



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BIOMASSAN KULJETUSKORIEIN KOKOONPANON KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

TEKIJÄ Tomi Jetsonen

Koulutusala	
Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma	
Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t)	
Tomi Jetsonen	
Työn nimi	
Biomassan kuljetuskorien kokoonpanon kehittäminen	
Päiväys	Sivumäärä/Liitteet
23.04.2023	36/5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)	
Kome Oy	
Tiivistelmä	
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Kome Oy:n biomassan kuljetuskorien kokoonpanoa sekä niiden suunnittelun osuutta. Yksi tärkeimmistä tavoitteista oli muuttaa osia tai toimintatapoja niin, että kuljetuskorien kokoonpano tapahtuisi 30 % nopeammin verrattuna nykyhetkeen. Kome Oy:n tuotevalikoiman komposiitista valmistetut biomassan kuljetusvaunut ovat pääasiassa turpeen ja puuhakkeen kuljetukseen tarkoitettuja.</p> <p>Työn aihe oli peräisin toimeksiantajayrityksen toimitusjohtajalta Jani Kortelaiselta. Opinnäytetyön tekijä oli mukana kuljetuskorien kokoonpanossa eri työvaiheissa selvittämässä tuotannon ja kuljetuskorien osien ongelmakohtia. Ongelmia etsittiin tuotannon eri vaiheita seuraamalla ja osallistumalla niihin sekä tekemällä kyselyjä tuotannon henkilöstölle. Osiin ja toimintatapoihin, joissa ilmeni ongelmia, etsittiin ratkaisuja erilaisin keinoin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville koritehtaan kokoonpanotuotannon ja suunnittelun tämänhetkiset hankaluudet toimeksiantajayrityksessä. Opinnäytetyössä esitellään tuotannon ja suunnittelun ongelmakohtiin kehitysehdotuksia. Lopullinen päätös kehitysehdotusten käyttöönotosta jää toimeksiantajayrityksen vastuulle.</p>	
Avainsanat	
Tuotekehitys, Tuotannon kehitys	

Field of Study	
Technology, Communication and Transport	
Degree Programme	
Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s)	
Tomi Jetsonen	
Title of Thesis	
Development of the Assembly of Biomass Transport Trailers	
Date	23 April 2023
Pages/Appendices	36/5
Client Organisation /Partners	
Kome Ltd	
Abstract	
<p>The aim of the thesis was to develop the assembly of Kome Ltd's biomass transport trailers and their design process. One of the main reasons for this thesis was to change or modify parts or methods of operation so that the assembly of trailers would be 30 % faster compared to the present. Kome Ltd's product range of composite biomass transport wagons is mainly intended for the transport of peat and wood chips.</p> <p>The topic of the work came from the CEO of Kome Ltd, Jani Kortelainen. The author of the thesis was involved in the assembly of the transport trailers in different work phases to find out the problem areas of the production. Problems were also looked for by conducting interviews with other employees. The problem areas were solved with the most suitable working methods and by modifying parts.</p> <p>As a result of the work, the current difficulties in the assembly production and design in the client company were found out. The thesis presents development proposals for problem areas in production and planning. The final decision on the implementation of development proposals remains the responsibility of the commissioning company.</p>	
Keywords	
Product development, Production development	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN TAUSTA.....	7
2.1	Aihe ja tavoite.....	7
2.2	Rajaus.....	8
2.3	Ontelokomposiitti .....	9
2.4	Ketjupurkavan biomassan kuljetuskorin rakenne.....	9
3	TUOTEKEHITYKSEN PERUSAJATUS .....	10
4	TYÖN ETENEMINEN .....	12
4.1	Alkutilanne.....	12
4.2	Havaitut epäkohdat kokoonpanotuotannossa .....	13
4.3	Havaitut epäkohdat suunnittelussa .....	21
4.4	Havaittujen epäkohtien parannusehdotukset.....	23
5	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....	28
5.1	Korigrilli.....	28
5.2	Suunnittelun jatkokehitysehdotukset .....	29
6	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET .....	32

## KUVALUETELO

Kuva 1. Biomassan kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvoyhdistelmä. (Kome Oy, julkaisuaika tuntematon.) .....	8
Kuva 2. Tuotekehitysprosessi.....	11
Kuva 3. Koritehtaan kokoonpanon yksinkertaistettu layout.....	12
Kuva 4. Kahteen osaan leikattu korin sisäpuolinen vahvikelevy. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).....	15
Kuva 5. Tyhjä komposiittikori nostettuna pukkien päälle pohjapeltien ja alaprofiilien asennusta varten. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).....	16
Kuva 6. Pitkät profiilit jäävät helposti irti korin pinnasta. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY) .....	17
Kuva 7. Ylä- ja alaprofiilit vääntyilevät herkästi. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).....	18
Kuva 8. Alaprofiilin muoto ja hapettunut pinta. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY) .....	19
Kuva 9. Yläprofiilien asennus nosturin avulla paikalleen. Profiileihin on kiinnitetty liimapuristimet, jotka on yhdistetty ketjulla nosturiin. Jotta pitkä profiili saadaan nostettua tasaisesti ylös, on sen tasapainotus tarkkaa. Tasapainotus toteutetaan ketjun pituutta muuttamalla. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).....	21
Kuva 10. Osia väärän kansion alla.....	22
Kuva 11. Etuseinän metalliosia asennettuna komposiittikoriin. Seuraava työvaihe puuttuvien osien asentaminen ja osien hitsaaminen yhteen saksinosturin avulla. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY) .....	24
Kuva 12. Katon poikittaispuomien kiinnikkeet. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).....	25
Kuva 13. Maalattuja ja pinnoitettuja osia hitsattu. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY) .....	26
Kuva 14. Esimerkki korigrillistä. (Tufflift julkaisuaika tuntematon.).....	28
Kuva 15. 3D-mallinnettu hahmotelma komposiittikorin korigrillin takapäen kääntäjästä .....	29

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Kome Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena on biomassan kuljetuskorien kokoonpanon kehittäminen. Opinnäytetyössä käsitellään myös komposiittikorien suunnittelun ongelmakohtia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi tuotekehitystoiminnan ja sen kehittämisen perusajatus ja kerrotaan toimeksiantajayrityksen ja opinnäytetyön taustasta sekä turve- ja hakeperävaunujen valmistusmateriaaleista ja niiden kokoonpanosta. Työn käsittelyosuudessa käsitellään tämänhetkisiä tuotannon ongelmia sekä kokoonpanossa että suunnittelussa ja selvitetään, onko niiden kehittämisen mahdollista tai todellisuudessa kriittisesti ajatellen hyödyllistä. Kokoonpanotuotannosta ja suunnittelun puolelta löydetyille ongelmille etsitään järkevimmät ja perustellut kehitysehdotukset.

Opinnäytetyö tehtiin kevään 2023 aikana.

## 2 TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN TAUSTA

Työn toimeksiantaja on Kome Oy, jossa opinnäytetyön tekijä työskentelee samalla. Kome Oy on alun perin Haapajärveltä kotoisin oleva yritys, joka on erikoistunut kuorma-autojen päällirakenteiden ja perävaunujen valmistamiseen. Tehtailla syntyvät tuotteet valmistetaan räätälöitynä asiakkaiden toiveiden mukaan ja ne täyttävät kaikki tarvittavat vaatimukset, jotta ne ovat turvallisia tieliikenteeseen ja sopivia asiakkaan käyttöön. Kome Oy on vakiintunut yritys, kun puhutaan rohkeista ja monipuolisista ratkaisuksista rakenteissa, joissa on hyödynnetty erikoislujia teräksiä ja komposiittirakenteita. Tuotteet ovat suunniteltu ja rakennettu niin, että ne pysyvät asiakkaan käytössä toimintakunnossa myös rankoissa olosuhteissa, kuten lumessa, pakkasessa ja pitkillä ajosuoritteilla. (Kome Oy julkaisuaika tuntematon.)

Kome Oy:n tuotteisiin kuuluvat sora-, puu-, rahti- ja biomassatuotteet. Edellä mainittujen lisäksi yrityksessä valmistetaan erikoistuotteita, kuten kaivostuotteita. Yrityksen omia tuotemerkkejä ovat KOMÉ, RKP, KOMÉ Composite, BRIAB sekä AKM. (Kome Oy julkaisuaika tuntematon.)

Yritys on perustettu vuonna 1964 ja sen tehtaita sijaitsee nykyisin Haapajärvellä, Iisalmessa, Rautalammillä sekä Mikkelissä. Kaikkiaan yhtiöllä on noin 60 työntekijää. Rautalammin yksikkö, joka on opinnäytetyön tekijän pääasiallinen toimipiste, on keskittynyt komposiitti rakenteisten vaunujen ja korien kokoonpanoon. Rautalammillä Kome Oy:n koritehtaalla työskennellään yhdessä vuorossa arkipäivisin. Kokoonpanon eri työtehtäviä ei ole yksilöity tietyille työntekijöille. (Kome Oy julkaisuaika tuntematon.)

### 2.1 Aihe ja tavoite

Opinnäytetyön aiheena on biomassan kuljetuskorien kokoonpanon kehittäminen. Työn aihe on peräisin yrityksen toimitusjohtajalta Jani Kortelaiselta. Työn suunnitteluvaiheessa selvitetään nykyisen prosessin ongelmia sekä suunnittelussa että kokoonpanossa, jonka jälkeen ongelmakohtiin on tarkoitus keksiä ratkaisuehdotuksia. Biomassan kuljetuskorien osia on alkutietojen perusteella tarkoitus moduloida ja massaräätelöidä helpottamaan uusien korien suunnittelua ja kokoonpanoa.

Biomassasta puhuttaessa tarkoitetaan elollisista orgaanismeista syntynyttä materiaalia, jota käytetään energian tuottamiseen. Tässä opinnäytetyössä puhuttaessa biomassasta, tarkoitetaan pääasiassa puuhaketta ja turvetta. (National Geographic 2022.)

Syitä opinnäytetyön aiheelle on saada tuotannon ja suunnittelun läpimenoaika lyhyemmäksi. Kori- ja alustasuunnittelun osuus on liian paljon aikaa vievää ja sen merkitys näkyy myös tuotannossa, esimerkiksi virheellisinä tai myöhässä tulevina työpiirustuksina.

Yksi tärkeimmistä tavoitteista on saada korien koonta-ajasta 30 % pois. Koonta-aikaa saadaan pois muuttamalla osia niin, että ne ovat paremmin yhteensopivia ja näin ollen saadaan asentajien ylimääräistä työtä vähemmäksi. Koonta-aikaa saadaan laskettua lisäksi paremmilla ja rutiininomaisilla työmenetelmillä.

Tavoitteena on suunnittelun kannalta moduloida osia ja alikokoonpanoja niin, että niitä ei tarvitsisi yksilöidä jokaiseen suunniteltavaan koriin erikseen. Kuvassa 1 on esimerkki biomassan kuljetukseen tarkoitetusta ajoneuvoyhdistelmästä, jotka ovat kehitystyön aiheena.

Opinnäytetyön tavoitteiden nähtiin helpottavan yrityksessä toimivien henkilöiden työtaakkaa. Paremmin yhteensopivat osat vievät ylimääräistä työskentelyaikaa ja vaivaa tuotannosta paljon pois. Suunnittelutyön organisoimisella ja kehittämisellä saadaan etuja, jotka näkyvät myös tuotannossa tasaisempuna laatuina ja vähentyneinä viivästyksinä.



Kuva 1. Biomassan kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvoyhdistelmä. (Kome Oy, julkaisuaika tuntematon.)

## 2.2 Rajaus

Työ on rajattu koskemaan kuorma-autoihin liitettävien biomassan kuljetuskorien päälirakenteita, eli opinnäytetyö ei käsittele suoranaisesti kuljetuskorien alustoja. Alustojen ja päälirakenteiden välisiä rajapintoihin liittyviä asioita käsitellään opinnäytetyössä kevyesti, mutta niihin ei tarkennuta syvemmin. Työtä käsitellään sekä kokoonpanon kannalta, että myös suunnittelun kannalta, sillä molemmissa osa-alueissa on pohjatietojen perusteella kehitettävää.



### 2.3 Ontelokomposiitti

Komposiitista puhuttaessa tarkoitetaan epähomogeenistä kahden tai useamman materiaalin yhdistelmää, jossa materiaalit toimivat yhdessä kuitenkin sulamatta toisiinsa. Komposiitissa on oltava sekä sitova että lujittava materiaali. Sitova materiaali voi olla esimerkiksi hartsi ja lujittava materiaali lasikuitu. (Etteplan, julkaisuaika tuntematon)

Ontelokomposiitti on biomassan kuljetuskorien päärakennusaine. Ontelokomposiittia käytetään varsinaisessa raakakorissa seinissä, ovissa sekä lattiassa. Tietyissä malleissa myös katto voi olla ontelokomposiitista valmistettu. Ontelokomposiittia on tuettu ulkoisesti sekä alumiinisilla, teräksisillä ja ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla osilla. Kome Oy on myös käyttänyt ontelokomposiittia materiaalina lavatuotteissaan. Materiaalin hyviä puolia ovat sen keveys, kestävyys, muotoiltavuus, eristävyys lämmön suhteen, kunnossapitovapaus ja pitkä käyttöikä. Kuormaa kantavissa rakenteissa saavutetaan jopa yli 30 % painonsäästö, jos verrataan ontelokomposiittia perinteisiin rakenteisiin. Tarvittaessa, kuten ajoneuvoyhdistelmän ollessa kolarissa tai kaatuessa ojaan ajossa, sitä on myös mahdollista korjata, ilman että isoja rakenteita tarvitsee vaihtaa kokonaisuudessaan. (Kome Oy julkaisuaika tuntematon.)

Kome Oy käyttää ontelokomposiittia Suomessa ainutlaatuisesti kuljetuskorien rakentamisessa. Yrityksen tapauksessa ontelokomposiittikuljetuskorit ovat tehty muotissa yhdessä osassa, jolloin rakenne on korin vahvuuden ja helppouden kannalta erittäin suotuisa. Koreissa ei myöskään ole yhdestä osasta valmistettaessa ylimääräisiä saumoja ja niissä ei ole puuta tai vaneria pintamateriaaleina, joka vettyisi. Kome Oy:n käyttämien ratkaisujen ansiosta 7-akselisen yhdistelmän omapaino jää alle 20 000 kg. Perävaunut painavat tietyillä mitoilla jopa alle 9000 kg. Suunnittelussa on huomioitu myös lumen tuoma kuorma ja sen kerääntyminen rakenteisiin onkin saatu puolitettua verrattuna vanhoihin malleihin. (KOME Oy, julkaisuaika tuntematon.)

Ontelokomposiitti, jota Kome Oy käyttää raakakoreissaan sisältää uretaaniytimiä, joissa on komposiittina lasikuidusta valmistettu pintakerros päällä. Materiaali on iskutestattu ja sekä lämpö- (1100 °C) että pakkastestattu (-72 °C), joka kertoo ontelokomposiitin monimuotoisista mahdollisuuksista käyttää erityyppisissä käyttökohteissa. Rakenteen sisään on lisätty alumiinivahvikkeita kohdille, joihin esimerkiksi tarvitsee liittää osia pulttiliitoksilla eikä läpipultti ole mahdollinen ratkaisu. Esimerkki, jossa edellä mainitun kaltaista rakennetta käytetään, on kuljetuskorien ovet. (Kome Oy, 2013)

### 2.4 Ketjupurkavan biomassan kuljetuskorin rakenne

Ketjupurkava kuljetuskori koostuu yksinkertaistettuna ontelokomposiitista valmistetusta raakakorista, siihen asennettavista metalliosista, ovista ja kääntyvästä pressukatosta. Irralliset osat kiinnitetään koriin ruuvi- tai niittiliitoksilla osan mukaan. Joitain osia, kuten ylhäällä olevien korin etu- ja takanurkkien osia hitsataan kotelorakenteiksi, kun osat ovat ensin liitetty koriin pulttiliitoksilla. Korin ja

metalliosien välissä käytetään liima-ja tiivistemassaa vahvistamaan liitosta, mutta myös estämään kosteuden pääsyä osien väliin. Liitteessä 1 ketjupurkava kuljetuskori, jossa keltainen iso kokonaisuus on ontelokomposiitista valmistettu raakakori ja harmaat ja tummat osat ovat eri metalleista valmistettuja. Koko korin pituudelta kulkevat ylä- ja alaprofiilit ovat alumiinista valmistettuja. Muut metalliosat ovat valtaosin ruostumatonta terästä ja rakenneterästä. Edellä mainittujen osien lisäksi korissa on hydraulitoimiset pressukatön kääntäjät, korin lattian ympäri kulkevat purkuketjut (LIITE 2) ja mahdollisia lisävarusteita asiakkaiden toiveiden mukaan.

Koriin liitettävien metalliosien tarkoituksena on vahvistaa ja jäykistää korin rakennetta. Joitain metalliosia käytetään myös muiden osien tai kokonaisuuksien kiinnittämistä helpottamaan, kuten esimerkiksi korin alaosissa nurkissa olevia metalliosia, jotka ovat ruuviliitoksella ja koriliimalla raakakorissa kiinni. Kyseiset osat toimivat osina, jotka kiinnittävät korin alustaan paikalleen hitsausliitoksen välityksellä.

### 3 TUOTEKEHITYKSEN PERUSAJATUS

Tuotekehitystoiminnan tavoitteena on parantaa entistä tuotetta tai kehittää kokonaan uusi tuote. Kokonaisuudessaan tuotekehitys on monesta eri vaiheesta koostuva prosessi. Tuotekehityksen tavoitteena on tehdä palveluista tai tuotteista kilpailukykyisiä, jotka täyttävät asiakkaiden vaatimat tarpeet. Tuotteet tai palvelut ideaalisessa tilanteessa hyvän tuotekehityksen pohjalta ovat tuotettu nopealla aikataululla sekä pienillä taloudellisilla kustannuksilla. Tuotekehityksen tulee olla jatkuvaa, jotta tuotteilla tai palveluilla pystytään kilpailemaan muiden vastaavia asioita tuottavien tahojen kanssa. (Jokinen 2010, 9–10.)

Tuotekehitystä voi toteuttaa useammalla olemassa olevalla mallilla. Jokisen (2010, 14) kirjan mallin mukaan tuotekehityshanke sisältää neljä eri toimintavaihetta, jotka ovat käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely.

- Tuotekehitysprosessin käynnistäminen: Sisältää uuden tai kehitettävän tuotteen tai palvelun vaatimusten ja tavoitteiden asettamisen. Tarve tuotekehitysprosessille voi tulla kilpailukykyyn ylläpidosta, uuden tekniikan hyödyntämisestä, entisen tuotteen laadun parantamisesta tai tuotteen valmistusprosessin tehokkuuden optimoinnista. Tieto, jota tarvitaan tuotteen kehittämiseen, on mahdollista saada suoraan asiakkailta tai se todetaan tuotteiden koekäytössä. Asiakkailta tietoa voidaan saada tekemällä kyselyjä, jälleenmyyjän kautta tai heiltä voidaan saada myös suoria reklamaatioita. Tuotantotilanteisiin liittyviä kehitysideoita saadaan tutkimalla esimerkiksi tiettyihin tuotantovaiheisiin kuluva aikaa tai tekemällä kyselytutkimuksia tuotannon työntekijöille. Ennen kuin tuotekehitystä viedään pidemmälle, on tärkeää selvittää huolellisesti prosessin kulut ja saatavat voitot, jotta saadaan tietää, onko tuotekehitystä taloudellisesti kannattavaa jatkaa pidemmälle. Jos tuotekehitysprosessia päätetään jatkaa joko uuden tuotteen

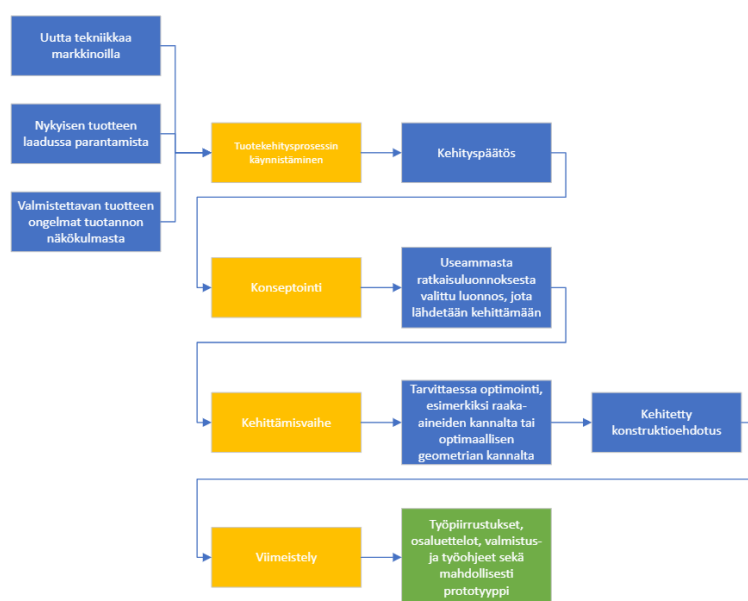
parissa tai entisen tuotteen muutostöissä, käynnistymisvaiheen seurauksena saavutetaan kehityspäätös. (Jokinen 2010, 14; Osaavayrittäjä, 2021.)

- Luonnosteluvaihe eli konseptointivaihe seuraa kehityspäätöstä. Luonnosteluvaiheessa aletaan tutkimaan tuotekehityksen alla olevaa projektia tarkemmin ja ratkomaan ongelmia tehtävän analysoinnin perusteella. Uusiakin ongelmia saattaa tulla ja niitä voidaan joutua ratkomaan kehityspäätöstä tehneiden henkilöiden kanssa. Ratkaisuluonnoksia voi syntyä kappalemäärältään monta, mutta niistä ei välttämättä lähdetä jatkojalostamaan kuin yhtä. Joitain luonnosvaiheen ideoita tai kokonaisia ratkaisuluonnoksia voidaan joutua hylkäämään heti kustannus-, valmistus-, tai teknologiasyistä. (Jokinen 2010, 14–15.)

- Kehittämisvaihe jatkuu luonnosteluvaiheen pohjalta. Siinä havainnoidaan rakenteellisesti ja taloudellisesti epäsuotuisia kohtia, jotka koitetaan hävittää. Kehitysvaiheen tuloksena syntyy kehitetty konstruktioehdotus. Jos valitussa luonnoksessa ilmenee ongelmia, joita ei voi korjata, voidaan lähteä kehittämään toista luonnosta. (Jokinen 2010, 15.)

- Viimeistelyssä eli detaljivaiheessa merkittäviä muutoksia ei enää tehdä. Viimeistelyssä keskitytään pääasiassa tuotteen yksityiskohtiin. Tuotekehitysprosessin viimeisessä vaiheessa tehdään mm. työpiirrustukset, osaluettelot, valmistus- ja työohjeet. Lisäksi virtuaalimallien lisäksi voidaan valmistaa fyysinen prototyyppi tai pienoismalli, jolla tuotteen ominaisuuksia voidaan testata käytännössä. On mahdollista, että prototyypissä tai pienoismallissa havaitaan ongelmia, jotka eivät olleet havaittavissa virtuaalimaailmassa ja tuotteeseen voidaan joutua tekemään vielä muutoksia. (Jokinen 2010, 17.)

Kuvassa 2 Jokisen (2010) kirjan pohjalta tehty yksinkertaistettu kaavio tuotekehitysprosessista.



Kuva 2. Tuotekehitysprosessi.

## 4 TYÖN ETENEMINEN

### 4.1 Alkutilanne

Kokoonpanotuotannon kehittäminen ja ongelmakohtien etsiminen alkoi niin, että opinnäytetyön tekijä oli mukana toimeksiantajayrityksen Rautalammin yksikön kokoonpanotyössä. Ensimmäisenä tehtävänä oli tutustua kokoonpanon eri työvaiheisiin ja tehtaan henkilöstöön. Tutustumisjakson perusteella pyrittiin löytämään tehtaan nykyisellään käytössä olevat toimintatavat ja ymmärtämään korien rakenne käytännössä. Tehtaan toimintatapoihin liittyen kuvassa 3 kokoonpanotuotannon yksinkertaistettu layout. Työjärjestykset vaihtelevat hieman varsinkin ensimmäisten vaiheiden välillä ja niitä tehdään satunnaisesti myös samaan aikaan eri asentajien toimesta. Tavoitteena oli löytää kokoonpanon kannalta epäsuotuisia asioita toimintatavoista ja koottavista rakenteista, jotta kokoonpanotuotannon kehittäminen olisi mahdollista.



Kuva 3. Koritehtaan kokoonpanon yksinkertaistettu layout.

Opinnäytetyö ja myös asentajan työ Rautalammin yksikössä keskittyy pääasiassa perinteisten ketjupurkavien biomassan kuljetuskorien kokoonpanoon, jotka ovat yleisimpiä Kome Oy:n komposiittikori malleja. Ketjupurkava kuljetuskori tarkoittaa sitä, että kuljetuskorin pohjassa kulkee kolme tai neljä purkuketjua mallin mukaan, jotka vetävät biomassan ulos korista purkupaikalle, kuten lämpölaitok-

selle. Valmistettavat ketjupurkavat kuljetuskorit ovat keskenään hyvin samankaltaisia, merkittävimmät erot ovat korien pituus, leveys, korkeus ja luukkujen ja katon tyyppi. Korien päätyjen metallista valmistetut vahvikeosat ovat käytännössä samanlaisia pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta, kuten erilaisten katon kääntömekanismien osien tai korileveyksien erojen takia.

Leveyden suhteen koreissa on kaksi eri vaihtoehtoa, mutta pituuksissa ja korkeuksissa on lukuisia eri variaatioita. Muita eroja korien välillä ovat lähinnä pintakäsittelyt, purkuketjujen lukumäärä ja asiakkaiden toivomat lisävarusteet. Alustoissa eroja voi olla esimerkiksi akselimäärien, vanteiden tai jousitusratkaisujen suhteen.

Rautalammin koritehtaan henkilömäärä on pieni, joten kokoonpanon ongelmista oli helppo tehdä vapaamuotoista kyselyä työntekijöiltä, joilla oli ennestään jo kokemusta kyseisistä työtehtävistä. Yrityksen työntekijöiltä työn edetessä saatiinkin paljon loistavia ideoita tuotannon ja tuotekehityksen kannalta.

#### 4.2 Havaitut epäkohdat kokoonpanotuotannossa

Kokoonpanon yhteydessä työskennellessä sekä yrityksen työntekijöiden kanssa tehdyillä avoimilla kyselyillä pyrittiin löytämään epäedullisia asioita, jotka ilmenevät haittana kokoonpanotuotannossa. Ensimmäisiä omia havaintojani oli se, että tehtaalla on valtava määrä manuaalista työskentelyä edelleen, eikä tuotantoa ole automatisoitu millään tavoin. Kaikki osat asennetaan yksi osa kerrallaan komposiittikoreihin ja korien alustoihin käsin ja nostureiden avulla, eli inhimillisille virheille on selvä riski.

Biomassan kuljetuskorien metalliosista isoin osa tulee puolivalmiina valmiiksi muotoon leikattuna ja särmättynä toiselta yritykseltä ostettuna, mutta niihin pitää tehdä Rautalammin yksikössä uppokantapultteja varten upotukset reikiin, jotka ovat valmiiksi tehty levyn leikkaamisen yhteydessä. Pultin kantojen upotukset tehdään yksitellen pylväsporakoneella tai joihinkin osiin akkuporakoneella, joka vie aikaa paljon. Koko korin pituiset korin rakennetta vahvistavat ylä- ja alaprofiilit tulevat tehtaalle rei'ittämättöminä eli niihin pitää porata jokainen reikä yksitellen, jonka jälkeen tehdään vielä pultin kantoja varten upotukset. Yhden kuljetuskorin metalliosien reikien poraaminen ja pultin kantojen upotusten tekeminen vie jopa yli kahdeksan tuntia, eli käytännössä yhden henkilön päivittäisellä työtuntimäärällä tämä osuus kokoonpanosta ei tule valmiiksi.

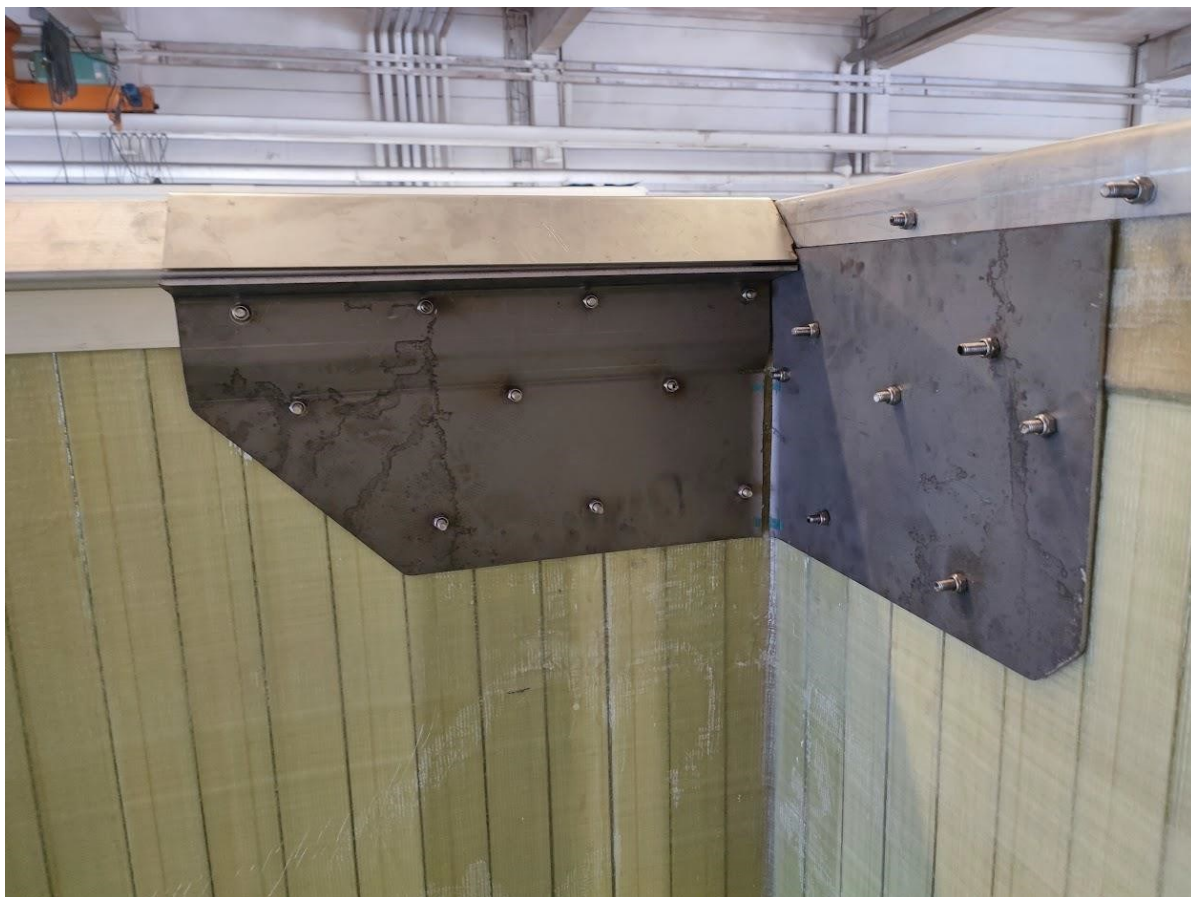
Korit koostuvat monista erillisistä osista ja ne liitetään toisiinsa joko hitsaus-, pultti- tai niittiliitoksilla, johon liittyvä ongelma ovat välillä epäselkeät piirustukset. Piirustusten epäselkeitä asioita ovat mm. hankalista kohdista määritetyt ja ylimääräiset mitat kokoonpanotuotantoa varten. Piirustukset saadaan tuotantoon usein viiveellä ja niitä joudutaankin odottamaan. Koska piirustukset tulevat myöhässä ja osien kuten ovien karmien tekeminen pitäisi jo aloittaa, voidaan joutua etsimään aiemmin valmistetun vastaavan korin osien piirustuksia ja hyödyntää niitä. Varsinaisia kokoonpano-ohjeita ei

myöskään ole käytössä lainkaan, jonka takia varsinkin uudet työntekijät joutuvat kysymään monet asiat erikseen joko kokeneemmilta työntekijöiltä tai työnjohdolta.

Eräs ongelma, joka on ollut tehtaan henkilöstölle jo pitkään tiedossa, on kuljetuskorien ja korien luukkujen sekä muiden komposiittiosien pinnanlaatu. Pahimmillaan osissa on lähes sentin heittoja pinnoissa, joihin kiinnitetään osia. Koska metalliosat ovat tarkasti suunnittelumitoissaan ja oikeassa muodossaan, eivät osat käy paikalleen komposiittiosien päälle. Tämän seurauksena ontelokomposiittin rakenteita joudutaan hiomaan, joka on aikaa vievää ja erittäin epämieluisaa työtä työntekijöille pölyn ja epäergonomisten työskentelyasentojen vuoksi. Osia ei ole järkevä viedä hankalan siirreltävyyden vuoksi ulos tai toiseen tilaan hiomista varten, joten pöly jää kokoonpanohalliin. Vaikka työskentelyhallissa on ilmanvaihto, on ilma siitä huolimatta epämieluisa sekä hiojalle, että myös muille työntekijöille.

Korin pinnassa olevan lasikuidun hiominen ja muu työstäminen aiheuttaa ärsytystä iholla, silmissä sekä hengitysteissä ja se voi pahentaa olemassa olevan astman tai muiden keuhkoputkien limakalvoihin liittyvien sairauksien oireita, jos ei käytä asianmukaisia suodattimia ja suojarusteita tai pöly pääsee suojarusteiden ohi. Lasikuitupöly, joka ajautuu keuhkoihin asti voi jäädä sinne tai muualle rintakehän alueelle, vaikka muuten ihmisen elimistön puolustusjärjestelmä poistaakin lasikuitupölyn tehokkaasti. (The Washington State Department of Health julkaisuaika tuntematon.)

Välillä komposiittiosia ei ole järkevää hioa niin paljon kuin tarvitsisi, joten joudutaan muokkaamaan koriin kiinnitettäviä metalliosia, kuten kuvassa 4. Kuvassa on osa, joka on jouduttu leikkaamaan kahteen osaan, jotta se saadaan asennettua paikalleen. Kun osa on sovitettu paikalleen, joudutaan se hitsaamaan toiseen osaan takaisin kiinni. Ylimääräinen rako täytetään saman vahvuisella metallilevyn palalla kuin muukin osa on. Syynä osan muokkaamiselle oli eri kokoinen pyöritys komposiittikorin sisäkulmassa verrattuna metalliosan pyöritykseen, jonka seurauksena korin ulkopuolisen osan reiät eivät täsmänneet sisäpuolella olevaan osaan.



Kuva 4. Kahteen osaan leikattu korin sisäpuolinen vahvikelevy. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

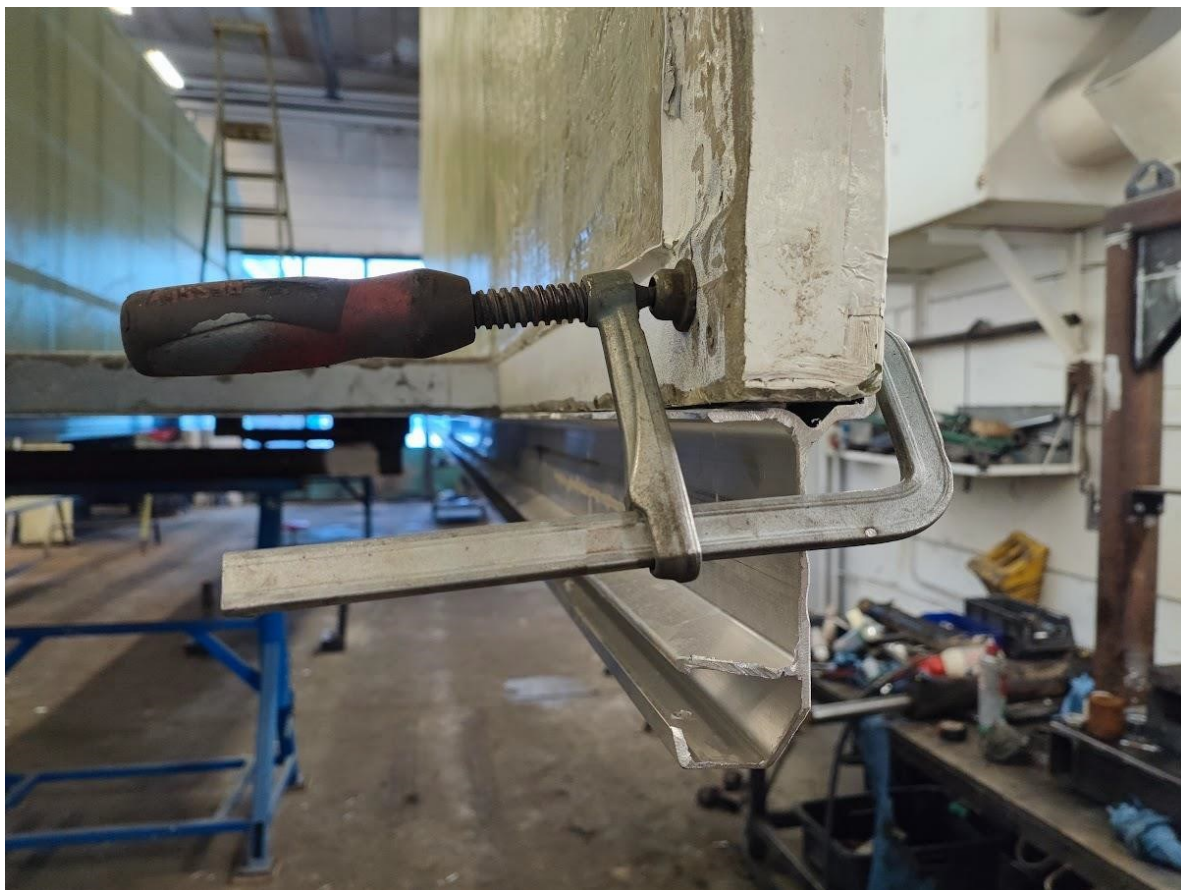
Osia joudutaan kiinnittämään korien pohjaan korien ollessa nostopukeilla, kuten kuvassa 5. Nostopukeilla kori saadaan noin 1,8 metrin korkeuteen. Korin ollessa tässä korkeudessa joudutaan asentamaan pohjapellit ja alaprofiilit vetoniiteillä ja liima-/tiivistemassalla. Vetoniittejä varten pitää ensin porata komposiittikoriin reiät. Reikien poraamisesta tulee paljon lasikuitupölyä, joka on erittäin epämieluisaa pitkän ajan joutuessaan ihon kanssa kontaktiin. Pohjapeltejä ja alaprofiileja asennettaessa täytyy huomioida myös se, että osat menevät oikealle kohdalleen ja istuvat korin kanssa mahdollisimman saumattomasti. Pohjaan kiinnitettävien osien laitto vaatii kolme henkilöä, jotta työ sujuu sujuvasti. Käytännössä kolme henkilöä on puolet koko Rautalammin yksikön asentajista.



Kuva 5. Tyhjä komposiittikori nostettuna pukkien päälle pohjapeltien ja alaprofiilien asennusta varten. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

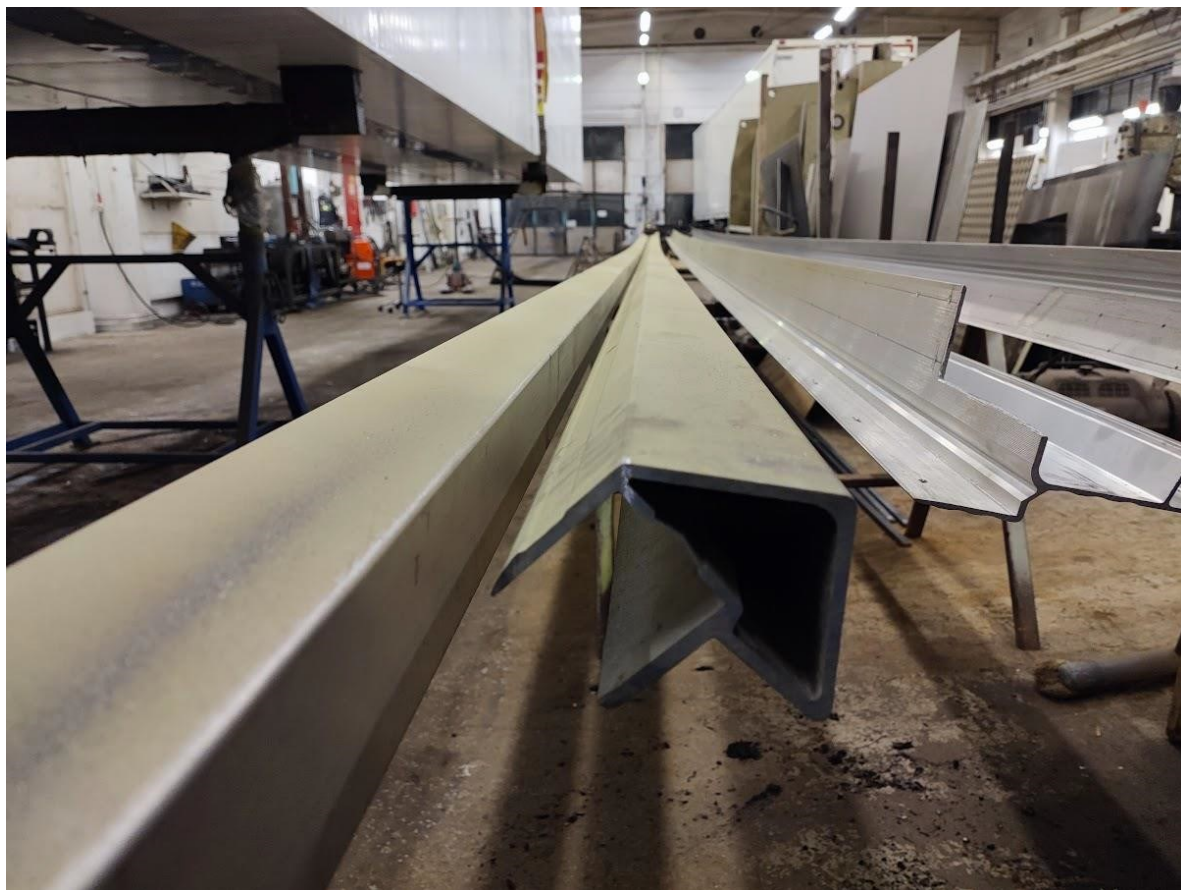
Yksi ongelmista ovat pitkät alumiiniset ylä- ja alaprofiilit. Alumiinista valmistetut profiilit ovat pisimmillään noin 13 metriä ja ne joudutaan laittamaan yhden nosturin avulla käsin koreihin paikalleen. Tämä yhdistettynä epätasaisiin komposiittirakenteisiin vaatii paljon kärsivällisyyttä ja varovaisuutta. Profiilit ovat hankala saada täysin pohjaan saumattomasti ja yleensä yläprofiilit joudutaankin lyömään vasaralla koko matkaltaan paikalleen. Kuvassa 6 tapaus, jossa alaprofiili on jäänyt korin pinnasta irti päädyistä. Kuvan tapauksessa alaprofiilin ja korin välille on jäänyt muutama milli väliä noin 10 cm matkalta. Korin etupäässä alaprofiilia ei ole kiinnitetty vetoniitillä muualta kuin profiilin kyljestä, eli alhaalta profiili on vain liima/-tiivistemassan varassa. Profiiliin ei kohdistu korin ollessa paikallaan normaalitilanteessa muita voimia kuin sen oma painovoima, mutta ajossa tapahtuvan tärinän ja ajoviiman seurauksena valmiiksi väljä liitos pääsee helpommin irtoamaan. Alaprofiilin kohdalla rako ei käytännössä haittaa muun korin kokoonpanon kannalta, mutta yläprofiilin jäädessä irti korin pinnasta korin päädyistä, on muiden osien paikalleen laittaminen huomattavasti hitaampaa ja haastavampaa, sillä muut niiden päälle tulevat osat eivät enää käy suunnitellulla tavalla paikalleen.





Kuva 6. Pitkät profiilit jäävät helposti irti korin pinnasta. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Pitkät osat ovat vääntymiselle alttiita, isoin riski vääntymiselle on kuljetuksessa ja trukilla siirtäessä. Vääntyneet osat ovat hankalampi asentaa paikalleen ja vääntynyttä osaa on hankala taivuttaa takaisin, sillä esimerkiksi yläprofiilit ovat 6 mm vahvuista alumiinia. Kuvassa 7 on noin 13 metriä pitkät alumiiniprofiilit nostettuna pukkien päälle. Profiilit joustavat jo oman pituutensa ja painonsa vuoksi, mutta tästä ei aiheudu pysyviä muodonmuutoksia, ongelmana tässä on kuitenkin se, että kun profiilit joustavat nostettaessa, on niiden koriin paikalleen laittaminen haastavaa tiukkojen toleranssien vuoksi.



Kuva 7. Ylä- ja alaprofiilit vääntyilevät herkästi. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Profiilien ongelma on myös niiden muoto (Kuva 8), joka on hankala niiden hiomista ajatellen. Urien pohjalle jää helposti hapettunut tai hiomaton pinta, johon happopohjamaali ei tartu. Hiominen tapahtuu pääasiassa epäkeskohiomakoneella ja tarkimpia kohtia joudutaan hiomaan käsin. Profiilien muoto on myös huono epäkeskohiomakoneen hiomapaperin kiinnityspinnalle, koska moniin kohtiin pääsee vain pyöreän hiomapaperin reunalla. Hiomapaperi kuluu reunasta nopeasti ja sitä myöten myös hiomapaperin tarrakiinnityspinta voi kulua huomaamatta.



Kuva 8. Alaprofiilin muoto ja hapettunut pinta. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Koska rakenteiden välissä on liima- ja tiivistemassa, ei profiilien kokoonpano koriin saa kestää liian pitkään, sillä muuten liima voi jähmettyä liian aikaisin ja siitä ei ole enää hyötyä, jos profiili ei ole oikealla kohdallaan. Yläprofiilit ovat asennettaessa korkealla (kuva 9), noin neljän metrin korkeudessa maanpinnasta, joten kaikki työ joudutaan tekemään saksij- ja siltanosturin avulla. Profiilit nostetaan siltanosturilla ylös, jolloin ne lähtevät helposti pyörimään sillä nosturissa on vain yksi nostoketju, jonka varassa nosto tapahtuu. Pitkän profiilin lähtiessä pyörimään on selvä riski sen osua esimerkiksi vieressä olevaan kuljetuskoriin tai kokoonpanohallin muihin tavaroihin.

Opinnäytetyössä kerättiin työntekijöiden havaitsemia työkalupuutteita, jotka ovat listattuna taulukossa 1. Yleisesti tehtaan työkalut ovat kunnossa, mutta pieniä puutteita kuitenkin löytyi. Varsinkin toinen akkukäyttöinen kulmahiomakone oli toivottu lähes kaikkien toimesta, koska sitä käytetään aktiivisesti monissa työvaiheissa.

Taulukko 1. Tuotannossa ilmenneet työkalupuutteet.

Työntekijöiden havaitsemia työkalupuutteita.
• Siirreltävät työpisteet.
• Pienempi MIG/MAG-hitsauskone, joka olisi helppo kuljettaa kuljetuskorin sisällä.
• Toinen akkukäyttöinen kulmahiomakone.
• Linjalaser, esimerkiksi purkuketjuja ohjaavien lattarautojen asennusta varten.
• Yhteiset työkalut usein hukassa töiden jäljiltä, siksi työntekijöille henkilökohtainen työkalusarja, joka sisältäisi ns. perustyökalut, kuten eniten käytetyt kiintoavaimet, räikkävaimen ja hylsyavaimia.

Kokoonpanotuotantoon kulutettua aikaa seurataan, niin että työntekijät kirjaa itsensä tietokoneelle valmistettavan kuljetuskorin tiettyyn valmistus osa-alueeseen, kuten hiekkapuhallus, korin kasaus, takakarmin valmistaminen tai maalaus. Ongelmaksi tässä tulee se, että monesti oma työ keskeytyy, kun joudutaan mennä auttamaan hetkellisesti toisen kuljetuskorin töissä. Nämä väliaikaisesti toisen korin kanssa tehdyt työt jäävät usein kirjaamatta sisään ja koreihin käytetty aika ei täsmää enää täysin totuutta. Väliaikaisiin töihin kulutettua aikaa on hankala seurata, mutta työntekijöiden arvio on, että yhdessä päivässä yhden henkilön kohdalla voidaan pahimmillaan tehdä yli tunti töitä väärän työvaiheen alla tehtynä.

Kokoonpanotuotannosta tarkastelujakson perusteella selvisi kaikkiaan monta asiaa, jotka haittaavat komposiittikoristen perävaunujen kasaamista. Merkittävimmät ongelmat ovat eriteltyinä taulukossa 2.

