



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi Nisula

# PORTAALITELARUNKOJEN VALMIS- TETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Ab A. Häggblom Oy

Tekniikka  
2020

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jussi Nisula
Opinnäytetyön nimi	Portaalitelarunkojen valmistettavuuden kehittäminen
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	23 + 5 liitettä
Ohjaaja	Juha Hantula & Markus Jansson

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on kokkolalainen Ab A. Häggblom Oy. Opinnäytetyön aiheena on kehittää erään portaalitelarunkotuoteperheen valmistettavuutta, optimoida runkojen tuoterakenne ja nimikemäärä. Edellä mainituilla toimilla tavoitellaan lyhyempää läpimenoaikaa tuotannossa, sekä parempaa kannattavuutta tuotteiden valmistukselle.

Valmistettavuuden kehittämisen tueksi käytettiin DFMA-teoriaa, jonka perusajatuksena on parantaa tuottavuutta ilman investointeja. Portaalitelarunkojen valmistettavuuteen liittyvien ongelmien löytämiseksi haastateltiin tuotannon työntekijöitä, hitsauksen työnjohtajaa ja hitsareita.

Uudelleen suunniteltujen portaalitelarunkojen valmistettavuutta on kehitetty DFMA-teorian ja tuotannon työntekijöiden kokemuksen pohjalta. Optimoitu tuoterakenteen ja nimikemäärän seurauksena portaalitelarunkojen tuoterakenteet ovat paremmin hallittavissa. Uusi tuoterakenne vaikuttaa oleellisesti läpimenoaikaan tuotannossa. Uudelleen suunniteltuja portaalitelarunkoja ei valmistettu opinnäytetyön aikana, koska niille pitää tehdä lujuuslaskenta ennen tuotantoon hyväksymistä.

## ABSTRACT

Author	Jussi Nisula
Title	Development of the Manufacturability of Portal Track Frames
Year	2020
Language	Finnish
Pages	23 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Juha Hantula & Markus Jansson

---

The subject of the thesis was to develop the manufacturability of a portal track frame products and optimize the product structure and the number of items in track frames. The objective of the thesis was to achieve a shorter lead time in the production and better profitability for the manufacture of products. This thesis was made for Ab A. Hägglom Oy.

To support the development of manufacturability, DFMA (Design for Manufacturability and Assembly) theory was used. The basic idea of the DFMA theory is improve productivity without investment. To find the problems in the manufacturability of portal track frame, production workers, a welding foreman and welders were interviewed.

The old portal track frames were re-designed using the DFMA theory and the experience of production workers. Owing to of the optimized product structure and number of items, the product structure is easier to manage. Solutions for re-designed portal track frames improve product manufacturability.

The next step in the product development process is to perform strength calculation for the re-designed portal track frames. After the strength calculation, portal track frames can be released to production. The solutions and procedures devised in this thesis can be suited for future projects in the company.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Ab A. Häggblom Oy .....	9
1.2	Portaalitelarunko .....	9
2	LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	11
2.1	Tavoitteet ja rajausta .....	11
2.2	Valmistettavuuden ongelmat .....	11
2.3	Tuoterakenne.....	12
2.4	Nimikemäärän optimointi .....	12
3	DFMA-MENETELMÄ .....	13
3.1	DFM.....	13
3.2	DFA.....	13
4	PROJEKTIN KULKU.....	16
4.1	Nykyiset portaalitelarungot.....	16
4.2	Tiedon kerääminen.....	16
4.3	Portaalitelarunkojen suunnittelu .....	16
4.3.1	Rakennemalli.....	17
4.3.2	Moottoripää .....	17
4.3.3	Runkopalkki .....	17
4.3.4	Portaalisatula.....	18
4.3.5	Letkutunneli .....	18
4.4	Lopputulos .....	19
5	TARKASTELU.....	21
5.1	Luotettavuus.....	21
5.2	Käytökelpoisuus.....	21
5.3	Jatkokehitys.....	21
5.4	Johtopäätökset.....	22
6	YHTEENVETO .....	23

LÄHTEET.....	24
--------------	----

LIITTEET

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b> Portaalialavaunu.	10
<b>Taulukko 1.</b> Valmistettavuuden ja asennettavuuden ongelmat. ....	12
<b>Taulukko 2.</b> Kehitetyt ratkaisut valmistettavuuden ongelmiin. ....	19

