

Tärykuljettimen suojajärjestelmän suunnittelu

Robin Petterson

Insinööritutkinnon opinnäytetyö (Amk)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Vaasa 2024

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Robin Petterson
Koulutus ja paikkakunta:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Koneensuunnittelija
Ohjaajat:	Kenneth Ehrström (Novia), Jari Liedes (UPM)

Nimike: Tärykuljettimen suojajärjestelmän suunnittelu

Päivämäärä: 5.6.2024 Sivumäärä: 34

Liitteet: 1

Tiivistelmä

Opinnäytetyö on suoritettu UPM Alholman sahalle, joka on metsäteollisuuden ammattilainen ja tuottaa sahatavaraa pohjoismaisista raaka-aineista. Raaka-aine on kuusta ja mäntyä, josta luodaan lankkuja ja lautoja eri käyttötarkoituksiin kotimaisille ja ulkomaisille markkinoille.

Tehtävänä oli suunnitella tuorelajittelun tärykuljettimelle ja palikkahakkurille siirrettävä suojarakennelma, joka vastaisi yhtiön asetettuja toiveita ja vaatimuksia. Suojarakennelman tulisi olla siirrettävä ja toimia suojana estääkseen tärykuljettimen laitojen ylilentävien puukappaleiden kerääntymistä lattialle. Työhön kuuluu 3D-malli rakennelmaratkaisusta, riskinarviointi työturvallisuuden kannalta ja osaluettelo rakennelman osista. Piirustukset komponenteista ja kokoonpanopiirustukset rakennelmasta on tehty mutta niitä ei julkaista. Työn rakennelmalle on luotu kustannusarvio, mutta se ei sisälly opinnäytetyöhön.

Opinnäytetyössä teoriapohjan avulla on ensiksi luotu vaatimusluettelo rakennelman vaatimuksista ja toiveista, sen jälkeen luotiin 3D-ympäristö kohteesta johon rakennelma suunniteltaisiin Siemens NX 1899 3D-ohjelman avulla. Tämän jälkeen tehtiin muutamia konsepteja, joista valittiin yksi loppusuunnittelua varten valintamatriisin avulla. Konseptivalinnasta luotiin kaksi eri samalla tavalla toimivaa rakennelmaratkaisua, josta tuli lopuksi valittua yksi toteutusta varten.

Lopputuloksena syntyi toimiva rakennelmaratkaisu, joka vastaa yhtiön laatimia vaatimuksia ja toiveita ja myös opinnäytetyössä laadittua vaatimusluetteloa. Rakennelmaratkaisusta on luotu 3D-malli ja osaluettelo siihen kuuluvista komponenteista. Rakennelma tullaan valmistamaan ja implementoimaan lähitulevaisuudessa.

Kieli: suomi

Avainsanat: rakennelma, konseptinvalmistus, tuotekehittely, suoja, 3D-mallinnus

EXAMENSARBETE

Författare: Robin Petterson
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktning: Maskinkonstruktion
Handledare: Kenneth Ehrström (Novia), Jari Liedes (UPM)

Titel: Konstruktion av skydd för vibrationstransportör

Datum: 5.6.2024 Sidantal: 34 Bilagor: 1

Abstrakt

Detta examensarbete har utförts för UPM Alholmens såg som är en föregångare inom skogsindustrin med en produktion av sågvirke från nordiska skogar. Som råvara används gran och tall som sedan produceras till plankor och bräden till olika ändamål för inhemska och utländska marknader.

Uppgiften var att designa en flyttbar skyddkonstruktion till färsksorteringens vibrationstransportör och flismaskin som skulle motsvara de krav och önskemål som företaget ställde. Skydd konstruktionen skall vara flyttbar och fungera som ett skydd som förhindrar träbitar från att flyga över kanterna på vibrationstransportören. Till arbetet hör en 3D-modell på konstruktionslösningen, riskbedömning för arbets säkerhetens skull och en komponentlista på alla delar som hör till konstruktionen. Ritningar på komponenterna och sammanställningsritningar på konstruktionen har skapats men kommer inte att publiceras. Till arbetets konstruktion har en kostnadsuppskattning gjorts men den är inte en del av examensarbetet.

Med teorin som grund för examensarbetet har till först skapats en kravlista för konstruktionen med alla krav och önskemål, sedan har en 3D-omgivning skapats på stället dit konstruktionen skall designas med Siemens NX 1899 3D-modeleringsprogrammet. Efter detta skapades några koncept där en blev vald för vidareutveckling med hjälp av en beslutsmatris. Från konceptvalet konstruerades två på samma sätt fungerade konstruktionslösningar där den ena valdes som den slutgiltiga versionen.

Resultatet blev en fungerande konstruktionslösning som motsvarade de krav och önskemål som företaget hade ställt på konstruktionen. Av konstruktionslösningen har en 3D-model skapats och en komponentlista på de tillhörande delarna. Konstruktionen kommer att tillverkas och implementeras inom snar framtid.

Språk: finska

Nyckelord: konstruktion, konceptgenerering, produktutveckling, skydd, 3D-modellering

BACHELOR'S THESIS

Author: Robin Petterson
Degree Program: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical Construction Engineering
Supervisors: Kenneth Ehrström (Novia), Jari Liedes (UPM)

Title: Construction of Cover for Vibrating Conveyor

Date: 5.6.2024 Number of pages: 34 Appendices: 1

Abstract

This bachelor's thesis has been made for UPM Alholman sawmill who are forerunners in the forest industry with a production of lumber that originates from Nordic forests. The raw materials used are spruce and pine from which they produce planks and boards for different intended usage for domestic and foreign markets.

The task was to design a movable cover construction for the fresh sorting's vibrating conveyor and the block chipper which would have to meet the requirements and wishes of the company. The shield construction should be movable and work as a shield preventing woodblocks from flying over the vibrating conveyers' edges. The thesis includes a 3D model of the construction solution, a risk assessment for the sake of working safety and a parts list of the included components for the construction. Drawings of the components have been made but will not be published. A cost analysis for the construction has also been made but will not be a part of this thesis.

The theory section functioned as a base for the whole thesis and the design of the construction started with the creation of a list of requirements that the construction had to be able to fulfill. When this was done the modeling of a 3D environment of the space that the construction was designed in, began. The models and environment are created in Siemens NX 1899 3D modeling program. After this were a few concept models created from which one was chosen for further development through a decision matrix. Two different constructions that work in the same way were constructed based on the concept choice from which one of these was picked as the definitive version.

This finally resulted in a functioning construction design that meets the requirements and wishes that the company has provided. A 3D model has been created for the final construction design as well as a parts list of the components included in the assembly. The construction will be manufactured and installed in the near future.

Language: Finnish

Key words: construction, concept generation, product development, cover, 3D modeling

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tarkoitus	2
1.3	Tavoite	2
1.4	Rajaus	2
1.5	Yrityksen kuvaus.....	2
1.5.1	UPM.....	3
1.5.2	Alholman saha	3
2	Teoria.....	5
2.1	Tuotespesifikaatio	5
2.2	Konseptin valmistus	6
2.3	Konseptin valinta.....	8
2.4	Ergonomiset suunnitteluperiaatteet.....	9
2.5	Riskin arviointi	11
2.5.1	Riskimatriisi	11
2.5.2	Esimerkki riskimatriisista	12
2.6	Liukukiskojärjestelmät.....	12
2.7	Helaform sarjat 100–2000	13
2.8	Korroosion kestävä teräs.....	14
2.9	Austeniittinen teräs	14
3	Rakennelman suunnitteluprosessi.....	15
3.1	Rakennelmaratkaisun spesifikaatio	15
3.2	Vaatimusluettelo	15
3.3	Kohteen 3D-malli	16
3.4	Konseptit.....	18
3.4.1	Konsepti 1	19
3.4.2	Konsepti 2	20
3.4.3	Konsepti 3	21
3.5	Konseptivalinta.....	22
4	Lopputulos	24
4.1	Rakennelma 1.....	24
4.2	Rakennelma 2.....	27
4.3	Rakennevalinta.....	29
4.4	Riskinarviointi	30
5	Pohdinta.....	31
5.1	Rakennelman jatkokehitys.....	32

5.2	Loppulause.....	32
6	Lähteet.....	33

Kuvaluettelo

Kuva 1.	Ilmakuva Alholman sahasta. (UPM Timber, 2016).....	4
Kuva 2.	Liukukiskoprofiilit. (Helaform, 2021)	13
Kuva 3.	Kohteen 3D-mallipohja.....	17
Kuva 4.	Kohteen 3D-mallipohja 2.....	18
Kuva 5.	Konsepti 1 3D-malli.	19
Kuva 6.	Konsepti 1 saranatoiminto.....	19
Kuva 7.	Konsepti 2 3D-malli.	20
Kuva 8.	Konsepti 2 liukukiskojärjestelmä.....	21
Kuva 9.	Konsepti 3 3D-malli.	21
Kuva 10.	Konsepti 3 kaasujousijärjestelmä.....	22
Kuva 11.	Rakennelma 1 3D-malli.	24
Kuva 12.	Rakennelma 1:n komponenttilyhdistelmä.	26
Kuva 13.	Rakennelma 2 3D-malli.	27
Kuva 14.	Rakennelma 2:n komponenttilyhdistelmä.	28

Taulukkoluetelo

Taulukko 1.	Riskin suuruuden arviointimatriisi.	12
Taulukko 2.	Liukukiskojärjestelmien tekniset tiedot.	13
Taulukko 3.	Vaatimusluettelo.	16
Taulukko 4.	Konseptien valintamatriisi.....	23
Taulukko 5.	Värikoodattu riskinarviointimatriisi.....	30
Taulukko 6.	Riskinarviointi.....	30

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on suojan konstruointi UPM Alholman sahalle tuorelajittelun tärykuljettimelle. Kyseinen kohde on ollut ongelmana vuosikaudet mutta kohteen sijainnin haastavuuden takia ja muiden projektien priorisoinnin takia ei ole kohdetta vielä ratkaistu.

Opinnäytetyössä käydään projektin eri työvaiheet läpi esittämällä ongelma yksityiskohtaisesti, tästä jatkuu teoriaosio, jossa esitetään tietoa, jolla on luoto pohja koko työlle. Menetelmäosiossa on luotu eri konsepteja, joista on tehty 3D-luonnoksia ja tällä tavalla päästy valmiiseen rakennelmaratkaisuun.

1.1 Tausta

Tämä opinnäytetyö on suoritettu UPM Alholman sahalle, joka on metsäteollisuuden sahatavaran valmistaja. Vuonna 2023 olin kesätyössä sahan kunnossapitopuolella ja kävimme keskustelua ohjaajan kanssa mahdollisista opinnäytetöistä ja mikä mahtaisi olla sopiva kohde, lopuksi päädyimme tuorelajittelun yhteen ongelmakohtaan.

Sahatavaran valmistusprosessissa läpikäy raaka-aine eli tukki monta vaihetta ennen kuin siitä tulee valmis tuote. Kun sahattu lankku tai lauta saapuu tuorelajitteluun, sahataan siitä pois pieni osa, jotta se olisi toivotun piteuden mukainen. Sahauksesta jäänyt ylijäämäpala kulkee liukuhihnajärjestelmää pitkin tärykuljettimeen, josta se päätyy palikkahakkuriin ja puupalasta syntyy haketta, hake kuljetetaan UPM Pietarsaaren sellutehtaalle jatkojalostukseen. Kun palikkahakkuri murskaa puupalan hakkeeksi sylkee se välillä ulos puun laitteesta, puupala lentää tärykuljettimen laitojen yli ja tippuu lattialle. Kohteen rakenteesta kerrotaan enemmän kohdassa (3.2). Ongelma syntyy, kun liian iso tai liian paljon puuta kerääntyy hakkuriin samaa aikaa, tai kun hakkuriin syöttävä piikkitelä ei saa kunnolla otetta puupalasta. Ajan myötä, kun koneet käyvät, toistuu prosessi useaan otteeseen ja puukasoja kerääntyy lattialle. Prosessissa syntyy myös iso määrä purua.

1.2 Tutkimuksen tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda toimiva ratkaisu UPM:n toivomusten ja vaatimusten mukaisesti, jonka avulla saataisiin ongelma joko kokonaan tai sitten ainakin osittain ratkaistua. Tarkoituksena oli myös uuden toimintatavan oppiminen ja suurempi ymmärrys uuden rakennelman suunnittelusta ja sen eri vaiheista.

1.3 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda käytännössä toimiva rakennelmaratkaisu, josta on hyötyä tuotannon ja kunnossapidon henkilöstölle kun he suorittavat työtehtäviään kohteessa. Tavoitteena on myös yksinkertaisesti käytettävä ratkaisu, joka ei vaikeuta henkilöstön työtehtäviä esteiden tai hankaluuksien takia.

1.4 Rajaus

Työ on rajattu yksikön suunnitteluun ja konstruointiin mutta ei tule kattamaan sen valmistusta. Työhön sisältyy 3D-malli kohteesta, riskinarviointi ja osaluettelo komponenteista. Piirustukset komponenteista on tehty mutta niitä ei tulla julkaisemaan. Työn rakennelmalle on luotu kustannusarvio, mutta se ei sisälly työhön. Jatkoseurantaa ei suoriteta opinnäytetyön puolesta.

