



Alexi Olavi Oksanen

## ST2.8 ylitekuljettimen tuotekehitys- projekti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tutkinto-ohjelman nimi

Insinöörityö

1.11.2022

## Tiivistelmä

Tekijä: Aleksi Oksanen  
Otsikko: ST2.8 ylitekuljettimen tuotekehitysprojekti  
Sivumäärä: 45 sivua  
Aika: 1.11.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka  
Ammatillinen pääaine: Koneautomaatio  
Ohjaajat: Esihenkilö Marko Nuora  
Lehtori Pekka Salonen

---

Opinnäytetyössä toteutettiin tuotekehitystä ST2.8 -mobiiliseulan ylitekuljettimen kahdelle versiolle, H12-5 ja H12-7. Työssä pyrittiin kehittämään ratkaisuja käytössä havaittuihin kehityskohteisiin, sekä tuottamaan 3D -mallit, 2D -piirustukset ja muut tarvittavat dokumentit tuotantoa varten.

Havaittuja kehityskohtia joihin haettiin ratkaisuja oli yhteensä kolme. Nämä olivat H12-5 -ylitekuljettimen vaurioituminen 2WS -asennossa, tarve korvata H12-7 -ylitekuljettimen taittopään lukitus vaihtoehtoisella mekanismilla sekä molempien kuljetinmallien sormisuojiin modifiointi kuljetinhihnan vaurioiden ehkäisemiseksi.

Kaikkia ongelmakohtia varten tuotettiin vaihtoehtoisia konsepteja toiminnallisuuksien kehittämiseksi. Näitä arvioimalla yleisesti ja konseptinvalintatyökalua hyödyntäen valittiin jokaista ongelmaa varten parhaimmaksi todettu vaihtoehto jatkokehitykseen.

Opinnäytetyössä onnistuttiin tuottamaan valmiita ja tuotteita parantavia ratkaisuja kaikkiin edellä mainittuihin ongelmakohtiin. Ratkaisuista luotiin tuotantoa varten kaikki tarvittavat dokumentit, sisältäen mm. 3D -mallit sekä osa-, asennus-, kokoonpano- ja hitsauskokoonpanopiirustukset. Lisäksi arvioitiin muutosten vaikutusta kuljetinmallien kokonaismassoihin ja valmistuskustannuksiin.

Avainsanat: Tuotekehitys, ST2.8 -mobiiliseula, ylitekuljetin

## Abstract

Author: Aleksi Oksanen  
Title: ST2.8 oversize conveyor product development project  
Number of Pages: 45 pages  
Date: 1 November 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Degree Programme in Mechanical Engineering  
Professional Major: Machine Automation  
Supervisors: Marko Nuora, Manager in Product Engineering  
Pekka Salonen, Lecturer

---

In this thesis the product development was carried out for two versions of the ST2.8 mobile screen's oversize -conveyor: H12-5 and H12-7. The aim was to develop solutions for issues observed in use and produce 3D -models, 2D -drawings and other necessary documents for production.

There appeared a total of three identified issues for which solutions were produced. These were observed damages in the H12-5 oversize conveyor when operating in 2WS -position, the need to replace current H12-7 oversize conveyor's foldable end's locking mechanism with alternative solution and the need to make modifications to both oversize conveyor versions belt guards to prevent wearing of the conveyor belt.

Alternative solutions were provided for all aforementioned issues to improve the functionality of the product. By evaluating these solutions in general and using the concept selection tool, the best option for each issue was selected for further development.

The completed and improved solutions for the product were successfully produced for all described issues. All necessary documents of the solutions were created for production, including e.g., 3D -models as well as part, assembly, and weldment drawings. In addition, the effect of the changes on the total mass and manufacturing costs of the conveyor models were evaluated.

Keywords: Product development, ST2.8 -mobile screen, Oversize conveyor

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tuotekehitystyön lähtökohdat & tavoitteet	2
2.1	Metso Outotec Finland Oy yrityksenä	2
2.1.1	Kiviainesalan esittely	2
2.1.2	LOKOTRACK© -tuoteperheen esittely	3
2.1.3	ST2.8 -mobiiliseulan esittely	4
2.2	Kehityskohteiden esittely	7
2.2.1	H12-5 -ylitekuljettimen modifiointi	7
2.2.2	H12-7 -ylitekuljettimen mekaanisen lukituksen korvaaminen	10
2.2.3	H12-5 ja H12-7 -ylitekuljettimien sormisuojiin modifiointi	12
2.3	Suunnitteluprosessin esittely	14
2.3.1	Suunnitteluprosessin vaiheiden esittely	14
2.3.2	Kehitystyön toteutuksen	15
2.4	Kehitystyön aikataulutus	15
2.5	Käytetyt ohjelmistot	16
3	Konseptien tuottaminen & esittely	17
3.1	H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus	17
3.1.1	Koko keskimmäisen liukulevypaketin vaihto ja vahvistukset	17
3.1.2	Osittainen keskimmäisen liukulevypaketin vaihto	18
3.2	H12-7 -ylitekuljettimen lukitus käyttöasentoon	19
3.2.1	Mekaaninen lukitus paikalleen asetettavalla lukkotapilla	19
3.2.2	Mekaaninen lukitus vaijerilla ohjailtavalla salvalla	21
3.2.3	Mekaaninen lukitus hydraulisylinterillä ohjailtavalla salvalla	22
3.3	H12-5/H12-7 -ylitekuljettimen sormisuojiin kehitys	23
3.3.1	Sormisuojan muokkaus pellin kulma kanttaamalla	23
3.3.2	Sormisuojan muokkaus pellin laita kanttaamalla	24
4	Konseptien valinta	25
4.1	H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus	25
4.1.1	Konseptien tarkastelu ja arviointi valintatyökalulla	26
4.1.2	Konseptin valinta	28
4.2	H12-7 -ylitekuljettimen lukitus käyttöasentoon	28

4.2.1	Konseptien tarkastelu & arvostelu arviointityökalulla	28
4.2.2	Konseptin valinta	31
4.3	H12-5/H12-7 -ylitekuljettimen sormisuojiin kehitys	31
4.3.1	Konseptien tarkastelu ja arviointi	31
4.3.2	Konseptin valinta	31
5	Valittujen konseptien suunnittelu ja kehitys	32
5.1	H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus	32
5.1.1	Tehdyt toimenpiteet	32
5.1.2	Konseptin valmistettavuus ja materiaalit	35
5.1.3	Konseptin massa	35
5.1.4	Konseptin kustannukset	36
5.2	H12-7 -ylitekuljettimen hydraulinen lukitusmekanismi	36
5.2.1	Tehdyt toimenpiteet	37
5.2.2	Konseptin valmistettavuus & materiaalit	39
5.2.3	Konseptin massa	40
5.2.4	Konseptin kustannukset	40
5.3	H12-5 ja H12-7 -ylitekuljettimien sormisuojiin modifiointi	41
5.3.1	Tehdyt toimenpiteet	41
5.3.2	Konseptin valmistettavuus & materiaalit	42
5.3.3	Konseptin massa	42
5.3.4	Konseptin kustannukset	43
6	Yhteenveto	43
6.1	Tuotekehityksen tulokset	43
6.2	Kehitystyön pohdinta	43
	Lähteet	45

## Lyhenteet

- MPa: *Megapascal*. Paineen SI-järjestelmän yksikkö.
- ksi: *Kilo-pounds per square inch*. Paineen imperialistisen järjestelmän yksikkö.
- DXF: *Drawing exchange format*. 2D- ja 3D-tuotesuunnittelussa käytetty vektoritiedostotyyppi.
- CAD: *Computer-aided design*. Mallintamiseen ja kuvantamiseen tarkoitettu tietokoneavusteinen suunnittelu
- TIFF: *Tag image file format*. Rasterigrafiikan ja kuvatietojen tallentamiseen tarkoitettu tiedostotyyppi.
- JT: *Jupiter tessellation*. Siemens PLM Software:n kehittämä ISO-standardisoitu 3D-tiedostotyyppi.
- 2WS: *Two way split*. ST2.8 mobiiliseulan käyttöasento missä seulotaan syötetty aines kahdeksi lopputuotteeksi.
- °C: *Celsiusaste*. Lämpötilan SI-järjestelmän johdannaisyksikkö.

# 1 Johdanto

Tuotekehitystyön aihe valikoitui työn tilaajan, Metso Outotec Finland Oy:n tunnistettua tarve parantaa LOKOTRACK® -tuoteperheeseen kuuluvan ST2.8 -moobiliseulan ylitekuljettimen toiminnallisuuksia. Tarve koskee ylitekuljettimen kahta eri versiota: H12-5 sekä H12-7. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia näitä kehityskohteita ja löytää niitä parantavia ratkaisuja. Tavoitteena on valmiiden, toteuttamiskelpoisten ja viimeistelyjen konseptien tuottaminen, jotka tuovat yritykselle arvoa käyttökelpoisten tuotteiden, valmiiksi suunniteltujen ratkaisujen ja tutkimustiedon muodossa.

Opinnäytetyö koostuu kolmesta erillisestä kehityskohteesta joita varten tuotettavien ratkaisujen tavoitteena on:

- Ylitekuljettimen H12-5 modifiointi vaurioiden/vääntymien ehkäisemiseksi käytettäessä 2WS -käyttöasennossa.
- Ylitekuljettimen H12-7 käyttöasennon mekaanisen lukituksen korvaaminen vaihtoehtoisella mekanismilla.
- Molemmissa ylitekuljetinmalleissa H12-5 ja H12-7 käytettävien sormisuojiin modifiointi kuljetinhihnojen kulumisen ja vaurioitumisen ehkäisemiseksi.

## 2 Tuotekehitystyön lähtökohdat & tavoitteet

Luvussa kerrotaan tuotekehitystyön lähtökohdista ja sille asetetuista tavoitteista. Lisäksi kerrotaan hieman Metso Outotec Finland Oy:sta yrityksenä ja toimialoista joilla se harjoittaa liiketoimintaa.

### 2.1 Metso Outotec Finland Oy yrityksenä

Metso Outotec Finland Oy tuottaa teknologiaa, ratkaisuja ja palveluja kaivos- ja materiaalienkäsittelyteollisuuden tarpeisiin. Yhtiön pääasiallisia toimialoja ovat kiviaines- ja kaivosala sekä metallienjalostus. Yhtiö myy laitteistoja ja räätälöityjä ratkaisuja, sekä tarjoaa huolto-, varaosa- & kustomointipalveluja asiakkaille.

Metso Outotec Finland Oy syntyi Metso Oyj:n Metso Minerals -liiketoiminnan ja Outotec Oyj:n yhdistyttyä vuonna 2020 (Metso Outotec Group, 2020). Vuonna 2021 yhtiön liikevaihto oli 1,681 miljardia euroa, ja samana vuonna se työllisti 2193 henkilöä (Asiakastieto).

#### 2.1.1 Kiviainesalan esittely

Metso Outotec Finland Oy:n kiviaines (Aggregates) liiketoiminta-alueeseen kuuluu kaivos- ja rakennusteollisuudessa paljon käytettyjen materiaalin murskaus-, seulonta- ja kuljetinlaitteiden tuotanto. Laitteiden tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. louhokset ja kaivokset, sekä rakennus- ja purkujätteen kierrätyskeskukset.

Kuvassa (kuva 1) on esiteltyä kuvitteellinen asetelma tyypillisestä kiinteästä murskausprosessista, joka sisältää materiaalin syöttökaluksen, seulan, murskaimia ja kuljettimia.

## Stationary Crushing Plant



Kuva 1. Kuvassa on kuvitteellinen kiinteä murskausprosessi joka sisältää materiaalin syöttökäytöstä, seulan, murskaimia ja kuljettimia. Prosessi on kuvassa viistosti ylhäältäpäin kuvattuna.

### 2.1.2 LOKOTRACK® -tuoteperheen esittely

Metso Outotec'in kiviaineksen liiketoiminta-alueen tuotteisiin kuuluu LOKOTRACK® -tuoteperhe. Tuoteperhe koostuu tela-alustaisista murskaimista ja seuloista, joita yhdistämällä liikuteltavien ja kokonaisten murskausprosessien muodostaminen on mahdollista. Konseptin kehitys aloitettiin Suomessa vuonna 1985 (Törmä, 2015, s. 178).

Kuvassa (kuva 2) on esiteltyä kuvitteellinen malli tyypillisestä LOKOTRACK® -tuotteista kootusta tela-alusteisesta murskausprosessista, joka sisältää materiaalin syöttökäytöstä sekä mobiilimurskaimia- ja seuloja.

## Mobile Crushing Plant

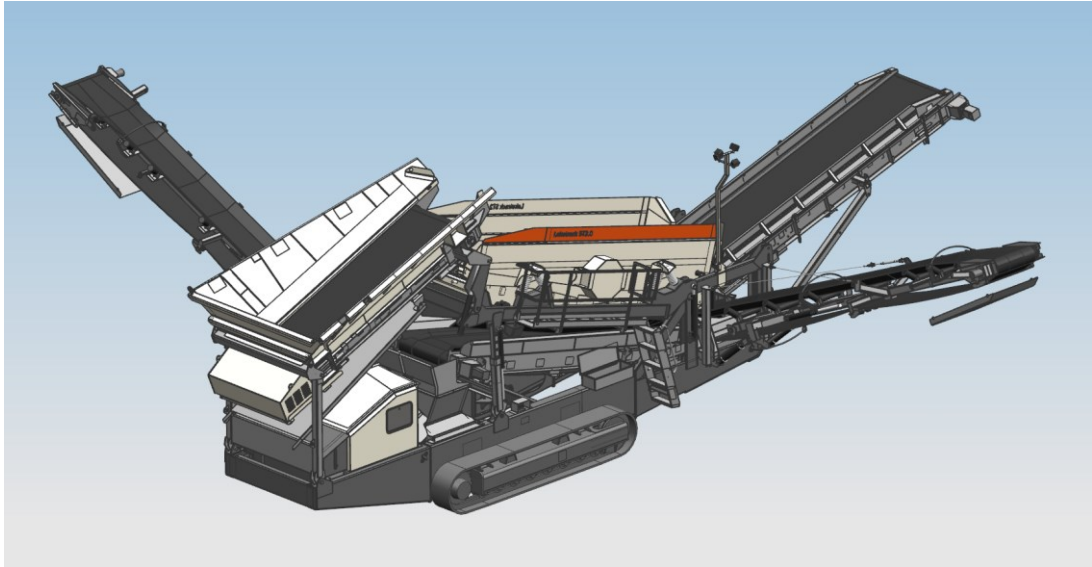


Kuva 2. Kuvassa on kuvitteellinen tela-alusteinen murskausprosessi joka sisältää materiaalin syöttökäalustoa sekä mobiilimurskaimia ja -seuloja. Prosessi on kuvassa viistosti ylhäältäpäin kuvattuna.