**TERMIT JA LYHENTEET**

DFMA        Design for Manufacturability and Assembly

Nimike        Tuotteen osa tai komponentti

Telarunko    Valmis kokoonpano, jossa teräs rakenne ja telakomponentit

**LIITELUETTELO**

Liitteitä ei julkaista liikesalaisuuksien vuoksi

**LIITE 1.** Moottoripää

**LIITE 2.** Runkopalkki

**LIITE 3.** Portaalisatula

**LIITE 4.** Letkutunneli

**LIITE 5.** Portaalitelarungot

# 1 JOHDANTO

Tuotteiden valmistettavuus on kilpailukyvyn kannalta tärkeä osa tuotekehitysprosessia. Valmistettavuutta kehittämällä yritys voi paremmin vastata markkinoiden tarpeisiin, sekä parantaa tuottavuutta ilman investointeja. Työssä kehitetään erään portaalitelarunko-tuoteperheen teräsrakenteen valmistettavuutta, tuoterakennetta ja läpimenoaikaa tuotannossa. Kehitystyö on tehty kokkolalaisen Ab A. Häggblom Oy:lle.

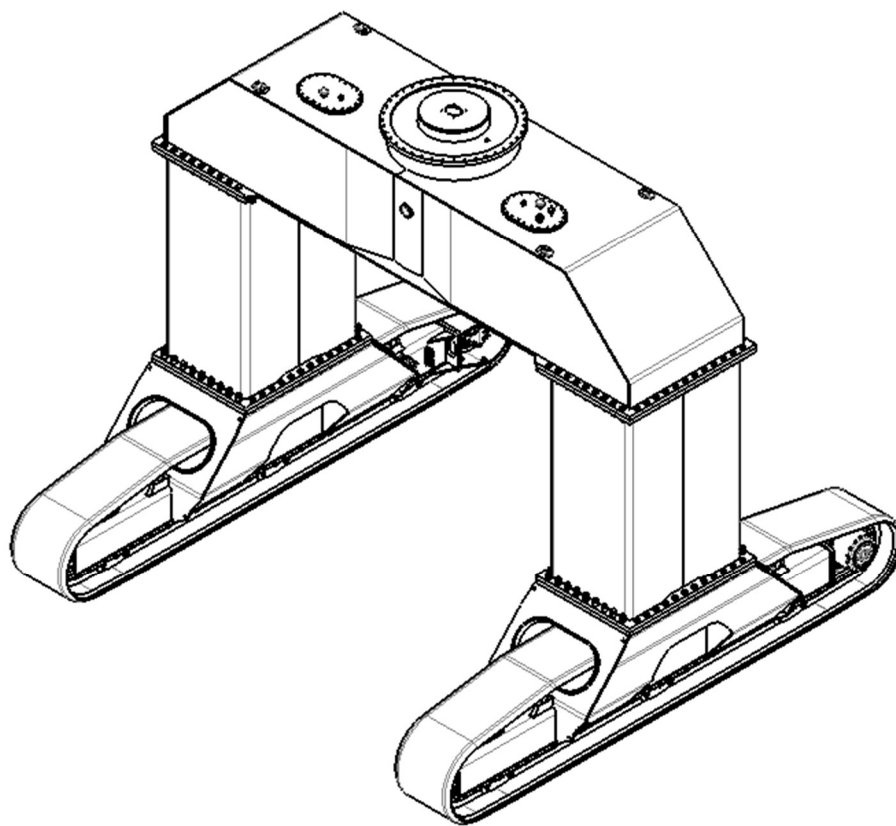
## 1.1 Ab A. Häggblom Oy

Ab A. Häggblom Oy on vuonna 1954 perustettu kokkolalainen konepajayritys, jonka liiketoiminta on jakautunut kolmeen osaan. Vara- ja kulutusosamyyntiin, telaketjusovelluksiin, sekä kaivoslaitteisiin ja kaivospalveluihin. /1/

Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 31,1 miljoonaa euroa. Työntekijöitä yrityksellä on n.100 henkilöä. /2/

