

**Ratakiskojen risteysliiomakoneen valmistettavuuden parantaminen
ja valmistuspiirustusten digitalisointi**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Konetekniikka, insinööri (AMK), Riihimäen kampus

Kevät 2021

Aleksi Anttila

| | | |
|-----------|--|------------|
| Tekijä | Aleksi Anttila | Vuosi 2021 |
| Työn nimi | Ratakiskojen risteyshiomakoneen valmistettavuuden parantaminen ja valmistuspiirustusten digitalisointi | |
| Ohjaajat | Niko Laukkanen (HAMK), Reima Pengerkoski (Konepaja Mankinen Oy) | |

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa täydelliset ja digitaaliset valmistuspiirustukset ratakiskojen risteyshiomakoneesta, sekä muokata jo olemassa olevia piirustuksia valmistusystävällistä suunnittelua hyödyntäen. Työn tilaajana toimi Riihimäkeläinen Konepaja Mankinen Oy.

Risteyshiomakoneen vanhaa rakennetta tarkastelemalla selvitettiin, mitä osia koneen rakenteessa voitiin suunnitella uudelleen. Suunnittelumuutoksilla pyrittiin ensisijaisesti valmistettavuuden parantamiseen.

Risteyshiomakoneesta oli aiemmin olemassa vain paperisia, käsin piirrettyjä valmistuspiirustuksia. Näitä kuvia apuna käyttäen koneesta luotiin 3D-malli, johon uudet, digitaaliset valmistuspiirustukset pohjautuvat. Uusiin piirustuksiin sisällytettiin myös vanhan rakenteen tarkastelun pohjalta syntyneet suunnittelumuutokset.

Työn tuloksena syntyneet valmistuspiirustukset helpottavat huomattavasti risteyshiomakoneen valmistusprosessia. Piirustuksiin tehtyjen muutosten ja täydennysten myötä erityisesti koneen kokoonpantavuus helpottuu tulevaisuudessa. Uudet piirustukset ovat myös helposti muokattavissa digitaalisuutensa vuoksi.

Avainsanat Koneenpiirustus, risteyshiomakone, valmistusystävällinen suunnittelu

Sivut 33 sivua

| | | |
|-------------|--|-----------|
| Author | Aleksi Anttila | Year 2021 |
| Subject | Improving Manufacturability and Digitalizing the Manufacturing Drawings of a Railway Intersection Grinding Machine | |
| Supervisors | Niko Laukkanen | |

ABSTRACT

The purpose of this thesis project was to produce complete and digital manufacturing drawings of a railway intersection grinding machine, and to modify the existing drawings by utilizing the principles of DFM (Design For Manufacturing). The commissioner of the thesis project was Konepaja Mankinen Oy based in Riihimäki, Finland.

The parts that could be re-designed were defined by examining the old structure of the intersection grinding machine. The main goal of the re-designing process was to make the device easier to manufacture.

Previously there only existed hand-drawn paper drawings of the intersection grinding machine. With the help of these old drawings a 3D-model of the machine was created. The model works as a base for the new drawings. The design changes that resulted from examining the old structure were also included into the new drawings.

The resulting drawings make the manufacturing process of the machine considerably easier. The modifications and additions to the drawings make especially the assembly of the machine easier in the future. The new drawings are also easy to be modified since they are in a digital form.

Keywords Technical drawing, grinding machine, design for manufacturing

Pages 33 pages

Sisälllys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Lähtökohdat työlle..... | 1 |
| 2.1 | Konepaja Mankinen Oy | 1 |
| 2.2 | Ratakiskojen risteyshiomakone Enerco D-5V | 2 |
| 2.3 | Työn tavoite | 3 |
| 3 | Taustatiedot ja teoriapohja | 4 |
| 3.1 | Valmistusystävällinen suunnittelu | 4 |
| 3.2 | Kokoonpantavuus | 5 |
| 3.3 | Hitsattujen rakenteiden suunnittelu..... | 6 |
| 3.4 | Koneistettujen osien suunnittelu..... | 7 |
| 3.5 | Toleranssit ja sovitteet suunnittelussa | 8 |
| 3.5.1 | Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit..... | 8 |
| 3.5.2 | Koneistettuja rakenteita koskevat yleistoleranssit..... | 9 |
| 3.6 | Komponenttivalinnat eri olosuhteisiin | 11 |
| 4 | Tutkimusaineisto ja käytetyt menetelmät | 12 |
| 4.1 | Kyselytutkimus puutteista ja vioista (teemahaastattelu) | 12 |
| 4.2 | Vanhaan aineistoon tutustuminen | 13 |
| 4.3 | Suunnitteluvirheiden kartoittaminen | 15 |
| 5 | Työn toteutus | 17 |
| 5.1 | Vanhojen komponenttien uudelleensuunnittelu | 17 |
| 5.1.1 | Takarungon tukirullat epäkeskoakseleilla..... | 18 |
| 5.1.2 | Risteyshiomakoneen laipalliset kulkurullat..... | 19 |
| 5.1.3 | Rungon rakenne- ja tukiputket | 20 |
| 5.2 | 3D-mallin tuottaminen..... | 20 |
| 5.3 | Päivitettyjen ja digitalisoitujen valmistuspiirustusten laatiminen..... | 22 |
| 5.3.1 | Piirustusten tehtävä ja tavoite | 22 |
| 5.3.2 | Erialaisten piirteiden esittäminen koneenpiirustuksissa | 23 |
| 5.3.3 | Piirustusten digitalisointi..... | 26 |
| 5.4 | Piirustusten organisointi osakokoonpanoittain..... | 26 |
| 5.5 | Piirustusten linkittäminen verkkokirjastoon..... | 28 |
| 6 | Tulosten analysointi | 28 |
| 6.1 | Suunnittelumuutosten vaikutusten tarkastelu | 28 |
| 6.2 | Organisoitu piirustuskirjasto valmistuksen tukena..... | 28 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7 | Pohdinta ja johtopäätökset | 29 |
| 7.1 | Ongelmanratkaisu suunnittelussa | 29 |
| 7.2 | Kehitysideoita..... | 29 |
| 7.3 | Kehittyminen koneensuunnittelussa | 30 |
| 7.4 | Työn tulosten vaikutus ammatilliseen kehitykseen..... | 31 |
| | Lähteet..... | 32 |

Kuvat, taulukot ja kaavat

| | | |
|-------------|---|----|
| Kuva 1. | Ratakiskojen risteyshiomakone D-5V (Konepaja Mankinen Oy, n.d.)..... | 3 |
| Kuva 2. | Pienahitsausliitos (Wikimedia Commons, 2013). | 7 |
| Kuva 3. | Vanha kokoonpanopiirustus (Konepaja Mankinen Oy, n.d.)..... | 14 |
| Kuva 4. | Risteyshiomakoneen rakennetta (Konepaja Mankinen Oy, n.d.)..... | 14 |
| Kuva 5. | Kuvakaappaus piirustusluettelosta (Konepaja Mankinen Oy, 2021). | 15 |
| Kuva 6. | Risteyshiomakoneen epäkeskoakselit (Konepaja Mankinen Oy, n.d.)..... | 16 |
| Kuva 7. | Risteyshiomakoneen laipallinen kulkurulla (Konepaja Mankinen Oy, n.d.)..... | 17 |
| Kuva 8. | Epäkeskoakselin uusi valmistustapa..... | 18 |
| Kuva 9. | Risteyshiomakoneen laipallinen kulkurulla. | 19 |
| Kuva 10. | Valmis kokoonpanomalli..... | 22 |
| Kuva 11. | Risteyshiomakoneen osan mitoitus (Konepaja Mankinen Oy, 2021)..... | 24 |
| Kuva 12. | Toleroituja mittoja piirustuksessa (Konepaja Mankinen Oy, 2021). | 25 |
| Kuva 13. | Hitsausmerkintöjä piirustuksessa (Konepaja Mankinen Oy, 2021). | 26 |
| Kuva 14. | Risteyshiomakoneen runkorakenne..... | 27 |
| Taulukko 1. | Pituusmittatoleranssit (SFS-EN ISO 13920, 1996)..... | 9 |
| Taulukko 2. | Suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuustoleranssit (SFS-EN ISO 13920, 1996) | 9 |
| Taulukko 3. | Pituusmittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993)..... | 10 |
| Taulukko 4. | Viistettyjen kulmien sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993) | 10 |
| Taulukko 5. | Kulmamittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993)..... | 11 |

1 Johdanto

Rataverkon kunnossapito sekä tarvittavien korjausten tekeminen ovat tärkeitä asioita matkustaja- ja tavaraliikenteen junien sujuvan liikennöinnin takaamiseksi. Koska rataverkkoa on ylläpidettävä säännöllisillä huolto- ja korjaustoimenpiteillä, tarvitaan siihen myös oikeanlaiset työkalut ja koneet.

Vaurioituneita kiskoja korjataan pääsääntöisesti hitsaamalla. Vanha raide katkaistaan, ja tilalle hitsataan uusi osa korvaamaan vaurioitunut raide. Koska korjaukset tehdään hitsaamalla, jää kiskon pintaan hitsisauma. Hitsauksen jälkeen kisko tulee hiota takaisin oikeaan profiiliinsa kiskon kulkureunan- ja pinnan osalta. Tähän käyttöön valmistetaan erilaisia kiskohiomakoneita, joiden avulla hitsausauma hiotaan pois, ja kiskoon saadaan aikaiseksi haluttu profiili. (Kauppinen M. , 2011)

Tässä työssä suunnitellaan uudelleen olemassa olevan kiskohiomakoneen rakennetta ja luodaan siitä digitaaliset, standardien mukaiset valmistuspiirustukset sekä 3D-malli. Työn tilaajana toimii Riihimäkeläinen Konepaja Mankinen Oy. Yritys valmistaa vuosittain noin yhdestä viiteen kappaletta kiskonkäsittelylaitteita rataverkon kunnossapitoa varten.

Vaikka tuotteiden volyyymi on pieni, hyvät valmistuspiirustukset virtaviivaistavat tuotantoprosessia sekä vähentävät virheiden määrää. Hyvällä tuotesuunnittelulla voidaan myös vähentää tarvittavien työvaiheiden määrää ja täten lyhentää tuotteen läpimenoaikaa. (Piironen, 2013, s. 16)

2 Lähtökohdat työlle

2.1 Konepaja Mankinen Oy

Konepaja Mankinen Oy (tästä eteenpäin Mankinen) on Riihimäellä toimiva konepajayritys. Se on toiminut perheyhtiönä yli 65 vuotta ja työllistää tällä hetkellä 12 henkilöä. Yrityksen tarjoamiin palveluihin kuuluvat esimerkiksi metallituotteiden suunnittelu-, valmistus-, muokkaus-, ja korjauspalvelut sekä yksityisille asiakkaille että yrityksille. Mankisella on

useimpiin konepajatoihin kykenevä työstökonekanta. Suurin osa töistä tehdään tilauksesta ja asiakkaan tarpeen mukaan. Tästä syystä Mankinen ei valmista yhtäkään tuotetta varsinaisena sarjatuotantona. Konepajan yhteydessä toimii myös erillinen moottorikoneistamo sekä tarvikemyymälä, jonka valikoimaan kuuluu muun muassa hydraulikka- ja pneumatiikkatarvikkeita sekä liittimiä, tiivisteitä ja laakereita. (Konepaja Mankinen Oy, 2013)

Mankisen konepajatoiminnan erityinen vahvuusalue on rautateiden rakentamis- ja kunnossapitokalusto. Yritys valmistaa erilaisia lisälaitteita ratakäyttöön tarkoitettuihin kuorma-autoihin ja kaivukoneisiin. Mankisella on näihin liittyen myös oma tuotemerkki Enerco. Pääasiassa laitteita toimitetaan pohjoismaihin sekä Eurooppaan, mutta toimituksia on ollut myös Brasiliaan ja Australiaan. Mankisen tuottamaan rautatiekalustoon kuuluu esimerkiksi kiskopyörävarustus, jolla kaivinkone valjastetaan ratakäyttöön. Tämän lisäksi lisälaitteivalikoima käsittää muun muassa lumiharjat, tukemisaggregaatit, pölkynvaihtolaitteet sekä tämänkin työn aiheena olevat kiskonkäsittelylaitteet. Mankinen suorittaa myös koneiden rautatiekelpoisuuteen vaadittavat katsastukset. (Konepaja Mankinen Oy, 2013)

2.2 Ratakiskojen risteyshiomakone Enerco D-5V

Mankisella on ratakiskojen hiomista varten erityiset kiskohiomakonemallit Enerco D-5 ja D-5V. Perusmalli D-5 on tarkoitettu suoran rataosuuden hiomiseen, D-5V sen sijaan kiskojen vaihdekohtiin, joissa raiteet liittyvät toisiinsa. Laitteessa on version ja tarpeen mukaan joko poltto- tai sähkömoottori, joka pyörittää kiskoja hiovaa hiomakiveä. Mankisen mukaan suurin osa nykyisin valmistettavista kiskonhiomakoneista toimitetaan sähkömoottorilla.

