

Opinnäytetyö AMK
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitystekniikka
2019

Joonas Löytynoja

HYDRAULIC TANK CONCEPT

Julkinen versio



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Syyskuu 2019 | 29 sivua

Joonas Löytynoja

HYDRAULIC TANK CONCEPT

Julkinen versio

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää tuotekonsepti kaivoskuormaajan hydraulikkasäiliöstä. Konseptin ideana oli kehitellä vanhaa säiliötyyppiä sen tuotantokulujen laskemiseksi optimoimalla sen valmistukseen liittyviä tekijöitä. Optimoinnin pohjalta työssä tehdään suunnitteluohje, jota voidaan käyttää tulevaisuudessa säiliön suunnittelun tukena. Opinnäytetyön tilasi Sandvik Mining and Construction Oy.

Säiliötyyppejä on useita, jonka vuoksi tämä työ on rajattu vain yhden säiliötyypin optimointiin ja työn tuloksia voidaan käyttää muiden säiliötyyppien optimoinnissa. Muutokset säiliöön on tehty nykyisen kaivoskuormaajan layoutin asettamissa rajoissa, joten ne koskevat lähinnä levyosien parantelua.

Opinnäytetyön teoriaosuus on selostettu työvaiheiden yhteydessä. Sen tarkoitus on tukea sillä hetkellä käsiteltävää työvaihetta. Vaiheet ovat määrättyneet työn edetessä ja apuna on käytetty perinteisen tuotekehityksen mallia. Lisäksi työssä on kerrottu Sandvikista ja avattu hydraulikkasäiliön toimintaa.

Tuloksena asiakas sai optimoidun konseptimallin ja tarvittavat piirustukset sen toteuttamiseksi. Lisäksi asiakas sai kustannuslaskelmat, jossa ilmenevät konseptin tuomat säästöt ja tutkimustietoa suunnitteluohjeen perustaksi.

ASIASANAT:

Tuotekehitys, suunnittelu, ohje, konsepti, optimointi, valmistettavuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

September 2019 | 29 pages

Joonas Löytynoja

HYDRAULIC TANK CONCEPT

Unclassified version

The purpose of this thesis was to develop a product concept of hydraulic tank for a mining loader. The idea behind the concept was to develop the old tank type to reduce the production costs by optimizing factors related to its manufacturing. Based on the optimization, a design guide that can be used in the future to support designing of the hydraulic tank was made. Thesis was commissioned by Sandvik Mining and Construction Oy.

Because there are several types of hydraulic tanks, this work is limited to optimizing one type of tank and the results can be used to optimize other types. Changes to the tank have been made within the confines of the current mining loader layout so the changes mainly concern the improvement of the plate parts.

The theoretical part is discussed in the context of the work phases in order to support current phase. The steps have been determined as the work progressed and the traditional model of product development has been used as a support. In addition, Sandvik Mining and Construction and function of a hydraulic tank are introduced in this thesis.

As a result, the customer received an optimized concept model and the necessary drawings to implement it. In addition, the customer received cost calculations showing the savings between old and new concept and research data for design guidance.

KEYWORDS:

Product development, designing, guideline, concept, optimization, producibility

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 TAUSTA	7
2.1 Tavoitteet ja rajaukset	7
2.2 Toimeksiantajan esittely	8
2.3 Kuormaajien esittely	8
2.4 Hydraulikkasäiliö	8
3 TUOTEKEHITYSPROJEKTI	9
3.1 Tuotekehitysprosessi	9
3.2 Projektin käynnistäminen	10
3.3 Vaatimusten määrittely ja spesifointi	10
3.4 Konseptointi	11
3.5 Konseptien vertailu	17
3.6 Konseptin kehittäminen	18
4 KUSTANNUKSET	21
5 SUUNNITTELUOHJE	24
5.1 Mallintaminen	24
5.2 Säiliön paikoitus ja muotoilu	25
5.3 Levyosien suunnittelu	25
5.4 Säiliön suunnittelu	26
6 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1 Perinteinen tuotekehitysprosessi [3, s. 23]	9
Kuva 2 Säiliön ulkomuoto (Siemens NX)	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuva 3 Kansirakenne (Siemens NX)	13
Kuva 4 Säiliöiden rakenteet (Siemens NX)	15
Kuva 5 Painoarvotaulukko kolmella ratkaisuvaihtoehdolla [5, s. 79]	17



1 JOHDANTO

Yksi yrityksen menestymisen avaintekijöistä on onnistunut tuotekehitys. Yrityksen huolehtiessa tuotteen kehitystyöstä voidaan tuotteen elinkaarta pidentää ja saavuttaa huomattavia säästöjä. Sandvikilla pyritään hyödyntämään tuotekehitystä esimerkiksi optimoimalla valmistuksessa olevien tuotteiden valmistuskuluja. Yksi kehitettävistä tuotteista on LH-kaivoskuormaajan hydraulinen säiliö, jonka tuotekonseptin suunnittelu määräytyi opinnäytetyön aiheeksi.

Käytössä olevia LH-kaivoskuormaajia on seitsemää eri kokoluokkaa, joista jokaisella on myös erilaiset hydrauliset säiliöt. Työn tavoitteena on suunnitella yhden LH-kaivoskuormaajan hydraulinen säiliö, johon tehtyjä muutoksia voidaan soveltaa muiden mallien säiliöiden suunnittelussa. Työssä pyritään tekemään muutoksia olemassa olevan säiliön tuotannon kannattavuuden ja toimivuuden optimoimiseksi. Säiliötä ei ole siis tarkoitus suunnitella kokonaan uudestaan. Tätä varten haetaan vastauksia kysymyksiin: Missä rajoissa nykyistä säiliötä voidaan muuttaa? Mikä on toivottu lopputulos ja millä keinoin se saavutetaan? Työssä pyritään hyödyntämään tuotekehitysprojektin eri työvaiheita vastauksien hakemisessa.

Teoriapohjalla pyritään perustelemaan optimointia varten tehtävät muutokset. Projekti alkaa ideoimalla ja tuotekonseptin laadinnalla. Tätä varten hankitaan tietoa säiliöstä ja mahdollisista keinoista haluttujen tulosten saavuttamiseksi. Ideoista valitaan toimivimmat ja niistä tehdään luonnokset. Luonnosteluvaiheen ideoista valitaan parhaimmat ja niistä viimeistellään tuotekonsepti. Tämän jälkeen tehdään kustannuslaskelmat, jonka perusteella päätetään jatkosta. Työssä ei tehdä prototyyppiä, sillä tavoitteena on suunnitella alustava tuotekonsepti hydrauliiikkasäiliön optimoimiseksi. Prototypointi tapahtuu työn jälkeen, jos saadaan todistettua säiliön optimoinnin olevan kannattavaa. Projektin aikana tehdyistä havainnoista kootaan lopuksi työohje hydrauliikkasäiliön suunnittelemiseksi, jota voidaan tulevaisuudessa käyttää perusohjeena.

2 TAUSTA

Opinnäytetyön aihe määräytyi Comatec Groupin asiakasyrityksen Sandvik Oy:n tarpeen mukaisesti. Käytössä ovat Comatecin Turun yksikön tilat ja laitteet, mutta työ tehdään Sandvik-konserniin kuuluvalla Sandvik Mining and Construction Oy:n Turun osastolle. Työssä käytetään Sandvikin käytössä olevaa Siemens Teamcenteriä ja NX:ää etäyhteyden avulla. Yhteyshenkilöinä toimivat Sandvikin kautta Jussi Mikkola ja Turun ammatti-korkeakoulun kautta Tommi Metso.

2.1 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on laatia LH-kuormaajan hydraulisesta säiliöstä tuotekonsepti, jonka avulla voidaan optimoida säiliöiden tuotantoon kuluvia kustannuksia. Konseptissa pyritään myös korjaamaan säiliöissä havaittuja ongelmia ja tekemään säiliöstä valmistusystävällisempi.

Säiliön valmistukseen ja toimintaan liittyviä ongelmia yritetään kartoittaa suunnittelijoiden, sekä valmistajan asiantuntemusta hyväksikäyttäen. Kartoituksessa esille nouseviin kehityskohteisiin haetaan ratkaisuja tuotekehityksen työkalujen avulla. Ideoista laaditaan konsepti, jonka kustannukset lasketaan alkuperäiseen nähden ja jatko määräytyy kannattavuuden mukaan.

Työ on rajattu yhden säiliötyypin tuotekonseptiin. Onnistunutta konseptia käytetään muiden säiliötyyppien kustannusten optimointiin ja lopuksi laaditaan suunnitteluohje, jota on mahdollista käyttää tulevaisuudessa säiliöiden suunnittelussa.

Oletuksena työn lopputuloksesta on onnistua suunnittelemaan säiliöstä edullisempi ja valmistusystävällisempi. Työtä käytetään hyväksi muiden säiliötyyppien optimoinnissa ja suunnitteluohje tulee yleiseen käyttöön.

2.2 Toimeksiantajan esittely

Sandvik on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni, jolla on noin 42 000 työntekijää. Yrityksen perusti vuonna 1862 Göran Fredrik Göransson. Yrityksen strategia on pysynyt muuttumattomana vuosien varrella sen tähdätessä korkeaan laatuun, tutkimus- ja tuotekehitystoiminnan investointeihin, läheisiin asiakaskontakteihin ja vientiin. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Tukholmassa ja sen toiminnan voidaan katsoa jakautuvan kolmeen eri osaan: Sandvik Machining Solutions: Työkalut ja työkalujärjestelmät metallin leikkaamiseen, Sandvik Mining and Rock Technology: Kaivos- ja rakennusteollisuuden laitteet ja välineet, palvelut ja tekniset ratkaisut, sekä Sandvik Materials Technology: Edistyneet ruostumattomat teräkset ja erikoisseokset sekä teollisuuslämmitykseen tarkoitetut tuotteet. [8.]