1.5 Yrityksen kuvaus

UPM Alholman saha kuuluu UPM Timber-konserniin, joka on osa UPM-Kymmene Oyj:n metsäteollisuuden liiketoimintaa. Timber vastaa UPM:n sahatavaran tuotosta, jonka vuosittainen tuotantokapasiteetti ylittää 1,4 miljoonaa kuutiota neljän Suomessa sijaitsevan sahan toimin. Puulajina sahatavaran tuottoon käytetään PEFC / 02-34-05 tai FSC™ C086359 sertifioitua mäntyä ja kuusta pohjoismaisista metsistä. (UPM Timber, 2024a).

1.5.1 UPM

Yhtiön historia on saanut alkunsa 1870-luvulla, kun sahat, paperitehtaat ja ensimmäinen mekaaninen sellutehdas aloitti toimintansa. Vuonna 1995 yhdistyivät Kymmene Oyj, Repola Oy ja Yhtyneet paperitehtaat Oyj muodostaakseen UPM-Kymmene Oyj, UPM on lyhennys nimestä: United Paper Mills. (UPM, 2024b).

Yhtiön liiketoiminta on jaettu kuudelle eri alueelle: UPM Fibres, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Specialty Papers, UPM Communication Papers ja UPM Plywood. Tuotannossa käytetään puupohjaisia raaka-aineita, josta luodaan esimerkiksi sahatavaraa, sellua, tarralaminaattia, biopolttoaineita, biolääkkeitä, biokemikaaleja ja energiaa. Tänä päivänä yhtiössä työskentelee 16 600 työntekijää 43 eri maassa, yhtiö tekee liikevaihtoa noin 10,5 miljardin euron edestä 54 tuotantolaitoksen voimin. UPM istuttaa vuosittain 50 miljoona puuta ja on allekirjoittanut YK:n 1,5 asteen ilmastositoumuksen, jonka tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle kahdessa asteessa. (Ympäristöministeriö, 2016; UPM, 2024a)

1.5.2 Alholman saha

Laitoksen perusti Wilhelm Schauman vuonna 1896 ja sitä on modernisoitu useaan eri otteeseen tähän päivään saakka. Alholman saha sijaitsee Pietarsaaren tehdasalueella ja tuottaa mänty- ja kuusisahatavaraa 280 000 kuution edestä vuosittain työllistäen 75 henkilöä. Valmiin sahatavaran pituus on 3–6 metriä, jonka kuivuus voi olla laivauskuivaa tai erikoiskuivaa, eli 10–16 % myyntikohteen mukaan. Sahan tärkeimmät vientimarkkinat ovat Aasian, Lähi-idän sekä Pohjois-Afrikan maat, jotka kattavat noin kaksi kolmasosaa myynnistä. Suurin yksittäinen markkina sahan myynnistä on kuitenkin Suomi. (UPM Timber, 2024b; 2016).

Ilmakuva Alholman sahasta illustroi miltä tehdasalue näyttää kokonaisuutena ja miten tuotantolinja on jaettu eri osioihin (Kuva 1). Kuvassa olevat numerot 1-7 osoittavat laitoksen eri osa-alueisiin, joista numero yksi on sahan konttori missä toimihenkilöt tekevät työnsä. Kakkonen on tukkilajittelu, jossa lajitellaan saapuvat tukit eri ryhmiin laadun ja lajin perusteella. Kolmonen alkaa tukkien kuoren poistolla, josta se johtaa itse sahalle missä tukista tulee lankkua ja lautaa. Nelosen kohdalla alkaa tuorelajittelu, jossa suoritetaan opinnäytetyöni, tuorelajittelussa lajitellaan lankut ja laudat pituuden, paksuuden ja

leveyden mukaan. Lankut ja laudat kulkevat tuorelajittelusta rimoitukselle, jossa lankut tai laudat kasataan isoon pakettiin välirimojen avulla. Paketit siirretään viitosen kuivaamoon, jossa paketissa oleva lankku ja lauta kuivataan toivottuun kosteusprosenttiin. Kuutoson kohdalla saapuvat paketit tasaamolle, jossa suoritetaan viimeinen lajittelu ja laatutarkistus ennen kuin valmis tuote paketoidaan tasaamon päässä olevassa paketoitilinjassa. Seiska koostu väliaikaisesta valmistuotteen varastoinnista ennen kuin se myydään Suomen markkinoille tai maailmalle viereisen sataman avulla.



Kuva 1. Ilmakuva Alholman sahasta. (UPM Timber, 2016).

2 Teoria

Teoriaosiossa esitetään tieteellistä tietoa aiheista, jota käytetään pohjana tieteelliselle tutkimukselle ja raportille. Teoriaosiossa käydään läpi miltä suunnitteluvaiheet tuotettavalle rakennelmalle näyttää tuotespesifikaatiosta konseptivalintaan. Luvussa esitetään myös tietoa koneiden riskinarvioinnista, liukukiskojärjestelmistä ja korroosion kestävästä metallista.

2.1 Tuotespesifikaatio

Tuotteen kehitysprosessiin kuuluu vaihe missä määritellään mitä vaatimuksia tuotteelle asetetaan ja mistä sen pitää suoriutua, vaihetta kutsutaan nimellä tuotespesifikaatio. Tätä informaatiota käytetään lähtökohtana rakennelmaratkaisujen myöhemmässä etsintävaiheessa. Jotta myöhemmin voidaan arvioida nämä ratkaisut ja viimeistely tuoteratkaisu, tulee tätä tietoa käyttää myös viitteenä. Kun tieto kehitettävästä tuotteesta lisääntyy, kehittyy myös tuotespesifikaatio rakennelmaprosessin aikana. Spesifikaatiovaiheessa esille tuotu tavoitespesifikaatio läpikäy kehityksen tuotespesifikaatiosta loppuspesifikaatioksi, joka kuvaa valmista tuotetta rakennelmaprosessin viimeistelyssä. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 117).

Johannesson, Persson ja Petterssonin (2013, ss. 117-118) mukaan tulee tavoitespesifikaation toteuttamisessa kerätä ja kuvailla kaikki oleelliset kriteerit kehitettävälle tuotteelle, tähän kuuluu:

- Tehtäväkuvaus mukana olleista asioista ja sisältyvistä edellytyksistä suoraan ja epäsuoraan.
- Yksityiskohdat, jotka esiintyvät analyysin aikana ja tehtävän selventyessä entisestään.
- Mahdollisuudet ja vaikeudet rakennelmaratkaisujen takia konstruktioyön aikana.

Nämä vaatimukset voi jakaa kahteen pääluokkaan:

- Tuotteen arvioituun toimintoon yhdistävät vaatimukset.
- Rajoja asettavia tuoteratkaisuja laillisille vaatimuksille.

Lähtöpisteenä toimii toiminalliset kriteerit seuraavassa päättelyvaiheessa, eli toiminnollisia ominaisuuksia ja käyttäytymisiä, joita odotetaan tuotteelta tai toiminnollisia tehosteita, joita sen odotetaan toimittavan. Muutama mahdollinen ratkaisuvaihtoehto luodaan ensivaiheessa toimintojen täyttämiseksi, tämän jälkeen tuodaan esille sallitut ratkaisuvaihtoehdot lisäämällä rajoittavat vaatimukset. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 118).

On myös mahdollista jakaa rakennelmavaatimukset toisella tavalla, nimittäin kahteen eri pääluokkaan sisältäen vaatimukset ja toiveet. Vaatimus on täytettävä täysin, kun taas toiveen kriteerit voi täyttää osittain toisilla rakennelmaratkaisuilla tai kokonaan jättää pois. Jotta rakennelmaratkaisu olisi mahdollinen valinta täytyy tämän aina täyttää kaikki laaditut vaatimukset täysimittaisesti, kun taas toiveet voivat täytyä erilaisilla ratkaisuvalinnoilla eri asteissa. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 118).

Tuotespesifikaation luomiseksi toimii apuvälineenä tavallisimmin rakennelmakirjallisuudessa tarkastuslista. Saamalla apua systemaattiseen ajattelutapaan ja ottamalla kantaa laadittaviin vaatimuksiin ajankohtaiseen tuotteeseen, helpottuu näkökulmien huomioimisessa tarkastuslistan avulla. Nämä tuotespesifikaatioitten käsittelyä kattavilla asiakirjoilla ja listatuilla vaatimuksilla ovat tähän saakka olleet tavallisin tapa. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 118).

2.2 Konseptin valmistus

Sana konsepti on käsite, joka määritetään ja ymmärretään eri tavoin erilaisissa konteksteissa. Kun puhutaan rakennelmatieteellisistä käsitteistä, on tuotekonsepti ensimmäinen yritys rakennelman ongelman ratkaisemisessa. Sisältö tämän tyyppiseen ratkaisuun kuuluu:

- Karkea kuvitelma tuotteen ulkoasusta
- Alustava hinta arvio tuotteelle
- Kuvailu konseptituotteesta sanojen, kuvien, luonnoksien ja fyysisten mallien avulla
- Tuotteen ominaisuuksien kuvailu
- Perustelut osaratkaisujen valintaan

- Laskelmien, analyysien ja tulosten yhteenveto.

Toimivaa prototyyppiä ei pystytä valmistamaan ainoastaan näillä yllä mainituilla konseptikuvailuilla. Konseptiratkaisua on kehitettävä ja testattava, kaikkien tuotteen osat on kuvailtava yksityiskohtaisesti, jotta saadaan toimiva prototyyppiratkaisu. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 119).

Paras tapa, jolla pystyy varmistamaan, että kaikki funktionalliset kriteerit ja funktionalliset vaatimukset ovat toteutuneet, on suunnittelemaan niin hyvin määritelty konseptituote kuin mahdollista. Se mikä määrittää konseptivalmistuksen on keskittyminen toiminnollisiin kriteereihin ja luomalla niin monta erilaista ratkaisua kuin mahdollista tämän toteuttamiseksi. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 119).

Ensimmäinen askel tämän toteuttamisessa on ongelma kuvailtava puolueettomasti mutta konkreettisesti ja yksityiskohtaisesti. Tarkoitus tällä on luoda mahdollisuus niin monelle ratkaisulle kuin mahdollista, se on myös huomattavasti helpompi tapa löytää ratkaisu kuin että huomioi kaikki pienet yksityiskohdat liian tarkasti, ja tällä tapaa sitten yrittää löytää täydellinen ratkaisu. Seuraavana askeleen on luoda funktioanalyysi, jotta pystyy määrittelemään kaikki toiminnot, josta tuotteen on suoriuduttava. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 120).

Funktiorakenteesta pystyy hahmottamaan kuinka tuotteen kaikki monimutkaiset toiminnot realisoituvat sisältyvistä osatoiminnoista yhteistyön avulla, kaikki tämä toteutuu funktioanalyysin lopputuloksen perusteena. Jokaiselle osatoiminnoille etsitään oma ratkaisukonsepti, kun rakennelmaongelma on jaettu pienempiin osaongelmiin. Selitys tähän ratkaisuun on yksinkertainen, on huomattavasti helpompaa löytää ratkaisu yhteen ongelmaan kuin löytää kokonainen ratkaisu, joka ratkaisee kaikki ongelmat kerralla. Tämän jälkeen yhdistettään osaratkaisut, jolla saadaan lopuksi ratkottua koko ongelma. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 120)

Tunnistettuihin osaratkaisuihin funktiorakenteessa etsitään ratkaisuja menetelmällisesti ja järjestelmällisesti kahdesta eri ryhmästä. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu luovat menetelmät, joista kaikkein tunnetuin toimintatapa on aivoriihi. Toiseen ryhmään kuuluvat järjestelmälliset tai järkevät menetelmät.

Luodut osaratkaisuvallinnat tulee viimein yhdistää täysratkaisuvallinnoiksi, jotka täyttävät kaikki vaatimukset tuotemäärittelyssä hyväksyttävästi ja ovat fysikaalisesti ja geometrisesti yhteensopivia. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 120).

2.3 Konseptin valinta

Jokainen ratkaisuvallinta, joka on luoto konseptivaiheessa, arvioidaan ja analysoidaan jotta sen laatu ja arvo pystytään määrittelemään, jotta ne vastaavat laadittuja toiveita ja vaatimuksia tuotemäärittelyssä. Osaratkaisujen analyysituloksia vertaillaan keskenään valitakseen ratkaisu, jolla on suurin laatu tai arvo, tämä tarkoittaa siis että konsepti arvioidaan niin että tuotekonseptin suorituskyky ja ominaisuudet ennakoitetaan. Konseptivallintaa tehdessä tulee valita se, joka täyttää kaikki vaatimukset parhaiten jos on useita vaatimuksen täyttäviä ratkaisuja mistä valita, tämä ratkaisu viedään siten eteenpäin yksityiskohtaisempaan suunnitteluun. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, ss. 120-121).

Ratkaisun löytäminen voi olla haastavaa näiden syiden takia:

- Miten ratkaisun arvo määritellään, riippuu sen ominaisuuksista
- Miten erilaisilla ominaisuuksilla on suhteellisen erilaiset tarkoitukset
- Osalliset määrittelevät ominaisuuksien arvot omien näkemystensä mukaan
- Eräät ominaisuudet voidaan mitata kvalitatiivisesti, kun toiset mitataan kvantitatiivisesti
- Ratkaisuvallintojen täysmittainen tieto puuttuu ratkaisun hetkellä.