Laitetta käytettäessä se nostetaan kiskojen päälle, johon se kiinnittyy erilaisten säädettävien kiristimien ja tukirullien avulla. Laite on nostettavissa joko runkoon kiinnitetyistä nostokahvoista käsivoimin, tai koneellisesti nostoon tarkoitettuun lenkistä. Risteyskone hiomakone on perusmallia huomattavasti isompi ja painavampi, joten yleisin nostotapa on käyttämällä apuna esimerkiksi kaivinkonetta.

Kiskojen päällä laitetta työnnetään mekaanisesti eteenpäin. Hiomapäätä kyetään siirtämään sivusuunnassa sekä koneen kallistuskulmaa muuttamaan. Koneessa on myös muita pienempiä säätömahdollisuuksia, jotka yhdistettynä sivuttais- ja kallistussäätöön mahdollistavat kiskojen risteyskohdan hiomisen vaadittujen määräysten mukaisesti. Kone on myös mahdollista taittaa kasaan rungon nivelöidystä liitoskohdasta. Tämä helpottaa koneen käsittelyä ja kuljetusta silloin, kun sitä ei käytetä hiontatyössä. Koneen takaosaan asennetaan myös metallinen työkalulaatikko, jossa eri säätötoimenpiteisiin vaadittavat työkalut säilytetään. Kuvassa 1 esitettynä ratakiskojen risteyshiomakone D-5V.

Kuva 1. Ratakiskojen risteyshiomakone D-5V (Konepaja Mankinen Oy, n.d.).



2.3 Työn tavoite

Risteyshiomakoneesta on olemassa muutaman sähköisen kuvan lisäksi ainoastaan vanhoja, käsin piirrettyjä paperipiirustuksia. Piirustukset ovat monilta osin puutteellisia sekä epäselviä, ja täten valmistusprosessissa onkin lukuisia lähes muistin varassa tehtäviä

vaiheita. Työn tavoitteena on tuottaa risteysiomakoneesta täydelliset, digitaalisessa muodossa olevat ja standardien mukaiset valmistuspiirustukset sekä 3D-malli helpottamaan laitteen valmistusta. Piirustukset on tarkoitettu järjestellä loogisesti osakokoonpanoittain, jotta niistä on eri valmistusvaiheissa helppo löytää tarvittaessa niin osakuvat, kuin tarvittavat kokoonpanokuvatkin. Tarkoituksena on myös tutkia digitalisoitujen ja järkevästi organisoitujen kuvien vaikutusta valmistusprosessiin sekä lopputuotteen laatuun. 3D-malli sekä piirustukset tuotetaan Creo Parametric 4.0 -ohjelmistolla, jonka jälkeen ne muunnetaan sellaiseen muotoon, jota Mankisen käytössä oleva AutoCAD -ohjelmisto ymmärtää.

Risteysiomakoneen vanhoissa kuvissa on myös sellaisia komponentteja, joiden valmistusta on mahdollista helpottaa muuttamalla niiden valmistustapaa. Työ keskittyy pääosin valmistettavuuden parantamiseen, sillä valmistettavien koneiden määrä on vuosittain niin pieni, ettei kustannustehokkuus kuulu tärkeimpiin prioriteetteihin. Opinnäytetyössä onkin tarkoitus tutkia standardien mukaisten ja organisoitujen valmistuskuvien tuottamisen lisäksi valmistusystävällisen suunnittelun (DFM) vaikutuksia erityisesti ongelmallisten komponenttien valmistuksessa.

Ongelmakohtien kartoittamisessa käytetään apuna teemahaastattelua. Haastattelen Mankisen tuotantopäällikköä sekä työnjohtajaa, ja heidän kanssaan pohditaan risteysiomakoneen valmistusprosessin ongelmakohtia. Kyseisillä henkilöillä on vahva tuntemus laitteesta sekä sen valmistusprosessin kulusta eri työvaiheiden osalta. Haastattelukysymykset käsittelevät myös valmistettavuuden ja valmistusystävällisen suunnittelun suhdetta toisiinsa.

3 Taustatiedot ja teoriapohja

3.1 Valmistusystävällinen suunnittelu

Valmistusystävällinen suunnittelu DFM (Design For Manufacturing) tarkoittaa laitteen tai osan suunnittelemista siten, että se olisi mahdollisimman helppo ja halpa valmistaa. Valmistettavuuteen vaikuttavat lukuisat seikat, kuten materiaali, vaadittu mittatarkkuus ja muut laatuvaatimukset, osan monimutkaisuus sekä valitut työstömenetelmät. Suunnittelijan

tulisikin olla tietoinen käytössä olevien työkalujen ja koneiden mahdollisuuksista sekä rajoitteista ja suunnitella osat ne jatkuvasti huomioiden. Osien rakenteellinen suunnittelu tulisi tehdä sen mukaan, mitä valmistusmenetelmää on kulloinkin tarkoitus käyttää niiden valmistamiseen. Tuotteet tulisi kuitenkin suunnitella lähtökohtaisesti siten, että niiden valmistaminen raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi kuluttaisi mahdollisimman vähän aikaa ja panoksia. (Piironen, 2013, ss. 13-14)

Yksi merkittävimmistä valmistusystävällisen suunnittelun keinoista on tarvittavan osamäärän vähentäminen. Monet olemassa olevat kokoonpanot olisi mahdollista suunnitella käyttämällä pienempää määrää osia. Olemassa olevat osat voidaan mahdollisuuksien mukaan suunnitella uudelleen niin, että kokonaisuutena osamäärä vähenee, vaikka rakenteen funktio säilyy. Osia kannattaa myös pyrkiä suunnittelemaan peilikuvina toisiinsa nähden, jotta eri puolilla laitteen rakennetta voidaan käyttää samaa osaa asennettuna eri päin. Täten eri puolia varten ei tarvitse erikseen suunnitella ja valmistaa kahta erillistä osaa. Tämän kaltaiset suunnittelussa huomioitavat asiat vähentävät suoraan tuotteen valmistamiseen tarvittavaa työmäärää, aikaa ja rahaa. (Piironen, 2013, s. 13)

Osto-osien hyödyntämisellä on myös suuri merkitys valmistettavuuden sekä osittain kokoonpantavuudenkin kannalta. Standardoidut osto-osat ovat yleensä edullisia ja hyvin saatavilla, ja niitä tulisikin käyttää mahdollisuuksien mukaan. Lisäksi useimpien osien asentaminen onnistuu käyttämällä tavallisia, yleisiä työkaluja kuten kiintoavaimia. Erilaisten osien määrä tulisi tosin pitää mahdollisimman alhaisena, jotta yksikköhinta olisi matala, nimikkeiden määrä pysyisi pienenä ja varaston kierto nopeana. (Piironen, 2013, s. 8)

3.2 Kokoonpantavuus

Valmistusystävälliseen suunnitteluun liittyy olennaisena osana myös tuotteen kokoonpantavuus DFA (Design For Assembly). Tällä tarkoitetaan tuotteen kokoonpantavuuden helpottamista suunnitteluvaiheessa. Kokoonpantavuuden kannalta parantavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi itsestään paikoittuvat osat esimerkiksi ohjaintappien avustuksella. (Conseptas Oy, n.d.) Osat kannattaa myös mahdollisuuksien mukaan pyrkiä suunnittelemaan symmetrisen muotoisiksi. Näin varmistetaan, ettei

asennusvaiheessa voi tapahtua virhettä sen suhteen, kummin päin osa paikoittuu kokoonpanossa. (Piironen, 2013, ss. 48-50)

DFA on konseptina yleistynyt paljon automaation lisääntymisen vuoksi. Ihmiselle verrattain helpot toimenpiteet voivat olla roboteille ja muille automaation välineille haastavia. Kokoonpantavuuden tehokas suunnittelu kuitenkin helpottaa ihmisenkin tekemiä töitä. Hyvässä suunnittelussa on huomioitu kokoonpanon kannalta esimerkiksi vaadittaviin paikkoihin pääseminen eri työkaluin sekä kokoonpanon osien kasausjärjestys. Osien muotoilun tulisi myös olla sellainen, että se omalta osaltaan pyrkii minimoimaan mahdollisten kokoonpanovirheiden todennäköisyyttä. (Conseptas Oy, n.d.)

3.3 Hitsattujen rakenteiden suunnittelu

Risteyshiomakoneen rakenteessa valtaosa rungon liitoksista tapahtuu hitsaamalla. Putkista kasatun rakenteen kokoaminen hitsaamalla on huomattavasti helpompaa, kuin käyttäen mitä tahansa muuta kiinnitysmenetelmää. Runkoliitoksien ei myöskään tarvitse olla kyseisen laitteen tapauksessa irrotettavia, jolloin pysyvä kiinnitysratkaisu hitsaamalla on hyväksytty. Näin ollen on tärkeää, että osat ja kokoonpanot suunnitellaan helposti luokse päästäviksi ja hitsattaviksi. Osien tulisi olla myös kokoonpantavuus ja valmistusystävällisyys huomioiden helposti paikoittuvia. Helpolla paikoituksellakin voidaan helpottaa hitsaustyötä huomattavasti, mikäli hitsausta suorittaessa voidaan näin välttää osan manuaalinen paikoittaminen sekä jatkuva mittatarkastus hitsaustyön aikana. (Piironen, 2013, ss. 40-47)

Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida myös hitsattujen rakenteiden työjärjestys. Hitsaaminen aiheuttaa hitsattavaan rakenteeseen aina jonkinasteisia muodonmuutoksia johtuen lämpötilan suurista vaihteluista. Oikealla työjärjestyksellä varmistetaan toiminnallisuuden säilyminen hitsauksen jälkeen. (Lukkari, 2000)

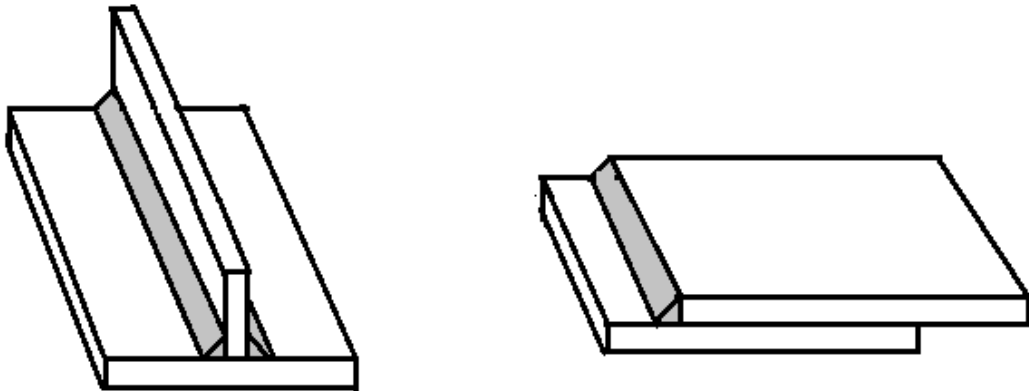
Valmistuspiirustuksien tulee olla varsinkin työjärjestyksen osalta selkeät silloin, kun hitsatuissa rakenteissa on läpi- tai kierrereikiä esimerkiksi ruuviliitoksia varten. Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset vaikuttavat porattujen reikien paikoitukseen. Täten on oikean paikoituksen kannalta viisainta porata reiät vasta hitsauksen jälkeen. Tämä on

työlämpi vaihtoehto, mutta monesti välttämätöntä tarkan paikoituksen takaamiseksi.

Risteyshiomakoneen hitsauksessa käytetään apuna myös niin kutsuttuja ”jigejä”, jotka ovat eräänlaisia sovituspaloja esimerkiksi runkoon hitsattujen kiinnityskorvien oikeaa paikoitusta varten.

Hitsausliitosten suunnittelussa tulisi aina mahdollisuuksien mukaan suosia pienahitsiä. Risteyshiomakoneen liitostyyppinä toimii lähes poikkeuksetta pienahitsi (Kuva 2). Hitsatessa pienaliitosta lisääineen kohdistus on helppoa. Myös läpipalamisen vaara pienentyy, kun liitostapa tukee hitsiä alapuolisesti. Hitsiä paikoitettaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon sen viemä tila. Hitsiä ei tule sijoittaa liian lähelle kappaleen reunaa reunan sulamisen välttämiseksi. Myös kiinnikkeet, kuten ruuvit tulee sijoittaa tarpeeksi kauas liitoksesta, jotta niiden asentaminen halutulla tavalla on mahdollista. Varsinkin aluslevyjen leveys tulee huomioida, jotta niitä ei sijoiteta liian lähelle hitsausliitosta. (Kauppinen K. , 2010, s. 18)

Kuva 2. Pienahitsausliitos (Wikimedia Commons, 2013).