2.3 Kuormaajien esittely

Sandvik tarjoaa laajan valikoiman maanalaisia kuormaajia kiven louhintaan. Diesel- ja sähköversioissa on hyötykuorma kapasiteetiltaan 1–25 tonnia. Ne sisältävät uusinta tekniikkaa älykkyyden, liitettävyyden ja digitaalisten ratkaisujen saralla. Kuormaajista suunnitellaan vahvoja ja kykeneviä työkaluja vaativiin olosuhteisiin. Kaikki Sandvik-maanalaiset kuormaajat on suunniteltu ajatellen turvallisuutta, tuottavuutta ja kannattavuutta. [9.]

2.4 Hydrauliikkasäiliö

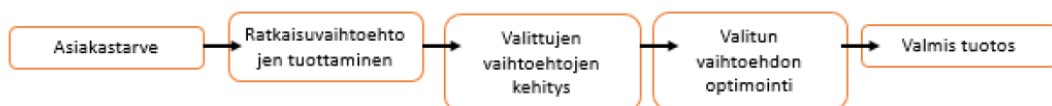
Hydrauliikkajärjestelmässä säiliön tehtävänä on toimia öljyn varastotilana. Sen koko on yleensä noin 2–3 kertaa pumpun nimellinen tilavuusvirta minuutissa. Säiliö valmistetaan teräslevystä ja varustetaan väliseinämällä öljyn kulun ohjaamiseksi. Siinä on täyttö- ja tyhjennysaukot sekä huohotin suodattimineen. Siihen asennetaan myös lämpömittari ja öljymäärän tarkkailulasi. Hydrauliikkapumppu sijoitetaan mahdollisimman lähelle säiliötä. Se voidaan sijoittaa joko säiliön päälle, viereen, alle tai sisälle, kuitenkin jos mahdollista öljyn pinnan alapuolelle kavitaation vuoksi. Väliseinämien tehtävänä on sekoittaa palaava ja säiliössä oleva öljy keskenään ja estää loiskuminen. Tällöin öljyn lämpötila tasaantuu ja siirtyy säiliön seinämistä ympäristöön. Säiliö on hydrauliikkajärjestelmän lämmönsiirrin, joka siirtää järjestelmässä syntynyttä lämpöä sen ulkopuolelle. [10, s. 210.]

3 TUOTEKEHITYSPROJEKTI

3.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehityksellä tarkoitetaan määrätietoista toimintaa uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämiseksi tai jo ennestään olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden oleellista parantamista. [7, s. 182.] Tuotekehitysprosessille on olemassa erilaisia ohjailevia teoreettisia malleja, jotka tyypillisesti sisältävät systemaattisesti eri vaiheita ja toimintoja sisältäen tiettyjä menetelmiä tietyissä vaiheissa suunnitteluprosessia. Perusajatukseltaan tuotekehitys on prosessi, jossa on tietty vaihejärjestys ja tiettyjä toimintoja, joiden avulla ideointi, suunnittelu ja tuotteen käyttöönotto toteutuvat. [4, s.156–157.]

Perinteisesti tuotekehitysprosessia voidaan pitää ratkaisukeskeisenä. Suunnittelutarpeen ilmaantumisen jälkeen suunnittelija tekee jonkinasteisen perehtymisen suunnitteluongelmaan ja suuntaa sitten katseensa kohti suunnitteluratkaisujen luomista. (Kuva 1.) Suunnitteluratkaisuille on leimallista suunnittelijan oma kokemus ja niin sanottu näppituntuma. Tuotekehitys on luonteeltaan kokeilevaa yrityksen ja erehdyksen kautta toimimista. Perinteinen tuotekehitysprosessi on jaettu selkeisiin toimintavaiheisiin mutta ei ota kantaa siihen, miten siinä tulisi toimia. [2, s. 29–34.]



Kuva 1 Perinteinen tuotekehitysprosessi [3, s. 23]

Tässä projektissa on sovellettu perinteisen tuotekehityksen mallia. Tuotekehityksen työvaiheet ovat määräytyneet työ edetessä, joiden avulla konseptin ideointi ja suunnittelu on toteutettu. Tuotekehitysprojekti käydään läpi vaiheittain, joissa kartoitetaan nykyisen säiliön parannustarpeet ja pyritään etsimään ratkaisuja niihin.

3.2 Projektin käynnistäminen

Tarve aloittaa projekti alkaa yleensä tarpeen tunnistamisesta. Tarve voi ilmetä organisaation sisällä eri yksiköissä tai organisaation ulkopuolelta tulevalta taholta, kuten kilpailun kiristymisellä tai halua kehittää palveluita tai tuotteita. Tässä vaiheessa on jo usein havaittu, että muutos on tarpeellinen ja ehkä mietitty alustavasti prosesseja. [6, s. 42.]

Tarve hydraulikkasäiliöiden tuotekehitykselle on määräytynyt osana Sandvikin projektia, jossa nykyisiä tuotteita uudistetaan niiden tuotannon kannattavuuden parantamiseksi. Päätaavoitteeksi muodostui keinojen etsiminen säiliön valmistukseen kuuluvien kustannusten optimoimiseksi. Muita tavoitteita on tehdä säiliöstä valmistajaystävällisempi, korjata säiliön suunnitteluun liittyviä virheitä ja minimoida vuotoriski. Tavoitteet pyritään saavuttamaan säiliön rakenteen muutoksilla sen nykyisen muotoilun rajoissa.

Tavoitteiden asettaminen antoi näkökulmaa lähestyä tarkemmin optimoitavaa tuotetta. Aiheeseen perehtyminen tapahtui tutkimalla kuormaajaan asennettua hydraulikkasäiliötä, sen 3D-mallia ja osapiirustuksia. Kuormaajaan tutustumisesta sai hyvän käsityksen kuormaajan rakenteen asettamista rajoituksista ja piirustuksia, ja 3D-mallia tutkimalla syntyi ideoita, joiden avulla säiliön valmistamisesta voisi tehdä kannattavampaa.

3.3 Vaatimusten määrittely ja spesifiointi

Tuotekehitysprosessi aloitetaan spesifioinnilla. Spesifiointi on asiakkaan ja yrityksen vaatimusten ja toiveiden lista. Se määrittää tuotekehitysprojektin suunnan ja toimii dokumenttina, josta voidaan tarkastella asiakkaan tarvetta. Listaa kutsutaan vaatimuslistaksi. [12, s.37.] Vaatimuslista sisältää kolmenlaisia vaatimuksia: [12, s.37.]

- KV = kiinteä vaatimus, joka täytyy olla valmistettavassa tuotteessa
- VV = vähimmäisvaatimus, joka voidaan positiiviseen suuntaan ylittää
- T = toivomus, ominaisuus, joka toivotaan olevan tuotteessa.

Ennen tarkempaa vaatimusmäärittelyä syntyneet ideat käytiin läpi aivoriihityyppisesti palaverissa yhdessä Sandvikin yhteyshenkilön ja konetyypistä vastaavan suunnittelijan kanssa. Tässä vaiheessa ideana oli, että levyosia yhdistelemällä voidaan vähentää hitsauksen tarvetta ja samalla nimikkeiden määrä vähenisi. Samalla levyjen ainevahvuudet yhtenäistyvät ja levyosia pystytään valmistamaan enemmän yhdestä levystä. Vastaava

suunnittelija osasi osoittaa säiliöstä muutamia epäkohtia, joita voisi tällä tavoin parantella. Näitä olivat kansirakenteen ja lokasuojan rakenteen muutokset. Lisäksi toimeksiantaja kertoi omista toiveistaan optimoinnin suhteen. Keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi voisivat olla hitsauksen optimointi, levypaksuuksien optimointi, kiinnityspulttien määrän optimointi ja hitsauksen vaiheistus. Lisäksi säiliöön voisi mahdollisuuksien mukaan suunnitella erillisen kiinnityslevyn, johon hydraulikkakomponentit asennetaan.