Itse analyysi ratkaisuvallintojen eri ominaisuuksista, arvioista ja vertailu vallintojen kokonaisesta laadusta ja arvosta on tehtävä ennen ratkaisuun päättymistä. Teknologiapohjaisilla simulointi-, muovailu- ja analyysimenetelmillä pystytään tekemään ominaisuusanalyysijä kyseessä oleville ominaisuuksille. Osaratkaisujen ominaisuuksien analyysiin voidaan käyttää sekä kokeellisia että teoreettisia menetelmiä, näistä kvantitatiiviset tulokset ovat halutuimpia mutta se ei aina onnistu tuoteominaisuuksien kannalta, joten sitä turvaudutaan kvalitatiivisiin tuloksiin. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 121).

Osaratkaisujen kokonais- laatu ja arvo pystytään efektiivisesti arvioimaan valintamatriisilla yhdistämällä kaikki ominaisuudet ja täten päättämään mikä ratkaisusta on kaikista sopivin. Arviointiprosessissa ensimmäinen askel on eliminoida surkeimmat ratkaisut, seuraavassa askeleessa käytetään valintamatriisia arvioinnissa ja karsitaan pois tällä hetkellä surkeimmat ratkaisut. Tämän prosessin aikana on mahdollista, että kaksi eliminoitua osaratkaisua ovatkin yhdistettynä hyvä ratkaisu, silloin tämä uusi osaratkaisu lisätään mukaan mahdollisten ratkaisujen ryhmään. Painotusmenetelmällä viimeistelevässä arvioinnissa vertaillaan konseptiratkaisuja arvosanoilla, joista jokainen ratkaisu saa omansa, kun täyttää vaatimukset arviointikriteerien mukaisesti. Menetelmää kutsutaan kvantitatiiviseksi vertailuksi ja on luotettavampi kuin kvalitatiivinen vertailu. Jotta arvioinnin tulos painotusmenetelmästä olisi niin luotettava kuin mahdollista tulee osatekijät arviointikriteereihin valita niin objektiivisesti kuin mahdollista. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 121).

Tänä päivänä tavallisin tapa tehdä arviointi on yhdistämällä simulointi ja muovailun tietokoneella. Konseptinsuoritukset ja arvot rakenne- ja käytönparametreista ratkaistaan tietokonesimulaatiolla, joiden arvoja käytetään loppuviimeksi prototyypin valmistuksessa. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013, s. 122).

2.4 Ergonomiset suunnitteluperiaatteet

Kiinnittämällä huomion ergonomisiin näkökohtiin koneen suunnitteluvaiheessa on tärkeää turvallisuuden kannalta. Huomioalueet ovat koneen käyttö, säätö, asennus, kunnossapito, korjaus, purkaus ja puhdistus. Käyttötilannetta ajatellen on tavoitteena suunnitella kone niin että ihmisen rajoitukset, tarpeet ja kyvyt ovat yhteensopivia koneen työjärjestelmän kanssa. Edellytyksenä analysoidaan työtehtävät turvallisuuden, hyvinvoinnin ja terveyden kannalta, joita käyttäjän on suoritettava.

Suunnitteluvaiheessa on huomioitava käyttäjien monenlaiset ominaisuudet niin kuin:

- Ihmisen eri kehon mitat
 - Työskentelykorkeus tai muut toiminnalliset mitat
 - Kehon kaikille osille on oltava riittävästi tilaa tehtävän suorittamiseksi hyvässä asennossa

- Ruumiinosien asennot
 - Hankalia asentoja on vältettävä
 - Kyykky-, polvi- ja makuasentojen tarvetta olisi rajoitettava jos mahdollista
 - Kehon asento ja tuenta on sopiva ja asianmukainen
- Vartalon liikkeet
 - Liikkumavapautta on oltava riittävästi, jotta vältetään staattiset asennot
 - Suunniteltava niin että toistuvat kehon liikkeet minimoitaisiin, joista voi syntyä vammoja, vaurioita tai sairauksia
 - Liikkeet jotka vaativat suurta tarkkuutta ja täsmällisyyttä sallii ainoastaan minimaalisen voiman käytön
- Vaadittava fyysinen voima
 - Jos vaadittava fyysistä voimankäyttöä ei kyetä pitämään turvallisena on mekaanisia apuvälineitä oltava käytettävissä
 - Pitkäkestoinen staattinen lihasjännitys on vältettävä
 - Jos mahdollista tulee tarvetta fyysiselle voimankäytölle pienentää, esimerkiksi vastapainoilla
- Henkiset kyvyt
 - Suorittaessa toistuvia tehtäviä tulee koneen tueta käyttäjää niin että käyttötoimenpiteet eivät ali- eikä ylikuormita käyttäjän henkisiä kykyjä
 - Käyttäjällä on helposti oltava ymmärrettävissä koneen ja koko tuotantoprosessin toiminta
 - Kone ja sen rakenneosat on oltava käyttäjän hallittavissa
 - Kone on siedettävä käyttäjän tekemiä virheitä siten että ne ovat käsiteltävissä eivätkä johda vaaratilanteeseen

Tutkimalla edellä mainitut näkökohdat yksinkertaistavat riskitekijöiden tunnistamisen ja arvioinnin ergonomian kannalta, sekä varmistetaan koneen suunnitteluun riittävät toimenpiteet niiden hallitsemiseksi. Tällä edistetään käyttötoimintaan liittyvä turvallisuutta, terveyttä, luotettavuutta ja hyvinvointia, josta sitten todennäköisyys koneen kaikissa työvaiheissa tapahtuville virheille vähenee. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2009, ss. 14-22).

2.5 Riskin arviointi

Standardin SFS-ISO/TR 14121-2 mukaan riskin mahdollisuus pienenee käyttämällä apuvälineenä riskin arviointia. Tämän menetelmän apuna arvioidaan riskin merkitys ja suuruus, tämän avulla pystyy myös tunnistamaan mahdolliset vaarat. Suurin hyöty riskin arvioinnista saadaan prosessin kurinalaisuudesta eikä siitä, että tulokset olisivat niin tarkkoja kuin mahdollista. Tämä mahdollistuu, kun sovelletaan systemaattista lähestymistapaa huomioimalla kaikki riskin osatekijät ja pienentämällä riskejä vaarojen tunnistamisella.

Rakennuskustannukset voivat lisääntyä tai koneen käytettävyys saattaa rajoittua, kun tiettyyn rakenteeseen lisää riskin pienentäviä toimenpiteitä tai suojaustoimenpiteitä. Tämän takia tulee tehdä riskin arviointi koneen suunnitteluvaiheessa, sillä se on halvempaa ja tehokkaampaa. Koneen valmistuttua ja käytön jälkeen on hyödyllistä tehdä uusi riskin arviointi, jotta nähdään onko jotain uutta tai odottamatonta on ilmestynyt. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2013, s. 6).

2.5.1 Riskimatriisi

Riskimatriisi on taulukko, jolla pystyy yhdistämään vahingon esiintymistodennäköisyyden vahingon vakavuudella. Kaikille todetuille vaaratilanteille luodaan oma luokka, nämä luokat voidaan yhdistää ja täten saadaan luotua oma riskitaso jokaiselle luokalle. Riskitason voi ilmaista indeksinä, kertoimena tai kvalitatiivisena terminä, esimerkkejä näistä ovat: A...F tai 1...4 tai "mitätön", "kohtalainen" tai "merkittävä".

Jotta matriisi olisi riittävän kattava on tärkeää miettiä, kuinka monta solua matriisi tulee sisältämään. Jos niitä ei ole tarpeeksi saattaa tieto jäädä epäselväksi onko pienentämistoimenpiteet ja suojatoimenpiteet riittävät riskin pienentämiseksi. Jos ne taas ovat liian laajat ja kattavat tekee se matriisin käytöstä hyvin sekavaa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2013, s. 22).

2.5.2 Esimerkki riskimatriisista

Taulukko 1. Riskin suuruuden arviointimatriisi on otettu standardista SFS-ISO/TR 14121-2 ja se kertoo miltä riskimatriisi voi esimerkiksi näyttää. Taulukossa tapahtumat ovat luokiteltu kahteen eri sarakkeeseen, vahingon esiintymistodennäköisyys ja vahingon vakavuus.

Vahingon esiintymistodennäköisyys kertoo siitä, kuinka todennäköistä on, että eräs tapahtuma sattuu työn tai tarkastuksen aikana, tapahtumalla on vaihteleva esiintymistodennäköisyys ja voi olla joko erittäin todennäköistä tai erittäin epätodennäköistä. Vahingon vakavuus kertoo taas kuinka kohtalokas tämä tapaturma tulee olemaan ja se voi joko olla tuhoisa tai vähäinen.

Taulukko 1. Riskin suuruuden arviointimatriisi.

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Tuhoisa	Vaikea	Kohtalainen	Vähäinen
Erittäin todennäköinen	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
Todennäköinen	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
Epätodennäköinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
Erittäin epätodennäköinen	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

(Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2013, s. 24).

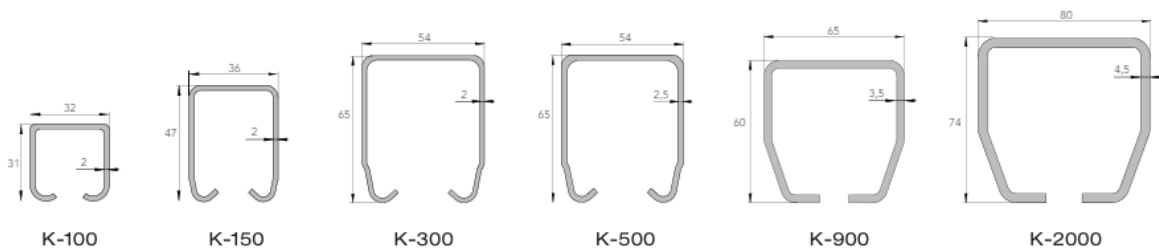
2.6 Liukukiskojärjestelmät

Käyttökohteina liukukiskoille toimii liukuportit, liukuovet, maalauslinjat ja teolliset tuotantolinjat. Tämän takia on tärkeää valita sopiva malli liukukiskoille ja pyörästölle käyttökohteen perusteella. Käyttöympäristö ja käyttötarkoitus määrittää komponenteissa käytettävää materiaalia, esimerkkejä ovat: ruostumaton-, sinkitty- tai käsittelemätön teräs. Liukukiskojärjestelmiä tehdään eri koko- ja kantaluokkiin, tästä syystä on tärkeää tarkistaa oven tai muun riiputettavan esineen paino kiskojärjestelmän suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelussa on myös tärkeää huomioida käyttökohteen lämpötila sillä vakiopyörästä ei kestä korkeita lämpötiloja, joita esiintyy esimerkiksi uunissa, tähän tarvitaan kuumankestävät laakerit ja sopiva rasva. (Spinea Oy, 2023).

2.7 Helaform sarjat 100–2000

Kevyeille ja raskaille oville luvataan yksinkertaista ja vaivatonta liikuteltavuutta pyörästäön suojatuilla ja kestovoidetuilla kuulalaakereilla sekä liukukiskojen tarkkaan suunnitteluilla profiileilla. Kiskojärjestelmien laadukkaiden materiaalien ja Helaformin kokemuksen ansiosta takaavat he pitkäkestoisen ja huoltovapaan eliniän tuotteilleen, jotka ovat VTT:n testaamia. Sarjat 100–500 valmistetaan ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä ja toimitetaan AISI 304 ja AISI 316 L laadussa. Tuotteet soveltuvat korroosionkestävyyden ansiosta hyvin vaativiin olosuhteisiin, joita ovat esimerkiksi: satama-, laiva-, kaivos-, kemian- ja elintarviketeollisuus. Kuva profiileista ja tekniset tiedot liukukiskojärjestelmille on nähtävissä alla olevasta kuvasta (Kuva 2) ja taulukosta (Taulukko 2).



Kuva 2. Liukukiskoprofiilit. (Helaform, 2021)

Taulukko 2. Liukukiskojärjestelmien tekniset tiedot.

Tekniset tiedot						
	Sarja 100	Sarja 150	Sarja 300	Sarja 500	Sarja 900	Sarja 2000
Kantavuus	120 kg	200 kg	300 kg	500–1200 kg	900 kg	2000 kg
Kannatinväli	1000 mm	1000 mm	1000 mm	500–1000 mm	1000 mm	1000 mm

(Helaform, 2021).

2.8 Korroosion kestävä teräs

Puhtaalla tai matalaseosteisella rakenneteräksellä on 3–4 kertaa heikompi kestävyys ilmakehän korroosiota vastaan kuin korroosion kestäväällä teräksellä. Syynä tälle ominaisuudelle on kuparin, kromin, piin (puolimetalli) ja joissakin tapauksissa fosforin seoksen vaikutus. Kun irtonaista ruostetta ja huokosia esiintyy standardi rakenneteräksen pinnalla, on materiaali alkanut hapettua ja tarjoaa ainoastaan erittäin pienen suojan lisääntyvälle korroosionmuodostumiselle sillä kosteutta pääsee tunkeutumaan teräkseen. Ruostumattomalla teräksellä on alussa samanlainen ruostumistahti kuin puhtaalla teräksellä mutta korroosion tahti hidastuu ajan myötä pinnalle kertyneen tiheän oksidin takia ja estää täten kosteuden yhdistymästä levyn pinnan kanssa. Käyttöalueet korroosion kestäväälle teräkselle ovat esimerkiksi ajoneuvoissa, savupiipuissa, säiliöissä, junavaunuissa ja mastoissa. (Kuoppa, ym., 2012, s. 2:3).