### 2.1.3 ST2.8 -mobiiliseulan esittely

ST2.8 -mobiiliseula on LOKOTRACK® -tuoteperheeseen kuuluva tela-alusteinen välpällinen mobiiliseula. Kuvassa (kuva 3) on esitettyä ST2.8 -mobiiliseula lyhyellä ylittekuljettimella. Se on varustettu kahdella seulatasolla, ja kykenee seulomaan sille tuodun materiaalivirran kolmeksi erikokoiseksi lopputuotteeksi. Lisäksi mobiiliseula on mahdollista asettaa 2WS -käyttöasentoon, jolloin syötetty aines voidaan erotella vain kahdeksi erikokoiseksi lopputuotteeksi.

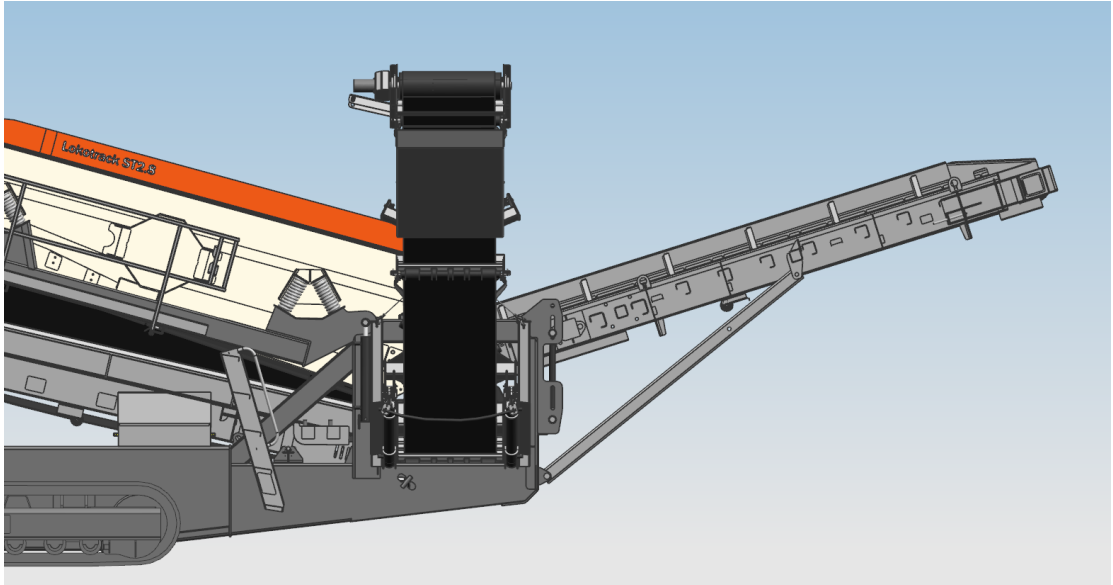
Seulalle syötettävä aines on tyypillisesti kiveä, soraa, hiekkaa tai kierrätettäviä materiaaleja. Koko koneen massa ilman kustomointia tai optioita n. 26 000 kg. Koko koneen ulkomitat käyttöasennossa: Korkeus 4790 mm, leveys 15070 mm ja pituus 14450 mm tai 16410 mm, riippuen koneeseen asennetun ylittekuljettimen versiosta. Koko koneen ulkomitat kuljetusasennossa: Korkeus 3560 mm, leveys 3000 mm ja pituus 15400 mm tai 15700 mm, riippuen koneeseen asennetun ylittekuljettimen versiosta. (Metso Outotec Group, Portfolio).



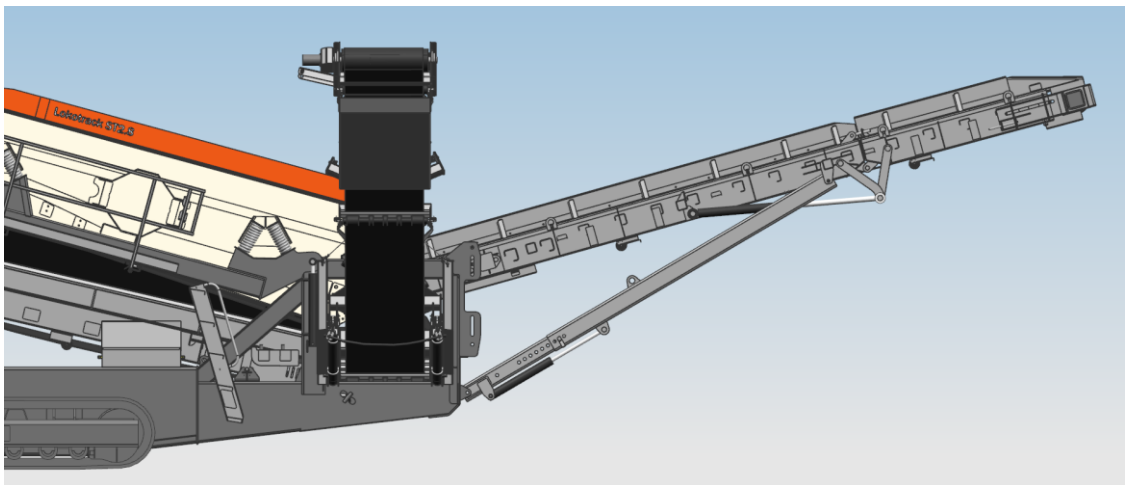
Kuva 3. Kuvassa on ST2.8 -mobilliseula viistosti ylhäältä päin kuvattuna.

Ylitekuljetin on materiaalivirran suuntaan nähden koneen etuosassa sijaitseva suuri kuljetin.

Ylitekuljettimelle ohjautuu seulan päälle asennetulta välpältä läpimitaltaan suurin seulottava aines, jonka ei haluta etenevän alapuolisille seulontatasoille asti. Kuvissa esiteltynä lyhyemmän mallinen H12-5 -ylitekuljetin (kuva 4 ), sekä pidemmän mallinen ja taittuvalla purkupäällä varustettu H12-7 -ylitekuljetin (kuva 5)



Kuva 4. Kuvassa on H12-5 -ylitekuljetin sivusta päin kuvattuna.



Kuva 5. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljetin sivusta päin kuvattuna.

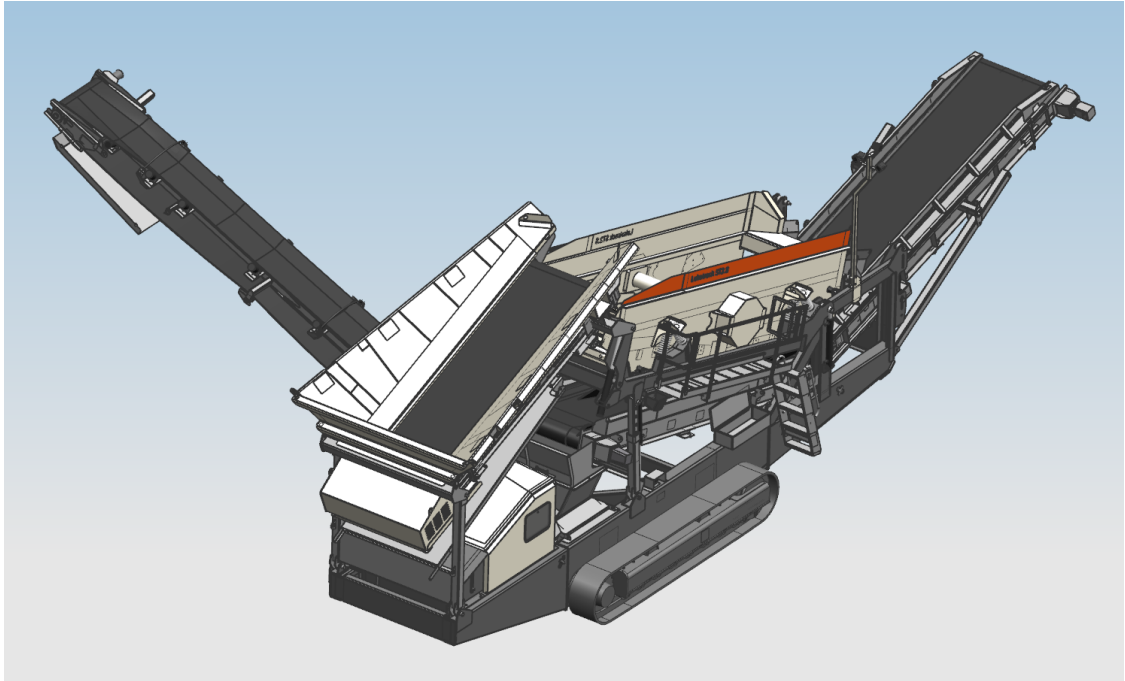
## 2.2 Kehityskohteiden esittely

Alaluvussa esitellään kehityskohteita erillään ja kerrotaan tarvittavien parannusten lähtökohdista.

### 2.2.1 H12-5 -ylitekuljettimen modifiointi

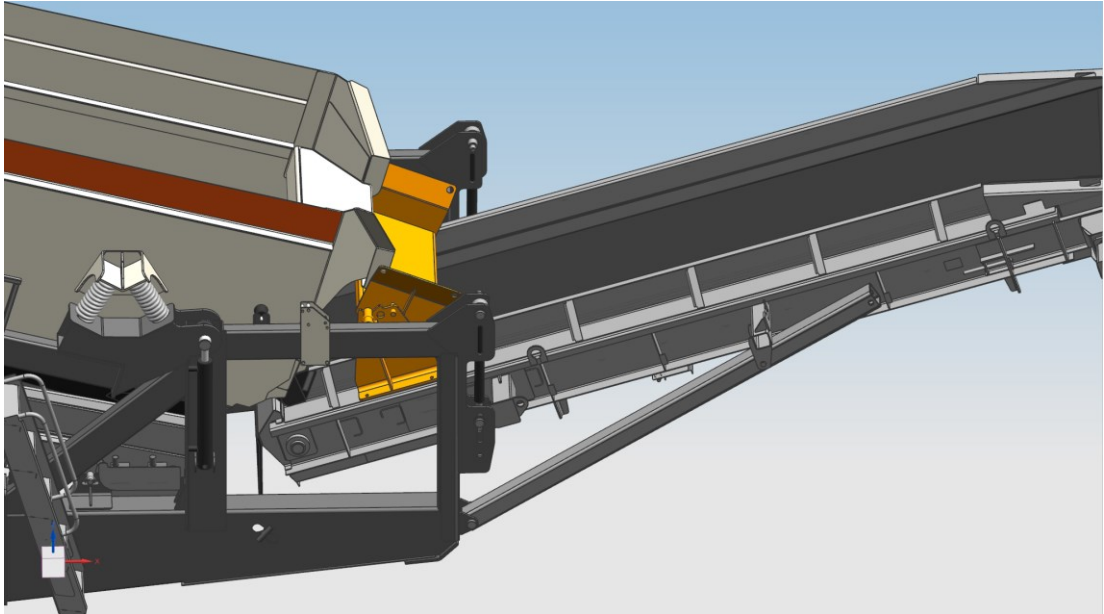
Tilaaajalle on tullut ilmi tapauksia missä ST2.8 -mobiiliseulan lyhyemmän mallinen H12-5 -ylitekuljetin on kärsinyt vaurioita, kun sitä ollaan käytetty 2WS -käyttöasennossa. Vaurioita on syntynyt alueelle, jolle seulalta ylitekuljettimelle etenevä materiaalivirta tippuu. Vaurioita on syntynyt erityisesti liukulevyihin joiden päällä hihna kulkee kuljettimen vaakapinnalla, sekä kuljettimen rullien kannattimiin. Lisäksi muodonmuutoksia ollaan havaittu rungon vaakapalkeissa mihin liukulevyt kiinnittyvät.

Ongelma johtuu pääosin ylitekuljettimen position muutoksesta, kun kone asetetaan 2WS -asentoon. Kuvassa (kuva 6) on esitettyä kone asetettuna 2WS -asentoon.



Kuva 6. Kuvassa on ST2.8 -mobiiliseula asetettuna 2WS -käyttöasentoon, viistosti ylhäältä päin kuvattuna.

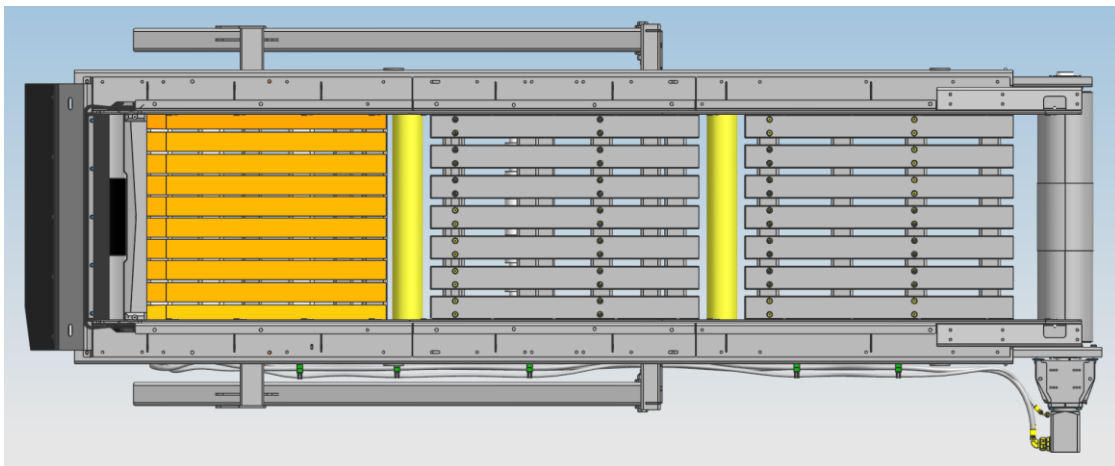
Kun ylitkuljetin asetetaan 2WS -asentoon, se asemoidaan matalammalle normaalitasoon verrattuna. Lopputuloksena seuralta virtaava materiaali osuu pidemmälle kuljettimella normaaliasentoon verrattuna. Ylitkuljettimen normaaliin asemaan verrattuna kuljetin on 2WS -asennossa 650 mm matalammalla, sekä 455 mm taaempaan materiaalivirran kulkusuuntaan nähden (kuva 7).



Kuva 7. Kuvassa on ST2.8 -mobiiliseula asetettuna 2WS -käyttöasentoon, sivusta päin kuvattuna.

Kuljettimen alkupäähän materiaalivirtaan nähden ollaan asennettu iskupalkkeja liukulevyjen sijaan juuri putoavan aineen aiheuttamaa rasitusta ajatellen, mutta kontaktipisteen siirtymisen myötä osa virrasta osuu myös kuljetinrullille ja liukulevyille asti joita ei olla tarkoitettu kestämään tätä kuormaa. Kuvassa (kuva 8) on esitettyä kuljettimen nykyinen rakenne.