## 1.2 Portaalitelarunko

Portaalitelarunko on portaalialavaunuissa käytetty telarunkomalli. (Kuvio 1.) Portaalialavaunuja käytetään materiaalinkäsittelijöissä. Portaalialavaunun etuna on materiaalinkäsittelijäkoneen saavuttama ulottuma. Portaalialavaunun materiaalinkäsittelijän on mahdollista operoida junanvaunun tai rekan päällä, jolloin lastattava tai purettava kuorma on suoraan koneen alla. Käytettäessä tela-alustaa materiaalinkäsittelijässä, maahan kohdistuva paino jakautuu tasaisemmin verrattuna pyöräalustaiseen. Tela-alustainen materiaalinkäsittelijä on liikutettavuudeltaan joustavampi vaihtoehto kuin kiskoilla kulkeva kone. Portaalitelarunko koostuu teräsrakenteesta, ajovaihteesta, telakomponenteista ja telaketjusta. Opinnäytetyössä keskitytään portaalitelarungon teräsrakenteen, eli telapalkin kehittämiseen. Portaalitelapalkin tuoterakenne voidaan jakaa neljään alikokoonpanoon: runkopalkki, moottorinpää, portaalisatula ja etupää. Tämä valitaan rakennemalliksi työn portaalitelapalkeille.



**Kuvio 1.** Portaaliavaunu. /2/

## 2 LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Lähtökohtana työlle on parantaa portaalitelarunkojen valmistuksen kannattavuutta ilman investointeja. Opinnäytetyössä suunnitellaan uudelleen kahden portaalitelarunkomallin teräsrakenteet valmistettavuuden näkökulmasta. Uudelleen suunnittelussa sovelletaan DFMA-teoriaa. Portaalitelarungot ovat kooltaan lähes yhtenäiset, eroavaisuutena on telakomponenttien koko. Tavoitteena on lyhyempi läpimenoaika tuotannossa, sekä optimoida nimikemäärä ja tuoterakenne.

### 2.1 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön kohteeksi valittiin kaksi portaalitelarunkomallia, joita käytetään 125–140 tuhatta kiloa painavissa materiaalinkäsittelijöissä. Kyseiset portaalitelarungot ovat toimeksiantaja yrityksen volyymituotteita ja rakenteellisesti hyvin lähellä toisiaan. Portaalitelarunkojen välinen kokoero johtuu niissä käytettyjen telakomponenttien kokoerosta ja niiden asettamista vaatimuksista. Materiaalinkäsittelijän käyttökohde määrittelee, minkä kokoluokan telakomponentit valitaan. Telakomponentit valitaan pääasiassa koneen painon mukaan, mutta myös muut ulkoiset kuormitustekijät vaikuttavat komponenttien valintaan. Standardi portaalitelarungoissa käytetään pienemmän kokoluokan telakomponentteja, koska kuormittavuus on kevyempi. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi satamat, jossa operointialusta on tasainen. Raskaammassa portaalitelarunkoversiossa käytetään suuremman kokoluokan komponentteja, koska materiaalinkäsittelijän operointi alusta on epätasainen tai muuten enemmän telakomponentteja kuormittavampi. Esimerkkinä telakomponentteja kuormittavasta ympäristöstä on romuttamo, jossa romunpalaset ja lika rasittavat telakomponentteja. Tavoitteena on kehittää portaalitelarunkojen valmistettavuutta ja rakennetta niin, että löydettyjä ratkaisuja voitaisiin soveltaa myös yrityksen muissa tuotteissa.

### 2.2 Valmistettavuuden ongelmat

Valmistettavuus vaikuttaa portaalitelarunkojen valmistus- ja läpimenoaikaan tuotannossa, jotka vaikuttavat tuotantokustannuksiin. Valmistettavuudessa ilmenneet ongelmat voidaan jakaa kahteen kategoriaan: osien valmistettavuus ja asennetta-

vuus. Valmistettavuuden ongelmat käsittävät hitsaukseen ja jälkikäsitteilyyn liittyvät ongelmat. Asennettavuuden ongelmat käsittävät osien yhteensopivuuden ja paikoituksen ongelmat. (Taulukko 1.)