2.9 Austeniittinen teräs

Austeniittinen teräs sisältää kromia ja vähintään 7–8 % nikkeliä, teräksen hiilipitoisuutta pyritään pitämään niin matalana kuin mahdollista ja osa sen ominaisuuksista vakautetaan lisäämällä titaania. Austeniittiset teräkset lajitellaan kahteen eri hallitsevaan alaluokkaan, luokassa yksi on teräkset ilman molybdeeniä perinteisellä 18Cr-9Ni seoksella, luokassa kaksi on molybdeeniseostetut teräkset sisältäen 2–3 % molybdeeniä ja 12–13 % nikkeliä. Kyseinen teräslaji on tavallisesti magneetiton mutta esimerkiksi luokitukset 1.4301/1.4307 ja 1.4305 saattavat esittää heikkoa magneettisuutta kylmäkäsittelyn jälkeen. Luokitukset 1.4404 ja 1.4432/1.4435/1.4436 pysyvät edelleen magneettittomina kylmäkäsittelyn jälkeen. (Tibnor, 2023).

3 Rakennelman suunnitteluprosessi

Tässä luvussa käsitellään, miten rakennelman suunnittelu on edennyt vaiheittain, rakennelmaratkaisun vaatimukset esitetään ja miten ne toteutetaan. Erilaisia konsepteja rakennelmaratkaisusta esitetään ja loppuvaiheessa valitaan mikä konseptiratkaisuista etenee loppusuunnitteluun valintamatriisin perusteella.

3.1 Rakennelmaratkaisun spesifikaatio

Opinnäytetyön tehtävän selvittyä ja usean keskustelun jälkeen ohjaajan kanssa oli hyvin selkeää mikä ongelma oli ja mitä olisi tehtävä ratkaistakseen se. Puupalojen lentely on pysäytettävä, jota ne eivät kerääntyisi viereen lattialle. Ensimmäinen mieleen tullut ajatus on jonkun tyyppinen suoja, joka pitäisi puutavaran kuljettimen sisällä. Seuraava ajatus on alla kulkeva hihnakuljetin, joka kulkisi tärykuljettimen alla ja keräisi ylisinkoutuvat palat. Pohdinnan jälkeen oli päädyttävä siihen tulokseen, että alla kulkeva hihnakuljetin olisi liian vaativa, vaikea ja kallis ratkaisu. Vanha lattia olisi poistettava ja tärykuljettimen alta olisi kaivettava pois maata, jotta hihnakuljettimelle olisi tilaa. Tämän takia oli valittava toiseksi paras vaihtoehto eli suoja tärykuljettimelle. Tästä eteenpäin alkoi vaatimusluettelon muodostaminen ja mitä sen tulisi sisältää.

3.2 Vaatimusluettelo

Vaatimusluettelon vaatimukset ovat koottu yhteen kohteen tarpeista. Vaatimukset koskevat tuotteen käyttöä, rakennelmaa, materiaaleja, valmistus prosessia ja lopuksi kunnossapitoa. Vaatimusluettelon avulla on helpompaa luoda konsepteja ja tehdä konseptivalinta sillä se esittää kaikki vaatimukset yksinkertaisesti. Luettelon kaikki vaatimukset ovat luettavissa alla olevassa taulukossa (Taulukko 3).

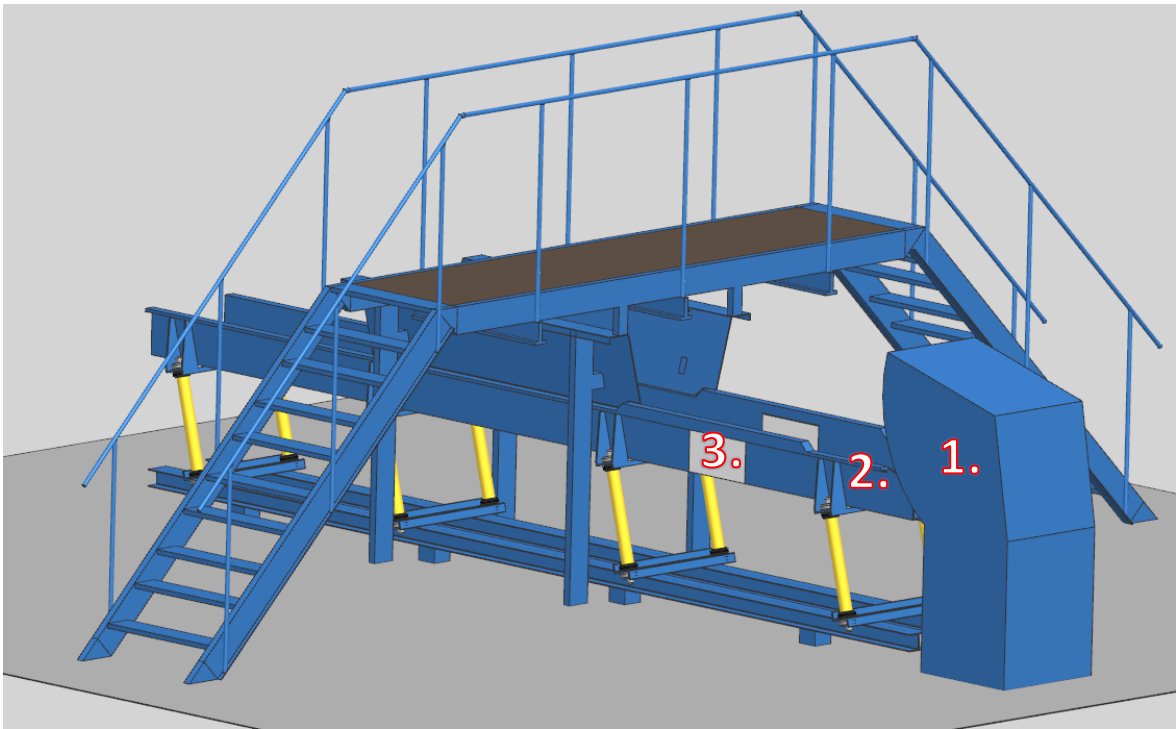
Taulukko 3. Vaatimusluettelo.

Vaatimusluettelo		V = Vaatimus
		T = Toive
Käyttö	Helppokäyttöien	V
	Helposti siirrettävä	V
	On suojattava tärykuljettimen yläosaa	V
	Helposti poistettava	T
	Ei saa vaikeutta koneenohjaajan työtä	V
Rakennelma		
Rakennelma	Valmistus standardikomponenteista	T
	Niin halpa kuin mahdollista	T
	Näkyvät siirto/nosto kohdat	V
	Yksinkertaisia ratkaisuja	T
	Niin vähän osia kuin mahdollista	T
	Kestettävä osumia	V
Materiaali		
Materiaali	Suoja ruostumattomasta teräksestä	V
	Muut komponentit rautaa	T
Valmistus		
Valmistus	Suojalevy valmistetaan paikallisyrityksen kautta	T
	Standardikomponentit tilataan/ostetaan	V
	Kasataan paikan päällä	T
Kunnossapito		
Kunnossapito	Helposti huolettava	V
	Varaosat löydettävä varastosta	T

3.3 Kohteen 3D-malli

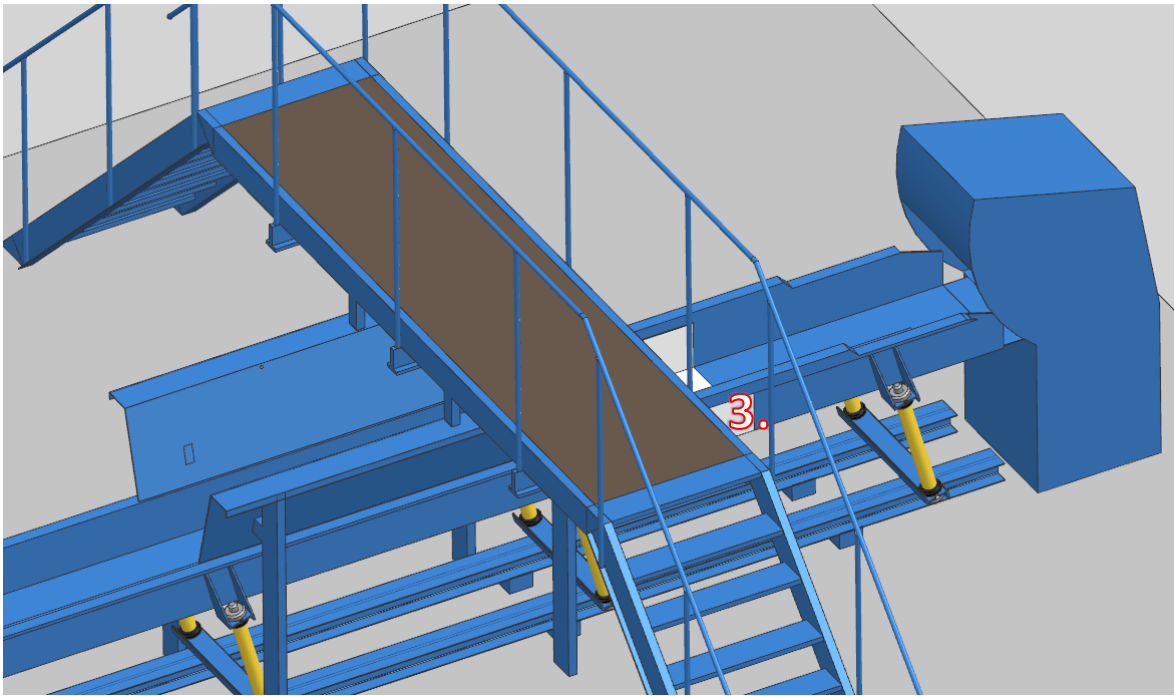
Kun vaatimusluettelo oli valmis tuli seuraavaksi luoda 3D-malli itse opinnäytetyön kohteesta, tämä malli toimii pohjana konseptimalleille ja sitten loppuvaiheessa myös rakennelmaratkaisulle. Mallin avulla pystyy mitoittamaan konseptit niin että ne soveltuisivat myös todellisiin olosuhteisiin. Mallin avulla on myös helpompaa visualisoida miltä rakennelmaratkaisu näyttää luotuun tilaan ja miten se tulee sopimaan.

Valmiit mitoitukset mallipohjalle olivat hyvin rajoitetut, ainoat piirustukset kohteesta olivat kokoonpanopiirustukset, josta sai tärykuljettimen kokonaispituuden, leveyden ja paksuuden. Loput mitoista on mitattu paikan päällä mittanauhalla. Koska kohteen laitteet ja osat ovat niin suuria kooltaan voi eliminoida minimaaliset mittausvirheet rakennelmaratkaisun sopivuuden kannalta, joita esiintyy mittauksessa mittanauhalla. Alla olevasta kuvasta on 3D-malli nähtävissä (Kuva 3).



Kuva 3. Kohteen 3D-mallipohja.

Kuvasta 3. Kohteen 3D-malli näkee miten mallipohjan osat näyttäivät kokonaisuutena. Kuvan oikealla puolella oleva laatikko numerolla 1 on palikkahakkuri mihin ylijäämä puupalat tuotantoprosessista syötetään. Kuvasta 4. Kohteen 3D-mallipoja 2 näkee miltä hakkuri näyttää eri kulmasta. Tärykuljetin numero 2 on se pitkä syöttävä komponentti, jota pitkin puupalat kulkevat hakkurille. Keltaiset tukivarret pitävät tärykuljettimen pystyssä, nämä varret ovat yhdistetty alarunkoon, jonka tukialusta seisoo lattialla. Sivulla olevat suojat ovat yhdistetty omiin tukipalkkeihin eivätkä koske tai tue tärykuljettimeen. Sivusuojat eivät ole yhdistetty tärykuljettimeen, liikkuvien osien vähentämiseksi ja tärymoottorin tehojen säilyttämiseksi.



Kuva 4. Kohteen 3D-mallipohja 2.

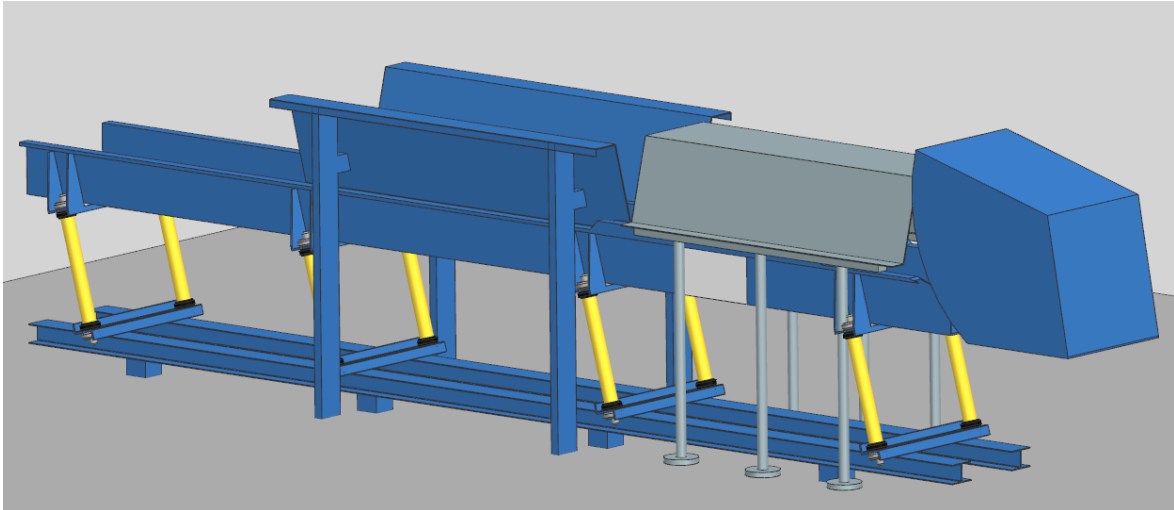
Kuvassa 3 ja 4 oleva valkoinen osio tärykuljettimessa on metallinpaljastin, numero 3, tämä laite ilmoittaa tilanteen tullen koneenohjaajalle, että tärykuljettimessa on metallia ja pysäyttää laitteen itsestään jotta palikkahakkurin terät eivät rikkoontuisi eikä hakkeeseen sekoittuisi metallia. Kuvissa 3 ja 4 oleva ylityssilta on myös lisätty mukaan mallipohjaan koska se on vaikuttavaa osatekijä rakennelmaratkaisun suunnittelussa.