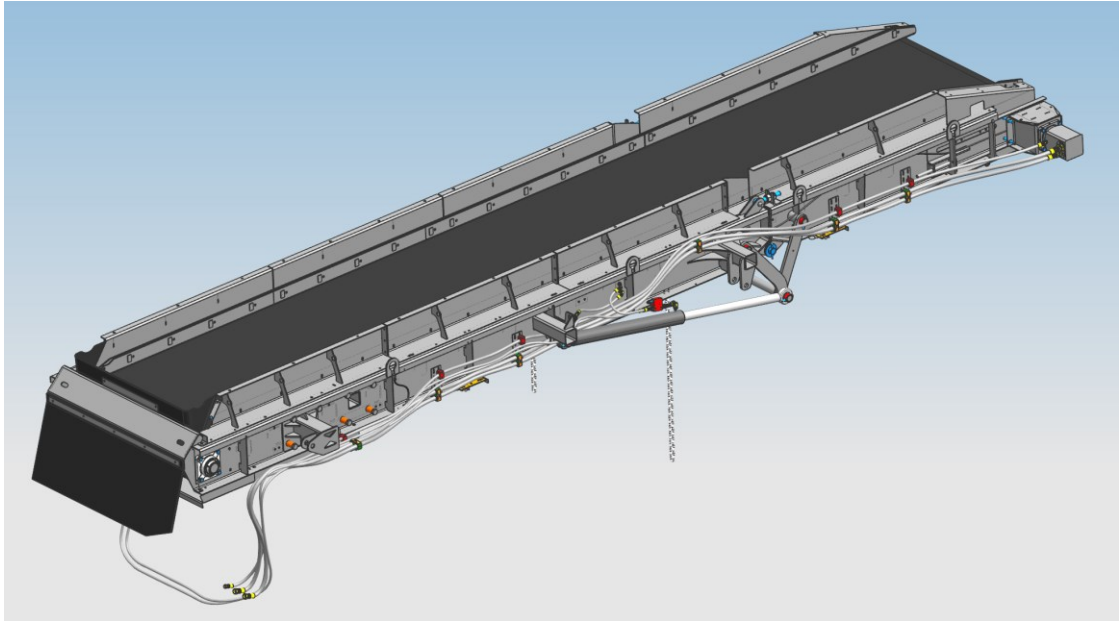
Muodonmuutosten/vaurioiden ehkäisemiseksi tarvitsee tuottaa kuljetinta muokkaavia ja vahvistavia ratkaisuja.



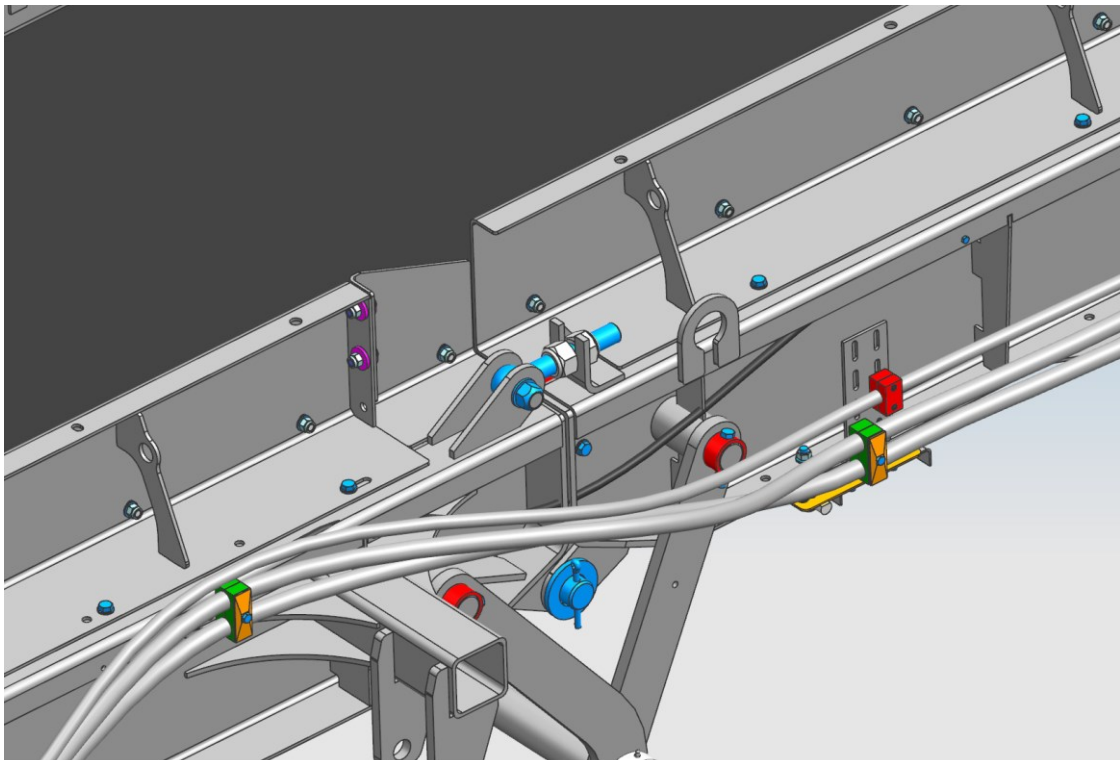
Kuva 8. Kuvassa on H12-5 -ylitekuljettimen nykyinen rakenne ylhäältä päin kuvattuna. Materiaalivirran suunta kuvassa vasemmalta oikealle päin.

### 2.2.2 H12-7 -ylitekuljettimen mekaanisen lukituksen korvaaminen

H12-7 -ylitekuljettimessa on taittuva purkupää joka nostetaan pystyyn käyttöasentoon konetta käytettäessä. Tällä hetkellä kun kärki on nostettu käyttöasentoon hydraulisyntereillä, se lukitaan lisäksi käsin kontrolloiduilla salvoilla joiden paikalleen laittaminen vaatii henkilön nousemisen aputasolle lukitusmekanismin sijaitessa noin 3,2 m korkeudessa maantasosta. Turvalukitukselle tarvitsee tuottaa ratkaisu jonka käyttäminen ei vaadi aputasoa, vaan käyttäjän on mahdollista ohjata lukitusta maan tasalta. Kuvissa on esitettyä kuljetin (kuva 9) ja suurenos vanhasta lukitusmekanismista (kuva 10).

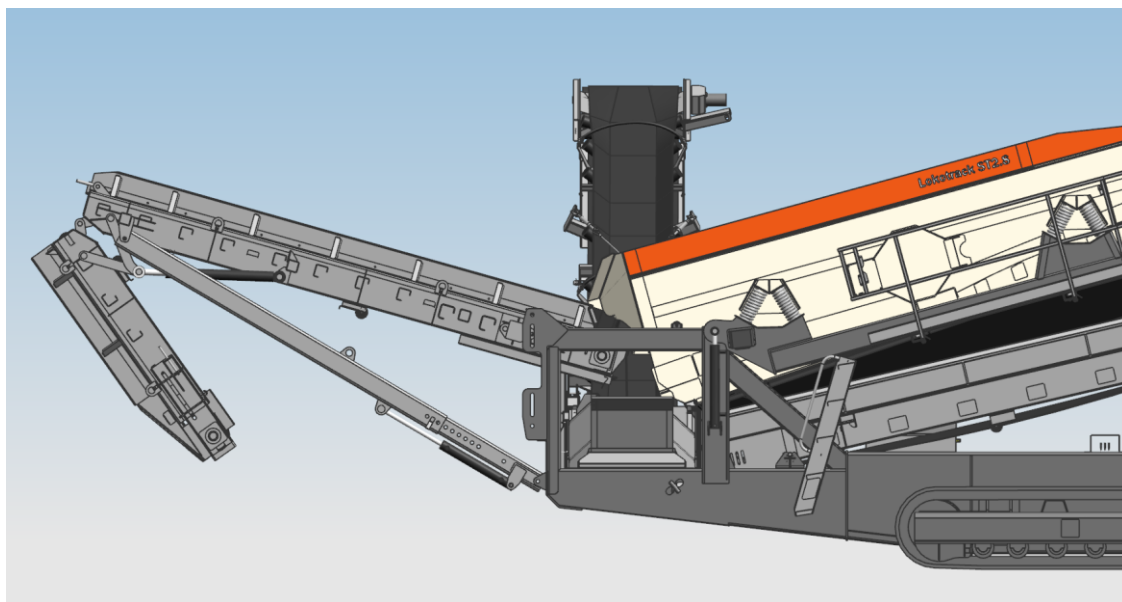


Kuva 9. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljetin irrallisena viistosti ylhäältä päin kuvattuna.



Kuva 10. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljettimen vanha lukitusmekanismi kuljettimen toiselta puolelta kuvattuna.

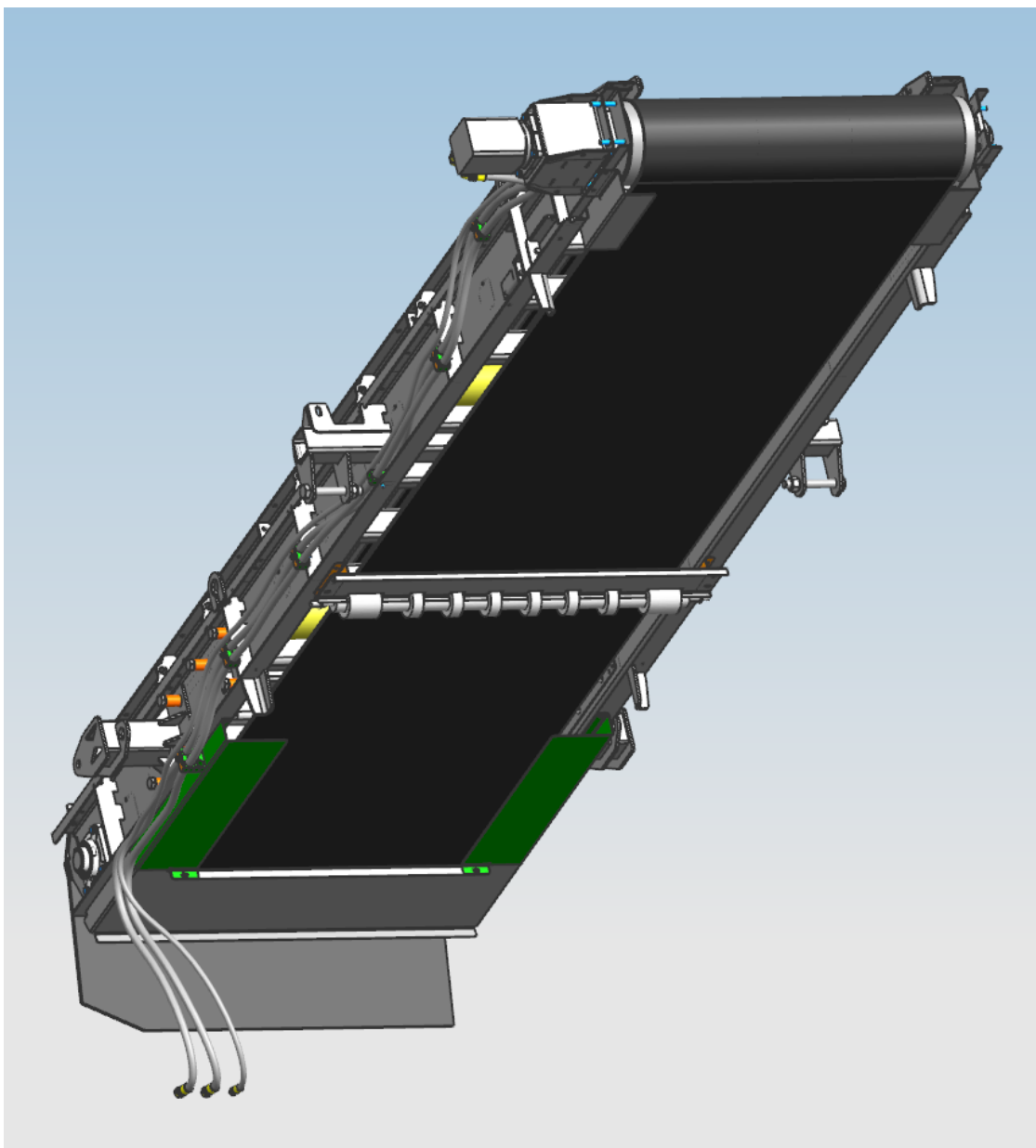
Kuvassa (kuva 11) on esitettyä myös H12-7 -ylitekuljetin taitettuna alas kuljetusasentoon.



Kuva 11. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljetin taitettuna kuljetusasentoon ja kuvattuna sivusta päin.

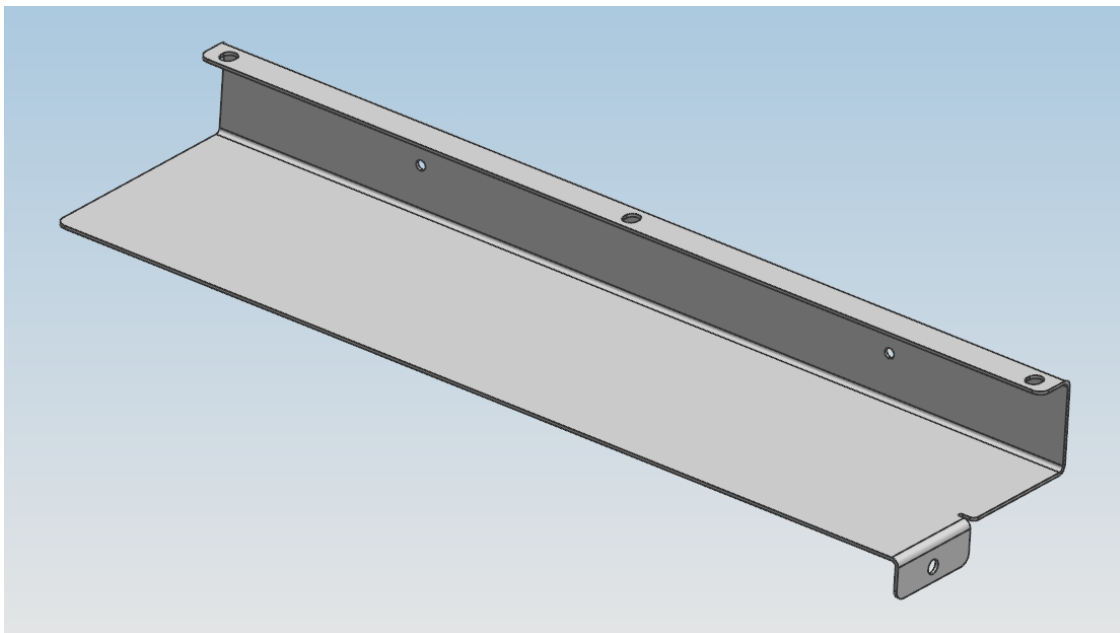
### 2.2.3 H12-5 ja H12-7 -ylitekuljettimien sormisuojiin modifiointi

Osassa koneita on havaittu ongelmana ylitekuljettimen kuljetinhihnan kuluminen ja/tai vaurioituminen sen hangatessa kuljettimen alapuolelle asennettuihin teräksisiin sormisuojiin. Sormisuojat ovat samanlaiset molemmissa ylitekuljetinmal-  
leissa H12-5 ja H12-7. Sormisuoja tarvitsee muokata, tai muuten tuottaa rat-  
kaisuja millä vaurioiden syntymistä voidaan ehkäistä. Kuvassa (kuva 12) on esi-  
tettynä suojat vihreäksi väritettynä ja paikallaan H12-5 -ylitekuljettimessa.



