttämään tehokkaammin. Alkuperäiseen kappaleeseen verrattuna hellytykset ovat suurempia (kuva 9), mikä luo holkkiin epätasaisen pinnan, joka on koneistettava valuprosessin jälkeen, mikä lisää yleistä vaadittua valutuoteprosessointia ja siten nostaa kustannuksia. Hellytys johtaa ohuempiin seiniin, jolloin kappale on 10 % kevyempi kuin alkuperäinen kappale. Tämän haittapuoli on, että ohuemmat seinät ovat heikompia ja vaikeampia hitsata puomiin. Seinien paksuuden optimoimiseksi ja samalla pienen kappalekoon säilyttämiseksi kehitettiin kolmas suunnittelukonsepti.



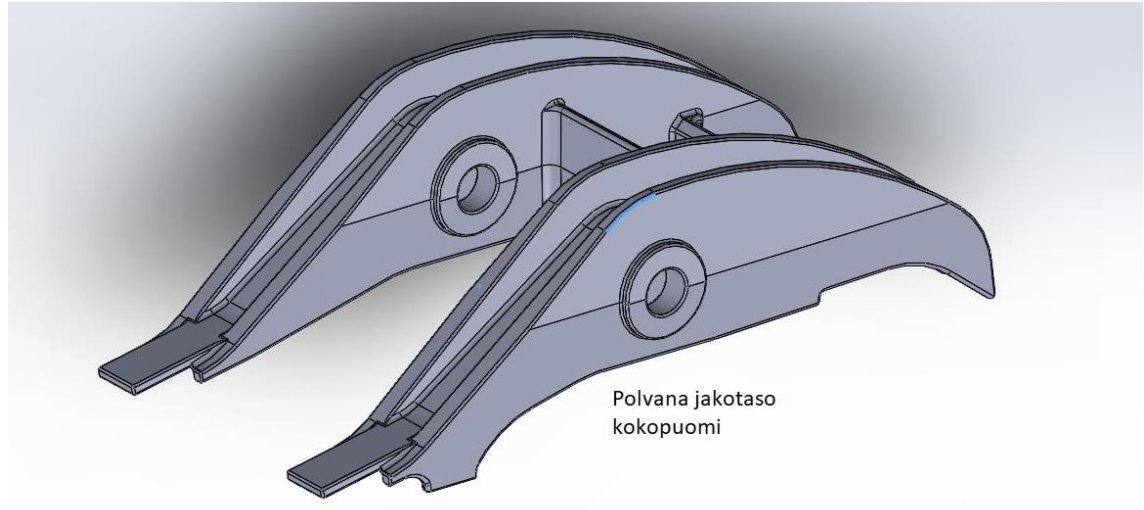
Kuva 9. Polvana jakotaso, sininen viiva kuvaa jakotasoa ulkopuolelta ja punainen kuvaa jakotasoa sisältä. Keltainen kappale kuvaa keerna palaa (Solidworks)



Kuva 10. Polvana jakotaso toinen tuotos (Solidworks)

### 8.2.1 Koko nostokorvake

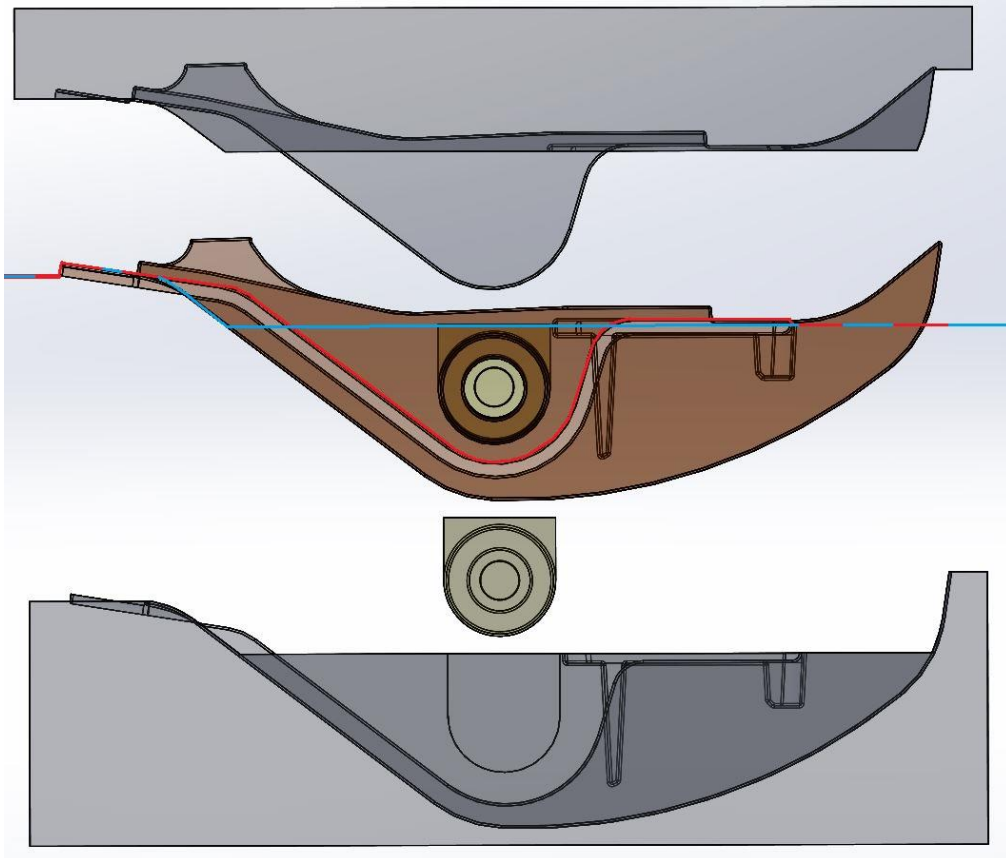
Polvana jakotason lisäetuna on, että koko kappale voidaan valaa kerralla sen sijaan, että kaksi samanlaista kappaletta hitsattaisiin yhteen valamisen jälkeen (kuva 11). Näin ollen vähennetään työvaiheita, jolloin voidaan leikata työkustannuksia. Toisaalta valumuotin koko ja valuprosessin ominaisuudet poikkeavat alkuperäisestä suunnittelu prosessista, joten tämä on otettava huomioon.