3.4 Koneistettujen osien suunnittelu

Vaikka risteyshiomakoneessa käytetään monin paikoin ostos-osia ja esimerkiksi valmiista putkesta mitaan sahattuja pätkiä, edellyttää useiden osien oikeanlainen valmistus myös koneistamista. Koneistuksessa on monia huomioon otettavia seikkoja, jotka vaikuttavat työn kestoon ja haastavuuteen. Nyrkkisääntönä tulisi kuitenkin pitää sitä, että osan tulee täyttää

asiakkaan sille asettamat vaatimukset ja toimia sille määrättyssä tarkoituksessa (Piironen, 2013). Liian hyvää ja mittatarkkaa osaa ei tule suunnitella ja valmistaa, jos sille ei ole todellista tarvetta toiminnan edellyttämisen ja asiakkaan toiveiden täyttämisen kannalta. Mitä tarkemmaksi osa menee mittojen ja toleranssien osalta, sitä kauemmin sen valmistaminen kestää. Työn keston ja tarkkuuden kasvaessa myös hinta kasvaa. Usein todella tarkat koneistukset vaativat myös harvinaisempia erikoistyökaluja, jotka ovat yleensä hankalia ja kalliita hankkia. Suunnitteluvaiheessa tulisikin suosia yksinkertaisia muotoja ja piirteitä, jotka ovat mahdollisimman helposti valmistettavissa alkeellisillakin työkaluilla. (Piironen, 2013, ss. 9-11)

Myös käytettävissä oleva työstökonekanta vaikuttaa siihen, kuinka monimutkaisia osia kyetään suunnittelemaan ja valmistamaan. Suunnittelijan on hyvä olla selvillä siitä, mihin käytettävissä olevat koneet kykenevät, ja mihin eivät. Tämän selvittäminen on suunnittelijan vastuulla, sillä työstökonevalikoiman asettamat rajoitukset ovat aina tapaus- ja yrityskohtaisia.

Asiakkaan kanssa voidaan myös neuvotella, mikäli tuotteeseen olisi mahdollista tehdä valmistusta helpottavia muutoksia toiminnallisuuden kärsimättä. Suunnittelija voi ehdottaa mahdollisia muutoksia asiakkaalle, ja suorittaa arvion mahdollisten muutosten vaikutuksesta tuotteen valmistukseen. Tällainen muutos voi olla esimerkiksi materiaalin valinta. Mikäli asiakas toivoo vaikeasti koneistettavaa materiaalia, voidaan ehdottaa vaihtamista helpommin koneistettavaan tai paremmin saatavilla olevaan materiaaliin, mikäli se asiakkaalle käy ja laite tai osa säilyttää vaihtoehtoisellakin materiaalilla toiminnallisuutensa osana kokoonpanoa.

3.5 Toleranssit ja sovitteet suunnittelussa

3.5.1 Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit

Hitsattuja liitoksia koskevat yleiset mittatoleranssit määräytyvät standardin ISO 13920 mukaan. Standardissa esitetään hitsattujen rakenteiden pituus- ja kulmamittoja sekä muotoa ja sijaintia koskevat yleistoleranssit. Toleranssit jakautuvat neljään eri

tarkkuusluokkaan, jonka valinta tulisi tehdä toiminnan kannalta täytettävien minimivaatimusten perusteella. Erityistä tarkkuutta vaativia hitsausliitoksia voidaan myös toleroida erikseen piirustuksiin, mutta näitä lukuun ottamatta voidaan hitsatuissa liitoksissa toleranssit katsoa standardin taulukoista. (SFS-EN ISO 13920/1996, s. 4)

Taulukoissa 1 ja 2 esitettyinä standardin SFS-EN ISO 13920 mukaiset yleiset mittatoleranssit hitsatuille rakenteille.

Taulukko 1. Pituusmittatoleranssit (SFS-EN ISO 13920, 1996)

| Nimellismitta-alueet / mm Range of nominal sizes / in mm | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Tarkkuus- luokka Tolerance class | 2 ... 30 | > 30 ≤ 120 | > 120 ≤ 400 | > 400 ≤ 1000 | > 1000 ≤ 2000 | > 2000 ≤ 4000 | > 4000 ≤ 8000 | > 8000 ≤ 12000 | > 12000 ≤ 16000 | > 16000 ≤ 20000 | > 20000 |
| Toleranssit <i>t</i> mm Tolerances <i>t</i> in mm | | | | | | | | | | | |
| A | ± 1 | ± 1 | ± 1 | ± 2 | ± 3 | ± 4 | ± 5 | ± 6 | ± 7 | ± 8 | ± 9 |
| B | | ± 2 | ± 2 | ± 3 | ± 4 | ± 6 | ± 8 | ± 10 | ± 12 | ± 14 | ± 16 |
| C | | ± 3 | ± 4 | ± 6 | ± 8 | ± 11 | ± 14 | ± 18 | ± 21 | ± 24 | ± 27 |
| D | | ± 4 | ± 7 | ± 9 | ± 12 | ± 16 | ± 21 | ± 27 | ± 32 | ± 36 | ± 40 |

Taulukko 2. Suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuustoleranssit (SFS-EN ISO 13920, 1996)

| Nimellismitta-alueet, <i>l</i> , mm (koskee pinnan pitempää sivua) Range of nominal sizes <i>l</i> in mm (relates to longer side of the surface) | | | | | | | | | | |
|---|---------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Tarkkuus- luokka Tolerance class | > 30 ≤ 120 | > 120 ≤ 400 | > 400 ≤ 1000 | > 1000 ≤ 2000 | > 2000 ≤ 4000 | > 4000 ≤ 8000 | > 8000 ≤ 12000 | > 12000 ≤ 16000 | > 16000 ≤ 20000 | > 20000 |
| Toleranssit, <i>t</i> , mm Tolerances <i>t</i> in mm | | | | | | | | | | |
| E | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| F | 1 | 1,5 | 3 | 4,5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| G | 1,5 | 3 | 5,5 | 9 | 11 | 16 | 20 | 22 | 25 | 25 |
| H | 2,5 | 5 | 9 | 14 | 18 | 26 | 32 | 36 | 40 | 40 |

3.5.2 Koneistettuja rakenteita koskevat yleistoleranssit

Koneistettuja liitoksia koskevat yleistoleranssit on ilmoitettu standardissa SFS-EN 22768-1. Standardissa ilmoitetut toleranssit on jaettu neljään eri tarkkuusluokkaan, jota valittaessa tavanomainen vastaava valmistustarkkuus tulee huomioida. Toleranssiluokkaa valitessa tulee huomioida myös osalta vaadittava valmistustarkkuus käyttökohteen ja tarkoituksen

mukaan. Yleistoleranssit koskevat vain ilman toleranssimerkintää olevia mittoja. Tarkemman toleranssin vaativiin piirteisiin lisätään erillinen toleranssimerkintä piirustuksen mitoitusvaiheessa. (SFS-EN 22768-1, 1993)

Suunnittelijan on tärkeä tuntea valmistettavan kappaleen vaadittu toleranssitaso valmistuspiirustuksia laatiessa. Käyttökohteeseen nähden liian tiukasti toleroitujen kappaleiden suunnittelu ja valmistus kuluttaa valtavasti resursseja verrattuna siihen, että kappaleesta suunniteltaisiin toleranssien suhteen vain niin tarkka, kuin on välttämätöntä toiminnan kannalta. Yleistoleranssiluokan valinnalla on suuri merkitys työn kestoon ja hintaan. (Piironen, 2013)

Taulukoissa 3, 4 ja 5 esitettynä standardin SFS-EN 22768-1 mukaiset yleiset mittatoleranssit koneistetuille kappaleille.

Taulukko 3. Pituusmittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993)

| | | Arvot mm | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--|------------|-------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Toleranssiluokka Tunnus | Kuvaus | Sallitut poikkeamat nimellismitta-alueella | | | | | | | |
| | | > 0,5 ¹⁾ ≤ 3 | > 3 ≤ 6 | > 6 ≤ 30 | > 30 ≤ 120 | > 120 ≤ 400 | > 400 ≤ 1 000 | > 1 000 ≤ 2 000 | > 2 000 ≤ 4 000 |
| f | hieno | ±0,05 | ±0,05 | ±0,1 | ±0,15 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | – |
| m | keskikarkea | ±0,1 | ±0,1 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,2 | ±2 |
| c | karkea | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,2 | ±2 | ±3 | ±4 |
| v | erittäin karkea | – | ±0,5 | ±1 | ±1,5 | ±2,5 | ±4 | ±6 | ±8 |

¹⁾ Nimellismitoille < 0,5 mm, eromitat tulee merkitä vastaavan nimellismitan viereen.

Taulukko 4. Viistettyjen kulmien sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993)

| | | Arvot mm | | |
|----------------------------|-----------------|--|------------|-----|
| Toleranssiluokka Tunnus | Kuvaus | Sallitut poikkeamat nimellismitta-alueella | | |
| | | > 0,5 ¹⁾ ≤ 3 | > 3 ≤ 6 | > 6 |
| f | hieno | ±0,2 | ±0,5 | ±1 |
| m | keskikarkea | | | |
| c | karkea | ±0,4 | ±1 | ±2 |
| v | erittäin karkea | | | |

¹⁾ Nimellismitoille < 0,5 mm, eromitat tulee merkitä vastaavan nimellismitan viereen.

Taulukko 5. Kulmamittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1, 1993)

| Toleranssiluokka Tunnus | Kuvaus | Kyseessä olevan kulman lyhyemmän sivun sallitut poikkeamat pituusmitta-alueella (mm) | | | | |
|----------------------------|-----------------|--|--------------|---------------|----------------|---------|
| | | ≤ 10 | > 10 ≤ 50 | > 50 ≤ 120 | > 120 ≤ 400 | > 400 |
| f | hieno | ± 1° | ± 0°30' | ± 0°20' | ± 0°10' | ± 0°5' |
| m | keskikarkea | | | | | |
| c | karkea | ± 1°30' | ± 1° | ± 0°30' | ± 0°15' | ± 0°10' |
| v | erittäin karkea | ± 3° | ± 2° | ± 1° | ± 0°30' | ± 0°20' |

3.6 Komponenttivalinnat eri olosuhteisiin

Laitteen tai rakenteen käyttö- ja asennuskohde vaikuttaa suuresti siihen, millaisia komponentteja rakenteessa kannattaa suosia. Ulkona käytettävissä laitteissa esimerkiksi ilmasto-olosuhteet, kuten lämpötila ja kosteus vaikuttavat komponenttien valintaan. Myös laitteen itsensä synnyttämät sekä siihen kohdistuvat ulkoiset voimat eri osissa ovat omalta osaltaan vaikuttamassa käytettyihin komponentteihin. Olosuhteet vaikuttavat myös osille tehtäviin mahdollisiin pintakäsittelytoimiin. Tästäkin syystä suunnittelijan on hyvä olla osien tulevasta käyttökohteesta jo etukäteen selvillä. (Piironen, 2013, ss. 50-54)

Risteyshiomakonetta käytetään melko lyhyitä aikoja kerrallaan, ja se voidaan varastoida sisätiloissa silloin, kun sitä ei käytetä. Täten ilmaston aiheuttamalle rasitukselle ja kulumiselle ei tarvitse kyseisen laitteen suunnittelussa asettaa suurta painoarvoa. Laitteen eri paikoissa sijaitsevien osien rakennetta ja varsinkin osto-osien tyyppiä ja mallia voidaan tosin määrittää sen mukaan, millaisissa olosuhteissa ja käyttötarkoituksessa ne laitetta käytettäessä ovat.

Yksi esimerkki komponenttivalinnasta ovat risteyshiomakoneessa käytettävät laakerit. Niitä käytetään koneen pyörivissä rullissa sekä takarungossa tukemassa laitetta kiskon päällä. Alkuperäisissä valmistuskuivissa ohjeistetaan käyttämään ZZ-tyyppisiä vierintälaakereita. Merkintä ZZ tarkoittaa vierintälaakerissa molemminpuolista peltisuojausta (Motot.net, 2012). Mankisen mukaan risteyshiomakoneen laakereiden kannattaisi olla tyyppiä 2RS. Merkintä 2RS taas tarkoittaa molemminpuolista, kumista suojusta laakerissa (Motot.net, 2012). Heidän mukaansa peltisuojuja laakereita käytetään yleensä tilanteissa, joissa laakeri pyörii nopeasti ja syntyy paljon lämpöä. Risteyshiomakoneen tapauksessa näin ei kuitenkaan ole, sillä konetta työnnetään kiskoa pitkin rauhallisella nopeudella hiomisen

edetessä. Näin ollen kumisuojatut laakerit sopivat tässä tapauksessa hyvin käyttökohteeseen. Niiden saatavuus on hyvä, ja kuminen suojusta estää tehokkaasti pölyn ja muun lian ajautumisen laakerin sisään.