Kuva 12. Kuvassa on sormisuoja vihreäksi väritettynä ja paikallaan H12-5 -ylikuljettimessa.

Lisäksi esitettyä irrallisenä oikeanpuoleinen sormisuoja jonka päämitat ovat 900x230x90 mm (kuva 13).



Kuva 13. Kuvassa on ylitekuljettimen oikeanpuoleinen sormisuoja irrallisena. Suojan päämitat ovat 900x230x90 mm.

## 2.3 Suunnitteluprosessin esittely

Alaluvussa kerrotaan suunnitteluprosessin vaiheista ja toteutustavoista.

### 2.3.1 Suunnitteluprosessin vaiheiden esittely

Suunnitteluprosessi jakautuu kokonaisuudessaan neljään osaan:

- Ensimmäinen vaihe on vaihtoehtoisten konseptien suunnittelu. Jokaista kehityskohdetta varten tuotetaan useampi vaihtoehtoinen konsepti niiden toiminnallisuuden parantamiseksi. Konsepteja hahmotellaan suurpiirteisesti, huomioiden kuitenkin myös jatkokehityksen ja lopullisen tuotteen kannalta olennaisimpia tekijöitä kuten valmistettavuus, kustannukset, toiminnallisuus ja paino.
- Toinen vaihe on konseptien arviointi ja valinta. Edellisessä vaiheessa tuotettuja konsepteja arvioidaan yleisesti pohtien, sekä

konseptinvalintatyökaluja hyväksikäyttäen. Arvioinnin perusteella valitaan kutakin ongelmaa varten parhaimmaksi todettu ratkaisu jatkokehitykseen.

- Kolmas vaihe on valittujen konseptien suunnittelu, kehitys ja viimeistely. Vaiheessa alkuperäisten konseptien ideat jalostetaan aktuaalisiksi tuotteiksi. Se kattaa suurimman osan itse suunnittelutyöstä, sisältäen konseptien kehityksen ja viimeistelyn, mallien ja kuvantojen tuottamisen sekä valmistettavuuden ja kustannusten arvioimisen.
- Neljäs vaihe on yhteenveto ja tulosten arviointi. Valmiin tuotekehitystyön tuloksia ja onnistumista arvioidaan kokonaisuutena. Sisältää pohdintaa työn kulusta ja arvosta yritykselle.

### 2.3.2 Kehitystyön toteutuksen

Opinnäytetyön suunnittelutyön osuus suoritetaan kokopäivätyönä työn tilaajalla.

## 2.4 Kehitystyön aikataulut

Tuotekehitysprojektin taustatyö aloitettiin kesällä 2022. Kehityskohteita tutkimalla kartoitettiin työn laajuutta ja selvitettiin tarpeiden yksityiskohtia, jolloin voitiin arvioida projektin kestoa ja suunnitella aikataulutusta.

Kehitystyön laajuus ja sisältö oltiin kartoitettu ja sovittu työnantajayrityksen kanssa syyskuun alkuun mennessä.

Opinnäytetyön aloituspalaveri pidettiin 14.9.2022, ja siihen osallistui opinnäytetyön tekijän lisäksi työn ohjaajat työpaikalta ja Metropolia-ammattikorkeakoululta. Palaverissa sovittiin että kehitysprojektin opinnäytetyön kattava osuus on määrä olla valmis sisältöineen ja raporteineen 27.10.2022 mennessä. Palaverissa päätettiin myös, että aikavälillä 15.9.-27.10.2022 työn etenemistä käydään läpi kolmessa välipalaverissa työpaikan ohjaajan kanssa:

- Ensimmäisessä välipalaverissa 3.10.2022 katselmoidaan tuotettuja mahdollisia ratkaisuja ja päätetään jatkokehitykseen etenevät konseptit.
- Toisessa välipalaverissa 12.10.2022 esitellään kehitettyjä ratkaisuja ja pyritään päättämään viimeiset muutokset, joita konseptit mahdollisesti tarvitsevat ennen viimeistelyä ja dokumentaatioiden tuottamista.
- Viimeisessä ja projektin päätöspalaverissa 27.10.2022 katselmoidaan valmiita tuotteita ja arvioidaan projektin onnistumista kokonaisuutena. Työpaikan ohjaajan kanssa keskustellaan myös kehitysprojektin opinnäytetyön osuuden jälkeisistä vaiheista, matkalla kohti ratkaisujen käyttöönottoa ja valmistusta.

Myös opinnäytetyön raportoinnin osuuden etenemisestä oltiin yhteydessä aktiivisesti oppilaitoksen ohjaajaan, jotta voitiin varmistua työn kaikkien eri vaiheiden etenemisestä aikataulun mukaisesti.

## 2.5 Käytetyt ohjelmistot

Osien ja kokoonpanojen mallinnukseen sekä kuvantojen tuottamiseen käytetään Siemens NX 2015 CAD -ohjelmistoa. Osista suuri osa on levykappaleita, joiden geometrian ja kanttausten mallintamiseen käytetään Siemens NX 2015 CAD -ohjelmiston ohutlevy -applikaatiota (Sheet Metal). Applikaatiolla tuotetaan myös polttoleikkausgeometriat DXF -tiedostoina, joiden avulla kappaleita voidaan valmistaa levyleikkauskoneella.

Muiden kuin levymäisten kappaleiden mallintamiseen käytetään Siemens NX 2015 CAD -ohjelmiston mallinnus -applikaatiota (Modelling).

Piirustusten ja TIFF -osakuvantojen tuottamiseen käytetään Siemens NX 2015 CAD -ohjelmiston drafting -applikaatiota. Osien ja kokoonpanojen tietojen käsittelyyn ja muutosten hallintaan käytetään tuotteenhallintaohjelmisto Siemens

TeamCenter:iä, joka on synkronoitu toimimaan yhdessä Siemens NX 2015 CAD -ohjelmiston kanssa.

### **3 Konseptien tuottaminen & esittely**

Luvussa esitellään kehityskohteita varten tuotettuja vaihtoehtoisia ratkaisuja. Ongelmakohtiin tarjottiin useampia ratkaisuvaihtoehtoja, joiden arviointi on mahdollista konseptinvalintatyökaluja hyväksikäyttäen.

#### **3.1 H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus**

Lyhyemmän H12-5 -ylitekuljettimen tapausta tutkimalla tunnistettiin kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa, miten kuljettimen modifiointi voitaisiin toteuttaa. Muokkaukset pyrittiin tekemään tavalla jolla kuljettimen kokonaisuudessa sekä osien lukumäärä pysyisi minimaalisena. Alaotsikoissa 3.1.1 ja 3.1.2 kerrotaan mitä muokkauksia ratkaisut sisältäisivät toteutuessaan.

##### **3.1.1 Koko keskimmäisen liukulevypaketin vaihto ja vahvistukset**

Ratkaisu koostuu useasta eri osasta, jotka kokonaisuutena vahvistavat kuljettimen rakennetta ja ehkäisevät vaurioita:

- Kuljettimen taaimmaisen kuljetinrullan kannatin korvataan uudella vahvistetulla kannattimella. Kannatin asennetaan edelleen pulteilla, mutta uudelleenmuotoilemalla vähennetään siihen ja kuljettimen seinämiin syntyviä vaurioita/vääntymiä.
- Kuljettimen taaimmaista kuljetinrullaa siirretään eteenpäin, jotta putoava materiaalivirta ei osuisi sen päälle.
- Kuljetinrullien välinen liukulevypaketti korvataan alkupäätä vastaavilla iskupalkeilla ehkäisemään vaurioita, mikäli osa materiaalivirrasta edelleen putoaisi satunnaisesti kuljetinrullan alueelle. Taaimmainen

iskupalkkipaketti vaihdetaan pidempiin iskupalkkeihin, jotka ulottuvat siir-  
tyneelle taaimmaiselle kuljetinrullalle asti.

- Kuljettimen rungon rakennetta muokataan siirtämällä iskupalkkeja ja liu-  
kulevyjä kannattelevien vaakapalkkien positioita, jotta korvaaminen mah-  
dollista.

### 3.1.2 Osittainen keskimmäisen liukulevypaketin vaihto

Ratkaisu koostuu useasta eri osasta, jotka kokonaisuutena vahvistavat kuljetti-  
men rakennetta ja ehkäisevät vaurioita:

- Kuljettimen taaimmaisen kuljetinrullan kannatin korvataan uudella vahvis-  
tetulla kannattimella. Kannatin asennetaan edelleen pulteilla, mutta uu-  
delleenmuotoilemalla vähennetään siihen ja kuljettimen seinämiin synty-  
viä vaurioita.
- Taaimmaisen kuljetinrullan edessä sijaitseva iskupalkkeja kannatteleva  
rungon vaakapalkki vaihdetaan vahvempaan.
- Kuljetinrullien välinen liukulevypaketti muotoillaan uudelleen. Paketti jae-  
taan kahteen osaan, jolloin taaimmaisen kuljetinrullan etupuolelle vaihtuu  
lyhyet iskupalkit ja lyhyet liukulevyt.
- Taaimmaisen kuljetinrullan etummainen iskupalkkeja kannatteleva run-  
gon vaakapalkki vaihdetaan vahvempaan. Muutetaan tulevia liukulevyjä  
kannattelevien vaakapalkkien positioita, jotta korvaaminen on mahdol-  
lista.

## 3.2 H12-7 -ylitekuljettimen lukitus käyttöasentoon

Pidemmän H12-7 -ylitekuljettimen tapausta tutkimalla tunnistettiin kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa, miten kuljettimen modifiointi voitaisiin toteuttaa.

Muokkaukset pyrittiin tekemään tavalla, jolla kuljettimen kokonaisuudessa kasvaisi mahdollisimman vähän ja osien kokonaismäärä ei kasvaisi. Uusi ratkaisu ei saisi olla kustannuksiltaan kohtuuttoman paljon kalliimpi vanhaan verrattuna.

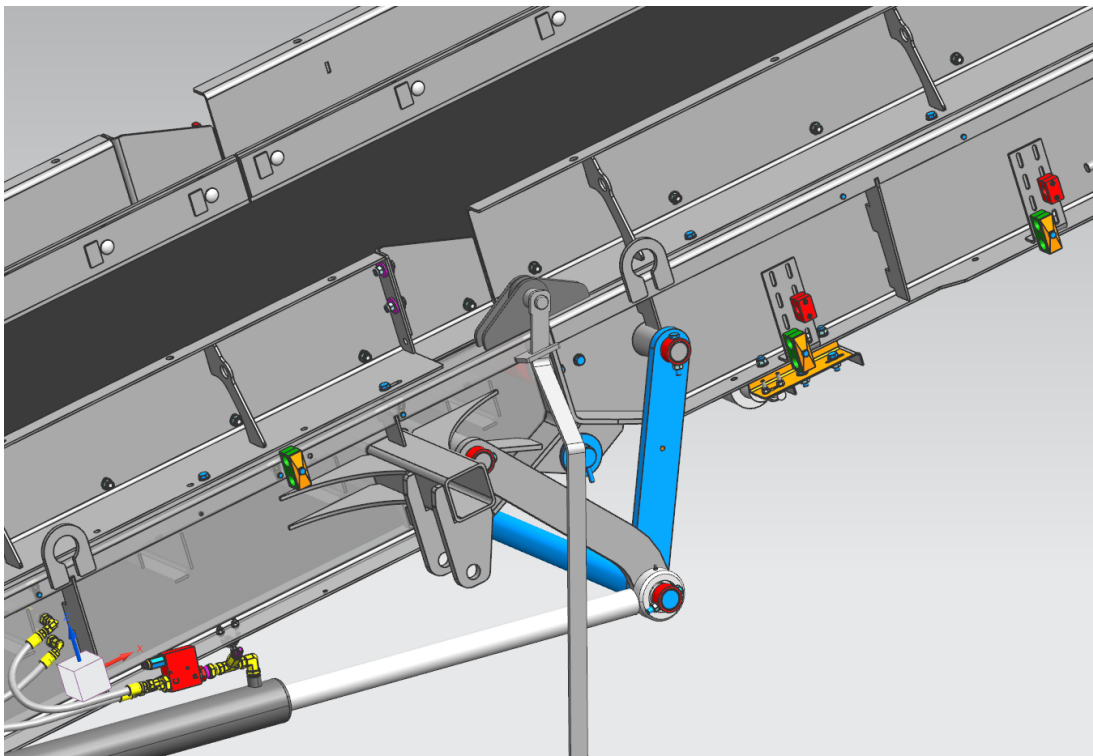
Alaotsikoissa 3.2.1, 3.2.2 ja 3.2.3 kerrotaan mitä muokkauksia ratkaisut sisältäisivät toteutuessaan.

### 3.2.1 Mekaaninen lukitus paikalleen asetettavalla lukkotapilla

Korvataan vanha kierretapista ja mutterista koostuva mekanismi erilaisella mekaanisella lukituksella. Kuljetin lukitaan käyttöasentoon asettamalla paikalleen pitkällä jatkovarrella varustetut lukitustapit, jolloin käyttäjä kykenee lukitsemaan kuljettimen maan tasalta. Lukitussalvat hitsataan kuljettimen runkoon.

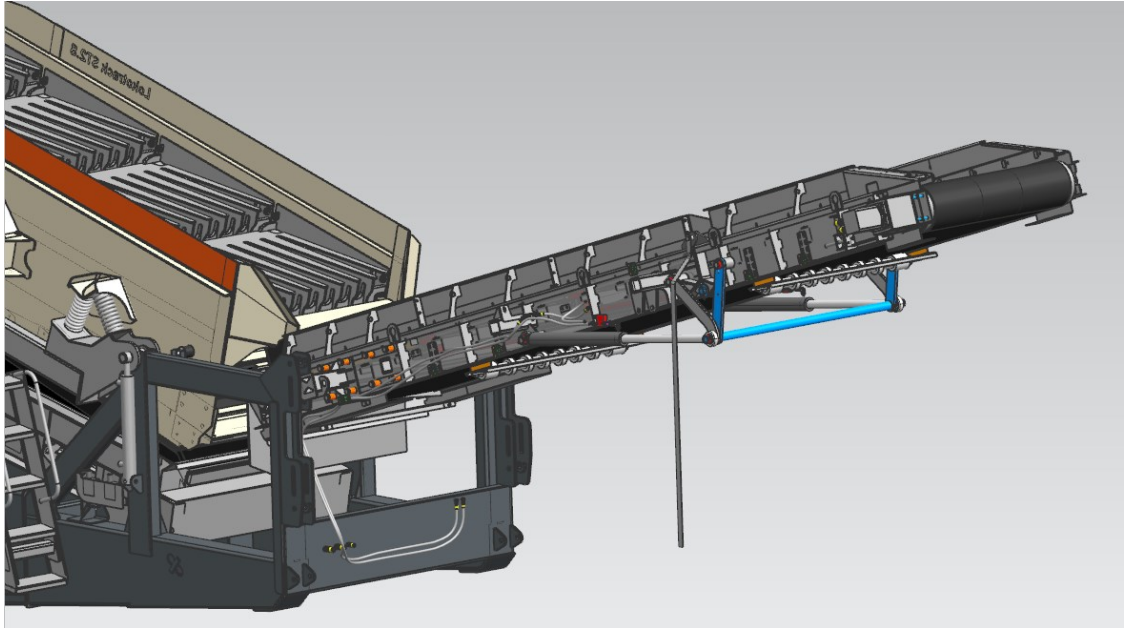
Tappi asetetaan paikalleen varren ollessa muutaman asteen kulmassa pystyakseliin nähden, jonka jälkeen käännetään varsi osoittamaan pysty akselin suuntaisesti alaspäin. Runkoon ollaan asennettu hakanen, joka lukitsee varren paikalleen niin ettei lukitustappi pääse irtoamaan paikaltaan. Vastavuoroisesti lukitustappi poistetaan kääntämällä vartta sen verran, että tappi pääsee irtoamaan.

Teräksiset lukitussalvat hitsataan kuljettimen runkoon. Lukitussalpa koostuu yksinkertaisista yhteen hitsatuista teräskappaleista (kuva 14).



Kuva 14. Kuvassa on irrallinen paikalleen asetettava lukitussalpa sivusta ja läheltä kuvattuna.

Jatkovarret jäävät lepäämään vapaana ilmaan kuljettimen molemmille puolille (kuva 15).



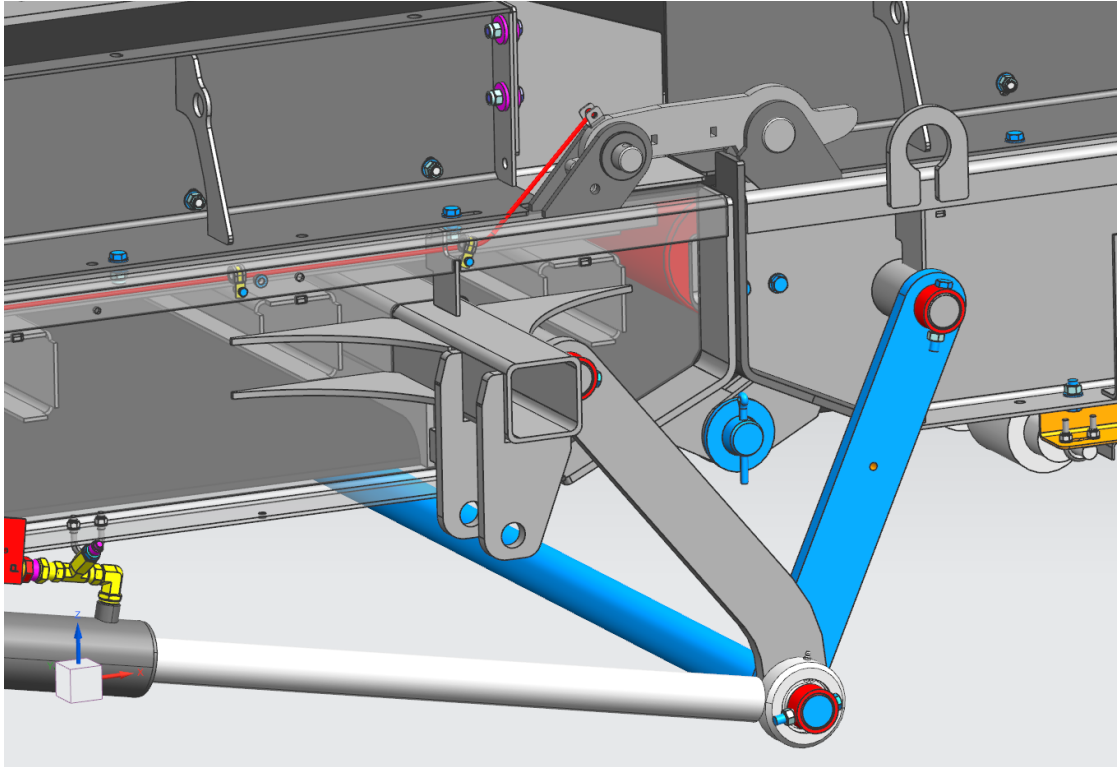
Kuva 15. Kuvassa on irrallinen paikalleen asetettava oikeanpuoleinen lukitus-salpa viistosti ylhäältä ja edestä päin kuvattuna.

### 3.2.2 Mekaaninen lukitus vaijerilla ohjailtavalla salvalla

Asennetaan runkoon salpa ja sen vastinkappale, jota ohjailaan mekaanisesti vaijerilla.

Vedettäessä vaijerista salpa irtoa vastinkappaleesta, jolloin paikalleen lukittu kuljettimen kärki on mahdollista taittaa alas käyttöasennosta. Salpa muotoillaan väistämään sen vastinkappaletta taitettaessa ylös käyttöasentoon, tai suunnitellaan mahdollisuus lukita salpa vaijerilla yläasentoon yhteentörmäyksen välttämiseksi. Vaijeri kulkee käyttäjän ulottuville runkoa pitkin lenkeistä ja rullista rakennetun linjan kautta.

Salvan runkona ja vastinkappaleena toimivat teräslevyt hitsataan kuljettimen runkoon. Vaijerin reitityslenkit, rullat ja muut asennusosat lähtökohtaisesti pultataan paikalleen kuljettimeen. Kuvassa (kuva 16) esiteltynä karkea hahmotelma vaijeriratkaisusta, jossa keskitytty lähinnä vaijerilinjan reittiin runkoa pitkin.



Kuva 16. Kuvassa on hahmotelma vaijerilla ohjaittavasta lukitussalvasta sivusta päin kuvattuna.

### 3.2.3 Mekaaninen lukitus hydraulisylinterillä ohjaittavalla salvalla

Asennetaan runkoon salpa ja vastinkappale, jota ohjailaan hydraulisylinterillä.

Ohjaamalla maan tasalta käsiventtiilillä kaksitoimisia hydraulisylintereitä, salvan asentoa voidaan muuttaa. Salpa muotoillaan väistämään sen vastinkappaletta taitettaessa ylös käyttöasentoon, tai ohjeistetaan ohjekirjan päivityksellä käyttäjää nostamaan salpa yläasentoon kuljettimen asentoa muutettaessa.

Salvan runkona ja vastinkappaleena toimivat teräslevyt hitsataan kuljettimen runkoon. Hydraulisylinteri pultataan paikalleen teräslevyistä koostuvaan kiinnityskappaleeseen. Hydrauliikan letkut reititetään kulkemaan rungon sivussa.

### 3.3 H12-5/H12-7 -ylitekuljettimen sormisuojiin kehitys

Sormisuojiin ja kuljetinhihnojen vaurioita tutkimalla tunnistettiin kaksi tapaa, miten sormisuojiin olisi mahdollista muokata vaurioiden ehkäisemiseksi. Molemmat vaihtoehdot olisivat mahdollisimman yksinkertaisia ja muuttaisivat pellin geometriaa minimaalisesti, jolloin ne olisivat toteuttamiskelpoisia muutostenhallinnan kannalta.

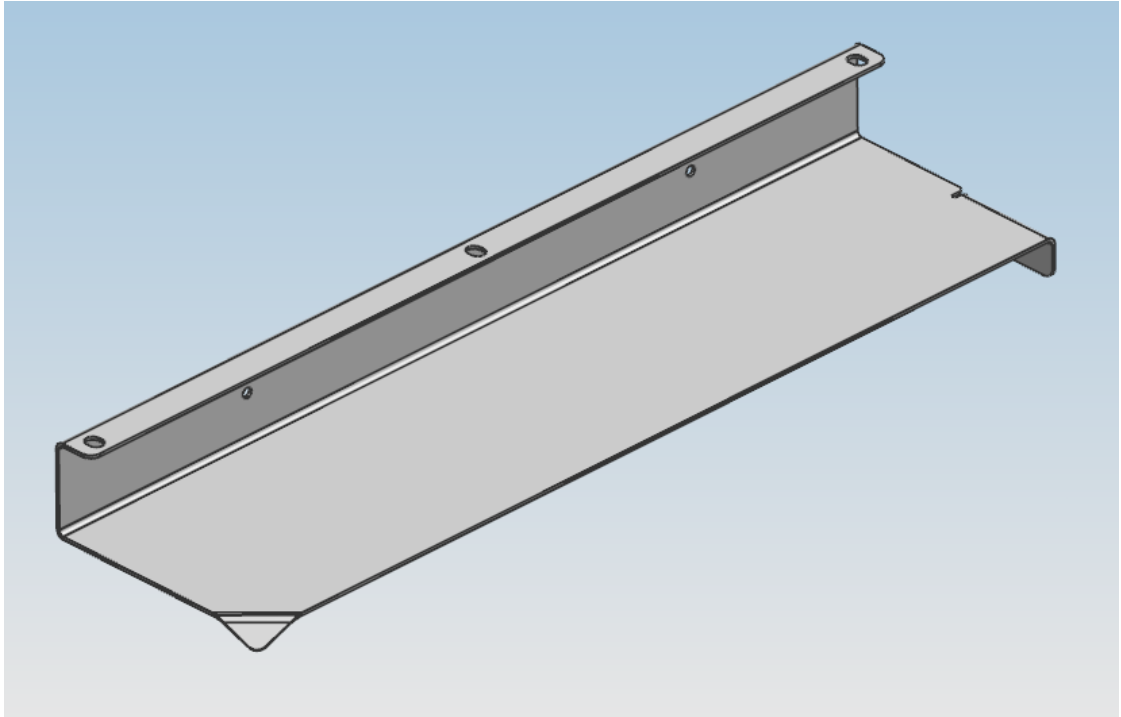
Alaotsikoissa 3.3.1 ja 3.3.2 kerrotaan mitä muokkauksia ratkaisut sisältäisivät toteutuessaan.

#### 3.3.1 Sormisuojan muokkaus pellin kulma kanttaamalla

Sormisuojan kärjet kantataan osoittamaan ulospäin 45 asteen kulmassa, jolloin suojan kärki ei pääse kontaktiin kuljetinhihnan kanssa.

Tämä ollaan todettu jo toimivaksi ratkaisuksi, jolla ongelma saataisiin ratkaistua yksinkertaisesti.

Kuvassa (kuva 17) on esitetty hahmotelma suojan kanttauksesta.



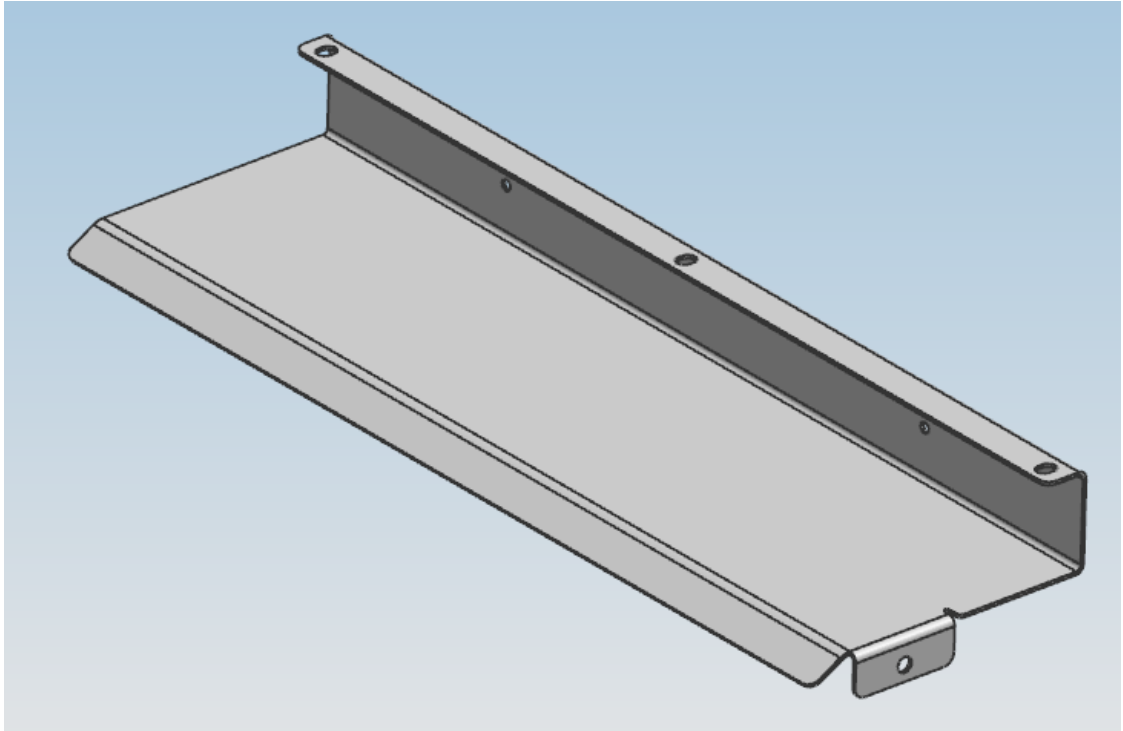
Kuva 17. Kuvassa on oikeanpuoleinen sormisuoja irrallisena johon lisätty kanttaus kärkeen.

### 3.3.2 Sormisuojan muokkaus pellin laita kanttaamalla

Sormisuojaan lisätään kanttaus pitkälle sivulle, jonka kulman kärki on aiheuttanut vaurioita kuljetinhihnaan.

Tämä on yhtäläillä yksinkertainen ratkaisu, jonka voidaan olettaa ratkaisevan ongelman samalla tavalla kuin kulman kanttaamisen.

Kuvassa (kuva 18) on esitetty hahmotelma suojan kanttauksesta.



Kuva 18. Kuvassa on oikeanpuoleinen sormisuoja irrallisena johon lisätty pitkitäisen sivun kanttaus.

## 4 Konseptien valinta

Luvussa kerrotaan konseptien arvioinnista ja valinnasta jatkokehitykseen. Tuotettuja konsepteja tarkasteltiin ja arvioitiin yleisesti, sekä arviointityökalua hyödyntäen. Vaatimuskriteerit, sekä niiden tärkeysjärjestys kullekin kehityskohteelle määriteltiin suunnittelutiimin jäsenten ja esimiehen kesken aihetta käsittelevässä palaverissa. Lopuksi valittiin parhaimmaksi todettu ratkaisu jatkokehitykseen.

### 4.1 H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus

Ongelmakohtaa varten tuotettiin kaksi vaihtoehtoista konseptia, joista toinen valittiin jatkokehitykseen.

#### 4.1.1 Konseptien tarkastelu ja arviointi valintatyökalulla

Molempiin konsepteihin kuuluvan rullan kannattimen korvaamisen vahvistetulla versiolla todettiin olevan toimiva ja yksinkertainen ratkaisu, joka olisi järkevää toteuttaa muista muutoksista riippumatta. Tila kannattimien ympärillä sallii niiden kohtuullisen suurentamisen, jolloin kannatin kestää huomattavasti paremmin normaalikuormaa suurempaakin rasitusta. Tällä voidaan myös ehkäistä vaurioita kuljettimen seinämissä mihin kannattimet on asennettu, rullalta välittyvän rasituksen jakautuessa suuremmalle alueelle kannattimen kautta.

Kuljetinrullan siirtäminen ja koko keskimmäisen liukulevypaketin korvaaminen iskupalkeilla alaotsikossa 3.1.1 esitellyn konseptin mukaisesti olisi todennäköisesti varmin tapa ehkäistä vaurioita, varsinkin rullan ja sen jälkeisten vaakaprofiilien kannalta. Nämä kriittiset pisteet siirtyisivät pois alueelta mille suurin osa materiaalivirrasta tippuu 2WS -käyttöasennossa, ja molempia rakenteita oltaisiin vahvistettu kestäämään satunnaista lisärasitusta huomattavasti paremmin. Uusien osien lukumäärä olisi minimaalinen ja iskupalkkien tuoma lisäpaino jäisi huomattavan pieneksi, suhteessa niiden tuomaan hyötyyn kestävyuden kannalta.

Muutokset vaatisivat suuria muutoksia kuljettimen rakenteeseen, ja käytännössä kaikkien kuljettimen rungon vaakapalkkien uudelleenpaikoitusta.

Keskimmäisen liukulevypaketin korvaamisessa osittain iskupalkeilla ja kuljetinrullan jälkeisen vaakapalkin korvaamisessa vahvemmallalla palkilla olisi tämän vuoksi etunsa. Muutokset eivät vaatisi useiden vaakapalkkien uudelleensommitelua ja mitoitusta. Myös vaikutus kuljettimen kokonaismassaan olisi olematon. Kuljetinrullan kannatin olisi vahvistettu kestäämään paremmin sen päälle putoavaa materiaalivirtaa, samoin kuin kuljetinrullan jälkeiset rakenteet.

Riskinä havaittiin mahdollisuus että muutokset eivät vahvistaisi alttiita rakenteita tarpeeksi, jolloin vaurioita havaittaisiin edelleen syntyvän konetta käytettäessä. Liukulevypaketin jakaminen kahtia ja korvaaminen osittain iskupalkeilla lisäisi myös yksittäisten osien määrää rakenteessa.

Konsepteja arvioitiin valintatyökalulla, jolla arvojärjestykseen asetetuille ominaisuuksille annettiin kullekin arvosana 1-5 välillä sen mukaan miten hyvin ne muikailevat asetettuja vaatimuksia. Arvosana 1 tarkoittaa että ominaisuus ei täytä vaatimuksia, kun taas arvosana 5 että se täyttää vaatimukset täydellisesti. Ominaisuuden tärkeys ja konseptin saama arvosana yhteen kertomalla muodostetaan pistemäärä kullekin ominaisuudelle, joiden yhteenlaskettu tulos on konseptin pisteytys arvostelussa. Taulukossa (taulukko 1) on esitettyä konseptinvalintatyökalun pohja täytettynä.

Taulukko 1. Konseptinvalintatyökalun pohja täytettynä.

<b>Konseptin valinta</b>						
Vaatus	Suure	Tärkeys	Koko keskimmäisen liukulevypaketin vaihto ja vahvistus		Osittain keskimmäisen liukulevypaketin vaihto ja vahvistus	
			Arvostelu	Pisteet	Arvostelu	Pisteet
Massa	kg	8,0	4	32	3	24
Kustannukset		7,0	4	28	3	21
Vaikutus rungon rakenteeseen		6	3	18	4	24
Uusien osien määrä	kappalemäärä	5,0	4	20	2	10
Valmistettavuus		4,0	3	12	4	16
<b>Total Rating</b>				<b>110</b>		<b>95</b>
<b>Normalized Rating</b>				<b>1</b>		<b>0,8636364</b>
<b>Final Ranking</b>				<b>1</b>		<b>2</b>

Konseptien yhteenlasketut pisteet arvioinnissa:

- Koko keskimmäisen liukulevypaketin vaihto 127 p
- Osittainen keskimmäisen liukulevypaketin vaihto 98 p

#### 4.1.2 Konseptin valinta

Arvioinnin perusteella jatkoon valittiin koko keskimmäisen liukulevypaketin vaihto ja vahvistukset. Valintaan vaikutti konseptien yleinen arviointi, ja apuna käytettiin konseptinvalintatyökalua. Erityisesti ratkaisun valintaan vaikutti suurempi luottamus siihen, että ratkaisu ehkäisee vaurioiden syntymistä tulevaisuudessa.

#### 4.2 H12-7 -ylitekuljettimen lukitus käyttöasentoon

Ongelmakohtaa varten tuotettiin kolme vaihtoehtoista konseptia, joista yksi valittiin jatkokehitykseen.

##### 4.2.1 Konseptien tarkastelu & arvostelu arviointityökalulla

Mekaanisen paikalleen asetettavan lukitustapin selkeäksi eduksi todettiin yksinkertaisuus, sekä muutosten pieni vaikutus kustannuksiin. Myös lisä kokonaisuudessaan arvioitiin minimaaliseksi. Mekanismi koostuisi vain muutamasta runkoon hitsattavasta levykappaleesta, jotka toimivat salpoina lukkotapille ja hakasena jota vasten lukkoatapin varsi käännetään pysymään paikoillaan. Lisäys ylitekuljettimen kokonaisuudessaan olisi käytännössä olematon, ja muutokset rakenteessa minimaalisia.

Ratkaisuun liittyy myös ongelmia. Lukitustapista varren kanssa itsessään tulisi kohtuuttoman pitkä yhtenäinen kappale (n. 2,5 metriä), jolloin käytettävyys ja toimintavarmuus kärsisivät. Osat vaatisivat myös säilytyspaikan koneessa, jota voisi olla haastavaa löytää osien hankalan muodon vuoksi. Ilmassa lepäävät varret olisivat myös hankalia turvallisuuden kannalta niiden jäädessä pakostakin korkeudelle, missä ne sijaitsevat mahdollisesti pään/hartioiden tasolla. Tämän takia varsien mitoittaminen olisi hankalaa, jotta ne olisivat sopivia eripituisille käyttäjille. Varsien käyttö vaatisi myös turvallisuustoimenpiteitä, kuten esimerkiksi varren maalaamista huomioväreillä.

Maantasalta mekaanisesti vaijerilla ohjaittava salpa todettiin myös kustannuksiltaan todella halvaksi ja periaatteessa yksinkertaiseksi ratkaisuksi. Salpa ja sen vastinkappale koostuisivat yksinkertaisista liikkuvista sekä runkoon hitsatuista levykappaleista. Niitä ohjaavan vaijerin reititys koostuisi runkoon pultatuista rullista ja lenkeistä. Lisäys koko ylitkuljettimen kokonaispainoon olisi olematon.

Tähänkin tosin liittyy perustavanlaatuisia ongelmia. Riskinä on salvan jumiutuminen, jolle vaijerilla ohjaillemalla ei todennäköisesti voisi tehdä mitään nousematta aputasolle irrottamaan salpaa työkalulla. Lisäksi vaijeri ollaan todettu aiemmassa käytössä epäluotettavaksi ja alttiiksi häiriölle, jonka sijasta muita ratkaisuja ollaan suosittu. Vaijerille olisi myös hankalaa löytää reitti maantasalle asti, jotta sitä voitaisiin käyttää ilman aputasoa.

Hydraulisesti ohjaittavan salvan hyödyksi koettiin käytettävyys ja toimintavarmuus. Salpojen asentoa olisi mahdollista ohjata maan tasalta samalta käsiventtiililtä, jolla ohjailaan myös kuljettimen ja sen kärjen asentoa. Ratkaisu olisi helppokäyttöinen, turvallinen ja luotettava.

Verrattuna kahteen aiempaan konseptiin jotka esiteltiin alaotsikoissa 3.2.1 ja 3.2.2, ratkaisu on toisaalta huomattavasti monimutkaisempi sekä vaikutus kokonaisuudessaan ja kustannuksiin suurempi. Ratkaisu vaatii huomattavasti suuremman määrän yksittäisiä komponentteja ja reititysosia, sekä huomattavan määrän hydraulikkasuunnittelua.

Konsepteja arvioitiin valintatyökalulla, jolla arvojärjestykseen asetetuille ominaisuuksille annettiin kullekin arvosana 1-5 välillä sen mukaan miten hyvin ne muikailevat asetettuja vaatimuksia. Arvosana 1 tarkoittaa että ominaisuus ei täytä vaatimuksia, kun taas 5 että se täyttää vaatimukset täydellisesti. Ominaisuuden tärkeys ja konseptin saama arvosana yhteen kertomalla muodostetaan pistemäärä kullekin ominaisuudelle, joiden yhteenlaskettu tulos on konseptin pisteytys arvostelussa. Taulukossa (taulukko 2) on esitettyä konseptinvalintatyökalun pohja täytettynä.

Taulukko 2. Konseptinvalintatyökalun pohja täytettynä.

## Konseptin valinta

Vaatimus	Suure	Tärkeys	Paikalleen asetettava salpa		Vaijerilla ohjaitava		Hydraulisyliinterillä ohjaitava	
			Arvostelu	Pisteet	Arvostelu	Pisteet	Arvostelu	Pisteet
Käytettävyys		8,0	2	16	2	16	5	40
Toimintavarmuus		7,0	3	21	2	14	5	35
Kustannukset		6	5	30	4	24	3	18
Valmistettavuus		5,0	5	25	3	15	3	15
Massa	kg	4,0	5	20	5	20	3	12
Osien määrä	kappalemäärä	3,0	5	15	3	9	3	9
		<b>Total Rating</b>		127		98		129
		<b>Normalized Rating</b>		1		0,772		1,0157
		<b>Final Ranking</b>		2		3		1

Konseptien yhteenlasketut pisteet arvioinnissa:

- Paikalleen asetettava salpa 127 pistettä.
- Vaijerilla ohjaitava salpa 98 pistettä.
- Hydraulisyliinterillä ohjaitava salpa 129 pistettä.

#### 4.2.2 Konseptin valinta

Arvioinnin perusteella jatkoon valittiin hydraulisella sylinterillä ohjailtava mekaaninen lukitus. Valinta tehtiin yleisesti konsepteja arvioiden, sekä konseptinvalintatyökalun tulosta hyödyntäen. Erityisesti valintaan vaikutti konseptin käytettävyys ja luotettavuus, joiden saavuttamiseksi kustannusten ja kokonaismassan nousemisen päätettiin olevan sen arvoista.

#### 4.3 H12-5/H12-7 -ylitekuljettimen sormisuojausten kehitys

Ongelmakohtaa varten tuotettiin kaksi vaihtoehtoista konseptia, joista toinen valittiin jatkokehitykseen.

##### 4.3.1 Konseptien tarkastelu ja arviointi

Molemmat sormisuojausten korvaajaksi tarkoitetut konseptit vaativat vain pieniä muutoksia suojan geometriaan. Konseptien arvioiminen konseptinvalintatyökalua hyödyntäen ei toisi lisäarvoa opinnäytetyölle, joten suoja arvioitiin vain yleisesti.

Pitkän sivun kanttaamalla varmistetaan ettei suoja pääse hankaamaan kuljetinhihnaan koko pellin matkalta.

Toisaalta kulumisen ollaan havaittu johtuvan pääasiassa pellin etukärjen reunan hankaamisesta hihnaan, joten koko pellin pitkän sivun kanttaaminen ei ole välttämätöntä.

##### 4.3.2 Konseptin valinta

Arvioinnin perusteella jatkoon valittiin pellin muokkaaminen lisäämällä kanttaushihnaan kontaktissa olleeseen kulmaan. Valinta tehtiin yleisesti konsepteja arvioiden, pyrkien ratkaisemaan ongelma mahdollisimman pienillä muutoksilla osan geometriaan.

## 5 Valittujen konseptien suunnittelu ja kehitys

Luvussa tarkastellaan jatkokehitykseen valittujen konseptien modifiointeja suunnittelutyön, valmistettavuuden ja kustannusten näkökulmasta, sekä esitellään valmiita tuotteita.

Konsepteista tuotettiin tuotantoa ja valmistusta varten tarvittavat osa-, kokoonpano-, hitsauskokoonpano- ja asennuskuvannot, sekä JT -mallit. Levykappaleista tuotettiin lisäksi DXF -tiedostot leikkausta varten. Kokonaisuudessaan uusia nimikkeitä/osia luotiin 58 kappaletta, joista ainoastaan hydraulikkaletkuista ei tuotettu kuvantoja, vaan pelkästään 3D ja JT -mallit ja muut tarvittavat liitteet.

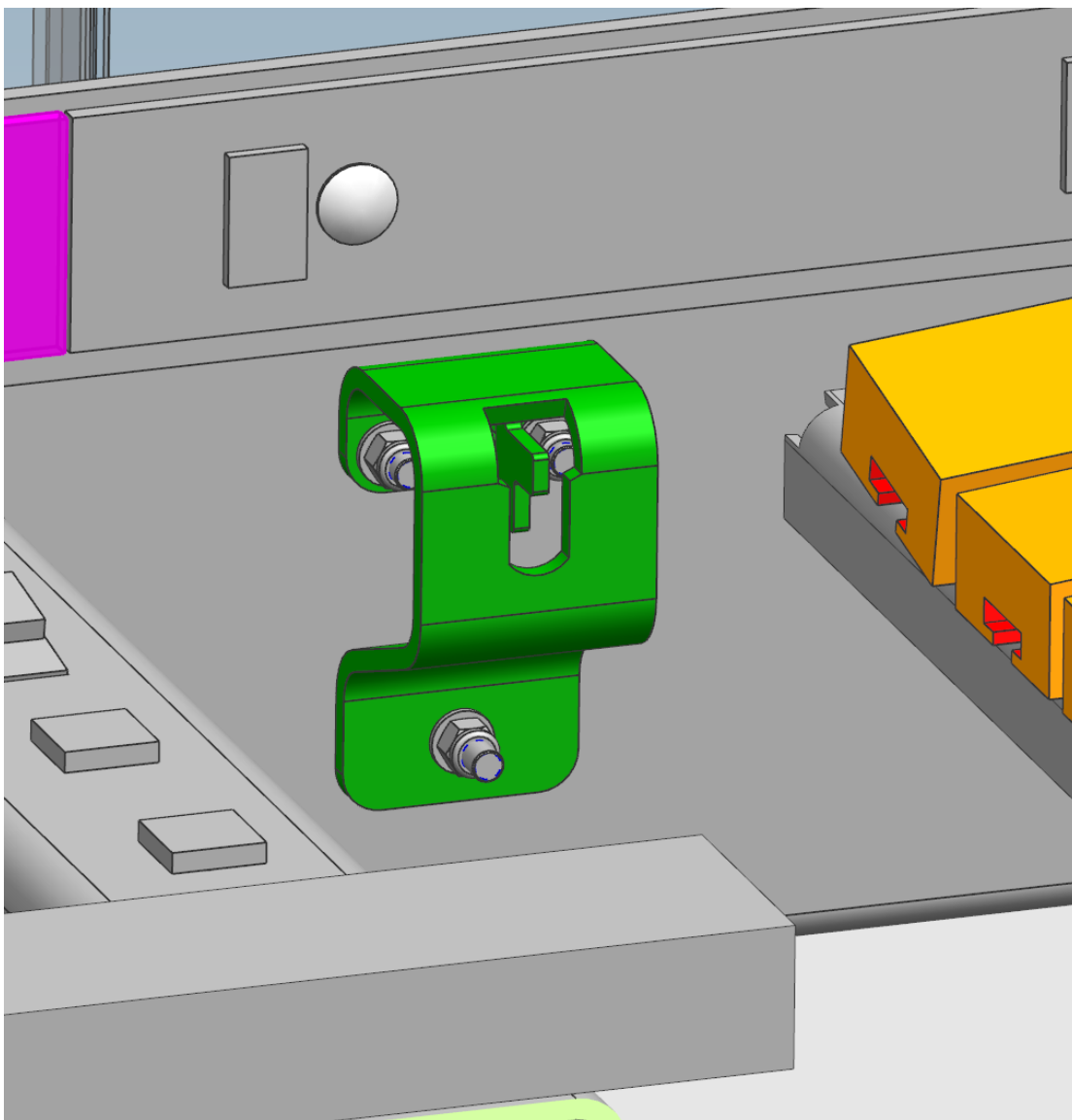
### 5.1 H12-5 -ylitekuljettimen vahvistus

Alaotsikossa käsitellään H12-5 -ylitekuljettimen jatkoon valitun konseptin

- Tehtyjä toimenpiteitä
- Valmistettavuutta & materiaaleja
- Massaa
- Kustannuksia

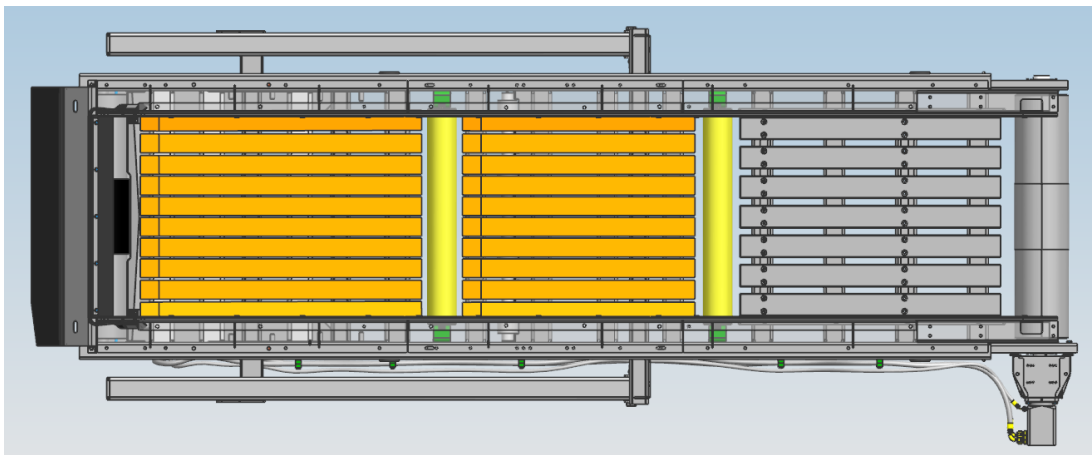
#### 5.1.1 Tehdyt toimenpiteet

Kuljetinrullien kannattimet korvattiin uudenmallisilla vahvemmillä kannattimilla. Lisäksi suunniteltiin lukituspala, jolla kuljetinrulla saadaan lukittua paikalleen kannattimeen (kuva 19).



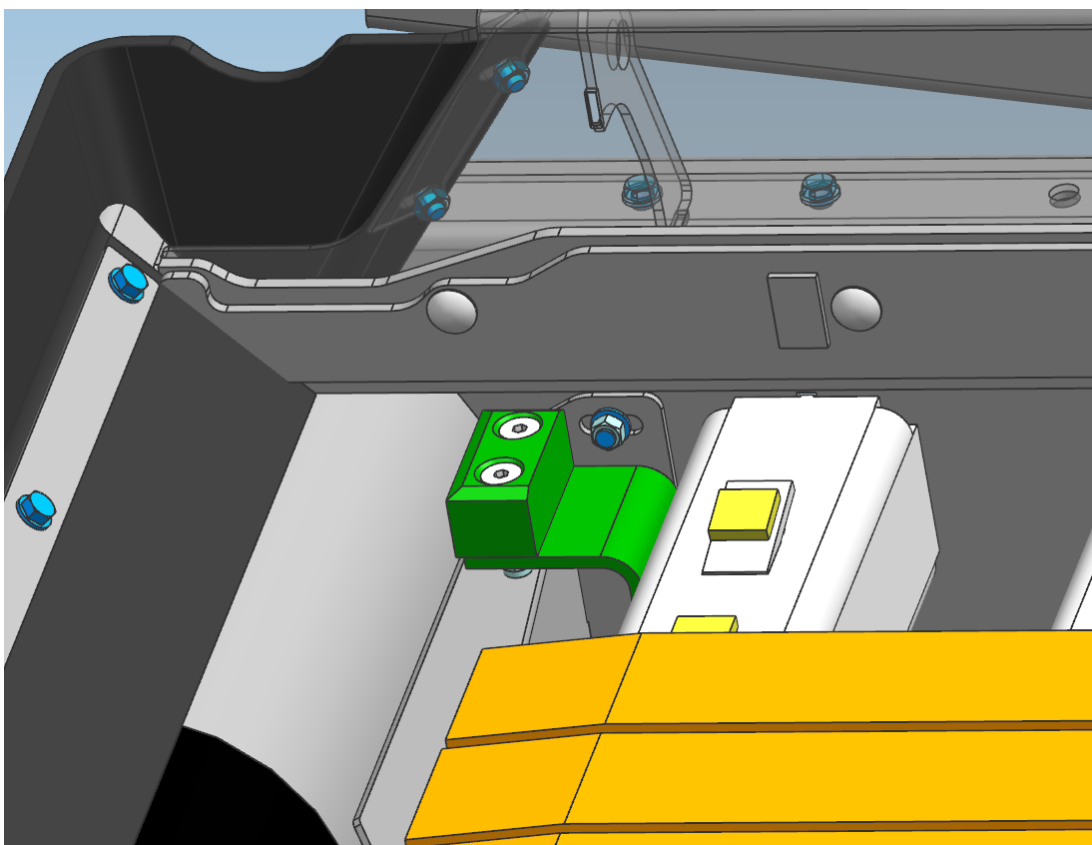
Kuva 19. Kuvassa on vahvistettu kuljetinrullan kannatin sekä lukituspaala vihreäksi väritettynä ja paikalleen asennettuna.

Kuljettimen rungon vaakapalkkien sekä kuljetinrullien sommittelua muutettiin ja sovitettiin, jotta iskupalkki- ja liukulevypakettien muutoksille olisi tilaa. Taaimainen iskupalkkipaketti vaihdettiin pidemmän mallisiin iskupalkkeihin, ja keskimmäisen liukulevypaketti korvattiin lyhyemmällä iskupalkeilla. Myös kuljettimen rungon sivulevyjä muokattiin vastaamaan palkkien ja rullan kannattimien kiinnitysreikien uusia positiota. Kuvassa (kuva 20) on esitettyä kuljettimen uusi rakenne päältä päin kuvattuna.



Kuva 20. Kuvassa on H12-5 -ylitekuljettimen uusi rakenne päältä päin kuvattuna, materiaalivirran suunta kuvassa vasemmalta oikealle päin.

Taaimmisen iskupalkkipaketin takaisia aseman rajoittimia muokattiin, jotta iskupalkkipaketti mahtuu hieman taaemmas aiempaan verrattuna (kuva 21).



Kuva 21. Kuvassa on taaimmisen iskupalkkipaketin takaiset rajoittimet vihreäksi väritettynä.

### 5.1.2 Konseptin valmistettavuus ja materiaalit

Uudet osat ovat pääosin levykappaleita, joista suuressa osassa on kanttauksia. Valmistusmenetelmät pysyvät ennallaan aiempaan rakenteeseen verrattuna, ja osien valmistus on mahdollista käytössä olevilla tuotantovälineillä.

Keskimmäistä liukupalkkipakettia lukuunottamatta rakenteen osien materiaalit eivät muutu. Iskupalkki- ja liukulevypaketteja kannattelevien vaakapalkkien sekä kuljetinrullien kannattimien materiaalina käytetään vahvempaa kuumavalssattua S275JR -rakenneterästä, jonka myötölujuus on alle 21 °C lämpötilassa 250 MPa/36 ksi. Teräksen iskutkeys on Charpyn -heilurivasaralla ja V -lovisauvalla testattuna, 20 °C lämpötilassa minimissään 27 joulea. Teräs noudattaa kuumavalssattujen rakenneterästen yleisten teknisten toimitusehtojen standardin vaatimuksia (SFS-EN 10025-1:2004), sekä 3-400 mm paksujen kuumavalssattujen rakenneteräslevyjen standardin mukaisia mitta- ja muototoleransseja (SFS-EN 10029:2011).

Muissa muokatuissa rungon osissa käytetään tyypillistä kuumavalssattua S235JR -rakenneterästä, jonka myötölujuus on alle 21 °C lämpötilassa 235 MPa/34 ksi. Teräksen iskutkeys on Charpyn -heilurivasaralla ja V -lovisauvalla testattuna, 20 °C lämpötilassa minimissään 27 Joulea. Teräs noudattaa kuumavalssattujen rakenneterästen yleisten teknisten toimitusehtojen standardin vaatimuksia (SFS-EN 10025-1:2004), sekä 3-400 mm paksujen kuumavalssattujen rakenneteräslevyjen standardin mukaisia mitta- ja muototoleransseja (SFS-EN 10029:2011).

Muutokset eivät erityisemmin lisää yksittäisen kuljettimen valmistukseen tai kokoonpanoon uusia vaiheita.

### 5.1.3 Konseptin massa

Muutosten vaikutus kuljettimen kokonaismassaan on kohtuullinen sen kasvaessa 2,57 %, mikä todettiin hyväksyttäväksi saavutettaviin hyötyihin verrattuna.

Rakenneteräksen massa kuljettimessa vähenee muutosten myötä -0,52 %, ja lisääntynyt massa syntyy pääosin liukulevyjen vaihdosta pitkiin iskupalkkeihin.

#### 5.1.4 Konseptin kustannukset

Suurin osa kustannusten muutoksista muodostuu muuttuneesta rakenneteräksen määrästä rakenteessa, sekä liukulevyjen vaihdosta iskupalkkeihin.

Teräksen kokonaismassan muutos rakenteessa on vähäinen, jonka vuoksi teräksen raaka-ainekustannusten muutos on hillitty. Rakenneteräksen määrä rakenteessa vähenee muutosten myötä, jonka vuoksi teräksen raaka-ainekustannukset laskevat -0,52 % vanhoihin kustannuksiin verrattuna.

On huomionarvoista että liukulevyypakettien korvaaminen pitkällä iskupalkkipaketilla säästää koko kuljettimen kustannuksia, pitkän iskupalkkipaketin ollessa kustannuksiltaan -0,82 % liukulevyypakettia halvempi. Iskupalkit mitoitettiin vastaamaan valmistajan tarjoamia standardipituuksia, jonka ansiosta palkkien yksikköhinta on huokeampi kuin tietyn mittaiseksi sahatulla palkilla.

Valmistus- ja kokoonpanokulujen arvioidaan pysyvän lähes samalla tasolla.

Muutosten myötä kuljettimen kokonaiskustannusten arvioitiin laskevan -0,23 %.

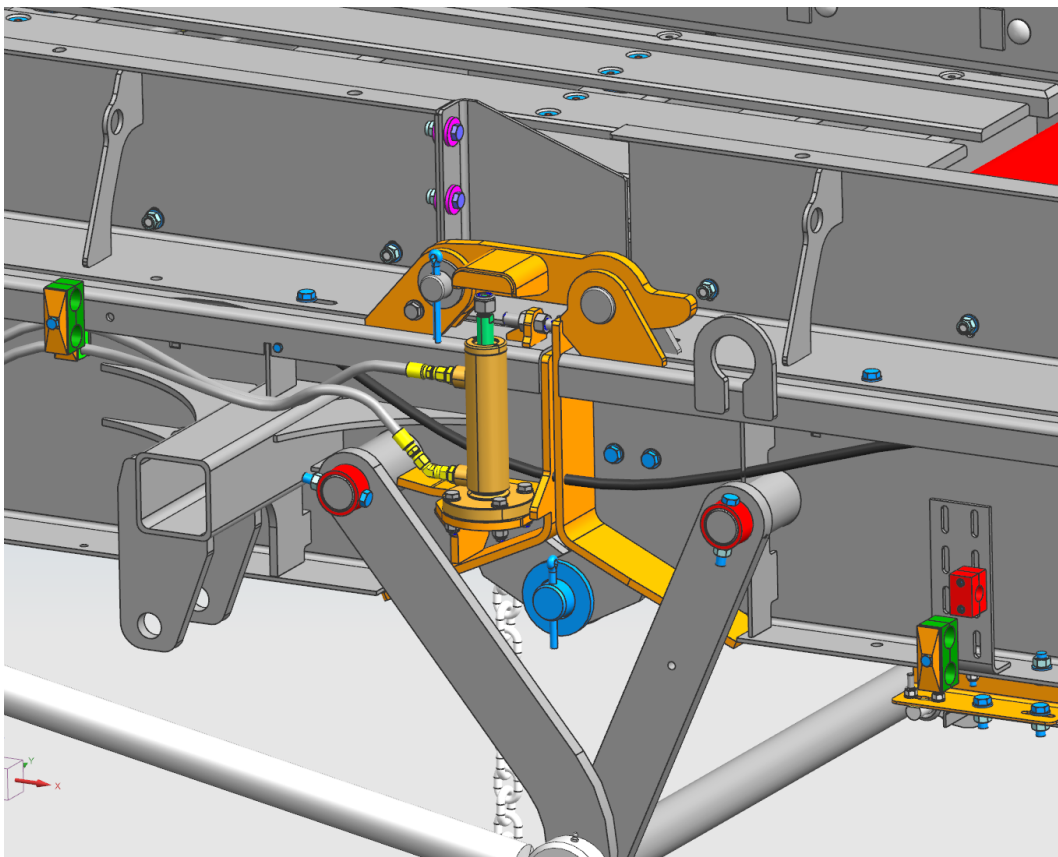
## 5.2 H12-7 -ylitekuljettimen hydraulinen lukitusmekanismi

Alaotsikossa käsitellään H12-7 -ylitekuljettimen jatkoon valitun konseptin

- Tehtyjä toimenpiteitä
- Valmistettavuutta & materiaaleja
- Massaa
- Kustannuksia

### 5.2.1 Tehdyt toimenpiteet

Vanha lukitus korvattiin kuljettimen molemmille puolille hitsattavalla uudella salpamekanismilla, jota voidaan ohjata hydraulisella sylinterillä. Salvan kärki muotoiltiin väistämään sen vastinkappaletta liukumalla sitä vasten, jos kuljettimen kärkeä nostetaan käyttöasentoon avaamatta salpaa ensin. Kuljettimen runkoon lisättiin myös pultista ja levykappaleesta koottu säädettävä rajoitin. Kuvassa (kuva 22) on esitettyinä uusi lukitusmekanismi kuljettimen oikealta puolelta kuvattuna.