**Taulukko 1.** Valmistettavuuden ja asennettavuuden ongelmat.

Valmistettavuuden ongelmia:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portaalin laippojen kranssien särmäyksen säde liian pieni hitsattavaksi robotilla</li> <li>- Portaalin nostokorvien hitsaus ja saumojen hionta</li> <li>- Portaalisatula ahdas hitsata sisäpuolelta</li> <li>- Hitsausroiskeiden hionta letkutunnelista</li> </ul>
Asennettavuuden ongelmia:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Särmättyjen kranssien sovittaminen portaalisatulan laippojen aukkoihin</li> <li>- Portaalisatulan välilaippojen särmäys vaikeuttaa paikoittamista</li> <li>- Portaalisatulan osien yhteensovitus</li> <li>- Portaalin nostokorvien paikoitus</li> <li>- Portaalisatula ahdas hitsata sisäpuolelta</li> <li>- Moottorinsuojapellin kiinnikkeiden paikotus</li> <li>- Hitsausroiskeiden hionta letkutunnelista</li> </ul>

### 2.3 Tuoterakenne

Teräsrakenteen tuoterakenne on tarkoitus jakaa alikokoonpanoihin. Kyseiset portaalitelarungot ovat mittojensa puolesta lähes yhtenäiset, joten työssä pyritään yhtenäistämään niiden rakenne komponenttien sallimissa rajoissa.

### 2.4 Nimikemäärän optimointi

Nimikemäärän optimointi on seurausta portaalitelarunkojen tuoterakenteen optimoinnista. Pienempi nimikemäärä vähentää sitoutunutta pääomaa ja kustannuksia niin hankinnan, kuin logistiikan osalta.

### **3 DFMA-MENETELMÄ**

Valmistettavuus kuvaa tuotteen osien valmistusmenetelmien, kuten polttoleikkauksen, särmäyksen, hitsauksen ym. toteutumista tavoitteiden mukaisesti. Tuotteen valmistettavuuden mittareina voidaan pitää esimerkiksi tasalaatuisuutta, tehokkuutta ja tuotteen valmistuksen kannattavuuteen vaadittavaa kustannustasoa. /3/

Kokoonpantavuus on ominaisuus, joka määrittelee tuotteen kokoonpanemiselta vaadittavat kriteerit. Kokoonpantavuutta voidaan mitata mm. osien yhteensopiavuudella, liitettävien osien lukumäärällä ja tehokkuudella. Kokoonpantavuuden ominaisuuksia voidaan osittain verrata valmistettavuuden ominaisuuksiin, sillä molemmissa kustannustehokkuus on ratkaiseva tekijä. /4, s.13/

#### **3.1 DFM**

Valmistettavuuden teoria, Design for Manufacturability, eli DFM sisältää valmistettavuuden kehittämisen apuvälineet. DFM teorian perusajatus on yksinkertaistaa tuotekonstruktion valmistamista ja alentaa kaikkia tuotteen valmistuskuluja. DFM-apuvälineet parantavat myös tuotteen toimivuutta, toiminnan luotettavuutta, ulkonäköä, tuotteen huollettavuutta, sekä pienentämään tuotteen aiheuttamaa ympäristökuormitusta. DFM korostaa tuotekehitystiimin ja valmistustiimin välistä yhteistyötä valmistettavuuden kehittämisessä. DFM teorian tärkein tavoite on alentaa valmistuskustannuksia. /4, s.13/

#### **3.2 DFA**

Kokoonpantavuuden teoria, Design for Assembly, DFA, on systemaattinen tuotekehitysmenetelmä, jonka tavoitteena on kokoonpantavuuden parantaminen. Kokoonpantavuuden parantamiseksi tuotteen rakenteen ja kokoonpanotyön suoritettavuus on oltava mahdollisimman yksinkertainen. DFM teorian tavoin tuotekehitystiimin ja kokoonpanotiimin välinen yhteistyö on tärkeä osa kokoonpantavuuden kehittämisessä. /4, s.69-70/

Valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta verrattaessa voidaan todeta, että kokoonpantavuuden merkitys on tärkeämpi kuin valmistettavuuden merkitys, koska kokoonpanotyö on työvoimavaltaisempaa kuin osien valmistus. Lisäksi osien lukumäärällä konstruktiossa on suuri merkitys kokoonpantavuuteen. /4, s71/

Kokoonpanotyössä osien käsittely ja liitokset vaikuttavat kokoonpanokustannuksiin. Käsittelyjen ja liitoksien määrää on mahdollista vähentää huomattavasti siten, että eri osien toimintoja yhdistetään yhteen samaksi osaksi. Kriteerinä yhdistämiselle on, että yhdistettävät osat ovat samaa materiaalia ja yhdistäminen on toiminnallisuuden kannalta mahdollista. Osien lukumäärän vähentämisellä on paljon vaikutuksia kiinteisiin kuluihin, sillä poistettavaa osaa ei tarvitse:

- suunnitella
- valmistaa ja kokeilla prototyyppiä
- valmistaa tuotteen kokoonpanoa varten
- testata
- valvoa, onko saapunut kokoonpanoa varten
- varastoida
- poistaa epäkuranttina kirjanpidosta
- kierrättää ja lopulta hävittää
- ostaa ja kuljettaa. /4, s.72/

Käytännön keinoja nimikkeiden vähentämiseen tuotteessa ovat:

- Andersonin laki: osaa ei kannata suunnitella, jos sen voi ostaa luettelon perusteella.
- Symmetrian hyödyntäminen niin, ettei tulisi turhia oikea - vasen versioita, joiden pienten erojen tunnistus voi olla vaikeaa ja aiheuttaa virheriskin.
- Erityisesti ”ämpäritavarassa” tulee olla tarkkana, ettei varastossa ole esim. ruuveissa jokaista mahdollista pituutta, halkaisijaa, kantamuotoa ja pintakäsittelyvaihtoehtoa.

- Osaperheiden ryhmittely ja nimeäminen siten, että erilaisten tuotteiden välillä olisi yhtenäisiä osia. Valmistusmäärän kasvu vähentää myös muuttuvia kustannuksia.
- Liitosmenetelmät tulee päättää jo tuotekonseptivaiheessa. Tällöin valitut kokoonpanotyökalut ohjaavat luontaisesti käyttämään samanlaisia liitosmenetelmiä. /4, s.72/

## **4 PROJEKTIN KULKU**

Opinnäytetyön tavoitteena oli yhtenäistää kahden lähes samankokoisen portaalitelarungon teräsrakenteet ja uudelleen suunnitella portaalitelarungot valmistettavuuden näkökulmasta. Uudelleen kehitetyn portaalitelarungon teräsrakenteen rakennemallin tulisi koostua alikokoonpanoista, joiden tarkoituksena on lyhentää tuotteen läpimenoaikaa tuotannossa. Yhdistetyn rakennemallin myötä portaalitelarunkojen nimikemäärä vähenee, jonka myötä pääomaa sitoutuu vähemmän ja säävutetaan säästöjä osto-, logistiikka-, varastointi- ja hallintokustannuksissa.

### **4.1 Nykyiset portaalitelarungot**

Portaalitelarunkojen valmistettavuudessa on todettu ongelmia tuotannossa. Nykyisellään portaalitelarunkojen teräsrakenne koostuu yhdestä rakennemallista, joka sisältää runkoon kuuluvat nimikkeet. Portaalitelarungon teräsrakenne valmistetaan teräslevyleikkeistä ja komponenteista hitsaamalla. Teräslevyleikkeet ja komponentit ovat pääasiassa alihankkijalta ostettuja.

### **4.2 Tiedon kerääminen**

Portaalitelarunkojen valmistettavuuden kehittämistä ja uudelleen suunnittelua varten tarvittiin nykyisten portaalitelarunkojen piirustukset sekä tarkempaa tietoa valmistettavuudessa ilmenneistä ongelmista. Rakennemalleja ja piirustuksia vertailemalla löytyi ne osat, jotka on mahdollista yhdistää tai suunnitella uudelleen siten, että ne käyvät molempiin portaalitelarunkomalleihin. Tuotannon työntekijöitä haastatteleamalla selvisi valmistettavuudessa ilmenneet ongelmat, jotka ovat esitetty luvussa 2.2.

### **4.3 Portaalitelarunkojen suunnittelu**

Suunnittelu alkoi uudelleen suunniteltavien portaalitelarunkojen mittojen vertailulla. Mittoja vertailemalla selvisi runkojen rakenteiden yhtenäistämismahdollisuudet. Standardi portaalitelarunko oli mitoiltaan 60 mm pidempi ja 30 mm kapeampi kuin raskaampi portaalitelarunko. Kyseiset mittaerot ovat näin suuressa mittakaavassa pieniä, joten eroavaisuudet voitiin poistaa. Uudelleen suunniteltu-