Myös koneen voimanlähteen tyyppi valikoituu käyttökohteen- ja paikan mukaan. Vaikka suurin osa risteysiomakoneista toimitetaan varustettuna sähkömoottorilla, on asiakkaalla mahdollisuus tilata laite myös polttomoottorikäyttöisenä. Tämä voi olla tarpeen silloin, kun työmaalla ei ole mahdollista saada millään keinolla tuotettua sähkömoottorin käyttämiseen vaadittua, noin 400 voltin jännitteellä toimivaa kolmivaihevirtaa.

4 Tutkimusaineisto ja käytetyt menetelmät

4.1 Kyselytutkimus puutteista ja vioista (teemahaastattelu)

Risteysiomakoneen puutteita ja vikoja kartoitettiin haastattelemalla Mankisen työnjohtajaa Olli Raustolaa. Hän kertoi omat mielipiteensä siitä, mitkä ovat risteysiomakoneen vanhan rakenteen suurimmat ongelmat ja puutteet, ja miten ne näkyvät laitteen valmistusprosessissa. Haastattelun muotona oli teemahaastattelu. Se sijoittuu virallisuudessaan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun väliin (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, n.d.). Olin valinnut etukäteen haastattelussa käsiteltävät teemat, joita olivat tässä tapauksessa laitteen puutteet ja niiden ilmeneminen, piirustuksien digitalisoinnin vaikutus sekä valmistusystävällisen suunnittelun osuus laitteen valmistusprosessissa.

Raustolan mukaan suurimmat puutteet ovat liittyneet juuri valmistuspiirustuksiin. Vanhat piirustukset eivät ole olleet riittävän täydellisiä, vaikka ne ovatkin olleet olemassa. Tietyt mitat piirustuksissa ovat joskus olleet ainoastaan niiden laatijoiden tiedossa, ja kyseiset henkilöt eivät ole enää yrityksen palveluksessa. Raustolan mukaan suurimmat ongelmat ovat ilmenneet laitteen kasaus- ja hitsausvaiheissa, eivät niinkään yksittäisten osien koneistuksissa. Raustola painottaa erityisesti sitä, että tavoitteena olisi synnyttää sellaiset valmistuspiirustukset, joiden mukaan muutkin kuin niiden laatijat osaisivat kasata koneen.

Piirustusten digitalisointi näkyy Raustolan mukaan suurimmaksi osaksi muokattavuutena ja tarkistettavuutena. Digitaalisiin kuviin on helppo tehdä muutoksia jälkikäteen, ja todellisissa mitoissa tehdystä kuvasta tai mallista voidaan tarvittaessa hakea mittoja tietokoneavusteisesti. Valmistusystävällinen suunnittelu osien suhteen parantaa Raustolan mukaan huomattavasti koneen valmistettavuutta. Joidenkin osien tapauksessa voidaan hänen mukaansa saavuttaa niin suuria säästöjä työajassa, että työmäärän pienentymisellä on merkittäviä vaikutuksia myös laitteen valmistuskustannuksiin.

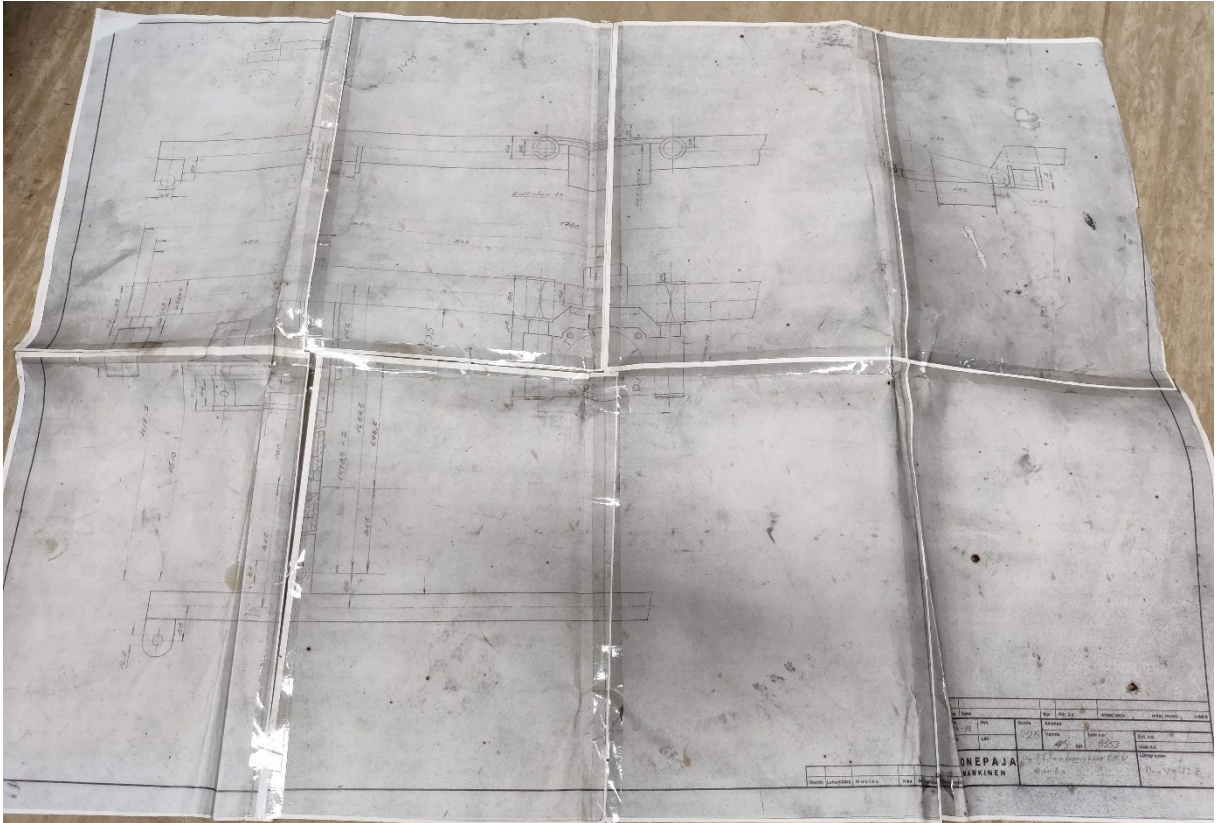
4.2 Vanhaan aineistoon tutustuminen

Haastattelun lisäksi suurin tietolähde risteyshiomakoneen nykytilan kannalta ovat vanhat piirustukset sekä osaluettelo. Tutkimusta aloitettaessa Mankisen tiloissa oli yksi valmis risteyshiomakone odottamassa toimitusta. Tuota konetta tarkastelemalla oli mahdollista käydä läpi olemassa olevan laitteen rakennetta sekä tarkastella siinä olevia puutteita sekä ongelmia. Joitakin piirteitä valmiissa koneessa oli myös valmistettu piirustusten vastaisesti eri tavalla, jotta valmistusprosessi helpottuisi. Myös näitä havaittavia muutoksia käytetään suunnittelutyön pohjana sekä sen arvioinnissa, mitkä rakenteet tulisi valmistusystävällisen suunnittelun periaatteiden mukaan päivittää uusiin piirustuksiin valmistettavaksi vaihtoehtoisella tavalla.

Suurimmaksi osaksi laitteen rakenteen hahmottaminen tapahtui kuitenkin vanhoja valmistuspiirustuksia (Kuva 3) ja valokuvia (Kuva 4) tarkastelemalla, sekä Mankisen työntekijöitä konsultoimalla. Valmistuskuvista oli usein olemassa useampi erilainen versio, ja työntekijöiden apua tarvittiin selvitettäessä, mikä kuvista on ajankohtaisin ja millä perusteella uusi 3D-malli tulisi mitoittaa. Koneen rakenteessa on myös sellaisia piirteitä, joita ei päältä päin katsoen näe. Osa näistä piirteistä myös puuttui kuvista, ja kysymällä selvisi, kuinka rakenne on toteutettu käytännössä. Näin se voitiin sisällyttää todenmukaisena malliin. Esimerkkinä runkojen liitoskohta, jossa runkoputkien sisään asennetaan teflonpinnoitetut holkit. Kokoonpanokuvassa reiän sisähalkaisijan porauksessa holkit on kyllä huomioitu, mutta niistä ei ole muilla tavoin mitään mainintaa piirustuksissa. Holkkien

olemassaolo selvisi, kun runkoputkeen porattavan reiän halkaisijamitan suuruutta tutkittiin tarkemmin.

Kuva 3. Vanha kokoonpanopiirustus (Konepaja Mankinen Oy, n.d.).



Kuva 4. Risteyshiomakoneen rakennetta (Konepaja Mankinen Oy, n.d.).



Vanhan kuva-aineiston tukena toimii myös Excel-muodossa oleva piirustusluettelo (Kuva 5), jossa on jaoteltu risteyshiomakone eri osakokoonpanoihin. Listan tarjoamista hyödyistä suurin on se, että siihen on merkitty piirustusnumero, jonka mukaan lähes kaikki rakenteet ovat yhdistettävissä johonkin vanhoista paperikuvista. Listaan tulee myös jokaisen

sähköisenä piirretyn osan kohdalle merkintä siitä, mistä kyseinen kuva löytyy uutena versiona. Projektin edetessä kävi kuitenkin ilmi, että listassa on paljon päivitettävää. Piirustuslistasta ylläpidettiin päivitettyä versiota mallinnustyön edetessä, ja sinne lisättiin puuttuvien osien tiedot sekä viittaukset uusiin ja päivitettyihin kuviin.

Samassa Excel-tiedostossa on myös suoran rataosuuden hiomiseen tarkoitettun, D5S-mallisen sähkökäyttöisen kiskohiomakoneen piirustusluettelo. Se tukee omalta osaltaan myös risteyshiomakoneen valmistusta, sillä useat, varsinkin moottorin sovittamiseen liittyvät osat ovat samoja molemmissa malleissa. Niitä ei näin ollen tarvitse erikseen lisätä risteyshiomakoneen puolelle uusina osina, vaan valmistusta tukevana piirustuksina voidaan sen sijaan käyttää D5S-hiomakoneen piirustuksia.

Kuva 5. Kuvakaappaus piirustusluettelosta (Konepaja Mankinen Oy, 2021).

| | | | | | | |
|------------------|----------|-----------|--|----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| HK-5525 | | VH-123 | Takarunko | Kokoonpano | | |
| | | 1 | Putki D42,4x3,6 L=X | (sahalistalla) | | |
| | | 2 | Putki D42,4x3,6 L=X | (sahalistalla) | | |
| | | 3 | Putki D42,4x3,6 L=X | (sahalistalla) | | |
| | | 4 | Putki D42,4x3,6 L=X | (sahalistalla) | | |
| | | 5 | Pyörötanko D25 L=X | (sahalistalla) | | |
| | | 6 | Lattatanko 5x50 L=X | (sahalistalla) | | |
| HK-5529 | | | ruutupaperiskissi (seisontatuen kiinnitys) | | | |
| HK-5526 | | 7 | Seisontatuki putki taivutus | ruutupaperiskissi | | |
| HK-5511.6 | | 8 | VH-125B-2 Kannatuslaakerin korva | Laserleikkaus | | |
| HK-5511.7 | | 9 | VH-125B-3 Pystytuki laakerin korva | Laserleikkaus | | |
| HK-55291 | | 10 | Tukiholkki putki D30 L=29 | | | epäkeskoakselin korvien väliin |
| HK-5527 | | 11 | VH-118 Lukitusholkki | kokoonpano | | |
| HK-5528.1 | | | Lukitusruuvi M16/12x25 | Koneistus | | |
| HK-5528 | | | Lukitusholkki | Hitsaus ja koneistus | | |
| HK-5528.3 | | | Lattatanko 5x35 L=120 | (sahauslistalta) | | |
| HK-5528.4 | | | Lattatanko 12x50 L=120 | (sahauslistalta) | | |
| HK-5528.5 | | | Ainesputki D56/40 L=120 | (sahauslistalta) | | |
| HK-5528.2 | | | Lukituspala | Koneistus | | |
| | | | Pyörötanko D80 L=120 | (sahauslistalta) | | |
| HK-55251 | | VH-132 | Takarungon poraukset | Poraus | | |
| HK-5530 | A | VH-120B | Syöttöpään kiinnityspöytä | Kokoonpano | Sivusiirto | |
| | | 1 | VH-120B.1 Keskuslevy | Esikoneistus | Syöttöpään kiinnityspöytä | |
| HK-5531.1 | B | VH-125B.1 | Keskuslevy | Laserleikkaus | UUSI SISÄHALKAISIJA D=145 | DXF |
| HK-5532 | A | 2 | VH-120B.2 Liukuholkki | Esikoneistus | Syöttöpään kiinnityspöytä | |

4.3 Suunnitteluvirheiden kartoittaminen

Risteyshiomakone on kokonaisuutena toimiva ratkaisu, mutta sen joidenkin osien suunnittelussa on parannettavaa varsinkin valmistusystävällisyyden näkökulmasta. Suurimmat suunnitteluvirheet olivat tiedossa heti alussa, mutta niitä tuli vastaan myös projektin edetessä. Projektin edetessä kerättiin lisää tietoa koneen eri osista, jotka ovat joko hankalia valmistaa tai jotka voitaisiin tehdä entistä helpommin jollain toisella tyylillä tai toisesta materiaalista. Tällaisia kohteita kertyikin useampia, ja uusissa piirustuksissa on joitakin muutoksia näiden osien materiaalivalinnan ja rakenteen suhteen.