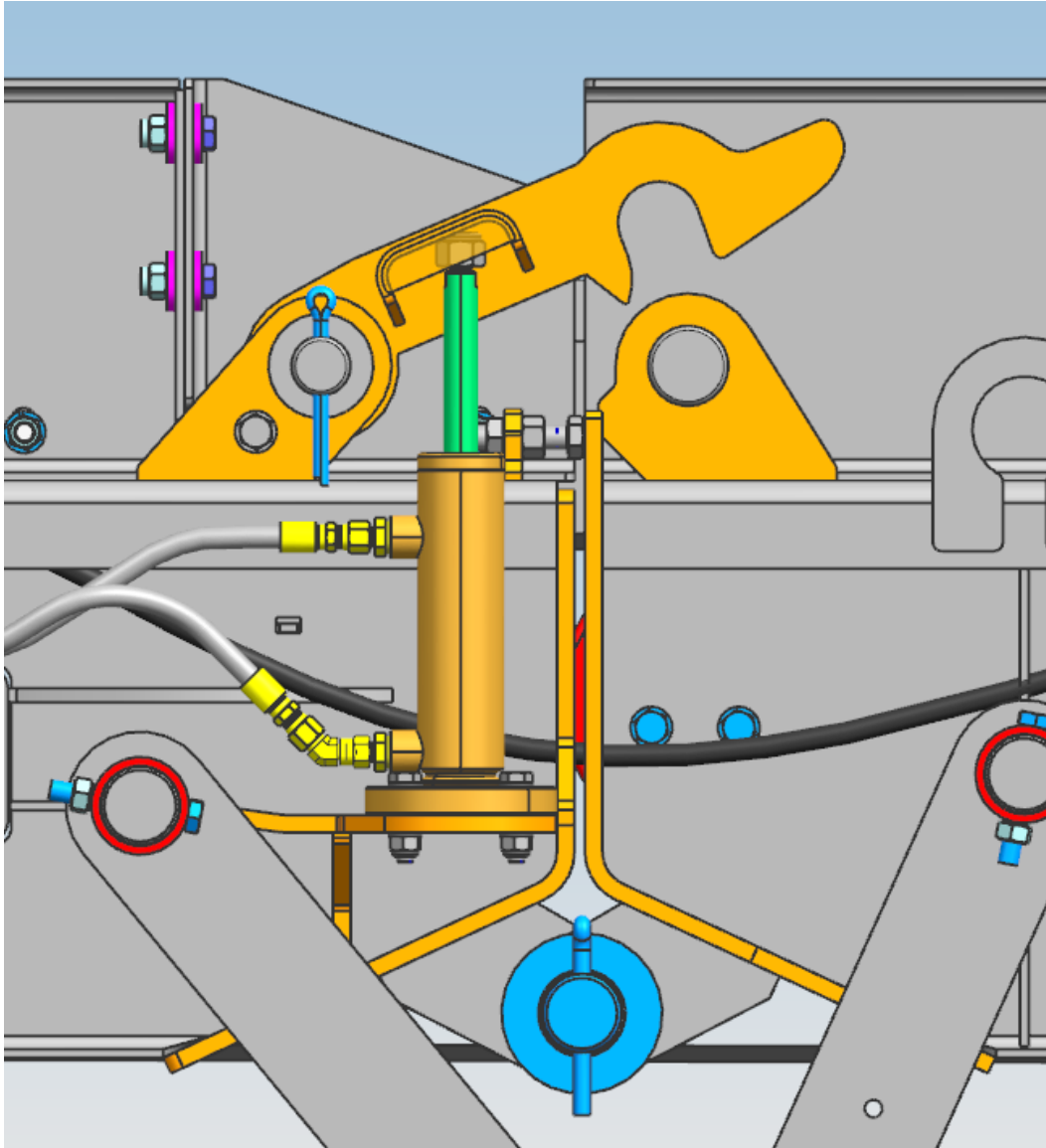
Kuva 22. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljettimen uusi oikeanpuoleinen lukitusmekanismi viistosti ylhäältä ja edestäpäin kuvattuna. Lukitus kuvassa suljettuna.

Systemiä varten valittiin tarvittavat hydraulikkakomponentit (kuva 23), sisältäen

- Sylinterit

- Perusliittimet
- Läpivientiliittimet
- Letkuliittimet
- Hydraulikkaletkut
- 3-karainen käsiventtiili
- Kiinnitysosat

Runkoon lisättiin kiinnikkeitä letkujen reititystä varten. Kuljettimen toimintojen ohjaamiseen tarkoitettu kaksikarainen käsiventtiili korvattiin vastaavalla kolmika-raisella käsiventtiilillä, jotta kaikkien toimintojen ohjaaminen on mahdollista samalta venttiililtä.



Kuva 23. Kuvassa on H12-7 -ylitekuljettimen uusi oikeanpuoleinen lukitusmekanismi sivusta päin kuvattuna. Lukitus kuvassa avattuna.

### 5.2.2 Konseptin valmistettavuus & materiaalit

Uudet osat ovat pääosin levykappaleita ja hydraulikkakomponentteja.

Lukitusmekanismin osissa käytetään vahvempaa kuumavalssattua S275JR -rakenneterästä, jonka materiaalitekniset ominaisuudet on esitelty alaotsikossa 5.1.2.

Muissa kuin lukitusmekanismin osissa käytetään kuumavalssattua S235JR -rakenneterästä, jonka materiaalitekniset ominaisuudet on niin ikään esitelty alaot-sikossa 5.1.2.

Levykappaleiden osalta valmistusmenetelmät pysyvät ennallaan aiempaan rakenteeseen verrattuna, ja osien valmistus on mahdollista käytössä olevilla tuotantovälineillä.

Hydrauliikkakomponentit valittiin yrityksen käyttämistä komponenttikatalogeista.

### 5.2.3 Konseptin massa

Muutosten vaikutus ylitekuljettimen kokonaismassaan on kohtuullinen sen kasvassa 1,32 %, mikä todettiin hyväksyttäväksi niiden tuomaan hyötyyn nähden. Rakenneteräksen massa kasvaa rakenteessa muutosten myötä 0,89 %.

### 5.2.4 Konseptin kustannukset

Suurin osa lisäkustannuksista syntyy lisääntyneestä rakenneteräksen määrästä rakenteessa, hydrauliikkakomponenteista sekä hydraulisista sylintereistä. Valmistus- ja kokoonpanokulujen arvioitiin nousevan hieman kokoonpano- ja asennustyön lisääntyessä, mutta lisäkustannus on silti mitätön muihin kustannuksiin nähden joten sitä ei arviossa huomioida.

Muutosten myötä kuljettimen kokonaiskustannusten arvioitiin nousevan 2,65 %. Tästä kokonaiskustannusten noususta 65,78 % syntyy yksinään käytetyistä hydraulisylintereistä, ja 16,61% lisääntyneestä teräksen määrästä rakenteessa. Koko kuljettimen rakenneteräksen kustannusten nousu on 0,89 %.

H12-7 -ylitekuljettimen kustannusten nousu muutosten myötä on 2,65 %. Muutosten kokonaiskustannusten nousu käsiventtiilin vaihto ja sen letkutukset mukaan luettuna on 2,72 %.

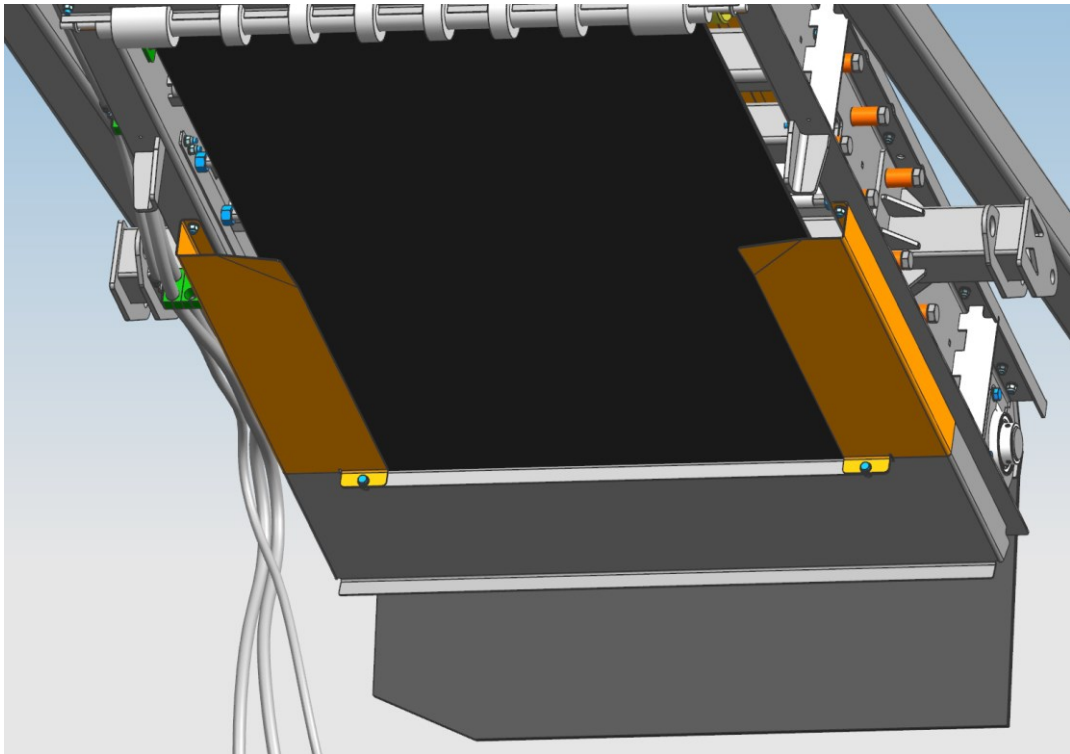
### 5.3 H12-5 ja H12-7 -ylitekuljettimien sormisuojiin modifiointi

Alaotsikossa käsitellään H12-5 ja H12-7 -ylitekuljettimien sormisuojiin jatkokon valitun konseptin

- Tehtyjä toimenpiteitä
- Valmistettavuutta & materiaaleja
- Massaa
- Kustannuksia

#### 5.3.1 Tehdyt toimenpiteet

Sormisuojiin lisättiin kanttaukset loivasti alaspäin, joka ehkäisee kuljetinhihnan kulumista kärjen hangatessa sitä vasten (Kuva 24).



Kuva 24. Kuvassa on uudenmalliset sormisuojat paikallaan H12-5 -ylitekuljettimessä. Suojat väritetty kuvassa oranssiksi.

### 5.3.2 Konseptin valmistettavuus & materiaalit

Suojien valmistaminen käytössä olevilla tuotantovälineillä todettiin edelleen mahdolliseksi, ja suojan valmistamiseen vaadittavat työvaiheet eivät vaadittavuudeltaan muutu olennaisesti.

Sormisuojoissa käytetään kuumavalssattua S235JR -rakenneterästä, jonka materiaalitekniset ominaisuudet on esitelty alaotsikossa 5.1.2.

### 5.3.3 Konseptin massa

Sormisuojojen massa ei muutu muutosten myötä.

### 5.3.4 Konseptin kustannukset

Suojien valmistustavan, ainevahvuuden, materiaalin ja muodon pysyessä käytännössä samana, todettiin etteivät myöskään kustannukset muutu muutosten myötä.

## 6 Yhteenveto

### 6.1 Tuotekehityksen tulokset

Tuotekehitystyön voidaan arvioida onnistuneen. Työ oli kohtuullisen laaja sisältäen useita eri kehityskohteita, joihin onnistuttiin suunnittelemaan ratkaisuja joita voidaan ottaa käyttöön tai hyödyntää tuotekehityksessä. Työllä on tätä kautta arvoa yritykselle tutkimustiedon ja valmiiden ratkaisujen muodossa. Arvokkaimpana tuloksena työstä on erityisesti osista ja kokoonpanoista tuotantoa varten luodut 3D -mallit, sekä tarvittavat valmistuspiirustukset.

Opinnäytetyön tekemisen ja raportin kirjoittamisen aikana ratkaisujen valmistamista tai käyttöönottoa ei olla vielä aloitettu, joten niiden onnistumista ei opinnäytetyössä arvioida.

### 6.2 Kehitystyön pohdinta

Projektin toteutuksessa onnistuttiin kokonaisuutena hyvin. Konseptien käyttöönottoa olisi ollut mielenkiintoista käsitellä opinnäytetyössä, jolloin prosessia oltaisiin voitu tarkastella paremmin myös tuote- ja muutostenhallinnan näkökulmasta.

Opinnäytetyössä jätettiin käsittelemättä myös konseptien käyttöönottoon liittyviä vaiheita, sekä aikanaan toteutettava muuttuneiden rakenteiden lujuusanalyysi. Näiden vaiheiden perusteella työssä viimeisteltyjä konsepteja olisi ollut mahdollista vielä optimoida, jotta varmistettaisiin kestävyys, minimoitaisiin raaka-

aineiden tarve ja onnistuttaisiin pudottamaan ylitkuljettimen valmistuskustannuksia.

Kehitysprojektin aikataulun suunnittelu ja hallinta onnistui myös verrattain hyvin. Opinnäytetyö onnistuttiin saattamaan valmiiksi pääsääntöisesti aloituspalaverissa sovitun aikataulun mukaisesti, osittain sen takia että tekijöihin joiden takia työn valmistuminen tai vaiheet olisivat voineet viivästyä reagoitiin ajoissa. Tämä on sen ansiota, että aikataulussa pysymistä valvottiin aktiivisesti työn aikana.

## Lähteet

Asiakastieto. Metso Outotec Finland Oy. Viitattu 22.10.2022. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/metso-outotec-finland-oy/10942595/taloustiedot>

Metso Outotec Group. 2020. Yritys. Uutiset. Viitattu 22.10.2022. <https://www.mogroup.com/fi/yritys/media/uutiset/2020/6/outotec-oyj-ja-metso-oyj-toteuttavat-outotecin-ja-metson-minerals-liiketoiminnan-yhdistymisen/>

Metso Outotec Group. Portfolio. LOKOTRACK© ST -sarjan liikuteltavat telalusteiset seulat. Viitattu 26.10.2022 <https://www.mogroup.com/fi/portfolio/lokotrack-st-sarja/>

SFS-EN 10025-1. 2004. Kuumavalssatut rakenneteräkset. Yleiset tekniset toimitusehdot. Viitattu 28.10.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/3292.html.stx>

SFS-EN 10029. 2011. Kuumavalssatut teräslevyt, paksuus 3 mm tai yli. Mitta- ja muototoleranssit. Viitattu 28.10.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/161214.html.stx>

Törmä, Mika. 2015. Sivun 178. LOKOMO. Viitattu 24.10.2022.