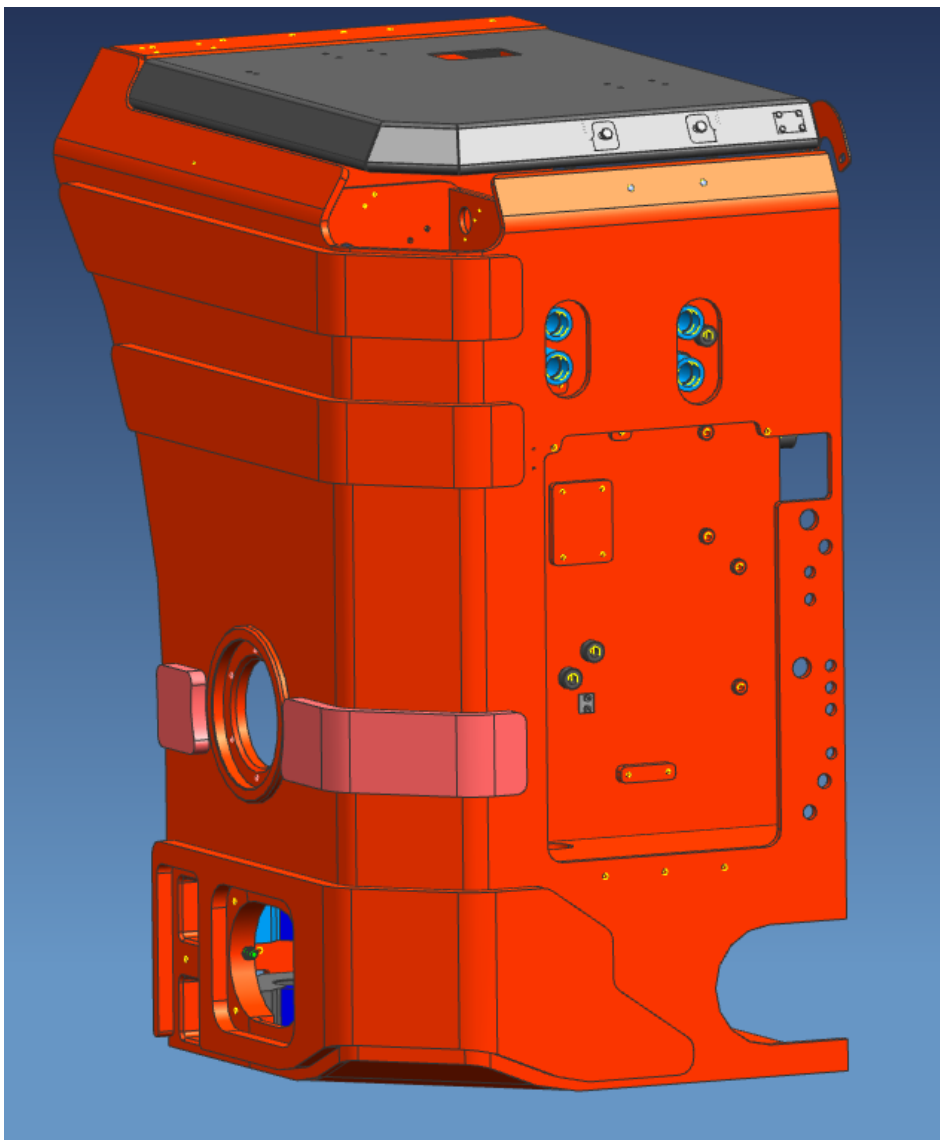
Vaatimusten määrittely tehtiin painottaen ympäristön, valmistuksen, materiaalien, komponenttien ja turvallisuusnäkökohtien asettamia vaatimuksia. Säiliön fyysisissä mitoituksissa on huomioitava kuormaajan geometria ja siihen asennettavien laitteiden mitoitus. Säiliön ulkomuodon muuttaminen vaikuttaisi myös säiliön tilavuuteen, joka ei saa muuttua merkittävästi. Kuormaajan käyttöympäristö asettaa vaatimuksensa ainevahvuudelle ja materiaalille. Kyseessä on maanalainen kuormaaja, joten ainevahvuuksien pienentäminen saattaisi vaikuttaa säiliön kestävyyyteen heikentävästi. Materiaali ja pintakäsittely tehdään Sandvikin työohjeen mukaisesti. Valmistuksen, kokoonpanon ja huoltamisen osalta tulisi huomioida soveltuvat valmistusmenetelmät ja rakenneratkaisut.

3.4 Konseptointi

Tuotekonsepti on aina suuntaa antava esitys tuotteen toimintatavasta, käytetyistä teknisistä ratkaisuista ja ulkomuodosta. Se voi olla luonnostelma ja lyhyt sanallinen kuvaus siitä, kuinka tuotekonsepti vastaa tarpeisiin. Konseptisuunnittelu on myöhempiin tuotekehityksen vaiheisiin verrattuna edullista, joten siihen kannattaa käyttää riittävästi aikaa. Konseptivaiheen huolellinen vaihtoehtojen kartoittaminen pienentää riskiä, että parempi ratkaisu tulisi esiin tuotekehityksen edetessä. [11, s. 118–119.]

Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja säiliön optimointiin haettiin toimeksiantajan esittämien keinojen rajoissa. Tässä vaiheessa keskityttiin pääasiassa kustannusten optimointiin, joka tapahtuu pääosin levypaksuuksien ja hitsauksen optimoinnilla. Ratkaisuja haettiin myös säiliössä havaittujen ongelmakohtien eli kansirakenteen ja lokasuojan rakenteiden parantamiseksi. Suunnittelussa huomioidaan myös ratkaisujen valmistuksellinen toteuttamiskelpoisuus, mutta lopulliset ratkaisut tähän tulevat vasta lopullisen konseptin yhteydessä. Suunnittelu aloitettiin paloitlemalla säiliön rakenne kahteen osaan, jotka ovat kansirakenne ja jarrunestesäiliö sekä hydraulikkasäiliö ja pohjarakenne. Jakamalla säiliö pienempiin kokonaisuuksiin on helpompi hahmottaa sen mahdolliset muutostarpeet

ja yhdistelemällä eri kokonaisuuksia pystytään havaitsemaan niiden toimintojen vaikutukset toisiinsa. Kuvasta 2 nähdään säiliölle suunniteltu muotoilu.

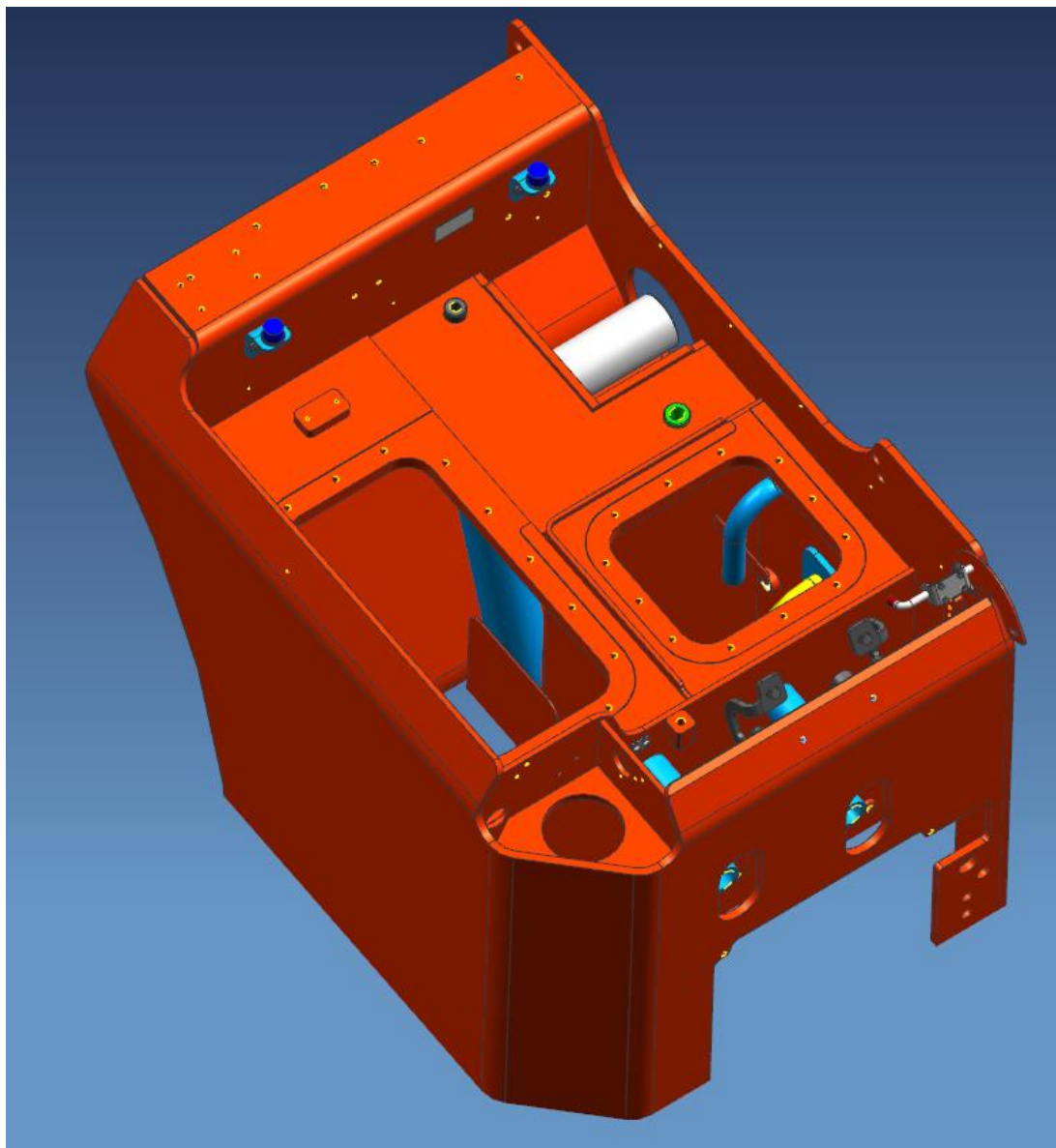


Kuva 2 Säiliön ulkomuoto (Siemens NX)

Pääpainona on löytää kokonaisuuksia yhdistelemällä mahdollisimman toimivia ratkaisuja. Konsepteista ei tehty lyijykynäpiirustuksia, vaan mahdolliset muutokset havainnollistettiin käyttämällä kuvia säiliön 3D-mallista.