Todennäköisesti suurimmat yksittäiset uudelleensuunnittelua kaipaavat osat ovat koneen takarunkoon asennettavat tukirullat (Kuva 6). Ne koostuvat kahdesta erilaisesta käsikahvasta, tukilaakerista sekä epäkeskoakselista. Epäkeskoakselit valmistetaan vanhojen piirustusten mukaan sorvissa yhdestä kappaleesta, ja niiden sorvaaminen on tuottanut ongelmia joka kerta, kun risteyshiomakonetta valmistetaan. Lisäongelmia tuottaa se, että kyseisiä akseleita valmistetaan neljä kappaletta jokaista konetta kohti, joten valmistus vie todella paljon aikaa.

Kuva 6. Risteyshiomakoneen epäkeskoakselit (Konepaja Mankinen Oy, n.d.).



Toinen kohde, jonka suhteen voidaan tehdä suunnittelumuutoksia ovat koneen laipalliset kulkurullat (Kuva 7). Niissä rullaosa on aikaisemmin esikoneistettu, jonka jälkeen siihen on hitsattu erikseen valmistettava laippaosa. Tämän jälkeen hitsatulle osalle on suoritettu loppukoneistus. Rullan materiaalihiota sekä valmistustapaa muuttamalla voidaan vähentää työvaiheita ja tätä kautta valmistusaikaa huomattavasti.

Kuva 7. Risteyshiomakoneen laipallinen kulkurulla (Konepaja Mankinen Oy, n.d.).



Myös joidenkin osien materiaali valittiin uudelleen, lähinnä vahvuuden osalta. Tiettyjä runkoputkia, kuten esimerkiksi isoja tukikaaria valmistetaan tulevaisuudessa ohuempiseinäisestä putkesta kuin aikaisemmin, jotta niiden taivutus onnistuu helpommin. Laitteen toiminnallisuuden kannalta ei ole tärkeää, että putket ovat paksuseinäisiä ja lujia, sillä niihin ei kohdistu suuria ulkoisia kuormia. Helposti taivutettavilla, ohuempiseinäisillä runkoputkilla pärjää risteyshiomakoneen tapauksessa aivan yhtä hyvin.

5 Työn toteutus

5.1 Vanhojen komponenttien uudelleensuunnittelu

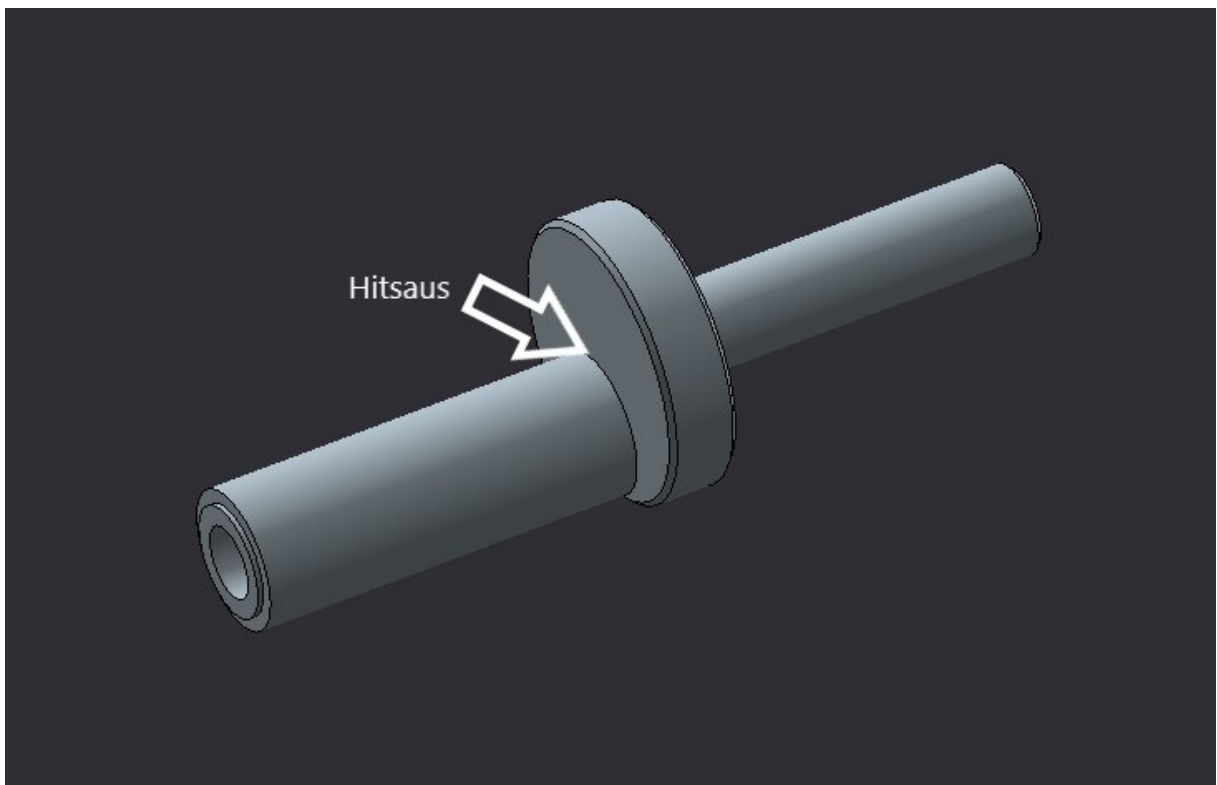
Työn toteuttaminen aloitettiin suunnittelemalla uudelleen vanhoja, valmistettavuuden kannalta ongelmallisia komponentteja. Tavoitteena oli saada aikaan valmistettavuuden kannalta parempia komponentteja. Ohjeistuksena oli keskittyä ainoastaan valmistettavuuteen johtuen risteyshiomakoneiden pienestä valmistusmäärästä. Komponenttien hinnalla olisi enemmän merkitystä, mikäli tuotantoerät olisivat suurempia.

Komponenttien suunnittelussa pyrittiin hyödyntämään kaikkea aiemmin hankittua tietoa liittyen valmistettavuuteen sekä valmistusystävälliseen suunnitteluun.

5.1.1 Takarungon tukirullat epäkeskoakseleilla

Ensimmäinen uudelleensuunnittelun kohde olivat takarungon epäkeskoakseleilla varustetut tukirullat. Akselien sorvaaminen vanhojen piirustusten mukaisesti yhdestä osasta on sorvilla todella työlästä. Sen sijaan ne onkin helpoin valmistaa hitsaamalla yhteen kaksi erikseen sorvattua osaa (Kuva 8). Valmistustapa lisää osan valmistukseen hitsaustyövaiheen, mutta on silti huomattavasti helpompi ja nopeampi tapa valmistaa kappale alusta loppuun. Erikseen sorvattavien osien materiaaliaihiot ovat myös hyvin saatavilla olevaa akseliterästä. Tässä tapauksessa myös materiaalihukka pienenee, sillä vanhasta aihioista piti sorvata suurempi määrä materiaalia pois verrattuna uuteen kaksiosaiseen rakenteeseen. Osan valmistuksesta tulee myös yleisellä tasolla virtaviivaisempi prosessi, kun epäkeskoisuus poistetaan sorvauksesta tehden siitä huomattavasti helpotetun työvaiheen.

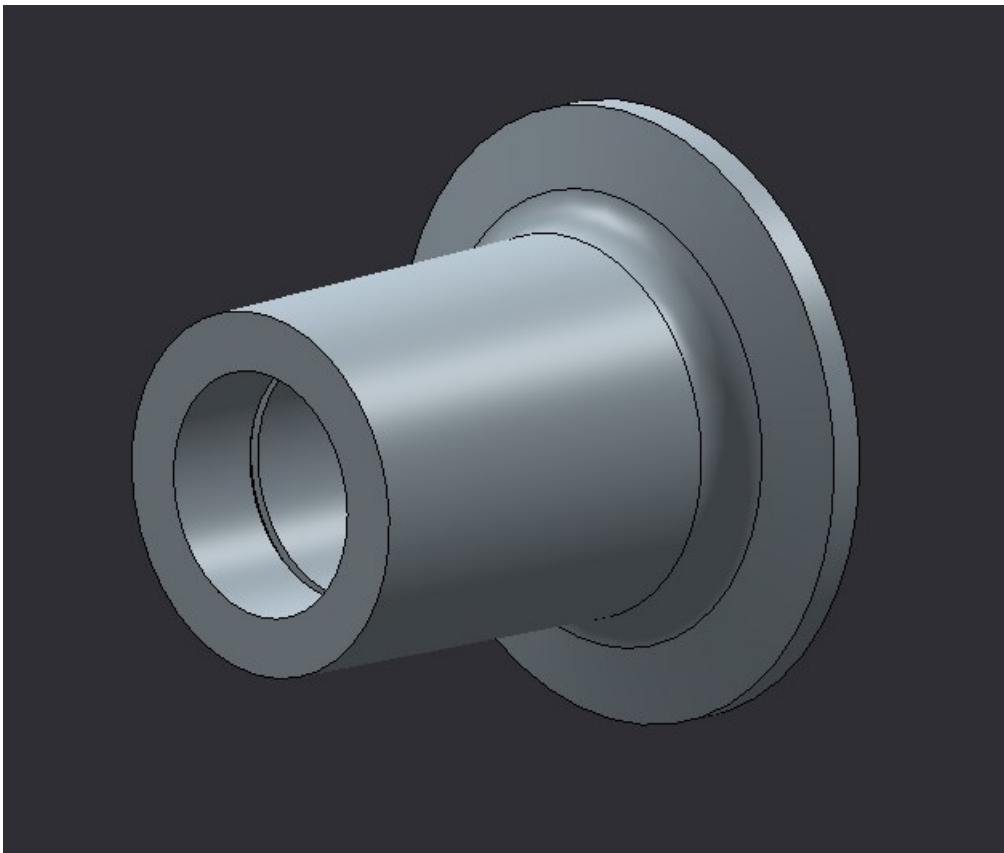
Kuva 8. Epäkeskoakselin uusi valmistustapa.



5.1.2 Risteyshiomakoneen laipalliset kulkurullat

Toinen osa, johon tehtiin suunnittelumuutoksia olivat risteyshiomakoneen laipalliset kulkurullat (Kuva 9). Rullien aihiot on aikaisemmin esikoneistettu, jonka jälkeen niihin on hitsattu erillään koneistettu laippaosat. Tämän jälkeen ne on koneistettu lopulliseen muotoonsa loppukoneistuksessa. Suunnittelussa laipparullien valmistustapaa muutettiin niin, että ne koneistetaan tulevaisuudessa yhdestä kappaleesta. Tämä eliminoi hitsauksen tarpeen kokonaan laipparullien valmistusprosessissa. Materiaalihukka kasvaa jonkin verran, sillä materiaaliaihiota täytyy kasvattaa, jotta halkaisijaltaan rullaosaa paksumpi laippaosat kyetään sisällyttämään koneistukseen. Vaikka materiaalia kuluu enemmän, on uusi valmistustapa valmistettavuuden kannalta huomattavasti järkevämpi vaihtoehto johtuen kokonaisen työvaiheen poistumisesta.

Kuva 9. Risteyshiomakoneen laipallinen kulkurulla.



5.1.3 Rungon rakenne- ja tukiputket

Risteyshiomakoneen rungon putket valmistetaan pääosin katkaisemalla ja taivuttamalla. Alkuperäisissä piirustuksissa on merkitty taivutetuille putkille useita erilaisia taivutussäteitä, mutta Mankiselta saatiin ohjeistukseksi muuttaa kaikkien kyseessä olevien putkien taivutussäde samaksi. Tämä siksi, että Mankisen käytössä olevan putkentaivuttimen taivutuslestin säde on 82 millimetriä. Lesti on putkentaivuttimen osa, joka määrää taivutettavan osan taivutussäteen. Jos kaikkien putkien taivutussäteeksi asetetaan 82 millimetriä, voidaan kaikki taivutukset suorittaa helposti samalla lestillä putkesta riippumatta.

Myös putkien aineenvahvuudessa oli vanhojen ohjeistusten mukaan suuria vaihteluita. Osassa putkia oli myös ohjeistettu käyttämään Mankisen mukaan turhan paksuseinäisiä putkia suhteessa osien käyttökohteeseen ja funktioon. Ohutseinäisemmät putket ovat Mankisen mukaan huomattavasti helpompia taivuttaa putkentaivuttimella kuin paksuseinäiset. Tästä syystä putkien aineenvahvuuksiin tehtiin muutoksia, esimerkiksi isojen, runkoja tukevien kaariputkien seinämäpaksuus muutettiin kolmesta millimetristä 2,5 millimetriin taivutuksen helpottamiseksi.

5.2 3D-mallin tuottaminen

Koska työ tapahtuu käyttämällä Creo Parametric 4.0- ohjelmistoa, alkaa projekti risteyshiomakoneen mallintamisella. Ohjelma luo valmistuspiirustuksiin valmiit projektiokuvat 3D-mallin perusteella, ja kaikki osiin liittyvä tieto löytyy myös mallin sisältä, mikäli mallinnusvaiheessa on annettu esimerkiksi materiaaliin liittyviä tietoja. Jotta mallista tulee tarkka, on risteyshiomakone mallinnettava osa osalta. Mallintamisen jälkeen osat kokoonpannaan ohjelman avulla kiinni toisiinsa synnyttämään valmis rakenne.

Ohjelmalla on mahdollista tehdä malleista myös itsestään muokkautuvia esimerkiksi sitomalla mittoja toisiinsa. Toisin sanoen, mikäli jotain tiettyä mitta kasvattaa, kasvavat muut mitat samassa suhteessa muutettuun mittaan nähden. Tämä helpottaa suurten kokoonpanojen käsittelyä 3D-mallinnuksessa. Tällaista mallinnustapaa kutsutaan parametriseksi mallintamiseksi. (Brunelli, 2017)

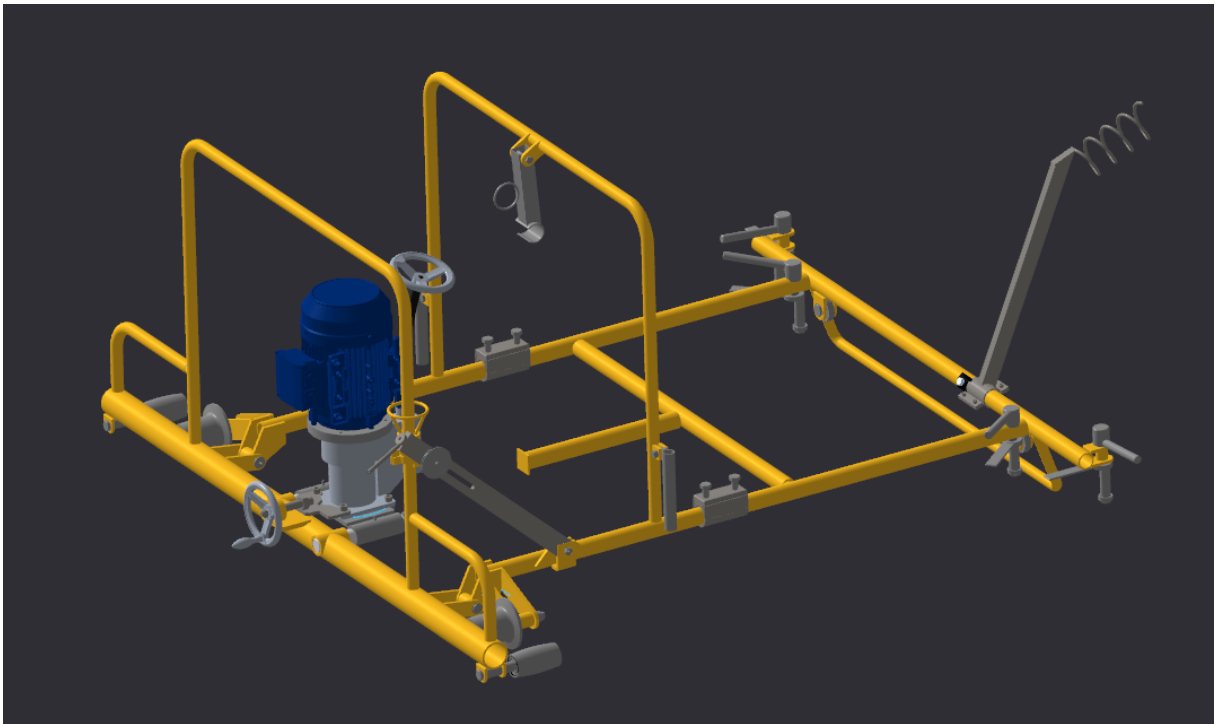
Vaikka käytössä oleva mallinnusohjelma kykenee myös parametriseen mallintamiseen, ei siihen risteysiomakoneen tapauksessa ole tarvetta. Mankinen käsittelee ratatyökoneiden valmistusdokumentteja ainoastaan 2D-muodossa, joten ajan käyttäminen mallin tekemiseen parametrisesti olisi turhaa työtä, sillä sitä ei voitaisi hyödyntää lainkaan tulevaisuudessa. Valmiisiin piirustuksiin liitetään myös Mankisen oma dokumenttipohja, johon Creo ei osaa tuoda malliin sisällytettyjä tietoja. Täten osien ja kokoonpanojen mallit sisältävät ainoastaan oikean geometrian ja mitat, jotta valmistuskuvista tulee niiden suhteen oikeanlaiset.

Mankisen tarjoamaa Excel-osaluetteloa käytetään pohjana mallinnuksessa, ja kaikki osat mallinnetaan järjestyksessä sen mukaisesti. Luettelosta puuttuvien, sekä mittojen ja rakenteen suhteen epäselvien osien mallintamiseen saatiin apua Mankisen työnjohtajalta. Mallinnusprosessissa tuli huomioida myös se, mitkä kaikki piirteet sisällytetään kussakin vaiheessa osan malliin. Tällaisia piirteitä ovat esimerkiksi levyihin tai putkiin poratut reiät, jotka porataan todellisuudessa vasta hitsaamisen jälkeen, ei vielä osan valmistusvaiheessa. Näin ollen kyseisten osien itsenäisissä koneistusmalleissa tällaisia reikiä ei vielä ole.

Osto-osien tapauksessa mallinnustyötä helpottaa se, että monet tarvittavista osto-osien 3D-malleista ovat saatavilla internetistä sekä käytettyyn Creo-lisenssiin sisältyvästä mallikirjastosta. Tällaisia osia ovat esimerkiksi erilaiset kiinnitystarvikkeet, käsipyörät ja laakerit. Koska näitä osia ei itse valmisteta, ei niiden valmistusta tukevia malleja ja kuvia tarvitse erikseen tehdä, vaan ne sisällytetään vain valmiiseen kokoonpanomalliin sekä osaluetteloon. Osakokoonpanojen kasaamista koneen varsinaisessa valmistuksessa helpottaa, mikäli kaikki tarvittavat osto-osatkin ovat mallissa oikeilla paikoillaan.

Tarvittavien osien mallintamisen jälkeen osat liitetään osakokoonpanoiksi. Osakokoonpanot liitetään vielä toisiinsa muodostamaan risteysiomakoneen valmis malli (Kuva 10). Tuloksena syntyneessä valmiissa kokoonpanomallissa kaikki osat ovat halutuilla paikoillaan. Tähän sisältyvät myös kaikki kiinnitystarvikkeet kuten ruuvit, mutterit ja aluslaatat.

Kuva 10. Valmis kokoonpanomalli.



5.3 Päivitettyjen ja digitalisoitujen valmistuspiirustusten laatiminen

5.3.1 Piirustusten tehtävä ja tavoite

Mallintamisprosessin jälkeen malleista luodaan geometrian ja mittojen perusteella kaksiulotteiset valmistus- hitsaus- ja kokoonpanopiirustukset. Jokaisesta valmistettavasta kappaleesta luodaan oma osakuvansa, sekä osa- ja pääkokoonpanoista kuvat tarvittavine merkintöineen rakenteiden hitsausta ja kasausta varten. Tavoitteena on tuottaa täydelliset kuvat, joissa on kaikki tarvittava tieto risteyshiomakoneen valmistamiseksi raaka-aineista ja ostettavista osista valmiiksi tuotteeksi. Piirustusten tulisi olla sellaiset, että missä tahansa toisessakin alan vastaavassa yrityksessä kyettäisiin niiden perusteella valmistamaan samanlainen risteyshiomakone täsmälleen samalla tavalla.

Valmistuskuvien tulisi olla oikeaoppisesti tehtyjä, yksikäsitteisiä sekä selkeitä. Niiden tärkein tavoite on se, että kappale kyetään niiden perusteella valmistamaan oikein. Piirustuksissa tulee olla vain pakolliset merkinnät, ja ne tulee tehdä koneenpiirustusten sääntöjen

mukaisesti. Yleiset käytänteet ja suurimmaksi osaksi standardit ohjeistavat kaikkien erilaisten piirustusmerkintöjen oikeaoppisen käytön koneenpiirustuksissa. (Pere, 2016, ss. 1-4)

Tässä työssä käsitellään yleisimpiä ja tärkeimpiä risteyshiomakoneen piirustusten laatimisessa käytettäviä koneenpiirustuksen merkintöjä ja niiden oikeaoppimisia merkitsemistapoja. Näitä ovat esimerkiksi mitoitus, toleranssit ja sovitteet sekä hitsattaviin rakenteisiin lisättävät hitsausmerkinnät. Lisäksi käsitellään hieman kokoonpanopiirustuksiin sisällytettävää osaluetteloa ja sen sisältöä.

5.3.2 Erilaisten piirteiden esittäminen koneenpiirustuksissa

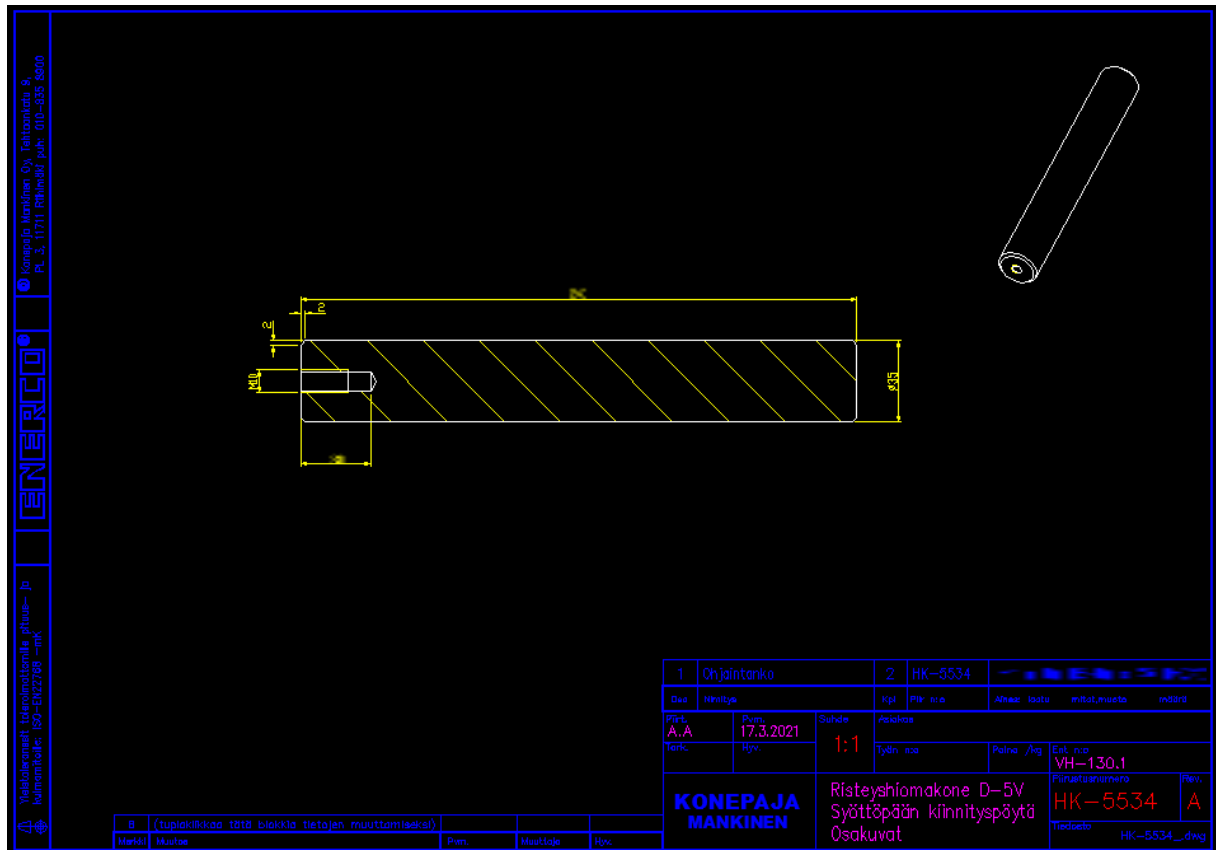
Koneenpiirustuksissa on esitetty kaikki oleellinen osien ja kokoonpanojen valmistuksessa ja kasaamisessa tarvittava tieto. Piirustukset toimivat ensisijaisesti valmistusohjeina, ja mitä selkeämpi piirustus on, sitä pienemmällä todennäköisyydellä se valmistetaan väärin. Kuvien eri piirteistä yksi tärkeimpiä on mitoitus. Erilaisten kuvakulmien ja mitoituksen avulla määritetään esineen muoto ja koko. Mittojen antamisessa tulee ottaa huomioon osan tai laitteen toiminnan, valmistuksen ja tarkastuksen asettamat vaatimukset. (Pere, 2016, s. 110)

Uudet CAD-ohjelmistot osaavat asettaa mittojen esitystyylin lähes automaattisesti oikein, mutta suunnittelijan vastuulle jää osoittaa, mitkä mitat piirustuksessa esitetään. Myös mittojen sijoittaminen selkeästi kuuluu suunnittelijan tehtäviin. Mitat tulisi sijoittaa niin, että ne on helposti luettavissa piirustuksesta. Ne tulisi myös sijoittaa riittävän kauas toisistaan, eikä mittaviivoja saa laittaa päällekkäin. Näillä ohjeilla piirustuksesta tulee yleisesti selkeämpi. Käytössä olevien standardien mukaisesti mitat esitetään yleisesti lukuarvoina, pituuden yksikkönä mm (millimetri). Erilaisten kulmien suuruus merkitään kuviin astelukuna. (Pere, 2016, ss. 117,120)

Kuvassa 11 on esitetty erään risteyshiomakoneen osan valmistuskuva, jossa mitoitus on tehty yleisesti käytössä olevien mitoitussääntöjen mukaisesti. Osan kuvaamiseen on käytetty myös niin kutsuttua kokoleikkausta, jossa koko kappale leikataan piilossakin olevien piirteiden esittämiseksi mahdollisimman tarkasti (Pere, 2016, s. 93). Osa mitoista on

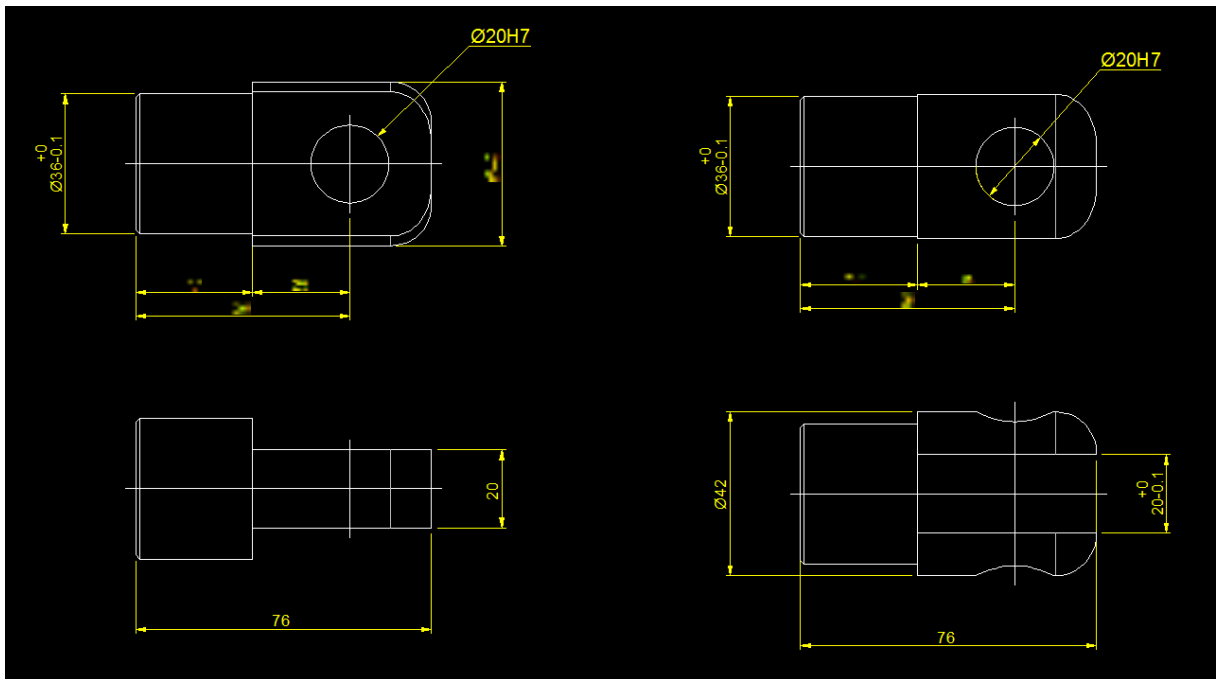
Mankisen toiveesta peitetty risteyshiomakoneen valmistuskuvista tässä työssä, sillä opinnäytetyön ei ole tarkoitus toimia koneen tai sen osien valmistusohjeena.

Kuva 11. Risteyshiomakoneen osan mitoitus (Konepaja Mankinen Oy, 2021).



Mittoja voidaan myös toleroida erikseen piirustuksessa, mikäli sille on rakenteen toimivuuden kannalta tarvetta (Kuva 12). Tällaisia kohteita ovat usein esimerkiksi erilaiset akselit ja tapit sekä reiät, johon ne asennetaan. Mittaluvun perään voidaan kirjoittaa toleranssiluokka, jonka mukaan sallitut poikkeamat todellisessa mitassa määräytyvät. Toleranssiluokan määräämät rajamitat tulee tässä tapauksessa katsoa taulukosta. Kuvassa voidaan myös ilmoittaa suoraan sallitut poikkeamat lukuarvoina mittaluvun perässä.

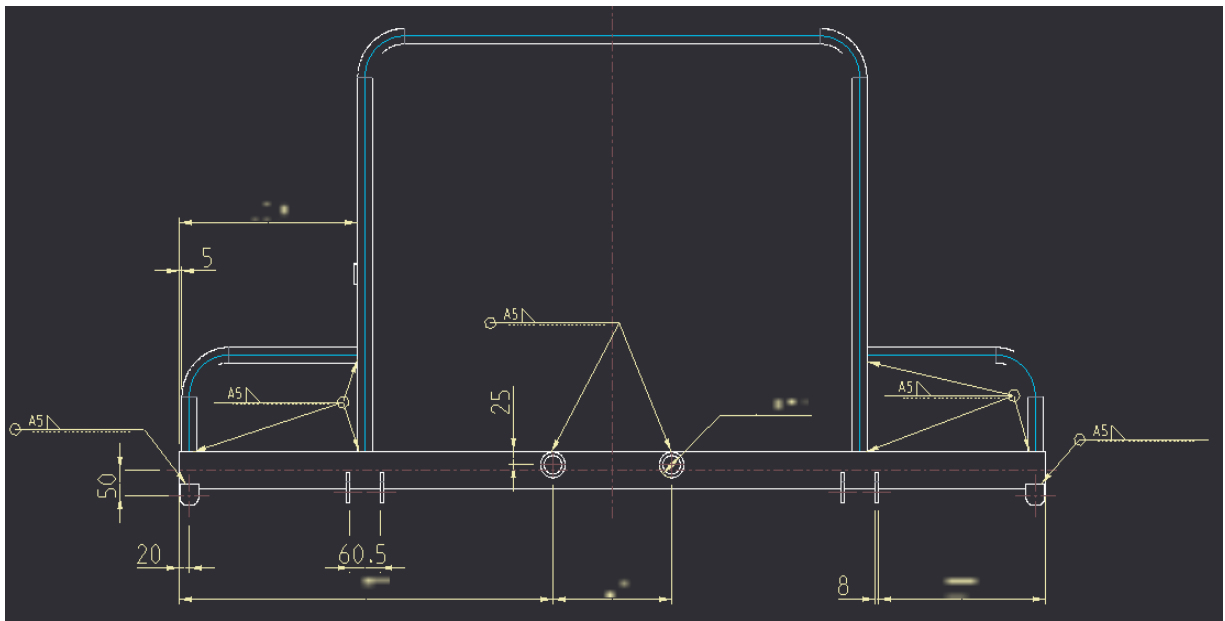
Kuva 12. Toleroituja mittoja piirustuksessa (Konepaja Mankinen Oy, 2021).



Risteyshiomakoneessa on paljon hitsaamalla valmistettavia rakenteita. Näin ollen on tärkeää, että valmistuspiirustuksista löytyy tarvittavat hitsausta koskevat merkinnät. Hitsausmerkeistä käy ilmi esimerkiksi hitsin sijainti, tyyppi, pituus sekä hitsisauman paksuus. Pienahitsin mitat voidaan ilmoittaa käyttämällä joko a- tai z-mittaa. A-mitalla tarkoitetaan hitsin sisään piirretyn tasakylkisen kolmion korkeutta, jonka kyljet yhtyvät hitsausraillon kylkiin. Z-mitalla tarkoitetaan pienahitsin kyljen leveyttä. (Pere, 2016) Mankisen käytössä oleva merkintätapa on käyttämällä a-mittaa hitsin mitoittamiseen. Erilaisten hitsattujen liitosten merkitsemisestä oikein piirustuksiin löytyy ohjeistus standardista SFS-EN ISO 2553:2019.

Kuva 13 esittää erästä risteyshiomakoneen hitsauskokoontana. Kyseisen kokoonpanon tapauksessa kaikki hitsit ovat hitsattu osoitettujen kappaleiden ympäri, joten niille ei tarvitse antaa erikseen pituusmittaa.

Kuva 13. Hitsausmerkintöjä piirustuksessa (Konepaja Mankinen Oy, 2021).



5.3.3 Piirustusten digitalisointi

Piirustusten suhteen suurimpiin muutoksiin kuuluu myös niiden digitalisointi. Digitalisoinnilla tarkoitetaan tiedon tallentamista, siirtämistä ja käsittelyä sellaisessa muodossa, jota tietokoneet ymmärtävät (Larjovuori, n.d.). Risteyshiomakoneen tapauksessa digitalisoinnilla tarkoitetaan vanhojen, paperisten valmistuspiirustusten muuntamista täysin digitaaliseen muotoon. Alkuperäiset kuvat arkistoidaan sen varalta, että niitä joskus tarvitaan, mutta laite on tarkoitettu tulevaisuudessa valmistaa pelkästään digitaalisten valmistuspiirustusten perusteella. Piirustusten tallentaminen sähköiseen muotoon mahdollistaa esimerkiksi niiden muokkaamisen helposti jälkikäteen, mikäli niihin on tarvittavaa tehdä muutoksia esimerkiksi raaka-ainemateriaalien suhteen. Niitä voidaan myös tarvittaessa jakaa helposti eteenpäin sähköisessä muodossa.

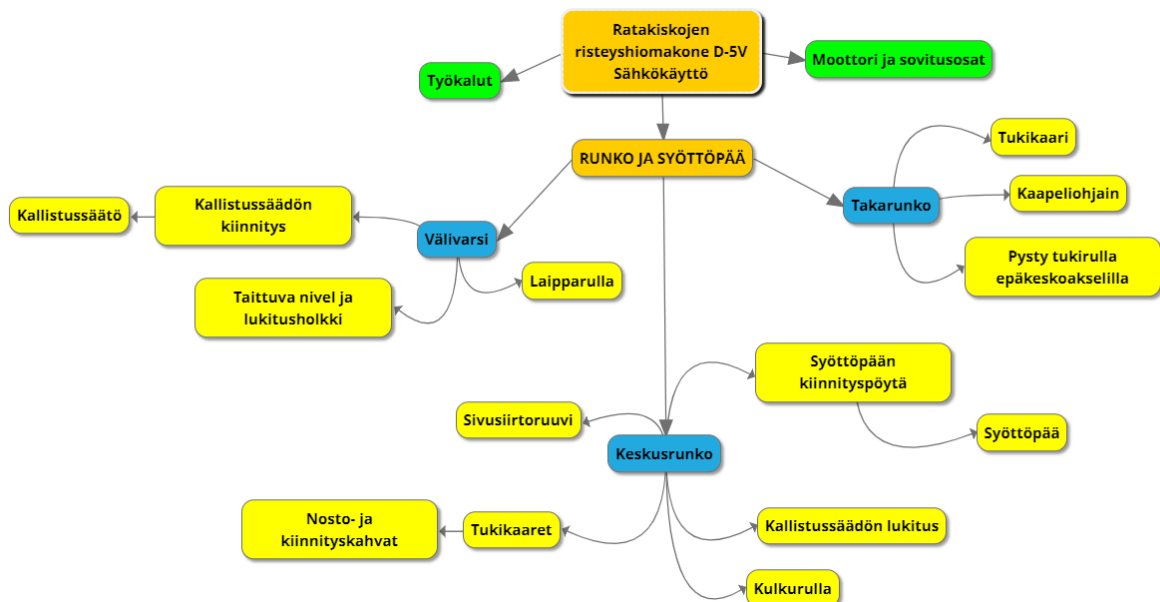
5.4 Piirustusten organisointi osakokoonpanoittain

Koska risteyshiomakoneessa on paljon osia ja näistä muodostuvia osakokoonpanoja, tulee osakuvien lisäksi laatia myös tarvittavat osakokoonpanokuvat. Risteyshiomakoneen tapauksessa yksittäiset osat ovat yleisesti sen verran yksinkertaisia, että osakuviissa koneistus- ja hitsausmerkinnät on osittain esitetty samassa kuvassa. Kokoonpanopiirustuksia

voi sen sijaan selkeyttää tekemällä erikseen hitsauskokoontanokuvat ja pääkokoontanokuvat. Hitsauskokoontanokuvissa esitetään ainoastaan hitsatut rakenteet ja hitsaustyötä varten tarvittavat merkinnät ja mitat. Pääkokoontanossa osat on jo hitsattu toisiinsa, ja lisäksi hitsauskuviin ovat esimerkiksi erilaiset kiinnitystarvikkeet. Pääkokoontanossa ei anneta pakollisten asennusmittojen lisäksi mitään ylimääräisiä mitoituksia, sillä osien paikka selviää jo osakokoontanokuvista.