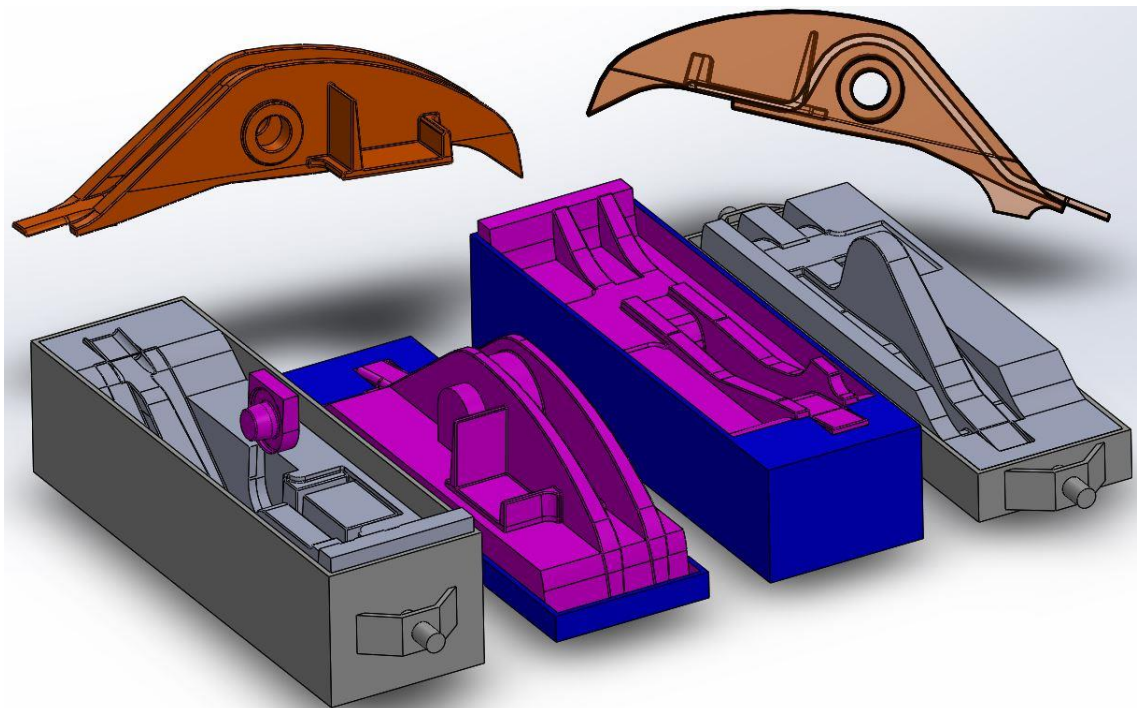
Kuva 11. Nostokorvakkeen molemmat puolet yhdellä kerralla (Solidworks)

### 8.3 Kolmas potentiaalinen tuotos

Kolmantena tuotoksena oli käytössä taas polvana jakotaso, koska se mahdollistaa pienen keerna kappaleen. Tällä kertaa (kuva 12) jakotasoja laskettiin verrattuna muihin potentiaalisiin tuotoksiin. Tällä tavoin saatiin yksinkertaisempi jakotaso ja sen seurauksena myös valuvirheiden riski pienentyy. Laskiessa jakotasoja, seurauksena hellytykset eivät vaikuttaneet holkin pinnan muotoon (kuva 13), mikä eliminoi osan koneistusprosessia. Lisäksi syntynyt muutos hellytyissä teki kappaleen seinät paksummiksi kovera puolelle verrattuna toiseen potentiaalisen tuotokseen. Seinät tehtiin paksummiksi, jotta kappaleiden hitsaus olisi helpompaa, mutta se teki myös kappaleesta painavamman kuin alkuperäinen kappale. Lisäparannuksena oli kupera puolen vahvistaminen. Valuprosessin aikana kaasut ja kuonat kertyvät terästä keveämpiä aineina ylämuotin alapinnalle, mikä tekee siitä vähemmän tiheän ja sen takia se kestää vähemmän voimaa. Kuperalla puolella kohdistuu suuremmat voimat ja siksi sen pitäisi olla alamuotin puolella (kuva 12).



Kuva 12. Kolmas tuotos, jossa valatessa kupera puoli pohjalla (Solidworks)



Kuva 13. Kokoonpano (Solidworks)



## 9 PÄÄTELMÄT

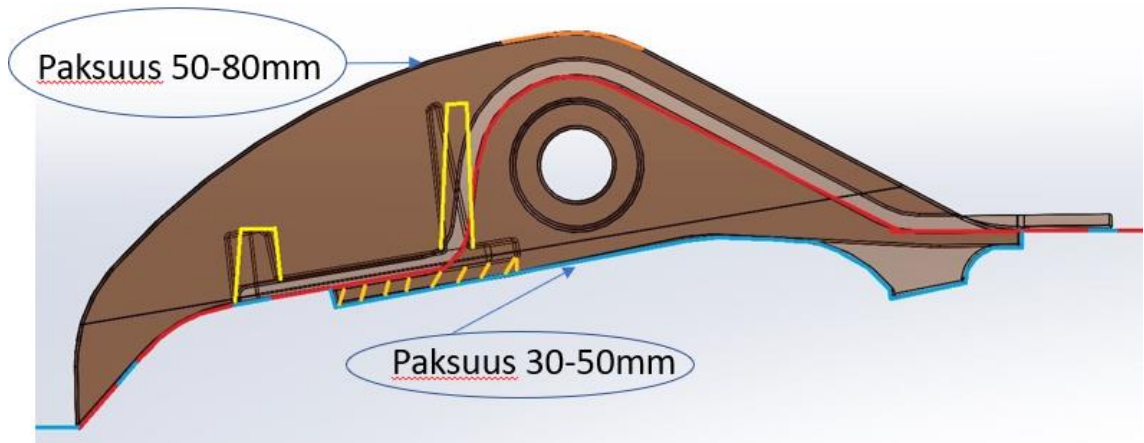
Projektin tavoitteena oli parantaa ja luoda suunnittelukonsepti nykyiselle nostokorvakemallille. Pää tavoitteena oli tehdä siitä valmistusystävällisempi, lisätä valmistusnopeutta ja vähentää kustannuksia.

Suurin parannus oli tarvittavien yksittäisten kappaleiden vähentäminen lopulliseen nostokorvakkeen saamiseksi leikkaamalla siten työvaiheita ja työkustannuksia. Kaikissa potentiaalisissa suunnittelukonsepteissa, jossa yksittäisten komponenttien työlääät leikkausprosessit eripaksuisista levyistä korvattiin hiekkavalulla, joissa luodaan kaksi erillistä nostokorvaketta oikealaiseen muotoon. Koska hiekkavalussa muodostuvien yksittäisten komponenttien määrä on huomattavasti pienempi, niiden hitsaaminen yhteen lopputuotteen valmistamiseksi vie huomattavasti vähemmän aikaa.

Vertailtua eri tuotoksia, polvana jakotasot osoittautuivat olevan erittäin potentiaalisia, koska tämä salli tehokkaamman syötön, kaasun poisto muottionkalossa toimisi todennäköisesti paremmin kuin ensimmäinen tuotos. Keerna myös olisi paljon pienempi, yksinkertaisempi ja helpompi käsitellä. Tällä hetkellä polvana tasoissa hellytykset joko pienentää seinien paksuutta, jolloin kokonaispaino pienenee alkuperäisestä painosta. Seinämät kun suurentaa samaksi kuin alkuperäinen niin kokonaispaino nousee alkuperäisestä painosta. Tässä on kuitenkin hyvä mahdollisuus saada seinämät pidettyä riittävän paksuna hitsausongelmien ja seinän lujuuden puutteiden välttämiseksi. Samalla voidaan välttää hellitysten aiheuttamia epätasaisia pintoja, kuten potentiaaliset tuotokset ovat kohdanneet. [Liite 4].

Mahdollinen neljäs ratkaisu kohtaamisissa haasteissa olisi tässä tapauksessa sen sijaan, että kääntäisi kuperan puolen alapuolelle suuremman lujuusvaatimuksen takia, jossa kaasut ja kuonat kertyvät terästä keveämpinä aineina ylämuotin alapinnalle. Kuperan puolen suunnittelisi niin, että paksuus on sama tai suurempi kuin alkuperäisen kappaleen paksuus ja kovera puoli pysyisi samana tai ohuempi. Tällä tavoin kupera puoli pysyisi yhtä vahvana ja kokonaispainokkaan ei nouse. Valmistettavuuden, että kustannusten minimoisen kannalta kupera puolella syöttö on tehokkaampaa ja kaasunpoisto muottionkalosta toimii todennäköisesti paremmin, jolloin voidaan poistaa kaikki ylimääräinen mikä ei kuulu lopulliseen tuotekappaleeseen. Jakotaso (kuva 14)

voitaisiin hieman muuttaa niin, että ulompi jakotaso muutettaisiin kappaleen muodon seuraamiseksi vielä enemmän. Sisäinen jakotaso voi pysyä käytännössä muuttumattomana. Tämä yksinkertaistaa jakotasoa, jolloin myös yksinkertaistaa valuprosessia.



Kuva 14. Oranssilla merkattu kaasujen nousu ja syötön paikka, joka toimii myös ”roskalistana”, punaisella ja sinisellä merkattu toimii jakotasoina (Solidworks)

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli hyvin monipuolinen. Työssäni pystyin soveltamaan aiemmin oppimaani, kuten 3D-suunnittelua, ja syventämään ongelmanratkaisutaitoani. Mahdollisuudet osallistua koulutukseen ja tavata ja keskustella ammattilaisten kanssa antoivat minulle mahdollisuuden lisätä tietämystä valuprosesseista ja valumuotin suunnitteluun. Haasteista huolimatta työ oli mielenkiintoinen ja tämä kokemus kehitti taitojani tehdä 3D-suunnittelua ja myös viestintätaitojani ammatillisessa ympäristössä.

**LÄHTEET**

- 1 Blair, Malcolm & Stevens Thomas L. 1995. Steel Castings Handbook, 6th Edition
- 2 Honkavaara, Tapani – Valutuotteidensuunnitteluopas. Viitattu 19.3.2021  
[https://svy.info/wp-content/uploads/2015/04/Valutuotteiden\\_suunnitteluopas.pdf](https://svy.info/wp-content/uploads/2015/04/Valutuotteiden_suunnitteluopas.pdf)
- 3 Huang, H.-Z., & Gu, Y.-K. Development Mode Based on Integration of Product Models and Process Models. Concurrent Engineering. 2006. Viitattu 25.3.2021  
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1063293X06063425>
- 4 Kettunen, S. 2003. Onnistu projekteissa. Helsinki: WSOY.
- 5 Priest, Jonh & Sanchez, Jose. 2012. Product development and design for manufacturing: a collaborative approach to producibility and reliability, 2nd edition, CRC Press,
- 6 Rissanen, T. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. 1. painos. Saarijärvi: Kustannusosakeyhtiö Pohjantähti, Saarijärven Offset Oy.
- 7 Peiron – Standarnin ISO 8062 mittatoleranssijärjestelmä 2018. Viitattu 22.3.2021  
<https://docplayer.fi/6721649-Standardin-iso-8062-mittatoleranssijarjestelma.html>
- 8 Sahroni, T. R., Kamaruddin M. A., Kasim, M., Ali, M. A., Mohamad, E., Ito, T. Design and optimization of runner and gating systems for permanent mould casting. Conference: 24th Design Engineering Systems Division JSME Conference Japan Society of Mechanical Engineers. 2014. Viitattu 25.3.2021  
[https://www.researchgate.net/publication/266147055\\_Design\\_and\\_optimization\\_of\\_runner\\_and\\_gating\\_systems\\_for\\_permanent\\_mould\\_casting](https://www.researchgate.net/publication/266147055_Design_and_optimization_of_runner_and_gating_systems_for_permanent_mould_casting)
- 9 Sandvik Group. Underground loaders and trucks. Viitattu 22.3.2021.  
<https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/underground-loaders-and-trucks/>
- 10 Sandvik Group. Annual report. 2020. Viitattu 22.3.2021.  
<https://www.annualreport.sandvik/en/2020/servicepages/downloads/files/entire-en-svk-ar20.pdf>
- 11 Ulrich, K. T., D. Eppinger, Steven. 2016. Product Design and Development. 6 p. New York, USA: McGraw-Hill Education