Kansi ja jarrunestesäiliö:

Alkuperäinen kansirakenne (Kuva 3) koostuu viidestä eri levyosasta, jotka ovat tehty kahdesta eri ainevahvuudesta.



Kuva 3 Kansirakenne (Siemens NX)

Kansirakenteeseen pultataan kiinni jarru- ja hydraulikkasäiliöiden kannet, jonka vuoksi osa levyistä on paksumpia. Tavoitteena on vähentää kannen levyosien määrää tekemällä kansi yhdestä levyistä. Kansirakenteen valitut viisi levyosaa on mahdollista yhdistää yhtä osaa lukuun ottamatta. Tämä vähentää huomattavasti kanteen tarvittavan hit-

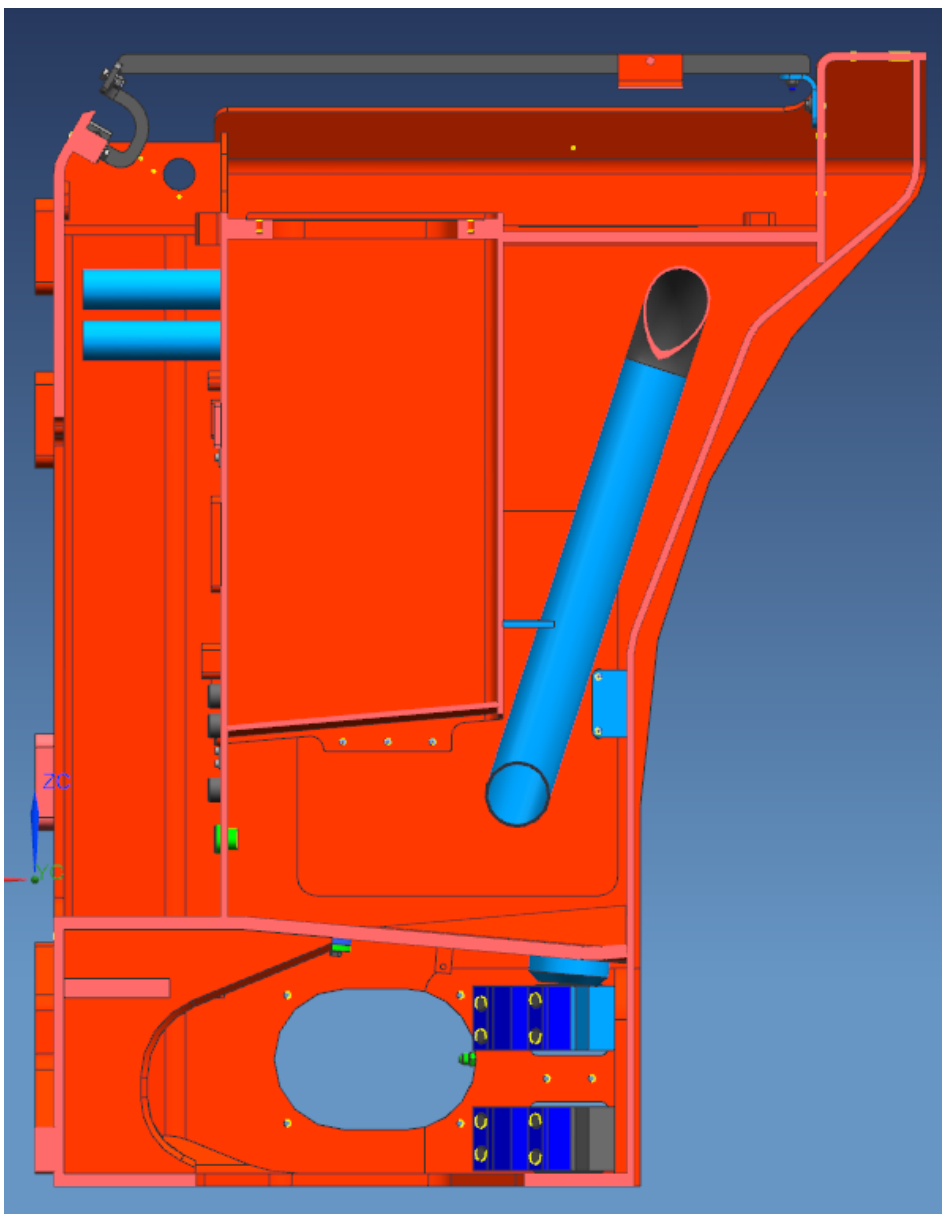
sauksen sekä komponenttien määrää. Kun levyosia yhdistellään suuremmiksi kokonaisuuksiksi, on ainevahvuudet mahdollista yhtenäistää. Koko kansirakenteen ainevahvuutta ei ole järkeä määritellä suunnitella pelkkien kannenpulttien kierteiden vaatimusten vuoksi, joten samalla suunnitellaan vaihtoehtoinen kansien kiinnitysratkaisu. Nykyinen kansien kiinnitysratkaisu on todettu ongelmaksi, sillä kannet asennetaan syvennyksiin. Kansirakenteen päälle jää helposti vettä ja likaa, joka saattaa valua säiliöiden kansien irrotuksen yhteydessä säiliöön. Kansirakenteeseen suunnitellaan erilliset kaulukset, joihin säiliöiden kannet voidaan pultata kiinni. Kaulukset voidaan asentaa hitsaamalla tai liimaamalla ja tämä korjaa myös ongelman liittyen veden valumiseen säiliöön. Nykyinen jarrunestesäiliö sijaitsee hydraulikkasäiliön sisällä. Se koostuu kahdesta levyosasta ja on ainevahvuudeltaan kannen rakenteita heikompi. Näihin osiin määritelty kokonaisuus koostuu siis seitsemästä eri levyosasta ja kolmesta eri ainevahvuudesta. Jarrunestesäiliön vaihtoehtoisiksi designeiksi mietitään kokonaan erillistä ”irrotettavaa” tai yhdestä levystä kantattuja ratkaisuja. Tämä määrittää myös kannen rakenteen ja rajaa konseptien määrän kahteen.

”Kiinteä säiliö” konseptissa jarrunestesäiliö kantataan yhdestä levystä ja hitsataan hydraulikkasäiliön sisälle. Tämän päälle asennetaan yhtenäinen kansirakenne, joka hitsataan kiinni. Suuri osa alkuperäisessä rakenteessa vaadittavista hitsaussaumoista korvataan yhdistelemällä levyosia suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja korvaamalla osa saumoista kanttauksilla. Tässä konseptissa levyosien määrä tippuu kolmeen ja koko rakenne pystytään valmistamaan saman vahvuisesta levystä.

”Erillinen säiliö” konseptissa jarrunestesäiliöstä tehdään erillinen laatikko, joka voidaan jälkiasentaa tai poistaa tarvittaessa. Tämä tarkoittaa kansirakenteen jakautumista, niin että osa siitä on kiinteänä osana irrotettavaa jarrunestesäiliötä. Tämä helpottaa säiliöiden huoltamista ja vuotojen testaamista, mutta edelliseen konseptiin verrattuna levyosia yksi on enemmän. Erillisen jarrunestesäiliön ainevahvuutta ei kannata kokonaisuudessaan määritellä samaksi, sillä seinämävahvuudet muuttuisivat paikoitellen päällekkäisten levyjen vuoksi turhan suuriksi. Konsepti suunnitellaan siis käyttäen neljää eri levyosaa, jotka valmistetaan kahdesta eri ainevahvuudesta.

Hydrauliikkasäiliö ja pohjarakenne:

Alkuperäinen säiliö koostuu kuudesta levyosasta, jotka ovat tehty neljästä eri ainevahvuudesta. Levyosat rajoittuvat lokasuojaan, säiliön pohjaan, hydrauliikkakomponenttien asennuslevyyn ja lokasuojan yläosaan asennettavasta levyosasta. Levyosat nähdään hydrauliikka säiliön leikkauskuvasta. (Kuva 4)



Kuva 4 Säiliöiden rakenteet (Siemens NX)

Tähän työhön on otettu mukaan lisäksi kaksi säiliön ulkomuotoa rajoittavaa levyosaa. Näihin levyihin ei voida tehdä ulkomuodollisia muutoksia, sillä ne määrittävät säiliön muotoilun. Yksi tavoitteista on suunnitella asennuslevy niin että, komponentit voitaisiin asentaa levyyn ennen sen asentamista paikoilleen. Tämä ei ole kuitenkaan mahdollista nykyisen säiliön muotoilun rajoissa, sillä säiliön yläkulmat ovat kantattuja ja asennuslevyn pudottaminen paikoilleen ei jälkikäteen onnistu. Tämä on toteutettu vanhassa säiliötyypissä, jossa ei ole kanttauksia estämässä levyn pudottamista. Nykyinen säiliön pohjalevy on suunniteltu kaukalon malliseksi sen tyhjentämisen helpottamiseksi. Vastaavan suunnittelijan mukaan tämän ominaisuuden hyöty ei ole merkittävä, joten levy pyritään muuttamaan tasaiseksi. Säiliön takaseinämän rajaa lokasuoja. Tässä säiliötyypissä lokasuoja on muotoiltu, niin että sen yläosassa olevaan palkkiin voi vuotaa hydrauliiikkaöljyä mahdollisen hitsausseaman vuotokohdan seurauksena. Tämä on ratkaistu toisessa säiliötyypissä muuttamalla lokasuojan ja palkin levyjen rakenteita. Tätä rakennetta käytetään hyödyksi myös tässä säiliötyypissä. Säiliön pohjalevyn alla on vahvikkeita, joiden paikat määritellään konseptien kannalta järkevästi.

“Muuttumattomat ulkolevyt” konseptissa lokasuoja, pohjalevy ja asennuslevy kantataan yhdestä levystä. Samalla lokasuojan rakennetta muutetaan vastaamaan toisessa säiliötyypissä käytettyä ratkaisua ja näin saadaan poistettua vuotoriski palkin sisälle. Lokasuoja rajoittuu hydrauliikkasäiliön pohjalevyyn, jonka vuoksi joudutaan suunnittelemaan pohjarakenteeseen uusi levyosa. Säiliön pohjalevystä tehdään tasainen ja kalteva öljyn poistamisen helpottamiseksi. Pohjalevy rajoittuu asennuslevyn reunaan, jonka seurauksena pohjarakenteessa olevia vahvikkeita muutetaan ja siirretään ylöspäin tukemaan säiliön rakennetta. Levyosien ainevahvuudet määritellään samaksi vastaamaan suunnitellun kansirakenteen ainevahvuutta. Suuri osa säiliön hitsausseamoista korvataan kanttauksilla, joka pienentää vuotoriskiä. Vastaavasti ison levyn kanttaaminen saattaa olla haastavaa, sillä osien koon kasvaessa niiden käsiteltävyys heikkenee. Tässä konseptissa tarvittavien levyosien määrä vähenee yhdellä.

Konseptissa “valmiiksi hitsattu säiliö” on käytännössä sama periaate kuin edellisessä konseptissa eli lokasuoja, pohjalevy ja asennuslevy kantataan yhdestä levystä. Lisäksi kokonaisuuteen lisätään säiliön sivut kattavat levyt, jotka hitsataan särmättävään kokonaisuuteen kiinni. Nämä rakenteet ja kansirakenne yhdistettynä tulee valmis irrallinen säiliö, joka voitaisiin jälkiasentaa valmiin jalustan päälle. Tämän jälkeen asennuslevyyn voisi asentaa hydrauliikkakomponentit ja viimeisenä asennettaisiin säiliön ulkomuodon määrittelevät osat. Tämä konsepti voisi mahdollistaa myös jälkikäteen asennettavan

asennuslevyn. Ongelmana tässä olisi vain se, ettei asennuslevyä voitaisi enää poistaa nykyisen muotoilun säiliölle asettamissa rajoissa. Tässä konseptissa joudutaan pilkkomaan levyosia niin, että niiden määrä ja hitsauksen määrä eivät ainakaan vähene. Etuina konseptissa olisi pienempien kokonaisuuksien käsiteltävyys ja mahdollisuus säiliön irrottamiseen kuormaajasta. Säiliötä olisi siis helpompi huoltaa ja paineistamisen voisi tehdä irrallaan isosta kokonaisuudesta. Paineistaminen tehdään säiliön kokoonpanon jälkeen mahdollisten vuotokohtien löytämiseksi.

3.5 Konseptien vertailu

Tässä vaiheessa osatoimintojen eri ratkaisuja vertaillaan ja arvioidaan, minkä jälkeen parhaiksi havaitut ratkaisut kootaan kokonaiskonseptiksi, jota lähdetään kehittelemään eteenpäin yksityiskohtaisemmalla suunnittelulla. Konseptit käytiin läpi palaverissa yhdessä vastaavan suunnittelijan ja toimeksiantajan kanssa. Tämän jälkeen konseptien arvioimiseksi tehtiin systemaattinen vertailu, johon valittiin keskeisiä säiliön valmistukseen liittyviä vaatimuksia. Tässä vaiheessa lasketut arvot ovat vasta arvioita. Tarkat arvot eri työvaiheille lasketaan vasta lopullisen konseptin määrittelyssä.

Painoarvotaulukossa ratkaistaan, mikä kokonaistoiminto valitaan toteutettavaksi. Taulukkoon valitaan tuotteen kannalta tärkeitä kriteerejä. Jokainen kokonaistoiminto arvosellaan kriteerikohtaisesti pisteillä. Koska asetetut vaatimukset ja tavoitteet eroavat toisistaan kokonaistoimintojen erilaisuuden takia, painotetaan pisteytys kertoimilla. Kertoimien summa on yleensä yksi kriteerien välillä. Kun painoarvotaulukko on täytetty, suurin pistemäärä valitaan tuotekehitysprojektin yksityiskohtaiseen suunnitteluun. [5, s. 78.]

Esimerkki painoarvotaulukosta on kuvassa 5.

Arvostelukriteerio	Painoarvo	Ratkaisu 1			Ratkaisu 2			Ratkaisu 3		
		Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet	Ominaisuus	Pisteet	Painotetut pisteet
Ylikuormitettavuus	0,15	1,5	3	0,45	1,2	2	0,30	2,0	4	0,60
Hyötysuhde	0,05	0,80	2	0,10	0,90	3	0,15	0,95	4	0,20
Paino (kg / kW)	0,15	1,7	3	0,45	2,7	2	0,30	1,5	4	0,60
Osien lukumäärä	0,05	suuri	1	0,05	pieni	3	0,15	keskinkert.	2	0,10
Ergonomia	0,05	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15
Turvallisuus	0,05	hyvä	3	0,15	hyvä	3	0,15	eritt. hyvä	4	0,20
Valmistus	0,05	helppo	3	0,15	helppo	3	0,15	vaikaa	1	0,05
Asennus	0,10	vaikaa	1	0,10	helppo	3	0,30	vaikaa	1	0,10
Elinikä (vuosia)	0,05	7	1	0,05	15	3	0,15	20	4	0,20
Huollon määrä	0,10	kohtalainen	2	0,20	pieni	3	0,30	pieni	3	0,30
Valmistushinta	0,10	20.000	3	0,30	15.000	4	0,40	25.000	1	0,10
Kehityskustannukset	0,05	pienet	3	0,15	pienet	3	0,15	kohtalaiset	2	0,10
Toimitusaikariski	0,05	ei	4	0,20	ei	4	0,20	on	2	0,10
Yhteensä	1,0		32	2,50		39	2,85		35	2,80

Kuva 5 Painoarvotaulukko kolmella ratkaisuvaihtoehdolla [5, s. 79]

Säiliön suunnittelun kannalta tärkeimpien vaatimusten katsottiin olevan levyosien ja hitsausauman määrän vähentäminen. Nämä vaatimukset vaikuttavat suoraan vuotoriskin ja työn määrään pienemiseen, ja tätä kautta kustannusten laskuun. Tämän perusteella kansirakenne 2 tyrmättiin lähes välittömästi. Tämä konsepti oli suunniteltu sillä perusteella, että irrotettava jarrunestesäiliö olisi helpompi huoltaa, mutta tämä johtaa hitsauksen määrän kasvuun. Lisäksi ongelmia tuottavat päällekkäiset levyosat. Kansirakenne 1 valittiin siis jatkokehitykseen, sillä siinä korostuvat paremmin projektin kannalta tärkeät vaatimukset eli levyosien määrä vähenee puolella ja osat on mahdollista tehdä saman vahvuudesta levystä. Tämän seurauksena hitsauksen määrä vähenee merkittävästi.

Vertaillen säiliöratkaisuja keskenään säiliö 1 on valmistuksellisesti huomattavasti kannattavampi. Ratkaisua säiliö 2 pidettiin kuitenkin mielenkiintoisena ratkaisuna, jota mahdollisesti olisi haluttu kehittää eteenpäin. Irrotettavaa säiliötä hyödynnetään uusimissa koneissa, mutta sen lopulta katsottiin poikkeavan projektin tavoitteista niin että, kehitettäväksi valikoitui säiliö 1.

3.6 Konseptin kehittäminen

Pisteytyksen avulla jatkokehitykseen valikoituivat ”kiinteä jarrunestesäiliö” ja ”muuttumattomat ulkolevyt”. Myös toimeksiantaja puolsi näiden osakonseptien valintaa seuraavaan vaiheeseen. Osakonseptit yhdistellään keskenään ja niistä luodaan 3D-malli. Ratkaisut esitellään Sandvikin alihankkijalle, joka valmistaa säiliöitä ja palautteen avulla luodaan lopullinen konsepti. Rakenteiden kehittäminen tapahtui käytännössä jo edellisessä vaiheessa, joten tässä tutkitaan enemmän säiliön valmistuksellista puolta ja alihankkijalta saatuja parannusehdotuksia.

Kansirakenne pystytään valmistamaan käytännössä yhdestä ainevahvuudesta jarrunestesäiliön kanssa, kuten oli suunniteltu. Tässä vaiheessa tulee miettiä, että onko taloudellisesti kannattavampaa tehdä koko rakenne käyttäen samaa ainevahvuutta vai käytetäänkö kannessa hieman vahvempaa rakennetta muihin osiin nähden. Tämä selvitetään tarkemmin kustannuslaskemien yhteydessä. Kansin tulee olemaan joka tapauksessa puolet alkuperäisestä materiaalihahvuudesta, joten säiliöiden kansille on suunniteltava kaulukset ja niille kiinnitystapa. Edellisessä palaverissa toimeksiantaja osoitti suurta mielenkiintoa kaulusten liimausta kohtaan. Toimeksiantajan mukaan säiliön kansiin ei kohdistu erityisen suurta painetta, joten liimaamisen pitäisi olla toimiva vaihtoehto. Esimerk-

kinä tässä käytetään Sandvikin työohjeen mukaan Aralditen Extra Strong –kaksikomponentti-epoksiliimaa. Liiman vetolujuus kylmävalssatun teräksen pinnalla 16 h kuivumisen jälkeen on noin 17 N/mm^2 [1]. Kauluksien lasketut liimattavat pinta-alat ovat noin $54\,200 \text{ mm}^2$ ja $79\,745 \text{ mm}^2$. Tämän perusteella kauluksien liimaukset kestäisivät $921,4 \text{ kN}$ ja 1355 kN pinnan suuntaiset voimat. Kyseinen liima näyttäisi soveltuvan käyttötarkoitukseen hyvin. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa, siihen onko liimaus hitsausta kannattavampaa, sillä liimaukselle on hankala määrittää hintaa ennen prototyypin tekemistä. Liimaus vaatii eri työvaiheita kuten rasvanpoiston ja pinnan hiomisen. Lisäksi liima saavuttaa tarvittavan maksimivahvuuden vasta 16 tunnin jälkeen ja on epäselvää, onko niin pitkälle kuivumisajalle tilaa tuotantoprosessissa. Liiman soveltuvuus käyttötarkoitukseen tulee selvittää valmistajalta ja se tehdään, mikäli tämä konsepti päätetään valita jatkokehitykseen.

Edellisessä vaiheessa suunniteltu säiliön lokasuojan rakenne on tehty tämän työn aikana kyseiseen säiliötyyppiin revisiomuutoksena. Toisin sanoen lokasuojan yläosaan jäävän palkin rakennetta oli muutettu niin, että se vastasi toisen säiliötyypin rakennetta, josta olisi joka tapauksessa otettu mallia optimoinnin yhteydessä. Tämän lisäksi toimeksiantajan ehdotuksesta lokasuojaan suunnitellaan reikä, josta kannen päälle kertynyt vesi pääsee valumaan pois. Reikä tulee lokasuojaan kansirakenteessa olevan kantatun levyn kohdalle, jonne vesi tulee luultavasti valumaan. Tällainen oli kuitenkin jo suunniteltu tähän säiliötyyppiin, mutta mikäli konseptia sovelletaan muihin säiliötyyppisiin, täytyy tarkastaa onko tämä ominaisuus kaikissa säiliötyypeissä. Säiliön rakenne voidaan suunnitella alkuperäistä suunnitelmaa ohuemmasta ainevahvuudesta käyttäen samaa ainevahvuutta, kun esimerkiksi lokasuojassa on alun perin käytetty. Tämä mahdollistaa kaikkien konseptissa muutettujen levyosien valmistamisen yhdestä ainevahvuudesta, lukuun ottamatta kantta ja kauluksia. Ohuemman materiaalivahvuuden ei pitäisi olla säiliön kestävyyskannalta ongelmallista, sillä säiliötä ympäröi paksu ulkomuodon määrittelevä levyosa (Kuva 2), joka tuo tarvittavan lujuuden säiliöön. Tarvittavat lujuuslaskelmat tehdään siinä vaiheessa, jos konseptin kehitystä päätetään jatkaa tämän opinnäytetyön jälkeen.

Kokonaiskonsepti esiteltiin Sandvikin alihankkijalle Ulvilan Konepajalle, jossa kyseistä 21 tonnin kuormaajan hydraulikkasäiliötä hitsataan. Ulvilan konepajan edustaja puolsi muutoksia ja kertoi niiden olevan mahdollisia yhtä lukuun ottamatta. Hydraulikkasäiliöön suunniteltu rakenne, jossa lokasuoja, pohjalevy ja asennuslevy olisivat tehty samasta

levystä, on liian monimutkainen toteuttaa. Kokonaisuus olisi noin 4-5 metriä pitkä levyosa, jossa olisi 6 kanttausta. Tämän lausunnon perusteella rakenne on jaettu kahtia niin, että asennuslevy on muihin osiin nähden erillinen hitsattava kokonaisuus. Lisäksi tässä vaiheessa mietittiin mahdollisuutta yhdistää lokasuojan yläosassa oleva levyosa kokonaisuuteen kanttaamalla, mutta kotelomainen kantattava rakenne ei näin isoon levyosaan ole mahdollista tai kannattavaa toteuttaa. Jossain tapauksissa rakenteet muuttuvat niin hankaliksi toteuttaa, että hitsaaminen on särmäystä kannattavampaa.

Lopullinen 3D-malli luodaan näitä vaatimuksia seuraten. Mallista tehdään valmistuspiirustukset, joiden avulla pystytään laskemaan konseptin kustannusten muutokset alkuperäiseen säiliöön nähden.

4 KUSTANNUKSET

Säiliön kustannuksia lähdettiin selvittämään ensin työvaiheittain. Työvaiheita säiliön valmistuksessa ovat polttoleikkaus, levytyöt ja hitsaus. Lisäksi säiliön kustannuksiin vaikuttavat materiaalikustannukset.

Uudessa säiliössä on optimoidut ainevahvuudet, joten levyosien polttoleikkaaminen voidaan tehdä käyttäen enemmän saman vahvuisia levyjä. Levyjen vaihdon tarpeen vähentyessä, vähentyy työaika, mutta tämän hyötyä on haasteellista arvioida etukäteen. Tämänhetkisellä tietämyksellä ei voida määrittää miten levyosat sijoitellaan leikattavaan levyyn ja millainen vaikutus uusilla optimoiduilla levyosilla on leikkausvaiheen työaikaan.

Levytöistä on otettu huomioon särmäys. Särmäykseen, kuten muihinkin työvaiheisiin kuuluu välillisiä töitä, kuten nostimen käyttö ja terien vaihto. Samankaltaistamalla työvaiheita, saadaan työaika vähennettyä eli samaan levyyn tehdään mahdollisuuksien mukaan vain saman säteisiä kantteja. Myös kanttausten määrä vaikuttaa suoraan työaikaan, mutta särmäys on silti yleensä huomattavasti edullisempaa kuin hitsaus. Tämän takia työssä on pyritty korvaamaan turhia hitsausseamoja kanttauksilla. Tämän avulla työssä on saavutettu kustannussäästöjä, unohtamatta vuotoriskin pienenemistä.

Materiaalikustannusten ohella eniten säiliön hintaan vaikuttaa hitsauksen määrä. Hitsausta on pyritty vähentämään mahdollisuuksien mukaan ja se on tuonut säästöjä työajassa ja säiliön painossa. Tässä on otettu huomioon hitsausseaman tilavuus, joka on laskettu hitsausseaman pituudesta ja sauman tyypistä. Tästä on saatu määritettyä hitsausseaman massa, josta on laskettu likimääräisesti hitsaukseen menevä aika, josta on saatu hinta hitsaukselle. Tässä ei ole otettu huomioon esimerkiksi lisäaineeseen tai kaa-suun kuluvia kustannuksia. Myös hitsaukseen kuuluu välillisiä työvaiheita, joihin kuluu arviolta enemmän aikaa vanhassa kuin uudessa säiliötyypissä. Uudessa säiliössä on vähemmän ja kevyempiä levyosia, joten esimerkiksi nosturin käytön ja eri jigien tarve vähenee. Tämän mukaan työajoille on asetettu kertoimet, joiden avulla saadaan realistisemmat käsitykset säiliötyyppeihin liittyvistä työkustannuksista.

Viimeisenä työssä on laskettu ero materiaalikustannuksien välillä. Tämän on tehty käyttäen Siemens NX -ohjelmasta löytyvää massalaskuria. Säiliöiden levyosat on tehty samasta materiaalista, joten massaan vaikuttaa vain muutokset levyosien välillä.

Kustannuslaskelmien laskeminen säiliötyyppien välillä lähti käyntiin lähtöarvojen määrittämisestä. Tarkoituksena oli saavuttaa säästöjä optimoimalla ainevahvuuksia, hitsausta

ja särmäystä. Eroavaisuudet massassa, hitsaussauman ja kanttausten määrässä pystyttiin selvittämään piirustusten avulla, mutta näistä saavutettavat kustannukset vaativat asiantuntijan apua. Sandvikin päästä löytyi henkilö, joka on ollut mukana hankinnassa ja määritimme palaverissa laskentaan liittyviä kaavoja ja lähtöarvoja.

Teräsosissa säästyvä hinta pystytään määrittämään laskemalla erotus säiliöiden levyosien massojen välillä ja kertomalla tämä teräksen kilohinnalla.

$$\text{Säiliön teräsosien hinta} = \text{teräksen kilohinta} \times \text{teräksen massa}$$

$$\text{Säästö säiliöiden teräsosien välillä} = \text{hint}_{\text{vanha}} - \text{hint}_{\text{uusi}}$$

Hitsauksen hinnan määrittämistä varten tarvitaan hitsaussauman massa. Massa saadaan laskettua katsomalla piirustuksista hitsaussauman pituus, hitsin tyyppi ja A-mitta. Näistä saadaan laskettua hitsin tilavuus ja massa saadaan kertomalla tilavuus raudan tiheydellä. Saumojen massat laskettiin erikseen aikaisemmin määritetyistä kokonaisuuksista ja lopuksi massat laskettiin yhteen.

$$\text{Sauman tilavuus} = \text{hitsin ala} \times \text{hitsin pituus}$$

$$\text{Sauman massa} = \text{sauman tilavuus} \times \text{raudan tiheys}$$

Sauman massasta saadaan laskettua hitsausaika. Palaverissa arvioitiin, että hitsausaamaa pystytään tuottamaan maksimissaan 1 kg/h ja jos hitsaus sisältää paljon välillisiä töitä pystytään saamaa tuottamaan 0,5 kg/h. Uudessa säiliötyypissä on vanhaan vähemmän välillisiä töitä levyosien vähentyessä, keventyessä ja ainevahvuuden pääosin pienentyessä. Hitsausaika riippuen onko kyseessä vanha vai uusi säiliötyyppi on painotettu edellä mainittujen arvojen puitteissa.

$$\text{Hitsausaika} = \frac{\text{sauman massa}}{\text{sauman tuotto tunnissa}}$$

Tästä pystytään määrittämään hinta hitsaukselle. Tähän kuitenkin tarvitaan työn tuntihinta, joka on määritetty lähtöarvojen määrittämisen yhteydessä.

$$\text{Hitsauksen hinta} = \text{hitsausaika} \times \text{hitsauksen tuntihinta}$$

Tämän jälkeen määritetään hinta kanttaukselle. Tähän vaiheeseen tarvitaan kanttausten määrä, kanttaus aika ja työn hinta. Yhden kanttauksen tekemiseen menee arviolta 5 minuuttia, ja työn tuntihinta on sama kuin hitsauksessa. Säiliötyyppien välillä on kuitenkin täysin sama määrä kanttauksia ja vaikka vanhan säiliötyypin kanttauksissa menisi hieman kauemmin, ei tällä saavuteta niin merkittäviä säästöjä, että ne kannattaisi ottaa huomioon.

Valmiin tuotteen hinta saatiin Sandvikin hankinnassa työskentelevältä henkilöltä, jota tarvitaan arvioitaessa uuden säiliötyypin hintaa. Tämä saadaan vähentämällä vanhan säiliötyypin hinnasta muutos materiaali- ja työkustannuksista.

$$\text{Uuden säiliön hinta} = \text{vanhan säiliön hinta} - (\text{materiaalikustannusten muutos} + \text{työkustannusten muutos})$$

Seuraavaksi pystytään määrittämään molemmista säiliötyypeistä työn arvo, eli työn hinta koko säiliön hinnasta. Se saadaan vähentämällä säiliön hinnasta materiaalikustannukset.

$$\text{Työn arvo} = \text{säiliön kokonaishinta} - \text{säiliön materiaalin hinta}$$

Tästä saadaan työaika jakamalla työn arvo arvioidulla työn hinnalla.

$$\text{Työaika} = \frac{\text{työn arvo}}{\text{työn hinta}}$$

Lopuksi saadaan selville tuottavuus eli kuinka paljon säiliön kokonaismassaan verrattuna saadaan ns. valmista säiliötä tehtyä tunnissa. Tämä saadaan jakamalla säiliön massa työajalla.

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{säiliön massa}}{\text{työaika}}$$

Todellinen kannattavuus saadaan punnitsemalla tuottavuuden muutosta. Tässä on kuitenkin ongelmana, se että työn arvo saattaa antaa hieman vääristyneen kuvan kyseisellä laskumenetelmällä. Saadut tulokset ovat siis suuntaa antavia ja oikeat säästöt saadaan laskettua vasta protovaiheessa. Työssä tehdyt laskelmat on tehty alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen, vain yhdestä ainevahvuudesta. Jos ainevahvuutta olisi kasvatettu, olisivat säästöt konseptissa jääneet lähes nolllille alkuperäiseen nähden.

5 SUUNNITTELUOHJE

Suunnitteluohjeen on tarkoituksena toimia apuna ja taustatukena hydraulikkasäiliön suunnittelussa. Ohje toimii myös uusien työntekijöiden perehdytysmateriaalina. Samanaikaisesti kun suunnitteluohje avustaa uusia suunnittelijoita suunnittelun alkutaipaleella, sen tulisi myös tarjota vanhemmille suunnittelijoille ajan tasalla olevaa säiliön suunnitteluun liittyvää ajankohtaista tietoa. Yksittäisen kokonaisuuden suunnitteluohje on asiakasyrityksessä uusi käytäntö, joten sen laatiminen ja ylläpitäminen vaativat tuotekehitykseltä oman panostuksensa. Muutosten tulee noudattaa suunnitteluohjeeseen laadittuja sääntöjä, mutta toisaalta näin alkuvaiheessa olevan ohjeen tulee myös päivittyä aina uusien asioiden noustessa esiin.

Tuotekehityksellä on suora vaikutus tuotteen ajankohtaiseen layouttiin ja suunnitellessa saattaa nousta esiin asioita, jotka tulisi päivittää ohjeeseen. Tämä suunnitteluohje on päätetty laatia osana projektia vastaamaan tämänhetkistä hydraulista säiliötä, huomioiden tuotekehitysprojektin aikana havaittuja huomioita säiliön suunnitteluun liittyen. Tämä ohje toimii siis lähinnä esimerkkinä mitä asioita voitaisiin ottaa huomioon lopullista työohjetta laadittaessa. Ohje on laadittu uuden työntekijän näkökulmasta, joten sen hyötyinä saattaa olla kokonaan uusi näkökulma säiliön suunnittelua ajatellen, mutta haittana on vähäinen kokemus suunnittelusta. Tässä projektissa on käsitelty lähinnä levyosiin koskevia muutoksia, joten levyosien optimointi on tarkastelun alla tätä suunnitteluohjetta laadittaessa.

5.1 Mallintaminen

Suunnittelu tapahtuu pääosin käyttämällä Siemens NX -ohjelmistoa. Suunnittelu saattaa koskea kokonaan uutta kappaletta tai kokoonpanoa tai olla muutosten suunnittelua vanhaan kokoonpanoon. Kappale voidaan mallintaa suoraan pääkokoonpanoon, josta pystytään havaitsemaan kokoonpanossa olevat kiinteät muuttumattomat pisteet. Näitä ovat esimerkiksi koneen mekaaniset osat kuten voimansiirto, joiden ympärille alikokoonpanot rakennetaan. Kun nämä ovat tiedossa, pystytään esimerkiksi kokoonpanoon mallinnettavaan levyosaan suunnittelemaan tarvittavat piirteet, jotta rakenne toimii suunnitellulla tavalla. Suunnitellessa käytetään poikkeuksetta suunniteltua pääkokoonpanon layoutia havainnollistamaan suunniteltavan tuotteen muotoilua ja mekaanisten osien paikoitusta.

Mallintaminen tapahtuu siis pääkoonpanon ja osakoonpanojen asettamissa rajoissa, joiden asettamia vaatimuksia on jouduttu miettimään tässäkin työssä.

5.2 Säiliön paikoitus ja muotoilu

Tässä tapauksessa säiliö asennettaisiin valmiiksi suunniteltuun kuormaajaan, joten se asettaa omat vaatimuksensa suunnittelulle. Säiliö rajautuu kuormaajaan vasempaan takalokasuojaan, runkoon ja koneen takaosaan. Sille on siis suunniteltu valmiiksi paikka, joka asettaa rajoituksia ulkomuodon muuttamisen suhteen. Säiliön ulkomuodon tulee noudattaa kuormaajalle suunniteltua ulkomuotoa, joten sen tulee tässä tapauksessa olla rakenteellisesti ja muotoilullisesti samanlainen vanhan säiliöratkaisun kanssa. Hydraulinen säiliö koostuu suurimmaksi osaksi levyosista, jotka ovat hitsattu yhteen toisiinsa. Muutosten on tapahduttava muuttamalla levyosien rakennetta, niin ettei säiliön ulkomuoto tai komponenttien paikoitukset muutu.

5.3 Levyosien suunnittelu

Niin kuin edellä on mainittu, hydraulinen säiliö koostuu lähes yksinomaan yhteen hitsatuista levyosista. Levyosien huolellinen suunnittelu saattaa siis säästää paljon työtä ja pienentää säiliön valmistukseen liittyviä kuluja. Ennen levyosien suunnittelua on hyvä tarkkailla säiliön rakennetta. Rakenteesta pystytään havaitsemaan mikä on kunkin kokonaisuuden ja levyosan toiminto. Toimintojen perusteella säiliö voidaan jakaa pienempiin kokonaisuuksiin, joita on helpompi lähteä käsittelemään. Tällaisen kokonaisuuden, kuten vaikka kansirakenteen tai jarrunestesäiliön suunnittelua voidaan miettiä siltä kannalta, miten halutut toiminnot saadaan toteutettua tekemällä rakenteesta mahdollisimman yksinkertainen. Sen sijaan, että suunnittelisi useita yhteen liitettäviä levyosia, voidaan säästää yhdistelemällä nämä isommiksi yhdestä levystä tehtäviksi kokonaisuuksiksi. Tämän etuna on hitsauksen määrän ja nimikkeiden määrän väheneminen. Hitsaus on kallista, joten suunnittelemalla levyosien rakenne huolellisesti ja miettimällä vaihtoehtoisia tapoja hitsaukselle voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Säiliön levyosat kannattaa siis suunnitella, niin että levyjä tarvitsisi liittää mahdollisimman vähän yhteen. Suuretkin kokonaisuudet voidaan kantata samasta levystä, tässä tulee kuitenkin pohtia mihin asti tämä on kannattavaa. Suuret kokonaisuudet tuovat esiin muita ongelmia, kuten valmis-

tettavuuden ja kokoonpantavuuden, jotka tulee myös ottaa huomioon levyosia suunniteltaessa. Levyosat kannattaa myös suunnitella niin että, mahdollisimman monet levyosista on tehty käyttäen samaa materiaalia ja ainevahvuutta. Tämä helpottaa levyjen liittämistä yhteen ja polttoleikatessa levyosia voidaan saavuttaa säästöjä, jos mahdollisimman monta osaa saadaan leikattua samasta levystä. Tietenkin eri osilla on erilaisia käyttötarkoituksia, jotka asettavat vaatimuksensa ainevahvuudelle, jota tulee myös pohdita ainevahvuuksia määrittäessä.