3.4 Konseptit

Seuraavassa luvussa esitetään kolme konseptia, joilla on omat kiinnitystavat ja erilaiset siirtotavat. Koska luodut mallit ovat ainoastaan konsepteja, eivät ne ole täysin valmiita ja saattavat sisältää epätäydellisyyksiä tai virheitä. Yhdestä näistä konsepteista tullaan valitsemaan ja kehittää entisestään. 3D-mallipohjassa oleva ylityssilta ei tule olemaan mukana konseptikuvissa siitä syystä, että kuvat pysyisivät niin yksinkertaisina kuin mahdollista ja että huomio kiinnittyisi paremmin konsepteihin.

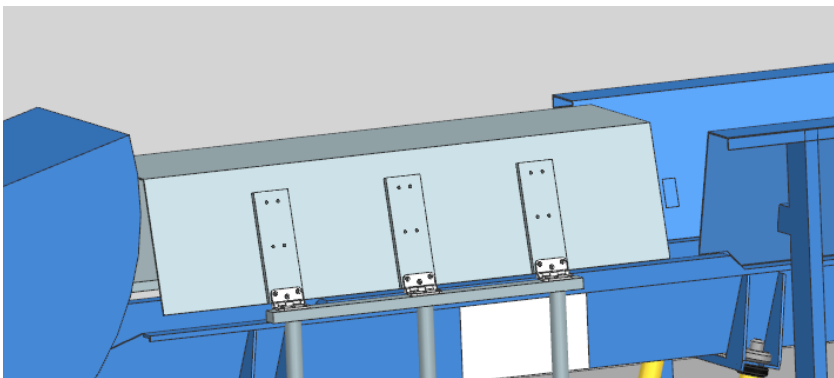
3.4.1 Konsepti 1

Ensimmäinen konsepti näkyy kuvassa 5, tämä koostuu kuvassa olevasta harmaasta suojasta, joka melkein makaa tärykuljettimen päällä, suojan laidat ylittävät tärykuljettimen laidat ja täten minimoi mahdollisuuden puupalojen ylipursuamiselle. Suojan siirtämistapana nostetaan yksinkertaisesti kansi ylös kahvasta, jolloin se taittuu pois tieltä.



Kuva 5. Konsepti 1 3D-malli.

Suoja seisoo omilla tukijaloilla eikä koske tai tue tärykuljetinta vasten värähtävien osien minimoimiseksi. Kuvissa 5 ja 6 olevat tukijalat pultattaisiin lattiaan kiinni ja yhdistettäisiin rautaisella neliötangolla. Kuvasta 6 näkee miten suoja yhdistettäisiin tukijalkoihin saranoitteen avulla, suojaan pultattaisiin ensin välilevy, jossa on seitsemän pulttireikää. Saranat kiinnitettäisiin kolmella pohjalla olevalla pulttinreiällä välilevyyn ja suojaan. Toinen puoli saranasta yhdistettäisiin kolmella pulttinreiällä neliötankoon, josta keskimmäinen ruuvi kiinnittäisi myös tukijalan.

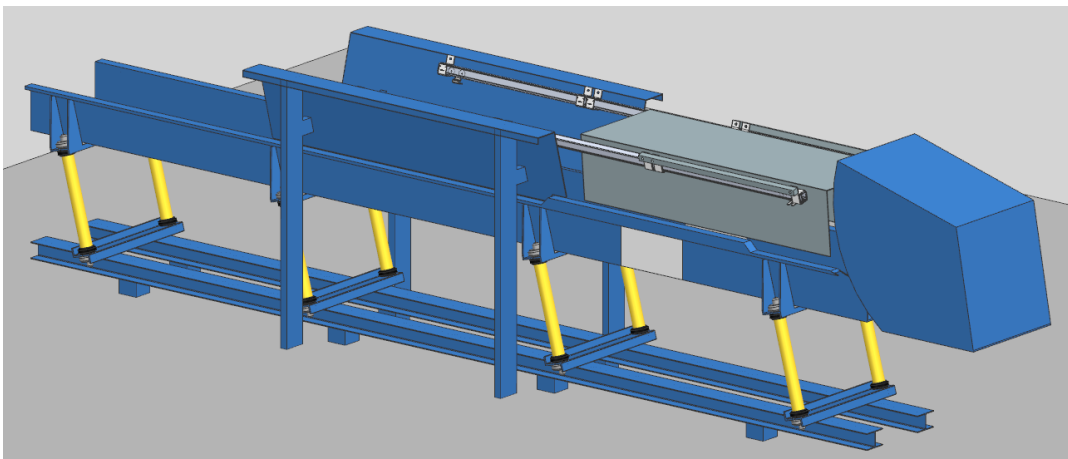


Kuva 6. Konsepti 1 saranatoiminto.

Kuvassa 5 ja 6 olevien tukijalkojen vakuudesta ja kestävydestä ei voi olla varma, joten tämä konseptiratkaisun mahdollisessa valinnassa tulee tehdä laskelmia sen kestävydestä ja mahdollisesti pohdittava uudelleen suunnittelua.

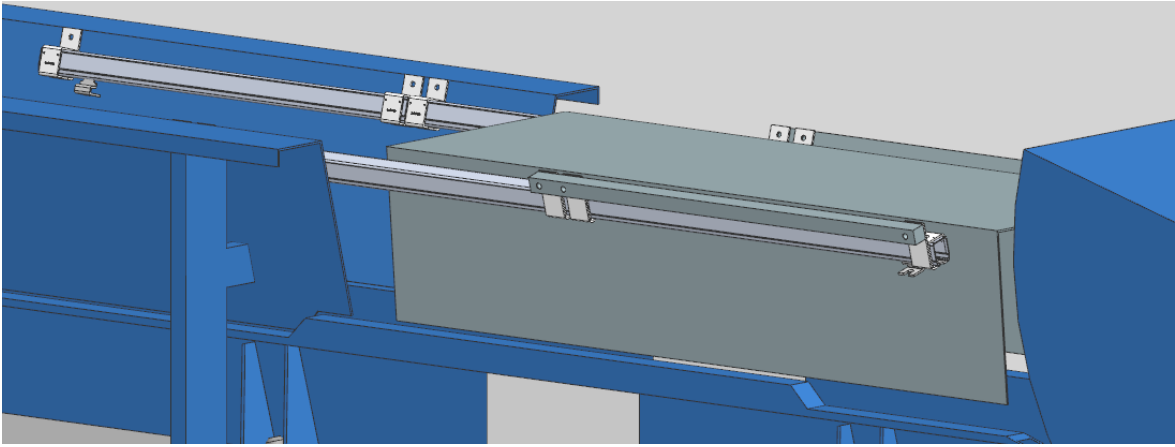
3.4.2 Konsepti 2

Toinen konsepti on rullakiskoilla toimiva ratkaisu kuten kuvasta 7 näkee. Kiskot kiinnitettäisiin olemassa oleviin sivusuojiin erilisillä kannattimilla. Itse suoja kiinnitettäisiin neljään eri pyörään, jotka kulkevat kiskoja pitkin. Tämän avulla saisi suojan sujuvasti ja kätevästi siirrettyä takaisin sivusuojien väliin tukoksen, metallin tai jonkun muun esteen takia. Koska suoja on mahduttava sivusuojien väliin, on suojan laidat kohdistettava tärykuljettimen laitojen väliin ja täten voi luoda mahdollisia tulevia haasteita.



Kuva 7. Konsepti 2 3D-malli.

Kuvasta 8 näkee että toinen osio liukukiskoista ei ole kiinnitetty sivusuojiin eikä mihinkään muuhun kohteeseen, tämä on ongelma, joka on ratkaistava jos konseptivalinnaksi valitaan konsepti kaksi.

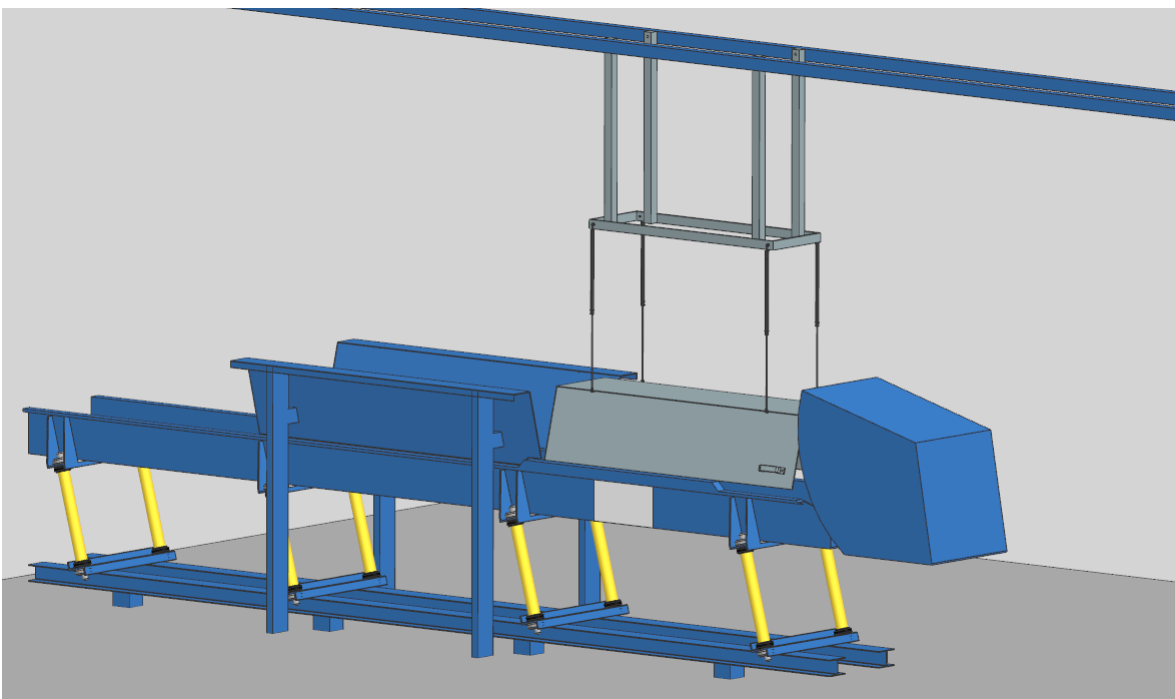


Kuva 8. Konsepti 2 liukukiskojärjestelmä.

3.4.3 Konsepti 3

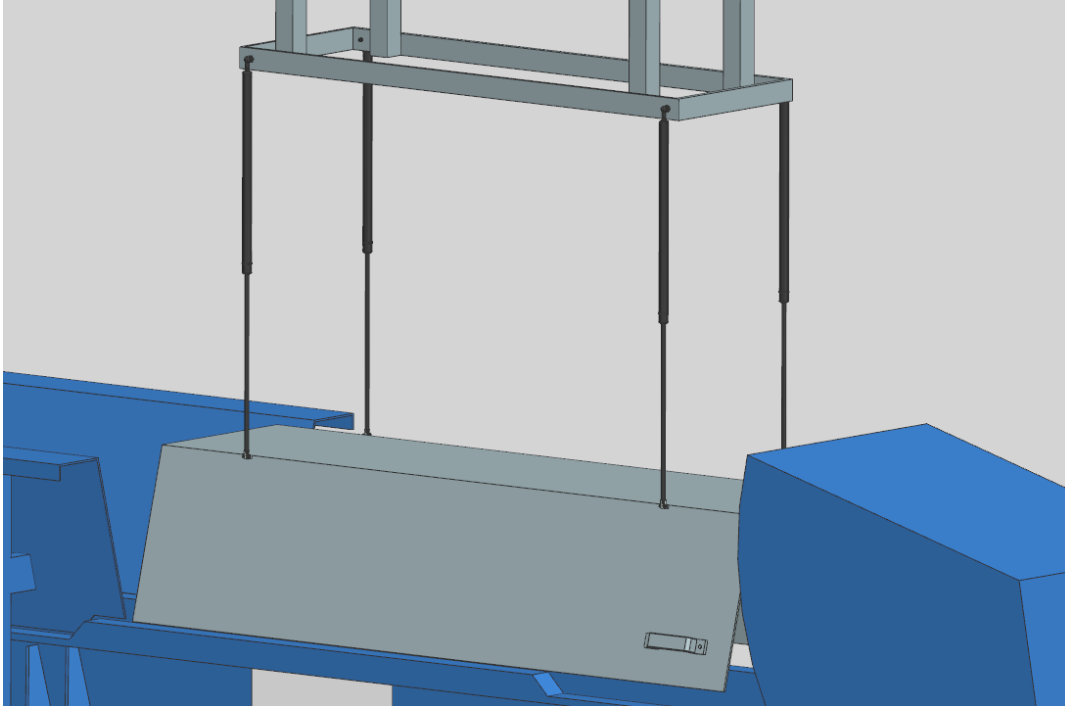
Kolmas konsepti näkyy kuvista 9 ja 10, ratkaisu toimii kaasujousijärjestelmällä ja tarkoituksena on, että suojan voi yksinkertaisesti nostaa pois tieltä kun on tarve päästä tärykuljettimelle tai palikkahakkurille. Kun kahvaa nostetaan tai vedetään ylöspäin, tulee kaasujousien vetäytyä sisään ja pysyä pystyasennossa kunnes se taas vedetään alas.

Tässä konseptissa käytettyä kaasujousen CAD-malli on (Aero Materiel, ei pvm) luoma. Syynä näiden komponenttien valintaan on kaasujousten muokkaamismahdollisuudet asiakkaan tarpeiden mukaan.



Kuva 9. Konsepti 3 3D-malli.

Kuvassa 10 olevat kaasujouset kiinnittyisivät suojassa oleviin kiinnikeisiin, nämä pultattaisiin siten yhteen. Kaasujousten yläosat kiinnittyisivät metallirunkoon, joka vakauttaisi järjestelmän ja minimoisi horjumisen ja keinumisen. Metallirunko kiinnitettäisiin neljään neliötankoon, jotka sitten pultattaisiin kattopalkkeihin.



Kuva 10. Konsepti 3 kaasujousjärjestelmä.

Koska suoja ainoastaan liikkuu ylös ja alas voi suojan laidat ylittää tärykuljettimen laidat ja täten minimoida puumassan ylipursuamisen. Tämän konseptin mahdollisessa valinnassa olisi tarkistettava, että suoja pysyisi alhaalla, kun se on vedetty alas ja että se myös pysyy ylhäällä, kun asetettu yläasentoon. Sivuosumilta ja iskuilta suoja vasten olisi turvauduttava kaasujousien mahdollisesta vauriotumista varten.

3.5 Konseptivalinta

Konseptivalinta on suoritettu kvalitatiivisella menetelmällä, joka tarkoittaa että asetetut kriteerit rakennelmalle ovat suunnittelijan määrittelemiä. Konseptivalinta ei ollut suoritettavissa kvantitatiivisella menetelmällä sillä simulointeja rakennelmille kestävydestä ja siisteydestä ei olisi mahdollista suorittaa. Rakennelman siisteydellä tarkoitetaan kuinka paljon puunpaloja ja sahan purua pystytään estämään suojan avulla ilman että se päätyy lattialle tärykuljettimen viereen.

Konseptivalinta on tehty valintamatriisin avulla, josta kaikki kolme konseptia saavat arvosanan yhdestä kolmeen jokaisesta kriteeriluokasta. Eniten pisteitä saanut konsepti valitaan jatkokehitystä varten, josta syntyy valmis rakennelmaratkaisu. Arvioinnin voi lukea alla olevasta taulukosta (4).

Taulukko 4. Konseptien valintamatriisi.

Valintamatriisi			
Kriteerit	Konsepti 1	Konsepti 2	Konsepti 3
Helppokäyttöisyys	3	3	3
Eliminoidi/vähentää kappaleiden sinkoamisen	2	2	2
Kestävyys	2	3	1
Käytännöllisyys	1	3	2
Sijoittautuminen	1	3	3
Pisteet yhteensä	9	14	11

Taulukossa 4 olevat kriteerit ovat jaettu viiteen eri ratkaisevaan luokkaan, josta jokainen konsepti on saanut oman arvosanan. Helppokäyttöisyydellä tarkoitetaan, kuinka yksinkertaista on käyttää konseptien toimintoja, eli tässä tapauksessa kuinka helppoa on siirtää suoja pois tieltä, kun on tarvetta päästä suojattuun kohtaan. Kaikki kolme konseptia saavat tästä luokasta täydet pisteet sillä toiminto on hyvin yksinkertainen. Kappaleiden sinkoamisen estäminen on suojan ainoa tehtävä ja täten hyvin ratkaiseva. Koska kaikki kolme konseptia estävät sinkoamisen melko hyvin, mutta eivät kykene eliminoimaan ongelmaa täysin saavat ne ainoastaan kaksi pistettä.

Konseptien rakenteiden kestävydessä on poikkeamia, se miten rakenteet selviytyvät iskuista ja kolauksista on ratkaisevaa pitkäikäisyyden kannalta, tämän takia saavat konseptit eri pisteet. Käytännöllisyydessä on se ratkaiseva osatekijä miten konsepti tulee toimimaan todellisuudessa, jos toiminnot toimivat samalla tavalla todellisuudessa kuin teoriassa on konsepti käytännöllinen. Tämän mielessä on konsepti kaksi selvästi käytännöllisin ja saa täten täydet pisteet. Sijoittautumisella tarkoitetaan miten rakennelman läsnäolo vaikuttaa ympäristöön. Tässä tapauksessa ovat konseptit kaksi ja kolme täydellisiä sillä ne eivät rajoita tai estä mitään muuta toimintaa ja saavat täten täydet pisteet.

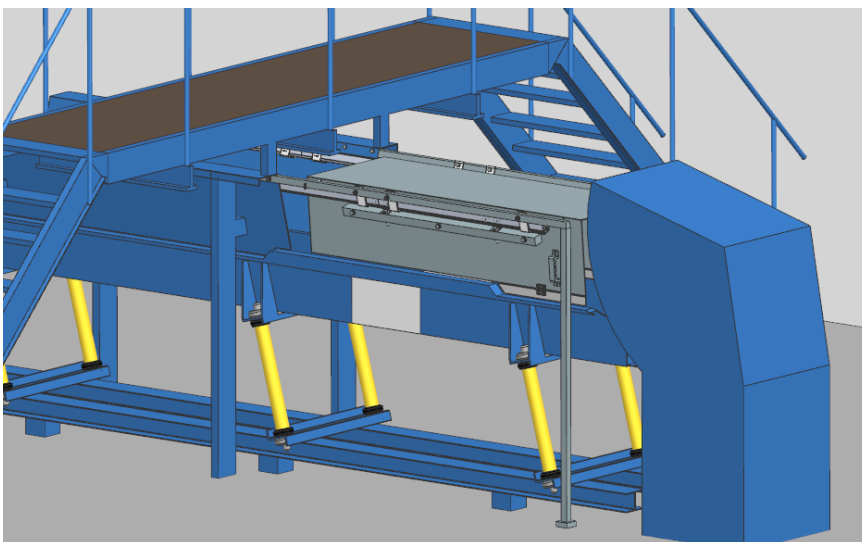
Laskettua kaikki pisteet yhteen voi todeta, että konsepti kaksi on selvästi paras ratkaisu näistä kolmesta konseptista. Valintamatriisin perusteella ei todettu mitään suuria heikkouksia konseptissa mikä on hyvä pohja loppukehitystä varten.

4 Lopputulos

Lopputuloksena valmistettiin kaksi eri rakennelmaa ohjaajan pyynnöstä, molemmat ratkaisut toimivat rullakiskojärjestelmällä mutta vähän eri tavalla. Molemmat rakennelmat ovat kehitetty ruostumattomasta austeniittisesta teräksestä, jotta ne sopeutuisivat satama- ja teollisuusympäristöön, materiaali ei myöskään häiritse metallinilmaisinta sillä se ei tunnista austeniittista terästä tyypiltä: 1.4404, 14432/1.4435/1.4436, 1.4547, 1.4539 ja 1.4835 (Tibnor, 2023).

4.1 Rakennelma 1

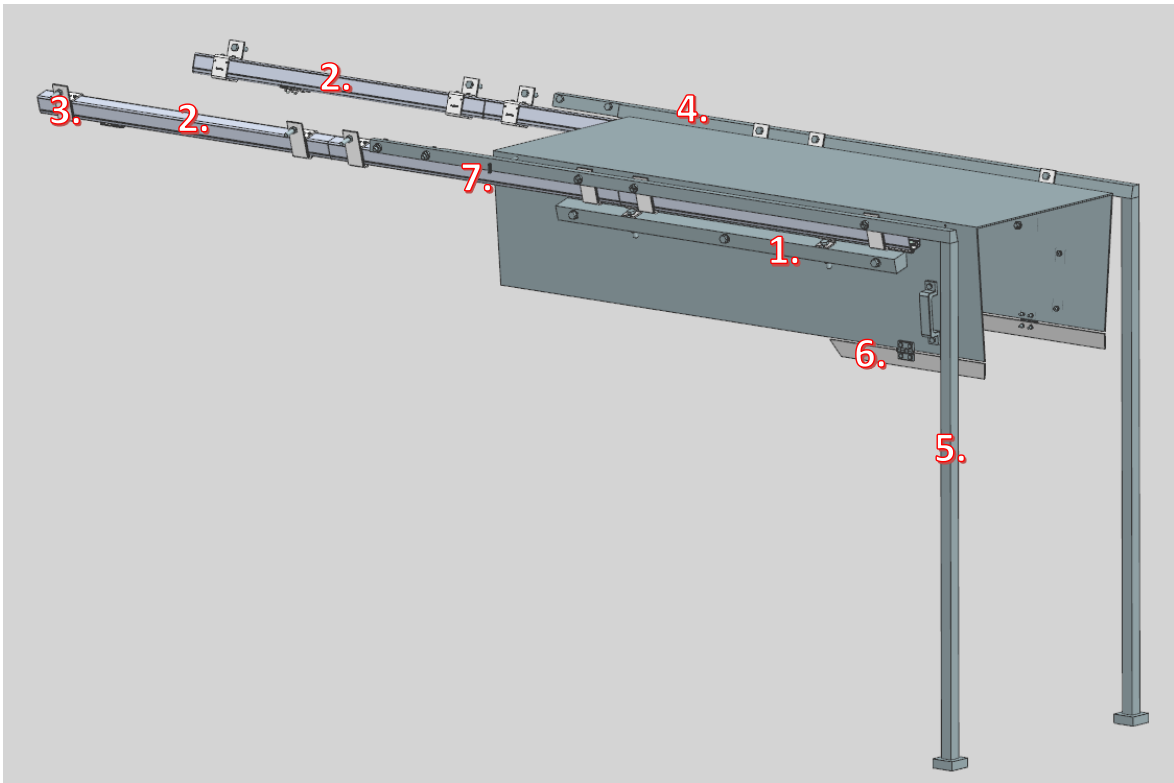
Rakennelma yksi on pohjaltaan hyvin samanlainen kuin konsepti kaksi, ratkaisussa on kehitetty konseptia ja tehty siitä toimiva rakennelma. Suoja siirtyy edestakaisin rullakiskoja pitkin kulkusillan alle kun, haluaa päästä käsiksi suojattuun kohtaan, kuten konseptissa kaksi. Tämä siirto toimii suojassa molemmin puolin sijaitsevilla kahvoilla. Kuten kuvasta 11 näkee, asetti kulkusilta haasteita suunnitteluvaiheessa, sillä suojan on mahdolltava tämän alle, jotta sen voisi siirtää edestakaisin.



Kuva 11. Rakennelma 1 3D-malli.

Suojan pituus on 2000 millimetriä, yläosan leveys 700 millimetriä ja taivutettujen sivujen leveydet ovat 450 millimetriä. Levyn paksuus on 5 millimetriä ja suojan itsenäinen paino on noin 118 kilogrammaa. Suojan sivut ovat taivutettu 95 asteeseen jotta koko komponentti mahtuu takana oleviin sivusuojien väliin. Kuvista 11 ja 12 on nähtävissä miten rakennelma on koottu yhteen. Rakennelmassa käytetty rullakiskojärjestelmää on Helaformin (2024) ja saranat lisälevyille on Wibergerin (u.d.) luomia.

Kuvassa 12 on merkattu komponentit numeroilla, jotka tullaan esittelemään seuraavaksi. Suojan sivuissa olevat tukitangot, numero 1 on kiinnitetty kolmella M16 kuusioruuvilla ja kiristetty muttereilla. Tähän tankoon on kaksi kiskojärjestelmän pyörästöä kiinnitetty M16 kuusioruuvilla ja mutterilla. Tähän saakka mainitut komponentit liikkuvat, kun suoja liikutetaan. Seuraava kiinteä komponentti, jota pitkin pyörästöt kulkevat ovat liukukiskot numero 2, näitä on yhteensä kolme kappaletta per puoli, joiden yhtenäinen pituus on 3600 millimetriä. Pyörästöt pysähtyvät kiskoissa oleviin pysäyttimiin, joita on yhteensä neljä kappaletta, pysäyttimet voi asentaa omaan toivomaan kohtaan. Liukukiskoja kannattelee numero 3 seinäkannattimet, jotka on asennettava joka 1000 millimetrin välein Helaformin ohjeitten mukaan. Koska kiskoja on kolme peräkkäin, pituudeltaan 1200 millimetriä on käytettävä kuusi seinäkannatinta per puoli. Kannattimen yläosassa on kaksi reikää, jolla saa lukittua kiskon kannattimeen M6 liitosruuveilla. Kannatin kiinnitetään yhdellä M14 kuusioruuvilla ja mutterilla sivusuojiin ja numero 4 tukitankoon. Tukitanko on hitsattu kiinni numero 5 tukijalkaan hakkurin päässä ja kiinnitetty kahdella M14 kuusioruuvilla ja muttereilla sivusuojaan.



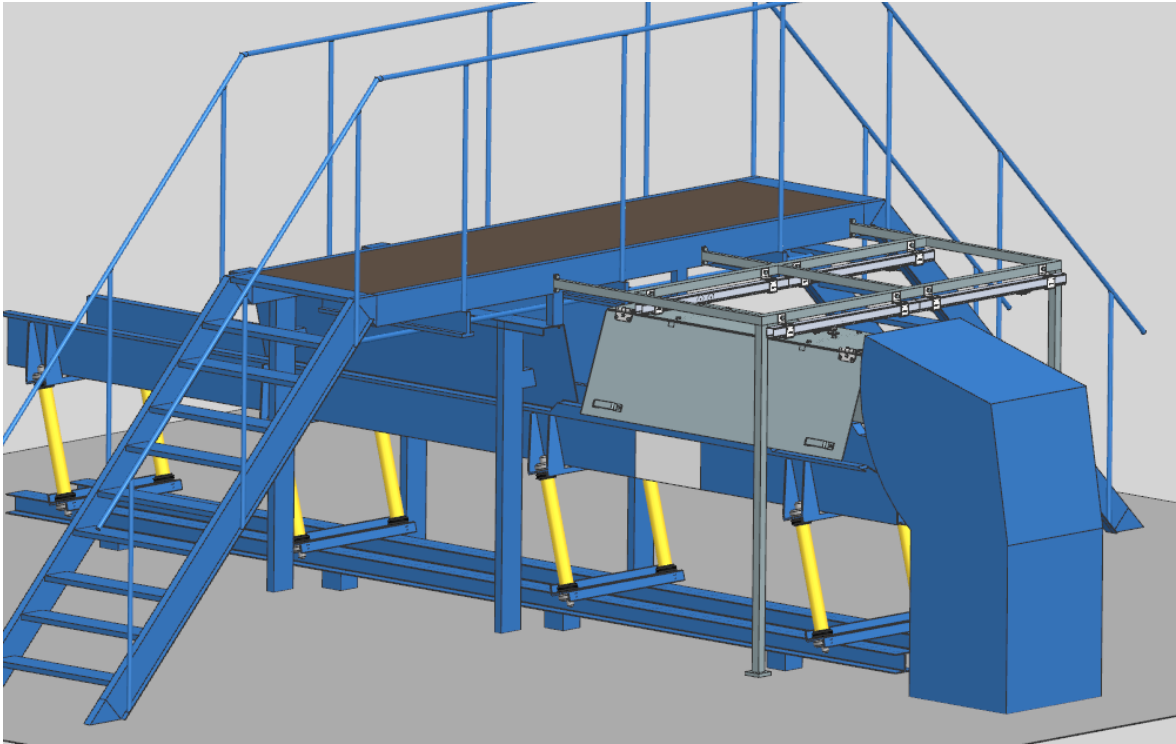
Kuva 12. Rakennelma 1:n komponenttiyhdistelmä.

Jättämällä pois kaikki muut rakenteet kuvasta 12 paitsi rakennelmatyöhön kuuluvat osat helpottavat kokonaisuuden ymmärtämistä ja visualisoimaan miltä osat oikeasti näyttävät. Suojan molemmilla puolilla etuosassa olevat lisäpellit numero 6, kattavat osion, jota suoja ei pysty kattamaan. Lisäpellit ovat kiinnitetty saranoilla suojaan neljällä M8 kuusioruuvilla ja kuusiomutterilla per puoli. Lisäpeltien tarkoitus on estää puukappaleita sinkoamasta ulos suojan jättämästä raosta. Jos puutavaraa kerääntyy liikaa hakkurille mahdollistaa se siinä tapauksessa puumassan ulospääsyn lisäpeltien kohdista saranoitten avulla ja samalla mahdollisesti estää rakennelman rikkoutumisen.

Liukukiskon tukitankoon on tehty pieni reikä, jonka läpi saa pudotettua ohkaisen lukitustapin suoraan suojassa olevaa reikään, numero 7. Suojassa on kaksi reikää, yksi kun suoja on täysin auki eli kun se on kulkusillan alla ja toinen kun se on täysin kiinni eli työnnettynä täysin eteenpäin. Tällä tavalla suoja ei liiku minnekään ajon tai huollon aikana. Lukitustapista on tehty tarkoituksella hyvin ohkainen sillä, jos ajon aikana kerääntyy paljon puumassaa hakkurille ja se pursuaa yli ja yrittää työntää suojan taaksepäin tai sivuttain uhkaa se rikkoa rullakiskojärjestelmän. Tappi roikkuisi pienen ketjun varassa jotta se ei hukkaantuisi kun se poistetaan lukitusasemasta.

4.2 Rakennelma 2

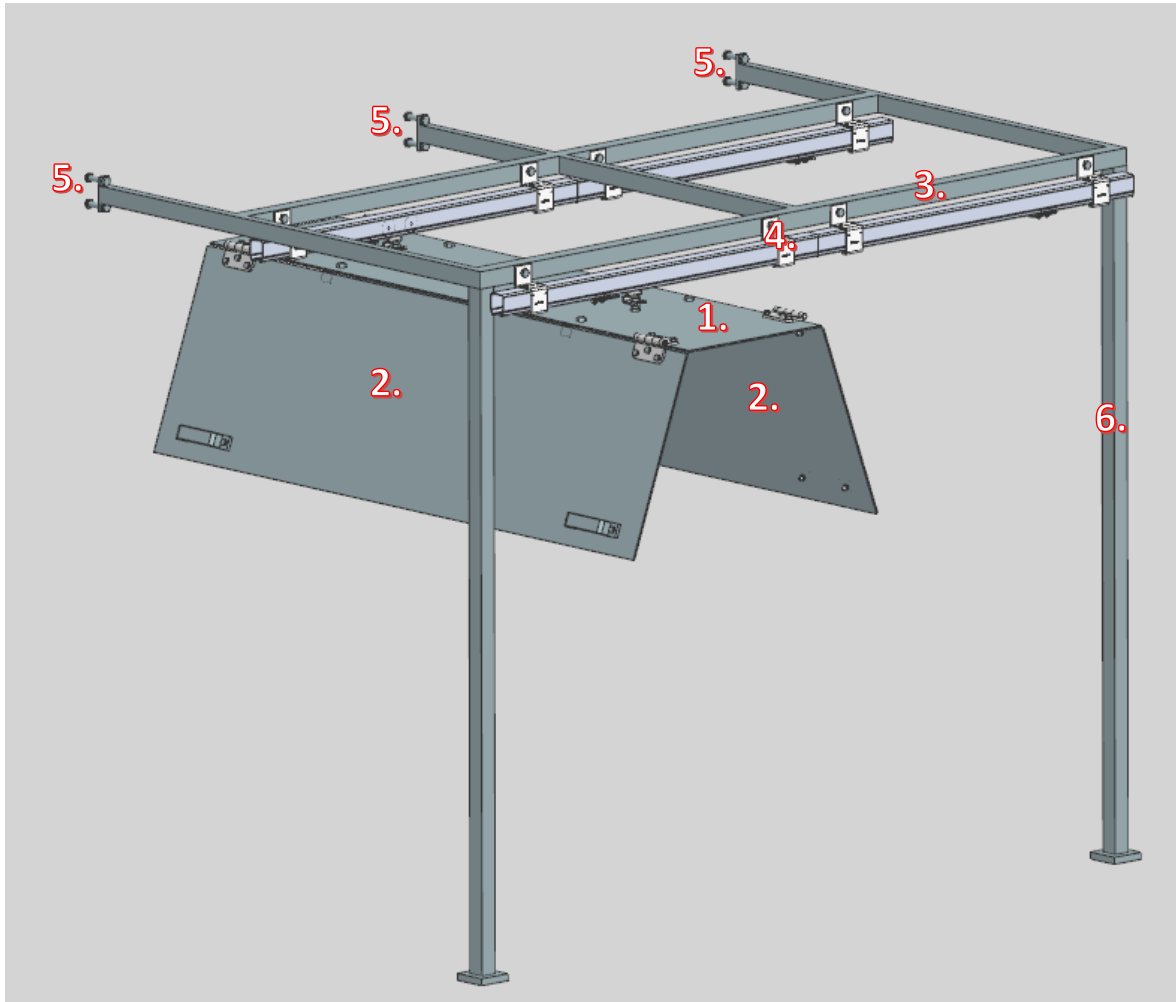
Rakennelma kaksi käyttää samaa rullakiskojärjestelmää kuin rakennelma yksi mutta sen sijaan että suoja liikkuu eteenpäin ja taaksepäin, liikkuu tämä sivuttain. Kun haluaa päästä käsiksi suojattuun kohtaan, työnnetään suoja yksinkertaisesti sivulle kiskoja pitkin ja koko suoja siirtyy pois tärykuljettimen päältä. Rakennelma on nähtävissä kuvassa 13.



Kuva 13. Rakennelma 2 3D-malli.

Kuvasta 14 on nähtävissä että suoja koostuu kolmesta levystä yhdistetty neljällä saranalla. Levyjen mitat ovat tässäkin ratkaisussa 2000 millimetriä pitkät ja 5 millimetriä paksut, kansilevyn, numero 1 leveys on 500 millimetriä ja sivulevyjen, numero 2, 600 millimetriä. Kuvista 13 ja 14 on nähtävissä että vaikka levyt ovat yhdistetty saranoilla eivät ne kallistu 90 asteeseen suoraan maata kohti vaan ovat pikemminkin 75 asteen kulmassa. Tämä johtuu kansilevyn alla olevista kahdesta pysäytinpalkista, joiden tehtävänä on pysäyttää sivulevyt 75 asteeseen. Syynä levyjen asentoon on niiden asettuminen tärykuljettimen ylle, levyt estävät puutavaran sinkoilun mutta jos sitä kerääntyy liika, pääsee se pursuamaan laitojen yli nostamalla saranoitua kantta. Se miksi levyt ovat 75 asteessa eikä 90 on koska puumassalta vaaditaan tässä tapauksessa enemmän voimaa jotta se pääsee pursuamaan yli painovoiman takia.

Tukirunko numero 3 kuvassa 14 toimii kannatinpisteenä liukukiskoja kannattavalle kahdeksalle seinäkannattimelle, numero 4. Kaksi pyörästöä kulkee liukukiskoraidetta pitkin ja pysähtyy neljän pysäyttimen avulla suoraan tärykuljettimen ylle tai täysin pois tieltä. Yksi tukirungon puolista on kiinnitetty kulkusillan runkoon, numero 5, ja toiseen on hitsattu kaksi tukijalkaa, jotka yltävät lattiaan saakka, numero 6.



Kuva 14. Rakennelma 2:n komponenttiyhdistelmä.

Molemmissa rakennelmissä on käytetty standardimittaisia kuusioruuveja DIN 931 ja kuusiomuttereita DIN EN ISO 4036. Ruuvit ja mutterit eivät ole täysin yksityiskohtaisesti muovailtu sillä niiden tärkein ominaisuus 3D-mallissa on oikeat ja suuntaan antavat mitat. Mitat komponenteille on noudettu Tekniikan tauloikkokirjasta (Valtanen, 2022, ss. 773, 790).

4.3 Rakennevalinta

Rakenteiden valmistuttua valittiin rakenne 1 mahdollista toteutusvaihetta varten. Ohjaajan kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella pääsimme yhtenäiseen ymmärrykseen siitä että rakenne 1:n toteuttaminen olisi järkevämpää kuin rakenne 2.

Kun huomioi teoriaosiossa mainitut ergonomiset suunnitteluperiaatteet (luku 2.4) rakennevalintaa tehdessä, ilmenee miksi rakenne 1 on parempi ratkaisu kuin rakenne 2. Painavin osatekijä valinnassa oli rakenne 2:n siirtotapa, siirron totuttamiseksi oli nostettava sivusuojan kantta, joka painaa suunnilleen 40 kilogrammaa. Tarvittava fyysinen voimankäyttö rakenteen siirtotoimintoihin on liian vaativa ihmiskeholle. Kannen painon vuoksi päättelimme ohjaajan kanssa, että toiminto jäisi käyttämättä jokapäiväisessä toiminnassa kun metallia ilmaantuu metallinilmaisimelle. Kun suoja on siirretty pois tärykuljettimen yläpuolelta ja haluan tuoda sen takaisin suojamaan kuljetinta, on taas kantta nostettava mutta tällä kertaa nostotoiminto on suoritettava kurkottamalla tärykuljettimen yli ja vedettävä suojaa itseään kohti. Vaadittava suoritus olisi fyysisesti liian raskas, ihmiskeho olisi liian vaativassa asennossa, ja käyttäjän tulisi olla myös riittävän pitkä kyetäkseen suoriutumaan tehtävästä. Toiminto oli suunniteltu hiukan monimutkaiseksi ja liian raskaaksi päivittäiseen käyttöön.

Toinen osatekijä oli tärykuljettimen vieressä oleva turva-aita, aita olisi mahdollisesti tullut suojan tielle eikä pystynyt liikkumaan toivottuun tapaan ilman että aita olisi sijoitettu uudelleen. Kolmas osatekijä oli rakenne 1 pieni koko verrattuna rakenne 2 suureen tilavievään ratkaisuun.

Valmistettavan rakennelman komponentit ovat hiukan muuttuneet opinnäytetyön kirjoituksen aikana eivätkä välttämättä vastaa täysin aikaisemmissa luvuissa esitettyjä versioita. Osaluettelo rakenteen kyseistä komponenteista on nähtävissä liite kohdassa (liite 1). Piirustukset komponenteille ja kokoonpanopiirustukset rakennelmalle on tehty mutta niitä ei tulla julkaisemaan.

4.4 Riskinarviointi

Vaikka rakenne ei täytä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/42/EY (2006) vaatimuksia jotta sen voi määritellä koneena olen silti päättänyt suorittaa riskinarvioinnin rakenteen turvallisuuden kannalta.

Riskinarvioinnin suorittamiseksi olen käyttänyt riskin arviointimatriisia (2.4.2) jonka avulla saa helposti ja yksinkertaisesti arvioitua kohteen vaarakodat ja vaaranasteet. Riskinarvioinnin kyseiselle rakenteelle olen suorittanut yksin. Arviointimatriisi on standardin SFS-ISO/TR 14121-2 mukainen ja on luettavissa alla olevasta taulukosta (Taulukko 5).

Taulukko 5. Värikoodattu riskinarviointimatriisi.

Vahingon esiintymistodennäköisyys	Vahingon vakavuus			
	Tuhoisa	Vaikea	Kohtalainen	Vähäinen
Erittäin todennäköinen	Suuri	Suuri	Suuri	Keskimääräinen
Todennäköinen	Suuri	Suuri	Keskimääräinen	Pieni
Epätodennäköinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Pieni	Merkityksetön
Erittäin epätodennäköinen	Pieni	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön

Vahingon suuruudet ovat värikoodattu jotta on helpompaa erottaa suuruudet merkityksettömästä suureen. Tämän matriisin avulla olen luonut muutaman skenaarion, joita voi tapahtua suojan siirtotoiminnon aikana tai kun tekee töitä kohteessa (Taulukko 6).

Taulukko 6. Riskinarviointi.

Toiminto	Vahingon todennäköisyys/vakavuus
Sormet jäävät pyörästön tai kiskojen väliin	Pieni
Sormet jäävät suojan tai välisuoja väliin	Pieni
Olkapää revähtää suojan siirrossa	Pieni
Kädet tai ylävartalo jää suojan/välisuojan/tukijalan väliin	Pieni
Lyö pään kiskoihin metallinilmäisimen tarkistuksessa	Pieni
Lyö jalkansa tukitangon tukijalkaan	Pieni

Taulukossa 6 olevat skenaariot kertovat että vahingon suuruudet kohteessa ovat pienet ja joissakin kohdissa voisi olla merkityksetön tulkitsijan mukaan. Iso osatekijä vahingon pienuudessa on suojan hidas liike mikä tekee vahingon vakavuudesta melkein vähäisen. Toinen osatekijä on työntekijöiden käyttämät suojarusteet, tehdasalueella on käytettävä turvakenkiä, kypärää ja suojalaseja. Suojarusteiden ansiosta vahingon vakavuus pienentyy huomattavasti jos esimerkiksi lyö pään kiskoihin tai potkaisee jalalla tukijalkaan, näissä tilanteissa suojarusteet suorittavat toimintonsa.

5 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli konstruoida toimiva suojaratkaisu tuorelajittelun tärykuljettimelle UPM:n vaatimusten ja toiveiden mukaisesti. Rakennelman suunnittelussa on huomioitu tuotannon ja kunnossapidon työntekijöiden tarpeet ja vaatimukset jotta he kykenevät suoriutumaan työtehtävistään. Sahan johtoryhmä käy keskustelua suojaratkaisun toteuttamisesta kohteeseen ja sopivasta asennusajankohdasta. Suoja olisi asennettava vuosittaisen huoltoseisokin aikana koska tuotannon koneet eivät voi olla käynnissä asennuksen aikana. Suojan ja kiskojärjestelmän asennuksessa on huomioitava tilan asettamat haasteet tuorelajittelussa ja päätettävä missä vaiheessa on parasta kasata komponentit.

Aikaisemman työkokemuksen perusteella Alholman sahalla teki opinnäytetyöstä hieman helpompaa mutta olisi ollut toteutettavissa ilman aikaisempaa kokemusta ohjaajan selkeän opastuksen avulla. Työn alkuvaihe oli takkuinen eikä edennyt toivomusten mukaisesti, siitä huolimatta on työ valmistunut suunniteltuun aikatauluun. Kirjoittamalla opinnäytetyön suomeksi on asettanut haasteita, sillä insinöörin opinoissa opittu termistö on valtaosakseen ruotsiksi ja englanniksi, tästä huolimatta olen saanut solmittua työn yhteen ja laajentanut suomenkielistä teknistä termistöä, josta tulee oleman hyvä etu tulevassa työelämässä.

Vaikeinta koko prosessissa oli löytää sopivaa teoriaa työn pohjaksi, tämä osio vei eniten aikaa koko työssä. Valmiit piirustukset työn kohteesta olisi säästänyt paljon aikaa 3D-mallin luonnissa, mutta ei olisi välttämättä antanut täydellistä kuvaa sillä jotain on voinut muuttua vuosien varrella laitteiston ollessa käytössä.

5.1 Rakennelman jatkokehitys

Rakennelmasta voisi esimerkiksi tehdä sähköisen, jolloin ei tarvitsisi manuaalisesti siirtää suojaa käsin. Siirto voisi toimia sähköistetyllä vinsijärjestelmällä, joka olisi ohjattavissa vierestä, tuorelajittelun ohjauspöydältä tai sahurin ohjaamosta. Täten voisi eliminoida olkapään loukkaamisvaaran suojan siirrossa riskinarvioinnista koska se tapahtuisi napin painosta.

Miten pöly tulee vaikuttamaan rullakiskojärjestelmään on vaikeaa ennustaa etukäteen, vaarana on että pihkaantunut pöly jämähtää liukukiskojen onkaloihin ja mahdollisesti vaikeuttaa tai jopa kokonaan pysäyttää siirtotoiminnon. Toivon mukaan ei tämä tule olemaan ongelma sillä tuotannon työntekijät käyvät melkein päivittäin metallinilmaisimen luona, jolloin suojaa siirrettäisiin. Muussa tapauksessa olisi luotava jonkun tyyppinen puhdistusviuhka, joka pyyhkisi pois pölyn kun suojaa siirretään.

5.2 Loppulause

Haluan kiittää ohjaajia Jari Liedestä Alholman sahalta ja Kenneth Ehrströmiä koulun puolelta arvokkaasta ohjauksesta ja suunnan näyttämisestä pulmallisissa tilanteissa. Jarin ohjeistuksen avulla, siitä mitä tulisi huomioida ja ajatella kun suunnittelee rakennelmaa kyseiseen kohteeseen, on ollut ratkaisevaa rakennelman toiminnallisuuden kannalta. Kennethin ohjeistuksella on läpikäyty mitä olisi hyvä olla mukana opinnäytetyössä ja mitä voi esimerkiksi jättää pois. Muutamia epäselviä аспектеja olisi jäänyt huomioimatta ilman osaavaa ohjausta.

6 Lähteet

- Aero Materiel. (ei pvm). *FlexFill*. Haettu 11.4.2024 osoitteesta <https://aeromateriel.com/fi/content/flexfill>
- Euroopan parlamentti, Euroopan unionin neuvosto. (17. 5 2006). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta*. Haettu 21.4.2024 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006L0042>
- Helaform. (2021). *Sarjat 100-2000, Liukukoskojärjestelmät Raskaille Sisä- Ja Ulkoliukuoville*. Haettu 10.4.2024 osoitteesta <https://helaform.fi/wp-content/uploads/2023/11/100-2000-esite-helaform-2024-web.pdf>
- Helaform. (2024). *AISI 304/316 liukukiskojärjestelmät*. Haettu 10.4.2024 osoitteesta <https://helaform.fi/ratkaisut/liukuovijarjestelma-raskaille-metalliliukuoville/>
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB.
- Kuoppa, J.;Samuelsson, J.;Sperle, J.-O.;Rydahl, L.;Petursson, E.;Larsson, J.;. . . Alm, P. (2012). *Design handbook: Structural design and manufacturing in high-strength steel*. SSAB.
- Spinea Oy. (2023). *Liukukiskojärjestelmät*. Haettu 10.4.2024 osoitteesta <https://spinea.fi/tuotteet/helm-cais-valcomp-liukukiskot-kuljettimet/>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2009). *Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Terminologia ja yleiset periaatteet (SFS-EN 614-1 + A1)*. Helsinki: SFS.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2013). *Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä (SFS-ISO/TR 14121-2)*. Helsinki: SFS.
- Tibnor. (2023). *Handbok för rostfritt stål*. Hämtat från <https://www.tibnor.se/inspiration/downloads/rostfri-handbok/confirmation> 13.5.2024.
- UPM. (2024a). *Tietoa meistä*. Haettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/>
- UPM. (2024b). *Yhtiön historia*. Haettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/yhtion-historia/>
- UPM Timber. (2016). *UPM Timber Alholman saha*. Haettu 15.4.2024 osoitteesta https://www.upmtimber.com/siteassets/documents/brochures/upm_timber_alholmasaha_6-sesite_fi.pdf
- UPM Timber. (2024a). *Tietoa meistä*. Haettu 14.4.2024 osoitteesta <https://www.upmtimber.com/fi/tietoa-meista/>
- UPM Timber. (2024b). *UPM Alholman saha*. Haettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.upmtimber.com/fi/tietoa-meista/tuotantolaitokset/upm-alholman-saha/>

Valtanen, E. (2022). *Tekniikan taulukkirja (23. painos)*. Hyvinkää: Genesis-Kirjat Oy.

Wiberger. (u.d.). *Gångjärn GN237.5 i rostfritt stål*. Hämtat från
<https://www.wiberger.se/produkt/gn237-5> 10.4.2024.

Ympäristöministeriö. (2016). *Pariisin ilmastopimus*. Haettu 15.4.2024 osoitteesta
<https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>

Liite 1

Osaluettelo

Osa	Osan nimi	Piirustusnumero / Sarja	Tuotekoodi / Standardi	Materiaali	Kpl.	Mitat (mm)	Kg / kpl.	Kgyht.
1	Suojalevy	0001	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	2000 x 630 x 425 x 5	110,50	110,50
2	Suojan kannatintanko	0002	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	2	1400 x 70 x 50	21,10	42,20
3	Seinäkannatinten tukitanko	0003	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	2750 x 60 x 42	48,50	48,50
4	Seinäkannatinten tukitanko	0004	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	2750 x 60 x 42	48,50	48,50
5	Seinäkannatinten tukipala	0005	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	2	60 x 60 x 42	1,00	2,00
6	Kahva	0006	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	2	210 x 45 x 40	0,90	1,80
7	Silmukka	0007	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	40 x 20 x 20	0,10	0,10
8	Tappi	0008	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	160,5 x 30 x 10	0,10	0,10
9	Tukitangon tukijalka	0009	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	2	1572 x 150 x 80	20,70	41,40
10	Tukijalkojen tukitanko	0010	-	Haponkestävä teräs EN 1.4404	1	813 x 90 x 40	10,70	10,70
11	Pyörästö, Helaform	MPS-300	50053	Ruostumaton teräs AISI 316 L	4	-	1,20	4,80
12	Liukukisko, Helaform 6 metriä	K-500	50030	Ruostumaton teräs AISI 316 L	2	6000	1,20	2,40
13	Seinäkannatin, Helaform	SKL-300 liittos	50079	Ruostumaton teräs AISI 304	12	-	0,60	7,20
14	Pysäytin, Helaform	KP-300	50112	Ruostumaton teräs AISI 304	4	-	0,40	1,60
15	Pätykappale, Helaform	PK-300	50120	Galvanoitu teräs	4	-	0,10	0,40
16	Nostosilmukka, Certex 0,7 ton	8-231	42158231007	Nuorrutusteräs	4	80 x 58	0,30	1,20
17	M16 kuusioruuvi A4-80	-	DIN 931	Haponkestävä teräs A4-80	10	90	0,20	2,00
18	M16 kuusiomutteri A4-80	-	EN ISO 4036	Haponkestävä teräs A4-80	10	-	0,02	0,17
19	M16 matala laatta A4-80	-	EN ISO 7089	Haponkestävä teräs A4-80	10	-	0,00	0,01
20	M14 kuusioruuvi A4-80	-	DIN 931	Haponkestävä teräs A4-80	16	80	0,10	1,60
21	M14 kuusiomutteri A4-80	-	EN ISO 4036	Haponkestävä teräs A4-80	16	-	0,01	0,21
22	M14 matala laatta A4-80	-	EN ISO 7089	Haponkestävä teräs A4-80	16	-	0,00	0,02
23	M10 kuusioruuvi A4-80	-	DIN 931	Haponkestävä teräs A4-80	4	30	0,03	0,13
24	M10 kuusioruuvi A4-80	-	DIN 931	Haponkestävä teräs A4-80	4	70	0,06	0,24
25	M10 kuusiomutteri A4-80	-	EN ISO 4036	Haponkestävä teräs A4-80	12	-	0,01	0,07
26	M10 matala laatta A4-80	-	EN ISO 7089	Haponkestävä teräs A4-80	12	-	0,00	0,01
27	M6 kuusioruuvi A4-80	-	DIN 931	Haponkestävä teräs A4-80	24	12	0,01	0,13

Osaluettelo