jen portaalitelarunkojen ääriimitat ovat yhdistelmä alkuperäisten portaalitelarunkojen suurimmista äärimitoista. Mittaerojen selvittämisen jälkeen tutkittiin komponenttien asettamia rajoitteita runkojen osien yhtenäistämiseksi. Komponenttien kokoeron takia pohjaverkkojen, etupyörän kiskojen, etupään väliseinien ja ylätelarullan kannakkeiden on oltava erikokoiset runkomallien välillä. DFMA-teorian mukaan osien muodon hyödyntäminen paikoituksessa parantaa tuotteen valmistettavuutta. Tätä ominaisuutta pyrittiin hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. On kuitenkin hyvä muistaa, että portaalitelarungoissa käytettävät levyt ovat paksuja ja näin ollen mahdolliset virheet paikoitusmuotojen sijainneissa ovat kalliita. Siksi paikoitusmuotojen hyödyntämistä on rajattu vain osiin, joissa niistä todettiin olevan hyötyä.

#### **4.3.1 Rakennemalli**

Portaalitelarungon rakennemalli jaetaan neljään alikokoonpanoon: runkopalkki, portaalisatula, moottoripää ja etupää. Rungosta on kaksi rakennemallia, joiden aliosina ovat edellä mainitut komponenttien koon mukaan valittavat osat. Portaalisatula ja moottoripää ovat erillään valmistettavia alikokoonpanoja, jotka liitetään runkopalkkiin. Tämän ratkaisun on tarkoitus lyhentää portaalitelarunkojen läpimenoaikaa tuotannossa. Erillään valmistettu portaalisatula voidaan hitsata robotilla ja ahtaissa paikoissa hitsaamisen tarve poistuu.

#### **4.3.2 Moottoripää**

Moottoripään osiin ei tehty muutoksia. Moottoripäät voitiin yhtenäistää, koska molemmissa portaalitelarungoissa käytetään samaa ajovaihdetta. Moottorinsuojapelti siirrettiin vaipan reunan tasalle, jotta kiinnikkeiden paikoitus olisi helpompaa. (Liite 1)

#### **4.3.3 Runkopalkki**

Rungon kansilevyyn tehtiin aukot, jotta erillään hitsattu portaali voidaan laskea rungon päälle liitoshitsausta varten. DFA-teorian mukaisesti aukkojen avulla portaalisatula saadaan paikoitettua suoraan oikeaan kohtaan rungon päälle. (Liite 2)

#### 4.3.4 Portaalifatula

Portaalifatulan laippoissa oleviin rungon aukkoihin tehtiin läpiviisteet, jotta portaalifatula voidaan liitos hitsata runkopalkkiin portaalin ulkopuolelta läpihitsillä. Portaalifatulan laippojen aukoissa on vaihtoehtoina käyttää hitsattua kranssia tai paksumpaa teräslevyä, jotta aukkojen reunat saadaan kestämään niihin kohdistuvat jännitykset. Luvussa 2.2. esitettyjen ongelmien pohjalta aukkojen muoto muutettiin pyöreämmäksi ja pyörityksen sädettä kasvatettiin, jotta ongelmat saadaan poistettua. Aukon ja kranssin pyöreämpi muoto helpottaa osien yhteensovitusta ja suurempi säde mahdollistaa paremman hitsattavuuden robotilla. Portaalifatulan päätylaipoissa käytetään ohuempaa levyä ja kranssia, koska ohuempi levy on helpompi särmätä. Välilaipat muutettiin suoriksi, joten niissä käytetään paksumpaa levyä ilman kranssia. Paksumpi välilaippa ilman kranssia on 11 % kevyempi kuin ohuempi levy kranssilla, joten materiaalikustannukset ovat alhaisemmat. Portaalifatulan kranssien ja särmäyksen määrän puolittamisen seurauksena laippojen särmäykseen ja hitsaukseen kuluva aika puolittuu.