Taulukko 2. Kokoonpanotuotannon keskeisimmät ongelmakohdat.

Tuotannon havaitut merkittävimmät ongelmakohdat.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposiittiosien pinnanlaatu.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposiittikorin lattian toleranssit alustan mittoihin nähden liian tiukkoja. Koreja joudutaan leikkaamaan ja hiomaan lattiasta lyhyemmäksi, jotta korin saa asennettua alustan päälle.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isot ja muuten hankalasti liikuteltavat ja asennettavat osat.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epäergonomiset ja -mieluiset työasennot, esimerkiksi alaprofiileja ja pohjapeltejä kiinnitettäessä joudutaan poraamaan komposiittikoriin satoja reikiä sekä liittämään osia vetoniiteillä akkutyökaluilla korin alla, joka on noin 1,8 metrin korkeudessa.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osa työpiirustuksista epäselkeitä ja työhohjeita ei ole. Työpiirustuksissa myös virheitä mitoituksissa aika ajoin.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalliosien ylimääräinen työstäminen johtuen komposiittiosien pinnanlaadusta.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaihtelevat työmenetelmät mm. pintakäsittelyjen osalta. Esimerkiksi välillä tietyt osat maalataan ennen asennusta, välillä taas ei.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puutteelliset työkalut ja työpisteet, kuten osan akkutyökalujen akut ovat huonossa kunnossa ja liikuteltavia työpisteitä on kappalemäärältään vain vähän.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hiekkapuhallettujen osien muodonmuutokset, varsinkin ruostumattomasta teräksestä valmistetut korin osat vääntyilevät hiekkapuhaltaessa. Kun osat ovat vääntyneet, ei niitä saa enää paikoilleen helpolla.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vain yksi siltanosturi, korien ja muiden isojen osien liikuttaminen ja tasapainottaminen on yhdellä siltanosturilla hankalaa.</li> </ul>



Kuva 9. Yläprofiilin asennus nosturin avulla paikalleen. Profiiliin on kiinnitetty liimapuristimet, jotka on yhdistetty ketjulla nosturiin. Jotta pitkä profiili saadaan nostettua tasaisesti ylös, on sen tasapainotus tarkkaa. Tasapainotus toteutetaan ketjun pituutta muuttamalla. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

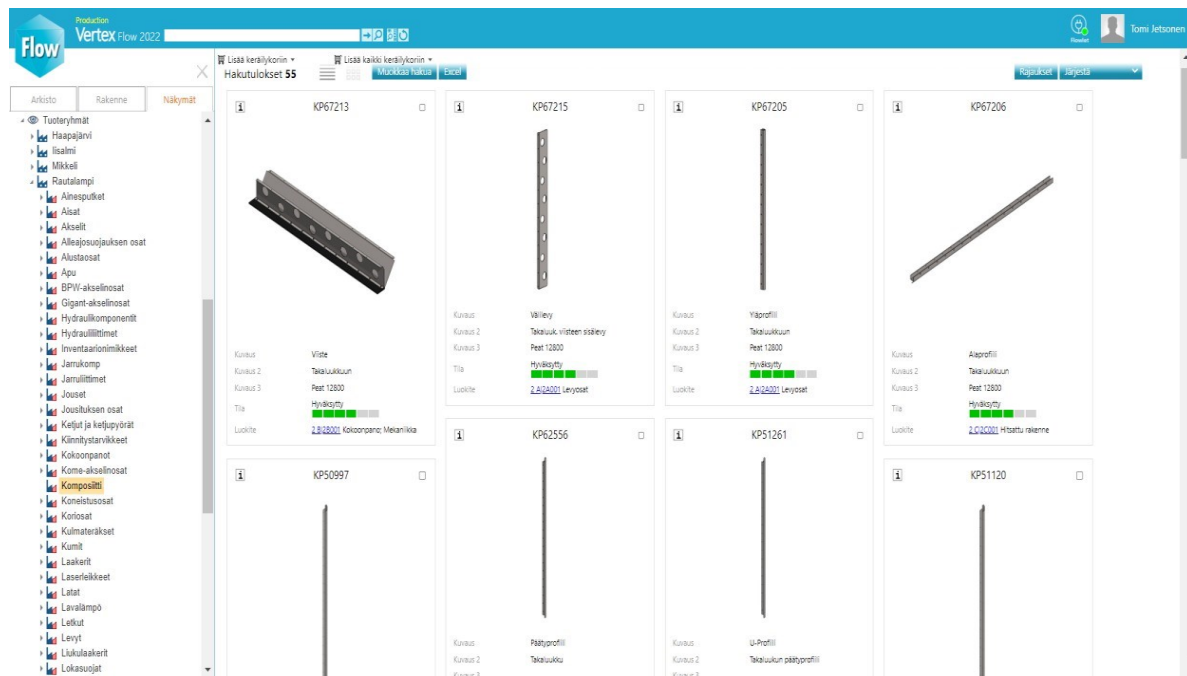
#### 4.3 Havaitut epäkohdat suunnittelussa

Nykyisellään turve- ja hakeperävaunujen suunnittelun osuus on paljon aikaa vievä. Yhden kokonaisen perävaunun, joka sisältää sekä alustan ja korin suunnittelun kuluu aikaa kahdesta kolmeen viikkoa. Perävaunujen suunnittelussa aikaa vievin osuus on alustojen suunnittelu, joka vie usein yli kaksi viikkoa tällä hetkellä, sillä ne suunnitellaan usein kokonaisuudessaan eikä entisiä malleja voida juurikaan hyödyntää. Alustan suunnittelu jää kuitenkin tämän opinnäytetyön rajauksen ulkopuolelle, joten sitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä tarkemmin.

Vaikka valmistettujen korien ja koriin liitettävien osien ulkomuoto onkin hyvin samankaltainen keskenään, selvisi että montaa samanlaista perävaunua ei ollakaan tehty, vaan koreissa ja niiden osissa on aina uutta. Varsinkin korien korkeuksissa on paljon variaatioita ja sen seurauksena joudutaan mallintamaan aina korkeusriippuvaiset osat uudelleen. Sama ongelma on myös osittain pituusriippuvaisissa osissa perävaunujen eri pituuksien vuoksi, mutta niiden mitoissa ei ole eri vaihtoehtoja yhtä paljon kuin korkeuksien suhteen.

Korien suunnittelun yksi kompastuskivistä on huonosti mallinnetut vakio-osat. Virheellisesti 3D-mallinnettujen osien korjaamiseen menee suunnittelussa paljon aikaa ja ne on pakko korjata, sillä huonosti mallinnetut osat voivat aiheuttaa esimerkiksi virtuaalimallin kokoonpanon liitoksissa ongelmia.

Osasyynä suunnittelun ajan vientiin on ylimääräiset tai väärissä kansioissa tai alikansioissa olevat vakiodut osat. Kaikki korien vakiodut osat ovat Kome Oy:n käyttämässä tuotetiedon hallintajärjestelmässä, mutta ne ovat hankalasti löydettävissä. Kuvassa 10 esimerkki, jossa "komposiitti" kansion alla on mm. erilaisia metalliosia, kuten takaluukun osia.



Kuva 10. Osia väärän kansion alla.

#### 4.4 Havaittujen epäkohtien parannusehdotukset

Tärkein parannusehdotus on kuljetuskorien pinnanlaadun parantaminen ja väljemmät sovitukset alustaan nähden. Koreissa olisi tärkeää saada varsinkin kulmien pyöritykset suunnittelumittoihin ja pinnat, joihin kiinnitetään muita osia tasaiseksi. Koska kuljetuskorit valmistetaan toisella tehtaalla, ei niiden valmistukseen voida suoranaisesti vaikuttaa Rautalammilla, jossa korien kokoonpano tapahtuu. Tehtaiden välistä yhteydenpitoa tulisi lisätä, jotta muutoksien tarve tulisi ilmi.

Alun perin yksi parannusehdotus oli ylä- ja alaprofiilien katkenta lyhyempiin mittoihin ja niiden liittäminen toisiinsa olleessaan korissa jo paikallaan. Profiilien jakamisella useaan osaan haettiin pienempää materiaalihukkaa ja helpompaa asennustyötä. Tätä asiaa tutkittiin kuitenkin pidemmälle ja se todettiin lopulta kannattamattomaksi. Profiilien katkenta lyhyempiin mittoihin olisi vaatinut ylimääräistä hitsaamista ja käytössä oleva alumiinin MIG-hitsauslaite on hankala siirtää hitsauskohteeseen varsinkin yläprofiileja hitsattaessa. Hitsattaessa profiileja ongelmana on myös koriliiman palaminen lämmön seurauksena hitsauskohteen läheltä. Lisäksi kun osien määrä lisääntyisi, saattaisi ongelmaksi koitua osien asettelu toisiinsa nähden.

Yksi vaihtoehto nopeuttaa korin kasaamista, jos korit olisivat mittatarkkoja, olisi kasata korin etuseinään tulevat metalliosat jo valmiiksi kokonaisuudeksi ennakkoon pöydällä. Kuvassa 11 metalliosia kasattuna etuseinään. Kuvan kokoonpanosta puuttuu vielä katon kääntäjä ja sen suojakotelo sekä katon lukituksen osat. Kun osat olisivat etukäteen kaikki yhdessä koottuna, osien sisäpuolelle levitetäisiin koriliima ja kokonaisuus nostettaisiin koriin paikalleen ja pultattaisiin kiinni. Etuna nopeamman kasaamisen lisäksi olisi paremmat hitsausasennot ja vahvempi sekä tiiviimpi rakenne, sillä nykyisellään kun osat hitsataan korissa paikallaan, palaa koriliima hitsauskohteen läheltä. Palanut koriliima haittaa hitsaamista merkittävästi ylimääräisinä hitsausroiskeina, eikä palaneesta liimasta enää ole käytännössä hyötyä. Osakokonaisuuden valmistamiseksi olisi kannattava tehdä yksinkertainen hitsausjigi, joka sopisi kaikille korileveyksille. Korin sisäpuolelle tulevia osia ei saa hitsattua etukäteen

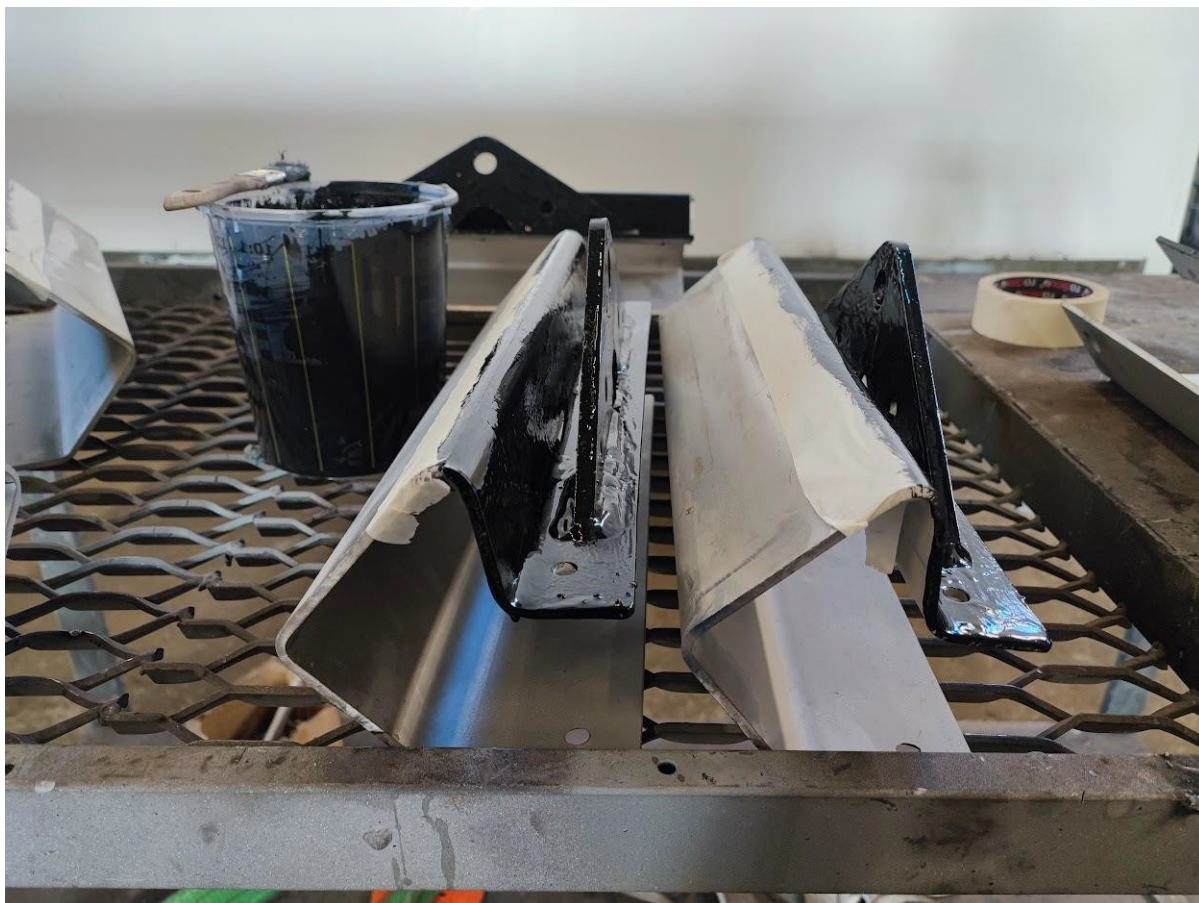
ulkopuolelle tuleviin osiin kiinni rakenteen muotojen vuoksi, eli osien ollessa korissa paikallaan hitsattavaa jäisi kuitenkin hieman, mutta noin 85 % vähemmän kuin nykyisellään.



Kuva 11. Etuseinän metalliosia asennettuna komposiittikoriin. Seuraava työvaihe puuttuvien osien asentaminen ja osien hitsaaminen yhteen saksinosturin avulla. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Korin osien materiaaleissa on kehitettävää katon poikittaispuomien kiinnikkeissä. Nykyisellä mallilla yläprofiilin päällä oleva osa on ruostumatonta terästä ja siihen hitsaamalla liitetty osa on S355 rakenneterästä. Osa joudutaan tästä syystä maalaamaan ruustumisen estämiseksi. Kuvassa 12 kiinnike hitsattuna ja maalattuna. Parannusehdotuksena on muuttaa kappale kokonaan ruostumattomasta teräksestä valmistetuksi. Näin tehden korroosionkestosta saadaan parempi ja kappaleeseen käytetty työaika vähenee. Ruostumattoman teräksen suurin haitta kyseisessä osassa on sen hankintahinta, mutta materiaalmäärät ovat pieniä kyseisten osien suhteen. Samalla säästetään pintakäsittelyn kuluissa. (OneMonroe 2018)





Kuva 12. Katon poikittaispuomien kiinnikkeet. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Maalattuihin ja pinnoitettuihin osiin joudutaan aika ajoin hitsamaan jälkikäteen osia paikalleen eli osia joudutaan maalaamaan vielä uudestaan ja joudutaan tekemään turhaa työtä hitsausvalmisteluissa. Kuvassa 13 hitsaamattomat korin sisäpuolen osat oli pinnoitettu polyureapinnoitteella. Usean millin paksuinen kova polyureapinnoite on haastava irrottaa hiekkapuhalletuilta metallipinnoilta. Helppo tapa irrottaa pinnoite on kulmahiomakoneella tai paineilmasuorahiomakoneella hiominen, mutta se on sotkuista ja aikaa vievää. Ongelman ratkaisu on noudattaa oikeaa työjärjestystä tai jos aikataulusyistä maalaus tai pinnoitus on pakko suorittaa, hitsattavat pinnat ja kierrelitokset on suojattava teipillä tai kierteisiin pyöritettävä pultit suojaksi.



Kuva 13. Maalattuja ja pinnoitettuja osia hitsattu. (Tomi Jetsonen, 2023, CC BY).

Taulukossa 3 kokoonpanotuotannon kehitysehdotukset. Kehitysehdotuksia löytyi monelta eri osalta. Osa kehitysehdotuksista on helppo toteuttaa käytännössä, kuten esimerkiksi hitsausjigien valmistaminen tai työkalupuutteiden korjaaminen. Komposiittiosien laadun parantaminen, joka on merkittävin ongelma kokoonpanon kannalta, on isompi prosessi ja se vaatisi enemmän korimuotteihin ja komposiittiosien valmistamiseen syventymistä.

Taulukko 3. Kokoonpanotuotannon kehitysehdotukset.

Parannusehdotuksia kokoonpanon näkökulmasta.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposiittiosien laadun parantaminen, samalla metalliosien ylimääräinen työstäminen vähentyy. Jos komposiittiosat ja korit olisivat mitoissaan, voitaisiin esimerkiksi etuseinän metalliosat kasata ja hitsata jo ennakkoon pöydällä. Osat voitaisiin tehdä jo hyvissä ajoin asennusvalmiiksi, vaikka kori ei olisi edes vielä Rautalammin yksikössä.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työohjeiden tekeminen tiettyihin työvaiheisiin, esimerkiksi osille, joihin tehdään pultin kantojen upotukset.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jokaiselle kuljetuskorille samat menetelmät käyttöön kokoonpanossa, kuten kaikille koreille samalla kaavalla pohjatyöt maalausta varten, samanlaiset kiinnitystarvikkeet osiin ja pyrkisi samaan kasausrjestykseen. Näin vältetään esimerkiksi jo maalattujen tai pinnoitettujen osien hitsaamiselta ja saadaan selkeä rutini kokoonpanotyöhön.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Katon poikittaispuomien kiinnikkeiden materiaalin vaihtaminen ruostumattomaan teräkseen. Muutoksen tekemällä kokonaista osaa ei tarvitse hiekkapuhallata ja maalata irrallaan ja korroosionkestosta saadaan parempi. (LIITTEET 3 ja 4)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitkille ja isoille osille toinen nosturi olisi erittäin hyödyllinen, se on kuitenkin hankintana merkittävä. Toiselle nosturille korvaava/edullisempi parannusehdotus onkin portaaton ruuvitasapainotin (LIITE 5) osien nostoa ja niiden tasapainottamista helpottamaan. Korien nostamiseen ja siirtämiseen tasapainottajasta ei ole hyötyä, mutta katon kääntäjiä ja pitkiä profiileja nostaessa laitteesta olisi hyötyä.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työkaluhankintoja, mm. uusia akkuja sähkötyökaluille, toinen akkukäyttöinen kulmahiomakone, linjalaser ja siirreltäviä työpisteitä.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reikien ja muun työstämisen mitoittamista helpottamaan sabluunoita. Esimerkiksi ovien karmin yläpalkille. Sabluuna käyttämällä vältetään virheellisten mittojen käyttämiseltä, eikä jokaista reikää tarvitsisi mitata käsin yksitellen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitsausjigejä osille, kuten katon poikittaisille tukipalkeille ja katon kääntäjien palkeille.</li> </ul>

## 5 JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

### 5.1 Korigrilli

Korigrillin idea lähti siitä, kun monia osia joudutaan asentamaan nosturin avulla korkealle tai korin alle epämieluisissa asennoissa, joka on työntekijöiden mielestä tehtaan kokoonpanossa isoimpia ongelmia. Korigrillin avulla koria saisi käännettyä akselinsa ympäri eli esimerkiksi pitkät profiilit saisi asennettua korin ollessa käännoksissä 90 astetta tai korin koko pituudelle alle tulevat ruostumattomasta pellistä valmistetut vahvikelevyt saisi asennettua niin että itse työskenneltäisiin korin päällä. Kuvassa 14 korigrilli, jossa henkilöauton tyhjä kori käännettynä.



Kuva 14. Esimerkki korigrillistä. (Tufflift julkaisuaika tuntematon.)

Korigrilli on loistava vaihtoehto parantaa työergonomiaa ja nopeuttaa työskentelyä kokoonpanon parissa. Korigrillin avulla moniin työvaiheisiin, kuten pohjapeltien tai alaprofiilien asentamiseen ei tarvittaisi kuin yksi asentaja.

Korigrillin haittapuolia ovat sen tilan vienti, joten siitä pitäisi tehdä siirrettävä ja rakenteeltaan kevyt. Komposiittikori myös vie tilaa hieman enemmän sen ollessa kyljellään, mutta kokoonpanohallissa mittojen perusteella tästä ei ole käytännössä haittaa.

Komposiittikoria varten ei lähdetty tässä opinnäytetyössä kehittämään korigrilliä pidemmälle kuin raa'an hahmotelman (kuva 15) verran.



Kuva 15. 3D-mallinnettu hahmotelma komposiittikorin korigrillin takapäin kääntäjästä.

## 5.2 Suunnittelun jatkokehitysehdotukset

Suunnittelu-aika vähenee perävaunujen parissa sitä mukaa, kun perävaunuja suunnitellaan lisää. Virheellisiä tai huonosti mallinnettuja osia korjataan ja tehdään uudestaan, kun niitä tulee suunnittelutyön parissa vastaan, jotta ne olisivat tulevaisuudessa helpompia käyttää.

Tuotetiedon hallintajärjestelmä vaatii siivoamisen ja komponentit ja kokoonpanot tulisi saada oikeiden kansioiden alle. Itse kansiot ja alikansiot ovat nykyisellään määritetty jo järkevästi ja alikokoonpanot löytyvät esimerkiksi eri korien kokojen mukaan, mutta ajan saatossa kansioihin on kerääntynyt väärää komponentteja ja tarvittavat moduulit ja alikokoonpanot ovat hankalasti löydettävissä.

Koska varsinkin korien korkeusmittoja on niin laajasti, joka lisää suunnitteluun käytettyä työaikaa, olisi yksi kehitysideo määrittää raakakoreille vakioarvot korkeuden suhteen samalla tavalla kuin ne on määritetty tällä hetkellä leveysmitoille.

## 6 YHTEENVETO

Työtä aloittaessa oli tarkat suunnitelmat, kuinka edetä, mutta kun pääsi jatkuvasti seuraamaan ja osallistumaan itse tuotantoon, muuttuivat ajatukset henkilökohtaisesti melko paljon. Itse komposiittikorin osissa olikin kehitettävää odotettua vähemmän. Osat olivat jo geometrian puolesta valmiiksi suunniteltu hyvin, ja ne olisivat olleet helppoja asentaa paikalleen, jos koreissa ei olisi ollut mittavirheitä. Koska raakakorien pinnanlaadun virheet eivät olleet millään tavoin säännöllisiä, olisi niin sanotusti virheellisiin koreihin uusien osien suunnittelu ollut hankalaa. Siksi perimmäiseksi ratkaisuehdotukseksi kokoonpanon kannalta jäi raakakorien laadun parantaminen, johon ei kuitenkaan tässä opinnäytetyössä päästy syventymään tarkemmin.

Kokoonpanotuotannon ulkopuolelta suunnittelu paljastui paljon aikaa vieväksi, vaikka oma ajatus oli tuotannon ja valmistettavien tuotteiden perusteella se, että suunnittelu olisi nopeasti tehty, sillä kaikki korit olivat yleisilmeeltään hyvin samankaltaisia keskenään. Varsinaisesti korin suunnittelu ei ollutkaan eniten aikaa vievä osuus, vaan aikaa viekin alustojen suunnittelu, sillä ne joudutaan tekemään usein lähes täysin alusta alkaen ja vanhoja malleja ei voida juurikaan hyödyntää.

Opinnäytetyön perusteella syntyi useampikin jatkokehitysidea. Osaa jatkokehitysideoista on jo sivuttu tässä opinnäytetyössä kevyesti, kuten korigrillia. Korigrillin sisällyttäminen tähän opinnäytetyöhön olisi ollut haastavaa, sillä työstä olisi tullut liian laaja. Korigrilli komposiittikorille olisi valmis yksittäinen aihe toiselle opinnäytetyölle.

Haasteena oli työn laajuus, sillä opinnäytetyö sisälsi kehitettävää sekä tuotannon, että suunnittelun kannalta. Monesta kehitysehdotuksesta olisi ollut kerrottavaa paljon enemmän, mutta aikataulullisista syistä niihin ei keretty syventymään. Esimerkiksi katon poikittaispuomien kiinnikkeiden toisen osan materiaalin vaihtaminen vaatisi vielä lujuuustarkastelun, ennen kuin materiaalin vaihto voidaan toteuttaa käytännössä.

Työ oli kokonaisuudessaan erittäin mieleinen sen tekijälle, vaikka suunnittelutyön tuloksia ja tuotoksia ei juurikaan keretty toteuttamaan käytännössä opinnäytetyön aikana. Opinnäytetyön kautta opin paljon uutta alaani liittyen ja se vahvistaa omaa urakehitystäni toimia suunnittelijana.

## LÄHTEET

Kome Oy julkaisuaika tuntematon. Yritys. Verkkojulkaisu. <https://kome.fi/yritys/>. Viitattu 05.04.2023.

National Geographic 2022. Biomass energy. Verkkojulkaisu. Päivitetty 20.05.2022. <https://education.nationalgeographic.org/resource/biomass-energy/>. Viitattu 23.04.2023.

Etteplan julkaisuaika tuntematon. Composite materials. Verkkojulkaisu. <https://www.etteplan.com/services/engineering/composite-materials>. Viitattu 22.04.2023.

Kome Oy julkaisuaika tuntematon. Tulevaisuuden materiaali. Verkkojulkaisu. <https://kome.fi/tuotteet/composite/tulevaisuuden-materiaali/>. Viitattu 05.04.2023.

Kome Oy 2013. Biomassan kuljetuskorit. Esite. Viitattu 23.04.2023

Osaavayrittäjä 2021. Tuotekehitys. Verkkojulkaisu. Päivitetty 09.08.2021. <https://www.osaavayrittaja.fi/yritystoiminnan-kehitt%C3%A4minen/tuotekehitys>. Viitattu 22.04.2023.

Kome Oy. Esite. Viitattu 12.04.2023.

Jokinen, Tapani (2010) Tuotekehitys. Haettu 15.04.2023 osoitteesta <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4819/isbn9789526033204.pdf>

OneMonroe 2018. What's the Difference Between Stainless Steel and Carbon Steel? OneMonroen blogi. Päivitetty 09.09.2020. <https://monroeengineering.com/blog/whats-the-difference-stainless-steel-vs-carbon-steel/>. Viitattu 23.04.2023.

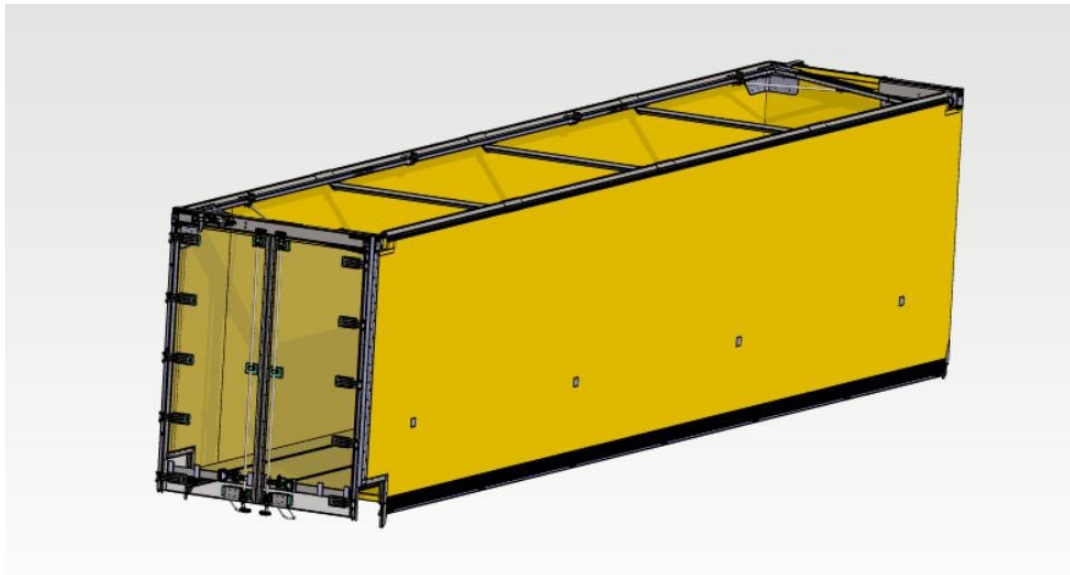
The Washington State Department of Health julkaisuaika tuntematon. Fiberglass. Verkkojulkaisu. <https://doh.wa.gov/community-and-environment/air-quality/indoor-air/fiberglass>. Viitattu 21.04.2023.

Tufflift julkaisuaika tuntematon. Rotisserie. Valokuva. <https://tufflift.com.au/product/rotisserie/>. Viitattu 10.04.2023.

IKH julkaisuaika tuntematon. Moottorinoston tasapainotin. Haettu 23.04.2023 osoitteesta <https://www.ikh.fi/fi/moottorinoston-tasapainotin-max-680kg-kuulalaak--meg92>.

## LIITTEET

## LIITE 1. KOKONAINEN VARUSTELTU KULJETUSKORI





LIITE 2. PURKUKETJUT  
(Liite poistettu salassapitosyistä.)

LIITE 3: POIKITTAISPUOMIEN KORVAKE.  
(Liite poistettu salassapitosyistä.)

LIITE 4: POIKITTAISPUOMIN KANNAKKEEN KOKOONPANO.  
(Liite poistettu salassapitosyistä.)

## LIITE 5: RUUVITASAPAINOTIN (IKH, EI PVM)