Risteyshiomakoneen tapauksessa valmiit piirustukset lajitellaan piirustusluetteloon tiettyyn järjestykseen sen mukaan, missä kuvatut rakenteet sijaitsevat kokoonpanossa. Piirustukset numeroidaan yksilöllisesti juoksevalla numerolla. Täyden kokoonpanokuvan alle tulevat järjestyksessä kaikki osakokoontanot, ja näiden alle kuhunkin osakokoontanoon sisältyvät yksittäiset komponentit. Organisoimisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että piirustukset on ryhmitelty johdonmukaisesti ja niiden järjestys on ennakkoon määritelty. Myös osakuvien yksilöllisestä piirustusnumerosta selviää, mihin kokoonpanoon kyseinen osa kuuluu ja monesko kokoonpanon osa on kyseessä. Kuvassa 14 on havainnollistettu risteyshiomakoneen runkorakennetta ajatuskarttamallia hyödyntäen.

Kuva 14. Risteyshiomakoneen runkorakenne.



5.5 Piirustusten linkittäminen verkkokirjastoon

Valmiit piirustukset tallennetaan niiden järjestelyn jälkeen Mankisen omalle verkkolevylle. Mukaan tallennettavaan, sähköiseen osalistaan lisätään linkit verkkolevyllä oleviin tiedostoihin, jolloin kaikki valmistuskuvat löytyvät helposti ja nopeasti ainoastaan osalistan avaamalla. Kokoonpanokuvissa eri osien kuvanumerot on myös merkitty osalistaan, jolloin kokoonpanon sisäisten komponenttien erilliset kuvat ovat helposti saatavilla osien valmistusta ja mahdollisia tarkistusmittauksia varten.

6 Tulosten analysointi

6.1 Suunnittelumuutosten vaikutusten tarkastelu

Kuten Mankisen edustaja esitti haastattelussa, näkyvät suurimmat suunnittelumuutosten aiheuttamat vaikutukset risteyshiomakoneen valmistusprosessissa. Uudet osat on aiempaa helpompi valmistaa, ja etenkin kokoonpantavuus ja hitsaus helpottuvat huomattavasti aiempaa selkeämpien piirustuksien ansiosta. Tiettyjen osien, esimerkiksi epäkeskoakseliön tapauksessa valmistusaika lyhenee niin paljon, että se vaikuttaa sen kautta myös valmistuskustannuksiin. Kustannukset pienenevät siitä huolimatta, että joissain uudelleensuunnitelluissa rakenteissa materiaalia käytetään enemmän, sillä säästö valmistusprosessin työajassa on niin merkittävä.

6.2 Organisoitu piirustuskirjasto valmistuksen tukena

Verkkokirjaston ja piirustusten organisoimisen suurimpia hyötyjä ovat kuvien helppo löytäminen ja järjestyksen säilyminen. Risteyshiomakoneen paperiset kuvat olivat useimmiten vain paksussa pinossa, josta oikea kuva piti löytää papereita selaamalla ja otsikkotaulun piirustusnumeroita katsomalla. Uudet, digitaaliset kuvat löydetään nopeasti ja vaivattomasti aina tarpeen vaatiessa. Mankisen mukaan piirustusten organisoitu ja digitalisoitu kirjasto nopeuttaa ja helpottaa huomattavasti varsinkin valmistusprosessin aloittamista. Tästä on suuri hyöty, vaikka laitteiden valmistusmäärä onkin vuosittain pieni.

7 Pohdinta ja johtopäätökset

7.1 Ongelmanratkaisu suunnittelussa

Risteyshiomakoneen suunnitteluvaiheessa tuli vastaan lukuisia pieniä asioita, joiden ratkaisemisessa oli käytettävä ongelmanratkaisua ja etsittävä sopivia kompromisseja. Suurimmat ongelmat syntyivät siitä, etteivät vanhat piirustukset olleet kaikilta osin täydellisiä. Myös työstötavat sekä työkalut ovat ajan saatossa muuttuneet, ja ne vaikuttivat omalta osaltaan siihen, kuinka uudet kuvat tulisi laatia. Vaikka piirustuksien suhteen olikin puutteita, Mankisen työnjohtaja sekä tuotantopäällikkö toimivat yhdessä laitetta kokoonpanevien työntekijöiden kanssa hyvänä ohjeistajana sen suhteen, kuinka laitteen valmistus todellisuudessa toteutetaan. Heidän avullaan sain ratkaistua erilaiset suunnittelussa vastaan tulleet rakenne- ja toiminnallisuuskysymykset. Ongelmanratkaisun pääteemana säilyi edelleen laitteen hyvä valmistettavuus käytössä olevin työkaluin ja työmenetelmin.

7.2 Kehitysideoita

Risteyshiomakonetta ja sen suunnittelua voisi varmasti jatkojalostaa vielä pidemmälle. Näin olisi varmasti jo tehtykin, mikäli konetta valmistettaisiin vuosittain suuremmissa erissä. Koneen rakenteessa voitaisiin käyttää entistä suurempaa määrää standardisoituja osto-osia, sekä koneen osamäärää voitaisiin varmasti vielä pienentää uudelleensuunnittelemalla olemassa olevia komponentteja lisää. Osamäärän pienentämisessä tulisi kuitenkin huomioida myös valmistettavuus. Ei ole järkevää suunnitella uudelleen osaa, jossa osamäärää saadaan hiukan pienennettyä, mutta valmistusaika- tai kustannukset kasvavat suuresti. Näiden asioiden suhteen tulisi löytää jonkinlainen sopiva tasapaino.

Risteyshiomakoneeseen voitaisiin myös rakentaa jonkinlainen vetojärjestelmä, jotta se saataisiin liikkumaan kiskojen päällä itsestään halutulla nopeudella. Tämä vähentäisi mekaanisen työn tarvetta konetta käytettäessä, mutta tekisi risteyshiomakoneen rakenteesta suurella todennäköisyydellä huomattavasti monimutkaisemman sekä kalliimman valmistaa. Tällöin jäisi asiakkaan ja käyttäjien vastuulle arvioida, toisiko edellä

mainitun kaltainen ominaisuus koneeseen niin paljon lisäarvoa tuottavuuden kannalta, että siitä olisi järkevää maksaa lisähintaa.

Työn kannalta olisi ollut myös hyvä päästä näkemään risteyshiomakoneen käyttöä ratatyömaalla. Tämä olisi avannut uusia näkökulmia laitteen suunnittelussa, kun laitteen operointia olisi voinut seurata käytännössä. Tämä olisi myös mahdollistanut kysymysten esittämisen koneen käyttäjille liittyen risteyshiomakoneen rakenteen ja suunnittelun kehittämiseen käyttäjän näkökulmasta.

7.3 Kehittyminen koneensuunnittelussa

Koneensuunnittelijana tällä työllä on ollut suuri merkitys varsinkin sen suhteen, kuinka rutinoitunutta työskentely on. Työn tarkkuus ja nopeus kasvoivat koko ajan projektin aikana, kun itsevarmuus kasvoi ja työn tekemisestä tuli rutiinin omaista. Tämä oli työn tekijälle myös ensimmäinen laaja koneensuunnitteluprojekti, joka opetti esimerkiksi kokoonpanojen käsittelyä CAD-suunnittelussa. Aiemmat kokemukset koneensuunnittelusta ovat käsittäneet yleensä vain muutamasta osasta koostuvia kokoonpanoja, tai vain yksittäisten osien suunnittelua ja mallintamista. Työssä oppi myös erityiseen huolellisuuteen etenkin kuvien luomisessa. Tämä on ensimmäinen kerta, kun työn tekijän laatimien valmistuspiirustuksien perusteella konkreettisesti valmistetaan jotain. Täten kuvien virheellisyydellä tai puutteellisuudella voisi olla suuret negatiiviset vaikutukset laitteen valmistusprosessissa.

Projektin aikana oppi myös lisää siitä, mitä on mahdollista valmistaa ja mitä ei. Suuri painotus valmistettavuuteen antoi paljon ohjeita sen suhteen, mikä on järkevin tapa suunnitella kukin osa niiden käyttötarkoitus ja valmistustapa huomioiden. Vaikka työssä ei opeteltu tekemään suunnittelua mahdollisimman kustannustehokkaasti, on sillä suuri vaikutus hyvien suunnittelun periaatteiden oppimisessa ja hyödyntämisessä etenkin käytännöllisyyden ja valmistettavuuden näkökulmasta. Tämä on tärkeä taito sen lisäksi, että tuntee mallinnuksen sekä koneenpiirustuksen peruseriaatteet ja ohjeistukset.

7.4 Työn tulosten vaikutus ammatilliseen kehitykseen

Projektilla on varmasti suuri positiivinen merkitys kehittämisessä ammatillisena osaajana. Työelämälähtöisyys oli yksi avainasioista työn edetessä, ja kaikki työssä käytetyt teoriat ja opit on sidottu vastaamaan oikeisiin työelämän haasteisiin käytännössä. Tärkeimpiin asioihin kuuluivat havainnot siitä, kuinka suuri vaikutus hyvällä suunnittelutyöllä on erilaisten koneiden ja laitteiden valmistusprosessin kannalta.

Ammatillisen kehityksen kannalta isona osana nousi esiin myös kommunikaatio ja sen tärkeys työyhteisössä. Työn tulosten saavuttamisen kannalta oli tärkeää, että kommunikaatio toimi työn tekijän ja varsinkin lähimpien esimiesten välillä saumattomasti. Oli myös tilanteita, joissa työn tuloksia ja erilaisia ratkaisuja tarkasteltiin yhdessä työntekijöiden kanssa. Kommunikointi työntekijöiden kanssa opetti kykyä tarkastella eri näkökulmia työn aikana parhaiden mahdollisten tulosten saavuttamiseksi.

Lähteet

- Brunelli, M. (2017). *Parametric vs. Direct Modeling: Which Side Are You On?* PTC.
<https://www.ptc.com/en/blogs/cad/parametric-vs-direct-modeling-which-side-are-you-on>
- Conseptas Oy. (n.d.). *DFM, DFA ja mitä näitä kaikkia nyt sitten on.*
<https://mekaniikkasuunnittelu.com/dfm-dfa-ja-mita-naita-kaikkia-nyt-sitten-on/#:~:text=DFA%3A%20Design%20for%20assembly%2C%20jolloin,ja%20kiinnityssuuntien%20k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%A4%20pyrit%C3%A4n%20minimoimaan>
[n.](#)
- Kauppinen, K. (2010). *Valmistuksen huomioonottamienn suunnittelussa, kun tuote kokoonpannaan hitsaamalla* [Kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto].
<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/59257/nbnfi-fe201002191392.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Kauppinen, M. (2011). *Ratakiskon elinkaari* [Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto].
https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2011-01_ratakiskon_elinkaari_web.pdf
- Konepaja Mankinen Oy. (2013). *Mankinen.fi*. <https://mankinen.fi/>
- Larjovuori, R.-L. (n.d.). *Mitä digitalisoida ja miksi?* <https://projects.tuni.fi/digisyke/miksi-digitalisoida/>
- Lukkari, J. (2000). Hitsien laatu ja hitsausvirheet. *Hitsausuutisissa julkaistut artikkelit, osat 1-5.*
https://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/hitsien_laatu_ja_hitsausvirheet.pdf
- Motot.net. (2012). *Laakerit*. <http://www.motot.net/wiki/Laakerit>
- Pere, A. (2016). *Koneenpiirustus 1&2* (Kahdestoista painos p.). Kirpe Oy.
- Piironen, T. (2013). *Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen.* [Opas, Savonia-ammattikorkeakoulu].
<http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (n.d.). *Teemahaastattelu*.
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html
- SFS-EN ISO 13920 (1996). *Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti.* SFS Online.

SFS-EN ISO 2553:2019 (2019). *Hitsaus ja sen lähiproessit. Piirustusmerkinnät.*

Hitsausliitokset. SFS Online.

SFS-EN 22768-1 (1993). *Yleistoleranssit. Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja*

kulmamittojen toleranssit. SFS Online.

Wikimedia Commons. (2013). *Fillet Weld Notation.*

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fillet_Weld_Notation.png