Portaalifatulan osien paikoituksen parantamiseksi päätylaippojen nostokorvat tehtiin osaksi kylkilevyjä. Päätylaipoissa on aukot nostokorvia varten. Ratkaisun tarkoituksena on vähentää mitoituksen tarvetta, kun nostokorvat paikoittavat päätylaipat kylkilevyjen suhteen. Aikaisemmassa versiossa nostokorvat yhtyivät päätylaipan aukon kranssiin ja näiden yhtymäsauma piti hioa jouhevaksi. Uudessa ratkaisussa hiontatyötä ei ole. (Liite 3)

#### 4.3.5 Letkutunneli

Letkutunnelia levennettiin niin, että se sopii molempiin portaalitelarunkomalleihin. Rakenne oli alun perinkin yksinkertainen, joten se ei vaatinut suuria muutoksia. Rakennetta muutettiin siten, että ongelmaksi todetuista hitsausroiskeista letkukotelon sisällä päästään eroon. Syyksi hitsausroiskeille letkukotelon sisällä todettiin osien väliin jäävät raot. Uudelleen suunnitellussa letkukoteloinnissa ei levyjen väliin jää rakoja. Uudelleen suunnitellussa letkutunnelissa on kolo, jotta kotelolevy voidaan paikoittaa ilman mittaamista. (Liite 4)

#### 4.4 Lopputulos

Lopputuloksena on DFMA-teoriaa ja tuotannon työntekijöiden kokemusta hyödyntäen suunnitellut portaalitelarungot. (Liite 5) Ratkaisujen esittelyissä mainitut ylimääräisten osien poisto ja osien muotoilun hyödyntäminen paikoituksessa tukeutuvat DFMA-teoriaan. Taulukossa 2 on vertailtu kappaleessa 2.2. esitettyjä valmistettavuuden ja asennettavuuden ongelmia niihin kehitettyihin ratkaisuihin. Valmistettavuuden ongelmiin kehitettyjen ratkaisujen myötä portaalitelarunkojen valmistus- ja läpimenoajat tuotannossa lyhenevät. Alikokoonpanoihin jaetun tuoterakenteen ansiosta rakennemallit ovat paremmin hallittavissa. Uudelleen suunniteltujen portaalitelarunkojen teräsrakenteissa on rakenteiden yhtenäistämisen jälkeen 33% vähemmän nimikkeitä kuin alkuperäisissä portaalitelarungoissa. Uudelleen suunniteltuja portaalitelarunkoja ei valmistettu tuotannossa tämän opinnäytetyön aikana, koska portaalitelarunkojen 3D-malleille on tehtävä lujuuslaskenta ennen tuotannon aloittamista.

**Taulukko 2.** Kehitetyt ratkaisut valmistettavuuden ongelmiin.

Valmistettavuuden ongelmia:	Kehitetty ratkaisu:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portaalin laippojen kranssien särmäyksen säde liian pieni hitsattavaksi robotilla</li> <li>- Portaalin nostokorvien hitsaus ja saumojen hionta</li> <li>- Portaalisatula ahdas hitsata sisäpuolelta</li> <li>- Hitsausroiskeiden hionta letkutunnelista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portaalin laippojen aukon ja kranssin säde suurempi</li> <li>- Portaalin nostokorvat osa portaalin kylkilevyä, ei kosketusta kranssiin, joten hionnan tarvetta ei ole</li> <li>- Portaalisatula erillinen kokoonpano, joka kootaan ja hitsataan erillään rungosta</li> <li>- Letkutunnelin muotoilu siten, ettei sisään päädy hitsausroiskeita</li> </ul>
Asennettavuuden ongelmia:	Kehitetty ratkaisu:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Särmätyjen kranssien sovittaminen portaalisatulan laippojen aukkoihin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kranssien ja aukon muotoilua parannettu</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>- Portaalisatulan välilaitteiden särmäys vaikeuttaa paikoittamista</li><li>- Portaalisatulan osien yhteensovitus</li> <li>- Portaalin nostokorvien paikoitus</li> <li>- Moottorinsuojapellin kiinnikkeiden paikoitus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Välilaitteet suorat ja paksumpaa levyä, parempi paikoittaa</li><li>- Ongelmallisten osien muotoilua parannettu, sekä lisätty muotojen avulla paikoitusta</li> <li>- Nostokorvat osa kylkilevyjä, päätylaitoissa aukot joihin kylkilevyjen nostokorvat paikoittuvat</li> <li>- Moottorinsuojapelti siirretty moottoriin kellon reunan tasalle, joten peltiä voidaan kannatella magneeteilla ja kiinnikkeet voidaan paikoittaa ruuvien avulla.</li></ul>
--	--

## **5 TARKASTELU**

Uudelleen suunnitelluissa portaalitelarungoissa on vähemmän hitsattavaa ja hitsauksen jälkikäsitteilyä, joka tarkoittaa vähemmän hitsaustunteja. Portaalifatula on uudelleen suunnittelun myötä paremmin ja nopeammin kokoonpantavissa. Portaalifatula on mahdollista hitsata robotilla. Alikokoonpanoista koostuvassa portaalitelarungossa on vähemmän ylimääräistä käsittelyä, kuten rungon kääntelyä. Portaalitelarunkojen rakenteiden yhtenäistämisen jälkeen nimikemäärä putosi 33 %, joka on hyvä tulos.