5.4 Säiliön suunnittelu

Edellisessä kappaleessa mainittiin, että levyosien suunnittelussa on ajateltava kokoonpantavuutta. Tämä tarkoittaa sitä että, suunnitellut levyosat pitää olla mahdollista liittää hitsausaumalla yhteen molemminpuolisesti kestävyuden takaamiseksi ja vuotoriskin minimoimiseksi. Suunniteltaessa säiliötä täytyy siis myös ottaa huomioon hitsauksen vaiheistus ja mietittävä missä järjestyksessä levyosat on mahdollista liittää yhteen. Tätä helpottaa, jos levyosat on suunniteltu huolellisesti ja suunnitellut pienemmät kokonaisuudet on tehty miettien koko säiliötä kokonaisuutena. Jos suunnittelijalle on epäselvää, mitkä piirteet on mahdollista toteuttaa, niin kannattaa kysyä valmistavan työntekijän mielipidettä asiasta. Usein työntekijä tietää mitkä saumat on mahdollista hitsata ja mitkä kantit on mahdollista tehdä ja tätä kannattaa hyödyntää suunnittelussa. Lisäksi rakenne on suunniteltava, niin että säiliö on mahdollista huoltaa. Optimoitava säiliö on suunniteltu käyttäen vanhan säiliötyypin rakennetta, jossa ongelmana on, ettei säiliö ole irrotettava ja korjaushitsaus on tässä tyypissä hankalaa. Uusissa säiliötyypeissä tämä on ratkaistu tekemällä säiliöstä irrotettava. Uuden mallinen säiliö on luultavasti hieman kalliimpi valmistaa, mutta se on huomattavasti käyttäjäystävällisempi ja pitkäikäisempi ratkaisu. Lisäksi säiliön suunnittelua rajoittaa muotoilu, tila, hydraulikkakomponentit ja muu varustelu. Säiliöllä on valmis paikka rungossa, ja se muotojen on noudatettava kuormaajan ulkomuotoa. Sen on mahduttava sille määrättyyn tilaan ja siihen on pystyttävä asentamaan tarvittavat komponentit. Säiliötä suunniteltaessa on otettava huomioon useita tekijöitä ja lopputulos on näiden tekijöiden suunnittelijan näkemyksen mukainen kompromissi.

6 YHTEENVETO

Tässä työssä kehiteltiin vaihtoehtoinen tuotekonsepti nykyiselle 21 tonnin kuormaajatyypin hydraulikkasäiliölle. Tuotekonseptin oli tarkoituksena olla optimoitu versio vanhasta hydraulikkasäiliöstä. Päätaavoitteeksi muodostui keinojen etsiminen säiliön valmistukseen kulumien kustannusten optimoimiseksi. Muita tavoitteita olivat tehdä säiliöstä valmistajaystävällisempi, korjata säiliön suunnitteluun liittyviä virheitä ja minimoida vuotoriski. Tuotekehityksen vaiheet määräytyivät työn edetessä, käyttäen apuna tuotekehityksen perusmallia.

Tuotekehitysprosessi lähti käyntiin vaatimusten määrittelystä. Vaatimusten määrittely tehtiin hyvin aikaisessa vaiheessa ja siinä turvaututtiin kokemuksen puutteen vuoksi lähinnä toimeksiantajan ja suunnittelijan tietämykseen asiasta. Määrittelyssä otettiin hyvin huomioon säiliön valmistuksen kulujen minimointiin liittyviä tekijöitä ja vastaavan suunnittelijan havaitsemia virheitä säiliön nykyisessä mallissa. Vähemmälle huomiolle jäivät valmistettavuus, huollettavuus ja valmistusystävällisyys. Konseptista olisi luultavasti tullut käytännöllisempi, jos vaatimusten määrittelyn yhteydessä olisi jo käynyt tutustumassa säiliön tuotantoon ja ottanut huomioon valmistajan kannan säiliön parannusehdotusten hakemiseksi. Tämä tehtiin vaiheessa, jossa suunniteltiin jo lopullista konseptia ja siitä olisi voinut saada enemmän irti tässä työvaiheessa.

Vaatimusten perusteella luotiin muutama konseptityyppi, joista parhaat valittiin jatkokehitykseen toimeksiantajan kannan ja pisteytyksen perusteella. Jatkokehityksessä keskityttiin lähinnä levyosien suunnitteluun ja 3D-mallin luomiseen. Konseptin pääpaino jäi vahvasti levyvahvuuksien optimointiin ja hitsauksen minimointiin yhdistelemällä levyosia ja korvaamalla hitsausta levyjen kanttaamisella. Tämä konsepti esitettiin alihankkijalle, joka valmistaa kyseistä säiliötyyppiä. Kommentointi parannusehdotusten saamiseksi oli niukkaa ja tämän perusteella saatiin vain yksi muutos lopulliseen konseptiin nähden.

Lopullisesta konseptista laskettiin valmistuskustannukset ja niitä verrattiin saatuaan tietoon nykyisestä säiliön ostohinnasta. Tarkoituksena oli saada säiliön valmistajalta cost breakdown, mutta näitä kuitenkaan saamatta arvot laskettiin Sandvikin asiantuntijan arvion mukaisesti. Tulokset ovat siis suuntaa antavia ja vastaavat joiltain osin omia odotuksia ottaen huomioon oman kokemukseni suunnittelijana. Uudessa konseptissa saadaan noin 10 %:n säästöt vanhaan nähden, mutta laskelmista puuttuvat kokonaan liimausvaiheeseen ja polttoleikkaukseen liittyvät kulut, joten näiden kumotessa toisensa säästöt pysyvät luultavasti arvioidulla tasolla.

Lopuksi tehdyistä huomioista oli tehtävänä laatia hydraulisen säiliön suunnitteluohje. Tämä osoittautui tehtävänä haastavaksi suunnittelukokemukseni säiliön suunnittelun suhteen ollessa hyvin vähäistä. Työn aikana tehty suunnittelu koski lähinnä levyosien optimointia, joten suunnitteluohje painottuu hyvin pitkälti samaan aiheeseen. Suunnitteluohje voi toimia pohjana lopullista ohjetta laadittaessa, mutta siihen vaaditaan asiantuntijan näkemystä säiliön suunnittelusta.

Työn lopputulos vastasi mielestäni melko hyvin asiakkaan asettamaa tehtävänantoa ottaen. Oletuksena ei ollut, että konseptilla voitaisiin saavuttaa huomattavia säästöjä vaan työn tarkoituksena oli tutkia voiko säiliön valmistukseen liittyviä kustannuksia optimoida. Seuraavana vaiheena voisi olla lujuuslaskemien laadinta ja prototyypin tekeminen, että saadaan selville, onko konseptin muutokset toteuttamiskelpoisia.

Tutkimuksen tekeminen oli melko haastavaa, sillä samanaikaisesti työn alkaessa aloitin tutustumisen suunnittelijan työhön ja harjoittelemaan ohjelmien käyttöä. Lisäksi työtä olisi helpottanut rajaton pääsy säiliön tuotantoon ja säiliöön liittyviin dokumentteihin. Haasteista huolimatta työ oli mielenkiintoinen ja siitä jäi paljon käteen suunnittelijan työtä ajatellen.

LÄHTEET

- 1 Chemcenter. Technical datasheet of Araldite two component epoxy adhesive. Viitattu 26.8.2019.
<http://www.chemcenters.com/images/suppliers/169257/Araldite%20Standard.pdf>
- 2 Cross, N. 2008. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. 4. p. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- 3 Dym, C.L., Little, P. 2009. Engineering Design: A Project-Based Introduction. 3. p. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- 4 Giudice, F., La Rosa, G., Risitano, A. 2006. Product Design for the Environment A Life Cycle Approach. CRC Press 2006.
- 5 Jokinen, Tapani 1987. Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy.
- 6 Kettunen, S. 2003. Onnistu projekteissa. Helsinki: WSOY.
- 7 Rissanen Tapio. 2002. Projektilla tulokseen. Projektin suunnittelu, toteutus, motivointi ja seuranta. Jyväskylä: Pohjantähti.
- 8 Sandvik Group 2019a. Viitattu 25.5.2019.
<https://www.home.sandvik/en/about-us/our-company/>
- 9 Sandvik Group 2019b. Viitattu 25.5.2019.
<https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/underground-loaders-and-trucks/>
- 10 Toimi Keinänen & Pentti Kärkkäinen. 2005. Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY.
- 11 Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. 2012. Product Design and Development. 5. p. New York, USA: McGraw-Hill
- 12 Välimaa, Veikko – Kankkunen, Martti – Lagerroos, Olle – Lehtinen, Markku 1994. Tuotekehitys: Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.