### **5.1 Luotettavuus**

Uudelleen suunniteltujen portaalitelarunkojen valmistettavuuden paraneminen perustuu DFMA-teorian mukaiseen suunnitteluun ja arvioon. Arvio perustuu Ab A. Häggblom Oy:n työntekijöiden pitkään kokemukseen portaalitelarunkojen valmistuksesta. Saatu hyöty havaitaan vasta, kun uudelleen suunniteltuja portaalitelarunkoja on valmistettu tuotannossa.

### **5.2 Käyttökelpoisuus**

Portaalitelarunkoihin kehitetyt ratkaisut on kehitetty tuotannon työntekijöiden kokemukseen ja DFMA-teoriaan pohjautuen, joten ne ovat käyttökelpoisia. Perusrakenne säilyi uudelleen suunnitelluissa portaalitelarungoissa, joten ne ovat valmistettavuutta parantavia ratkaisuja lukuun ottamatta sama tuote kuin alkuperäiset.

### **5.3 Jatkokehitys**

Opinnäytetyössä käytettyä suunnittelutyöliä voidaan jatkossa hyödyntää Ab A. Häggblom Oy:n tuotekehityksessä ja uusien projektien suunnittelussa. Alikokoonpanoina hitsattavia rakenteita ja osien muodon avulla paikoittamista voidaan hyödyntää tuotannon tehostamiseksi ja tuotteiden läpimenoaikojen lyhentämiseksi. Yhtenäistettyjä moottoripäitä voidaan jatkokehityksen jälkeen käyttää Ab A. Häggblomin muissakin telarunkomalleissa, joissa käytetään samaa ajovaihdetta.

#### **5.4 Johtopäätökset**

DFMA-teoriaa ja tuotannon työntekijöiden kokemusta hyödyntäen on saatu aikaan konseptimalli portaalitelarungoista, joiden valmistettavuus on alkuperäisiä parempi. Portaalitelarunkojen rakennemalli on paremmin hallittavissa ja nimikemäärä on saatu optimoitua. Robotilla hitsauksen mahdollisuutta on lisätty, joka vapauttaa hitsarin enemmän joustavuutta vaativiin työtehtäviin. Hitsarin työergonomia on parempi, koska ahtaan portaalin sisällä ei tarvitse enää hitsata käsin.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lopputuloksena on konseptimallit uudelleen suunnitelluista portaalitelarungoista, joiden valmistettavuutta on parannettu. Portaalitelarunkojen nimikemäärä ja rakennemalli ovat optimoinnin seurauksena paremmin hallittavissa kuin alkuperäisissä portaalitelarungoissa. Opinnäytetyössä käytettyjä työtapoja hyödyntämällä Ab A. Häggblom Oy voi kehittää toimintaansa ja parantaa myös muiden tuotteidensa valmistettavuutta. Seurauksena tuottavuuden paraneminen ilman investointeja.

Opinnäytetyön tekeminen oli haastava ja mielenkiintoinen projekti. Tuotannon ja suunnittelun välisen kommunikaation merkitys korostui opinnäytetyön teon aikana. Suunnittelijan on ymmärrettävä mitä ja miten tuotteita voidaan valmistaa tuotannossa, jotta tuotteen konstruktiosta tulisi valmistettavuuden kannalta paras mahdollinen. Tuotesuunnittelussa ja tuotekehityksessä on otettava monta näkökulmaa huomioon, jotta tuote voi täyttää sille asetetut vaatimukset.

## LÄHTEET

/1/ Ab A. Häggblom Oy. Viitattu 10.10.2019. <https://www.haggblom.fi>

/2/ Ab A. Häggblom Oy sisäinen tietokanta. Viitattu 27.4.2020

/3/ Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Tampere: Teknologia teollisuus, 13

/4/ Lempiäinen, J & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu - puoliksi valmistettu. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry